

Análise e visualização de dados do setor portuário e aquaviário do Maranhão

Francisco Jadson Brito de Oliveira – Universidade Federal do Maranhão
<https://orcid.org/0000-0002-2450-9595>
e-mail: Francisco.jadson@discente.ufma.br

Tadeu Gomes Teixeira – Universidade Federal do Maranhão
<https://orcid.org/0000-0003-4620-240>
e-mail: tadeu.teixeira@ufma.br

Resumo – Este estudo apresenta uma plataforma para análise e visualização de dados do setor portuário e aquaviário do Maranhão através de *dashboard*. A pesquisa foi motivada pela carência de ferramentas acessíveis para *stakeholders* e a população em geral, que possibilitem a compreensão e análise das tendências do setor. Os dados foram extraídos do Estatístico Aquaviário da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), abrangendo o período de 2010 a 2022. A linguagem de programação R foi utilizada para coletar, organizar e analisar os dados. O *dashboard* foi elaborado com a ferramenta *Power BI* e o Sistema de gestão de banco de dados relacional, *PostgreSQL* foi utilizado para armazenar os dados. A plataforma busca democratizar a informação e a promover o desenvolvimento do setor portuário e aquaviário no Maranhão.

Palavras-chave: setor portuário; setor aquaviário; Maranhão; *dashboard*.

Data Analysis and Visualization of the Port and Waterway Sector in Maranhão

Abstract – This study presents a dashboard-based platform for analyzing and visualizing data from the port and waterway sector in Maranhão, Brazil. The research was motivated by the lack of accessible tools for stakeholders and the general public to understand and analyze industry trends. Data were extracted from the Estatístico Aquaviário, managed by the Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), covering the period from 2010 to 2022. The R programming language was used for data collection, organization, and analysis. The dashboard was developed using Power BI, and the PostgreSQL relational database management system was employed for data storage. The platform aims to democratize access to information and foster the development of the port and waterway sector in Maranhão.

Keywords: port sector; waterway sector; Maranhão; dashboard.

Data da Submissão: 03/06/2024

-

Data de aceitação: 06/12/2024

DOI: <https://doi.org/10.51359/2317-0115.2024.263152>

Os direitos autorais são atribuídos às pessoas autoras do artigo.

Este artigo está licenciado sob forma de uma licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



1. Introdução

O setor portuário e aquaviário brasileiro desempenha um papel fundamental para a economia nacional (FALCÃO; CORREIA, 2012, p. 144). as exportações via transporte marítimo alcançaram 294,79 bilhões de dólares em mercadorias, correspondendo a 88,22% do valor total exportado (BRASIL, 2023b). Essa expressiva participação demonstra a importância do setor para a inserção do Brasil no comércio internacional e seu impacto direto na economia. Diante disso, o país, com sua extensa costa e elevado potencial de navegação, necessita aprimorar continuamente suas operações portuárias e aquaviárias. Um desses aspectos a ser melhorado é a tomada de decisões baseada em dados, pois ela é indubitavelmente um componente essencial para melhoria dos portos (CACHO et al., p. 8-9).

Entretanto, a concretização dessas melhorias enfrenta obstáculos, como a heterogeneidade dos agentes econômicos envolvidos nas atividades portuárias brasileiras. A coexistência de portos públicos e terminais privados, bem como a diversidade de cargas movimentadas, desde contêineres até granéis, dificultado a integração desses bancos de dados (CACHO et al., p. 9).

Apesar dos obstáculos, a academia já iniciou estudos sobre aplicabilidade da ciência de dados, aprendizado de máquina, computação em nuvem e inteligência artificial no setor portuário. Todavia, parte desses estudos são teóricos e genéricos. Sendo necessário estudos para analisar como a aplicação acontece em casos específicos, como os estudos de caso. Portanto, há uma necessidade premente de pesquisas para analisar o impacto dessas tecnologias em contextos portuários específicos (CACHO et al., p. 17).

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo analisar a dinâmica do setor portuário e aquaviário do estado do Maranhão, no período de 2010 a 2022, por meio do desenvolvimento e implementação de um painel virtual interativo. A escolha deste período se justifica pela disponibilidade dos dados no Estatístico Aquaviário (EA) da ANTAQ (BRASIL, 2023a), fonte utilizada na pesquisa. O *dashboard* (painel de controle), elaborado com base no fluxo de trabalho proposto na obra R para *Data Science* (WICKHAM; GROLEMUND, 2019), utiliza a linguagem de programação R para as etapas de importação, organização, transformação e visualização dos dados, enquanto a ferramenta *Power BI* e o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional (SGBDR) *PostgreSQL* foram empregados na construção do painel de controle.

Este trabalho busca contribuir para o aprimoramento da análise e visualização de dados do setor portuário e aquaviário do Maranhão. Atualmente, a falta de ferramentas acessíveis e intuitivas dificulta a compreensão das tendências do setor, impactando negativamente a tomada de decisões estratégicas. O *dashboard* proposto contribui para a análise de dados do setor, permitindo a visualização e identificação de padrões e tendências que podem subsidiar seu desenvolvimento.

O painel de controle oferece uma visão geral e dinâmica do setor, com gráficos interativos e filtros personalizáveis, ideal para uma análise rápida e intuitiva. Essa ferramenta, disponível no site do Observatório Portuário, visa democratizar o acesso às informações e beneficiar um público amplo, composto por *stakeholders* do setor portuário e aquaviário maranhense, como gestores portuários, empresas de navegação, órgãos reguladores, entidades governamentais, pesquisadores e demais interessados.

A combinação de tecnologias como linguagem R, SGBDR PostgreSQL e Power BI oferece uma abordagem moderna para a análise de dados no setor portuário e

aquaviário maranhense. A pesquisa visa contribuir para o desenvolvimento do setor, disponibilizando uma ferramenta para análise de dados e suporte à tomada de decisões estratégicas.

O *dashboard* foi desenvolvido pela Universidade Federal do Maranhão, por meio do Observatório Portuário, resultado de uma parceria com a Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP) — administradora do Porto do Itaqui, estabelecida por meio de um convênio. O Observatório busca subsidiar os atores do setor portuário maranhense com informações relevantes sobre o setor no estado. Nesse contexto, é que o *dashboard* em debate foi elaborado (UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, 2023).

O referencial teórico que fundamenta a construção do *dashboard* será explorado em detalhes na próxima seção, aprofundando a discussão sobre visualização de dados e o uso de ferramentas como a linguagem R e o *Power BI*. Serão abordados conceitos, princípios e exemplos de boas práticas na área, contextualizando a importância dessas ferramentas para a análise e comunicação de dados no setor portuário e aquaviário.

2. Visualização de dados e *dashboard*

O avanço tecnológico impulsionou a geração e o armazenamento de dados em volumes sem precedentes (*Big Data*). Essa abundância de informações, embora potencialmente valiosa para diversos setores, apresenta desafios para a tomada de decisão eficaz. Gestores e pesquisadores, se veem, com frequência, sobrecarregados pela vastidão de dados brutos e relatórios pouco acessíveis gerados por sistemas como o *Enterprise Resource Planning* (ERP) e *performance scorecards* e *software* de *Business Intelligence* (BI), ocasionando o fenômeno conhecido como sobrecarga de informação (*information overload*). Essa sobrecarga de informação, frequentemente agravada pela elaboração inadequada de relatórios, dificulta a extração de conhecimento relevante e a tomada de decisão estratégica (YIGITBASIOGLU; VELCU, 2012, p. 41-42).

Nesse contexto, a visualização de dados emerge como uma solução eficaz para transformar dados brutos em informação útil e compreensível. Nesse sentido, a visualização de dados consiste na representação gráfica da informação, explorando a capacidade humana de percepção visual para ampliar a cognição (KIRK, 2019, p. 15). Seu principal objetivo é comunicar informações complexas de forma clara, precisa e eficiente, facilitando a análise e a interpretação de dados e evidências (SILVA, 2019).

Quanto à composição da visualização de dados, há quatro elementos essenciais para que ela seja eficaz (SILVA, 2019, p. 218-219):

- Conjunto de dados limpo e estruturado: dados tratados e organizados de forma adequada para garantir compatibilidade com as ferramentas de visualização;
- Mensagem clara e concisa: cada visualização deve transmitir uma única mensagem principal, considerando o público-alvo, o tipo de gráfico e o nível de detalhe necessário;
- Escolha adequada do gráfico: a seleção do tipo de gráfico deve estar alinhada ao tipo de dado e à mensagem a ser comunicada;

- *Design* e cores eficazes: a estética da visualização, incluindo o uso de cores e elementos visuais, deve destacar as informações relevantes e facilitar a compreensão dos padrões e tendências.

A incorporação de elementos interativos às visualizações de dados amplia ainda mais seu potencial, permitindo a exploração dinâmica dos dados e a identificação de padrões e relações (SILVA, 2019, p. 219). Painéis de controle de *BI* se consolidam como ferramentas poderosas nesse sentido, embora não haja uma definição única e universalmente aceita para o termo (ABDULDAEM; GRAVELL, 2019, p. 1309).

O autor ainda destaca que é recomendável adicionar interação nas visualizações de dados, pois facilita e amplia a compreensão das informações que emissor quer transmitir (SILVA, 2019, p. 219).

Visualizações de dados interativas buscam contextualizar os dados, a exploração dos dados pelo usuário e a possibilidade de o usuário encontrar padrões nos dados (SILVA, 2019, p. 219). Ou seja, permite ao usuário final maior controle dos dados do que quando o usuário tem acesso às visualizações de dados estáticas.

Uma das formas de realizar visualizações gráficas interativas é por meio de painéis de controle de BI. No entanto, não há uma definição clara do que são *dashboards*, nem dada por vendedores de softwares nem por acadêmicos (ABDULDAEM; GRAVELL, 2019, p. 1309).

De forma geral, um *dashboard* pode ser entendido como uma interface gráfica que reúne e apresenta de forma sintética e visualmente atraente os principais indicadores de desempenho de uma organização. Seu objetivo central é fornecer aos gestores uma visão geral e acessível das informações essenciais para a tomada de decisão ágil e eficaz (ZHANG et al., 2011, p. 3).

Embora não haja um consenso sobre a estrutura ideal de um painel de controle, alguns princípios gerais devem ser observados, como o equilíbrio entre o apelo visual e a quantidade de informação, a relevância dos dados apresentados para o público-alvo e a clareza na comunicação das informações. (YIGITBASIOGLU; VELCU, 2012, p. 42; ZHANG et al., 2011, p. 3).

Por seguinte, pontua-se que há quatro finalidades para os *dashboards* (PAUWELS et al., 2009, p. 179):

- Reforçar a consistência: padronizar medidas e procedimentos de coleta e análise de dados entre os diferentes departamentos e unidades de negócio;
- Monitorar o desempenho: acompanhar o desempenho da organização de forma contínua e em tempo real, identificando tendências, desvios e oportunidades de melhoria;
- Auxiliar o planejamento estratégico: fornecer informações relevantes e atualizadas para a definição de metas, estratégias e ações alinhadas aos objetivos organizacionais;
- Facilitar a comunicação com stakeholders: compartilhar informações claras e acessíveis sobre o desempenho da organização com os diversos públicos de interesse.

A versatilidade dos painéis de controle permite sua aplicação em diferentes contextos e setores. Por exemplo, ele pode ser usado na gestão de organizações de saúde

— *healthcare* (ZHANG et al. 2011, p. 7) — Figura 1. Segundo esses autores, a análise de dados e a visualização por meio de *dashboards* contribuiu para:

- Melhorar o desempenho financeiro e operacional: otimizando processos, reduzindo custos e aumentando a eficiência na alocação de recursos;
- Elevar a qualidade dos serviços prestados aos pacientes: monitorando indicadores-chave de saúde, identificando áreas de risco e oportunidades de intervenção precoce.

Figura 1 - Uso do BI para serviços de *healthcare*.



Fonte: Zhang *et al*, (2011).

A pandemia de COVID-19 impulsionou o desenvolvimento de *dashboards* com o intuito de monitorar a evolução da doença e orientar a tomada de decisões em saúde pública. Um exemplo notável é o painel de controle criado pela Universidade *Johns Hopkins*, que se tornou referência mundial para o acompanhamento da pandemia em tempo real (DONG; DU; GARDNER, 2020, p. 533). A plataforma, ilustrada na Figura 12, reúne dados de diversas fontes confiáveis e os apresenta de forma clara, intuitiva e acessível, permitindo que pesquisadores, autoridades de saúde e o público em geral acompanhem a evolução da doença em diferentes locais e períodos.

Figura 2 - *Dashboard* para rastrear COVID-19 em tempo real.



Fonte: Dng, Du e Gardner (2020. p. ?).

A aplicação de *dashboards* se estende a diversos setores, indo além do setor de saúde, abrangendo também o setor portuário e aquaviário. No contexto específico do Maranhão, a busca por trabalhos científicos que abordem o uso de painéis de controle nesse setor revela exemplos relevantes. Com o objetivo de identificar tais trabalhos, realizou-se uma busca no Google Acadêmico utilizando a seguinte estratégia: ("*transporte marítimo*" OR "*setor portuário*" OR "*setor aquaviário*" OR "*gestão portuária*") AND (*dashboard* OR "*visualização de dados*" OR "*business intelligence*" OR "*power bi*") AND "*Maranhão*" AND "*Estatístico Aquaviário*".

Essa busca retornou cinco resultados, dos quais três trabalhos se mostraram particularmente relevantes para a temática em questão. Um dos estudos empregou o *Power BI* para elaborar gráficos a partir dos dados do EA, buscando comparar quantitativamente a movimentação de cargas, em toneladas, em seis portos brasileiros. A pesquisa abrangeu o triênio 2019-2021 e dividiu os portos em dois grupos: três sob administração privada (Ponta da Madeira - MA, Tubarão - ES e Angra dos Reis - RJ) e três sob administração pública (Itaguaí - RJ, Paranaguá - PR e Santos - SP) (MIRANDA, 2022).

O *Power BI* também foi usado conjuntamente com o *Matlab*, software voltado para programação e computação numérica, para realizar análises estatísticas e investigar o comportamento temporal e espacial de parâmetros oceanográficos. Esse estudo buscava analisar a variação da densidade da água no Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, situado no estuário maranhense (OLIVEIRA, 2022).

Por fim, outro autor empregou o *Power BI* para a visualização de dados do setor portuário maranhense. Sua pesquisa visava avaliar a eficiência de diferentes configurações e dimensões de comboios fluviais para o transporte de grãos na região

amazônica, com foco na otimização da capacidade de carga e na minimização dos custos (SILVA, 2022).

Após apresentar a importância da visualização de dados e discutir o potencial dos *dashboards* como ferramentas para a análise e comunicação de informações estratégicas, a próxima seção abordará as ferramentas específicas escolhidas para a presente pesquisa. Serão exploradas as características e potencialidades da linguagem de programação R e da plataforma *Power BI*, justificando sua aplicação na análise de dados do setor portuário e aquaviário do Maranhão.

2.1 Linguagem R e *Power BI* como Ferramentas de Análise de Dados

A ANTAQ disponibiliza um *dashboard* desenvolvido com a ferramenta *Qlik Sense* para visualização de dados do setor portuário e aquaviário (BRASIL, 2023a). No entanto, a ferramenta oferece apenas informações gerais, sem abordagem específica sobre o estado do Maranhão. Diante disso, a presente pesquisa utiliza a linguagem de programação R e a plataforma *Power BI* para desenvolver ferramentas de análise e visualização de dados focadas no contexto maranhense, propondo uma alternativa para visualização de dados desse setor.

R é uma linguagem de programação voltada para computação estatística e geração de gráficos, oferecendo um ambiente integrado para manipulação, análise e visualização de dados (R CORE TEAM, 2022). Sua versatilidade é ampliada pela possibilidade de instalação de pacotes adicionais, que agregam funcionalidades específicas.

Neste trabalho, optou-se pelo uso do pacote *tidyverse*, um conjunto de pacotes desenvolvidos para ciência de dados que compartilham uma mesma filosofia de *design*, gramática e estrutura de dados, facilitando a manipulação, transformação e visualização de dados de forma eficiente e coesa (WICKHAM et al., 2019).

O *Power BI* é uma ferramenta de *BI* que integra serviços de *software*, aplicativos e conectores para transformar dados em informações claras, interativas e visualmente atraentes. Sua estrutura compreende três elementos principais (MICROSOFT, 2022):

- *Power BI Desktop*: aplicativo instalável em sistemas operacionais Windows, utilizado para a modelagem, criação e compartilhamento de relatórios e visualizações de dados;
- Serviço do *Power BI (SaaS)*: plataforma online que permite a publicação, o compartilhamento e a colaboração em projetos de *BI* desenvolvidos no *Power BI Desktop*;
- *Power BI Mobile*: aplicativo disponível para dispositivos móveis (*Windows*, *iOS* e *Android*) que permite o acesso e a interação com os relatórios e *dashboards* criados no *Power BI*.

Esta seção abordou a importância da visualização de dados, especialmente através de *dashboards* interativos, como ferramentas essenciais para a análise e comunicação eficaz de informações no contexto do *Big Data*. Foram explorados os princípios, as vantagens e as diferentes aplicações dos *dashboards*, além de apresentar a linguagem de programação R e a plataforma *Power BI* como as ferramentas escolhidas para desenvolver a presente pesquisa. O tópico seguinte, "Metodologia", descreverá detalhadamente as etapas metodológicas adotadas para a coleta, tratamento, análise e visualização dos dados do setor portuário e aquaviário do Maranhão, culminando na elaboração do *dashboard* interativo.

3. Metodologia

A pesquisa se caracteriza como documental, uma das técnicas de pesquisa em que o levantamento de dados é realizado de fontes primárias — documental. A fonte de documentos são as fontes estatísticas e os tipos de documentos analisados são os dados estatísticos (LAKATOS; MARCONI, 2017). Pois os dados analisados são dados provenientes do Estatístico Aquaviário da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), abrangendo o período de 2010 a 2022 (BRASIL, 2023a).

Conforme a ANTAQ, o principal banco de dados adotado para elaboração do EA é o Sistema de Desempenho Portuário (SDP). As informações presentes nesse sistema são fornecidas diariamente pelas autoridades portuárias e terminais autorizados, compondo um conjunto abrangente de dados sobre as operações portuárias brasileiras (BRASIL, 2023a).

Os dados do EA podem ser baixados através da página *Base de Dados* (Figura 3). O conjunto de dados é composto por tabelas que abrangem informações detalhadas atracação, carga, carga *containerizada*, tempos de atracação, além de dados geográficos sobre as cargas movimentadas — região hidrográfica, hidrovia e rio). Além das tabelas de dados, há tabelas de cadastro que auxiliam na classificação das informações, como instalação portuária de origem e destino, e tipos de mercadoria. E um diagrama entidade-relacionamento (DER) complementa a documentação, visualizando a estrutura do banco de dados e demonstrando as conexões entre as tabelas por meio das chaves primárias e estrangeiras. (BRASIL, 2023a).

Figura 3 – Captura de tela da página Base de Dados do Estatístico Aquaviário.



Fonte: Brasil (2023).

dados. No entanto, a etapa de modelagem foi suprimida nesta pesquisa por não se enquadrar no escopo delimitado para a análise.

Já o fluxo de trabalho adotado foi composto pelas seguintes atividades:

- Importação: os dados do Estatístico Aquaviário da ANTAQ foram coletados por meio de *web scraping* utilizando a linguagem R, e armazenados em um banco de dados *PostgreSQL* para facilitar o acesso e a organização;
- Arrumação: o pacote *tidyr* da linguagem R (WICKHAM; VAUCHAN, GIRLICH, 2022) foi utilizado para organizar os dados em formato "*tidy*", padronizando a estrutura dos dados e facilitando a manipulação e análise;
- Transformação: o pacote *dplyr* da linguagem R (WICKHAM et al., 2022) foi empregado para realizar transformações nos dados, como a criação de novas variáveis, agrupamento de dados e filtragem, preparando os dados para a visualização e análise;
- Visualização: o pacote *ggplot2* da linguagem R (WICKHAM, 2016) foi utilizado para gerar gráficos preliminares, explorando os dados visualmente e identificando padrões e tendências relevantes para a construção do *dashboard*;
- Comunicação: a ferramenta *Power BI Desktop* foi utilizada para criar o painel de controle interativo, proporcionando uma interface visualmente atraente e intuitiva para a análise e exploração dos dados do setor portuário e aquaviário do Maranhão.

A escolha da linguagem R se justifica por sua ampla utilização em análise e visualização de dados, com uma vasta gama de pacotes e recursos disponíveis para manipulação, transformação e visualização de dados. O *Power BI*, por sua vez, permite a criação de *dashboards* interativos com alta qualidade visual, facilitando a comunicação de informações complexas para diferentes públicos.

Por fim, os códigos adotados para baixar os dados do Estatístico Aquaviário da ANTAQ estão disponíveis no repositório *GitHub* e poderão ser acessados por meio do link <https://github.com/chicojadson/baixar-dados-estatico-aquaviario>.

A próxima seção apresentará os resultados obtidos com a aplicação da metodologia descrição nesta seção.

4. Resultados

O painel virtual interativo foi desenvolvido com o objetivo de proporcionar uma visão geral e dinâmica dos dados do setor portuário e aquaviário do Maranhão. Sua interface intuitiva permite ao usuário explorar as informações de forma autônoma e personalizada, selecionando os indicadores e filtros de acordo com seu interesse.

Além da página inicial (figura 4), o *dashboard* compreende dez páginas temáticas, cada uma abordando um aspecto específico do setor:

Quadro 3 – Opções de uso.

Cargas Movimentadas	Longo Curso,
Cabotagem	Navegação Interior
Contêineres	Maranhão
Itaqui	Ponta da Madeira
Alumar	Observatório Portuário

Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

Para facilitar a navegação e a análise dos dados, o painel de controle oferece filtros interativos que permitem ao usuário selecionar: o porto, o sentido da navegação (Embarque ou Desembarque) e o ano (2010-2022).

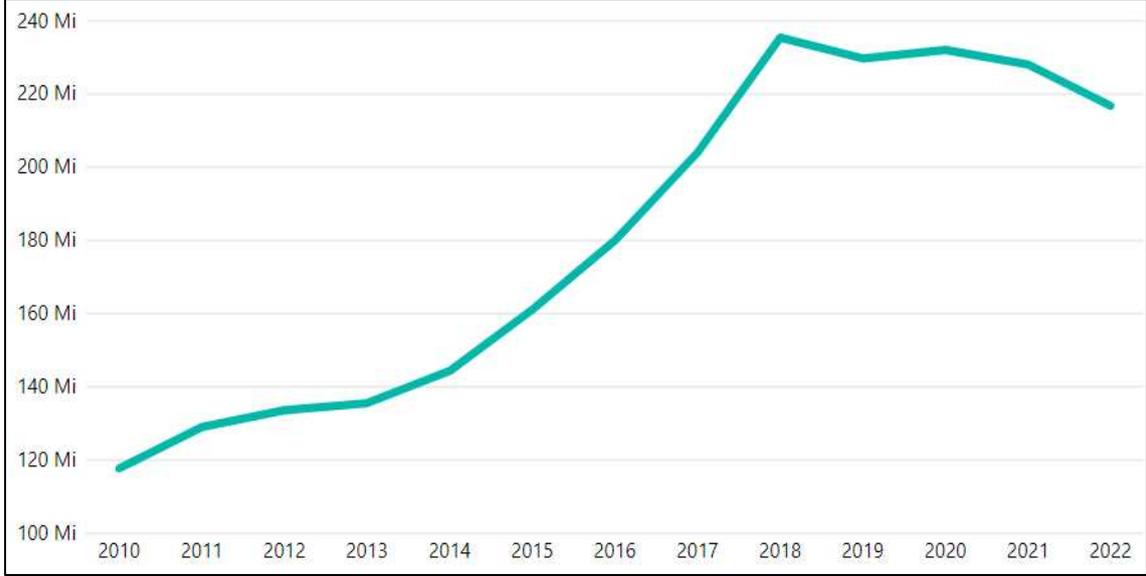
Figura 4 - Tela Inicial *Dashboard* "Movimentação Portuária: Brasil e Maranhão".



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

Ao analisar os dados referentes a 2018 em comparação com os de 2022, observa-se uma contração de 7,92% no volume transportado, diminuindo de 235,27 milhões para 216,63 milhões de toneladas. Entretanto, os dados de 2022 indicam um acréscimo de 84,29% em relação ao volume de cargas movimentadas em 2010.

Gráfico 1 - Quantidade de cargas movimentadas no Maranhão (em milhões de toneladas, 2010-2022).



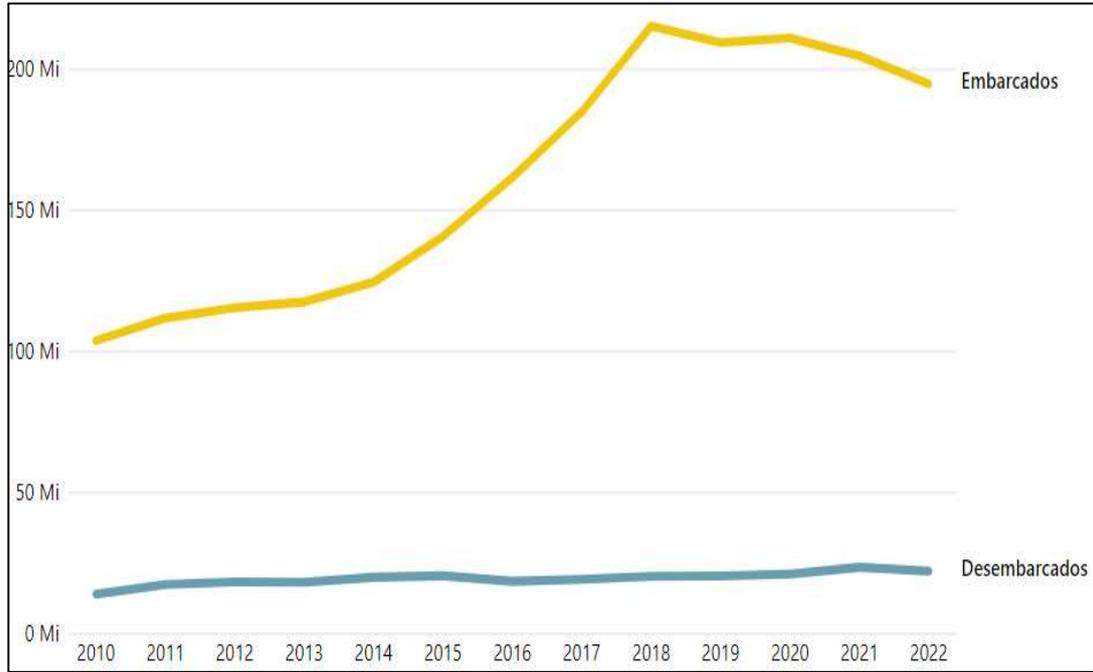
Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

O gráfico 2 permite identificar que a redução na quantidade movimentada de cargas entre 2018 e 2021 no Maranhão foi em decorrência da quantidade de cargas embarcadas, pois a quantidade de cargas desembarcadas teve um pequeno aumento no período.

A quantidade de cargas embarcadas passou de 103,69 milhões de toneladas para 215,14, ponto máximo da série histórica, em 2018. Nos anos seguintes houve uma redução e, em 2022, a quantidade de cargas desembarcadas no estado foi de 194,60 milhões de toneladas, valor 9,55% menor que o de 2018 e 87,67% maior que o de 2010.

A variação positiva na quantidade de cargas desembarcadas entre os anos 2010 e 2022 nos portos do estado foi de 58,95%, passando de 13,86 milhões de toneladas para 22,03 milhões de toneladas.

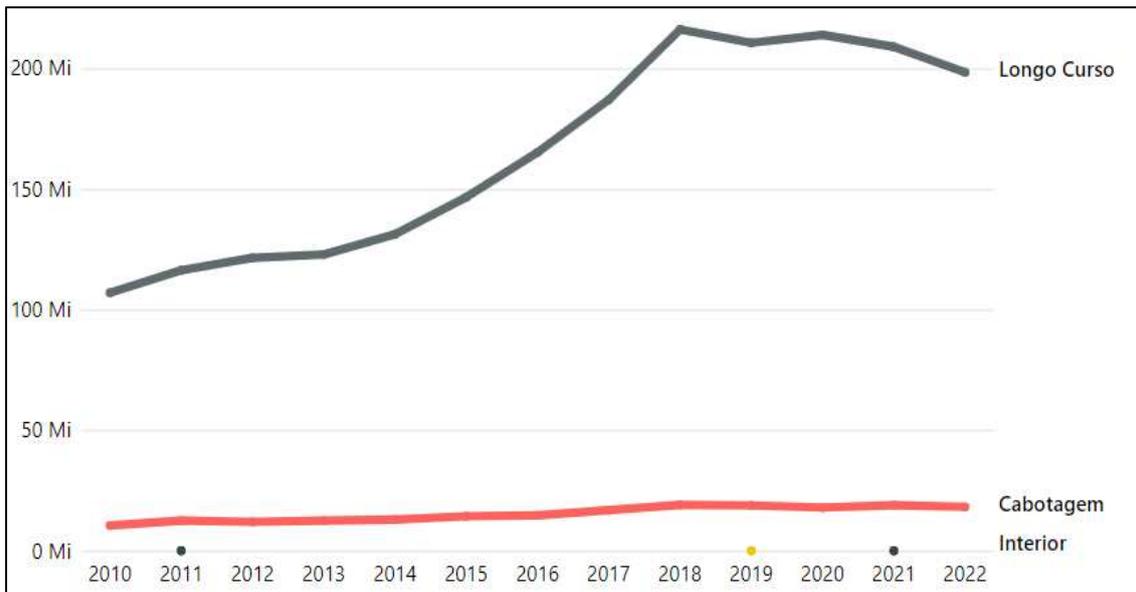
Gráfico 2 - Quantidade de cargas de movimentadas no Maranhão por sentido da operação (em milhões de toneladas, 2010-2022).



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

O principal tipo de navegação adotado no Maranhão é a de longo curso, seguindo o padrão nacional. A quantidade de cargas movimentadas por esse tipo de navegação era de 107,04 milhões de toneladas em 2010. Em 2018, ano em que o estado mais movimentou cargas por meio desse tipo de navegação, foram 216,22 milhões de toneladas, valor 102% maior que o daquele ano. Em 2022, 198,41 milhões de toneladas foram movimentadas por meio da navegação de longo curso, uma redução de 8,24% se comparado com a quantidade movimentada em 2018 e um aumento, se comparado com a quantidade movimentada em 2010, de 85,36% (gráfico 3).

Gráfico 3 - Quantidade de cargas movimentadas no Maranhão por tipo de navegação (em milhões de toneladas, 2010-2022).

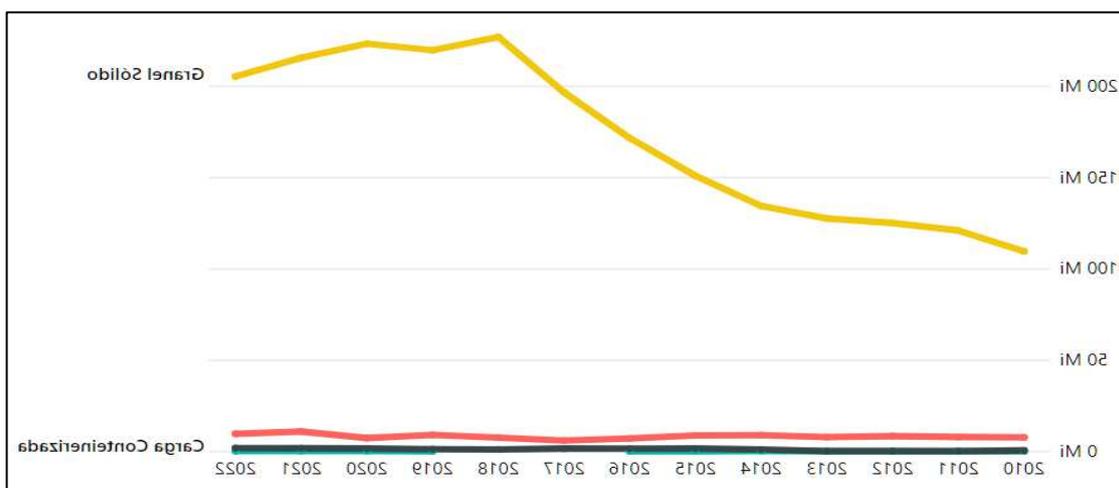


Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

Quanto à natureza da carga movimentada no contexto maranhense entre 2010 e 2022, percebe-se que a maioria da carga movimentada nesse período era do tipo Granel Sólido. A quantidade de carga movimentada desse tipo passou de 109,42 milhões de toneladas em 2010 para 226,74 milhões de toneladas em 2018, um aumento de 107,22%. Por outro lado, houve uma redução de 9,54% na quantidade de cargas movimentadas dessa natureza entre 2018 e 2022, ou seja, 205,12 milhões de toneladas de cargas do tipo granel sólido foram movimentadas em 2022.

A participação da movimentação de cargas dessa natureza era, em 2022, de 94,68% do total de cargas movimentadas pelo setor aquaviário maranhense (gráfico 4).

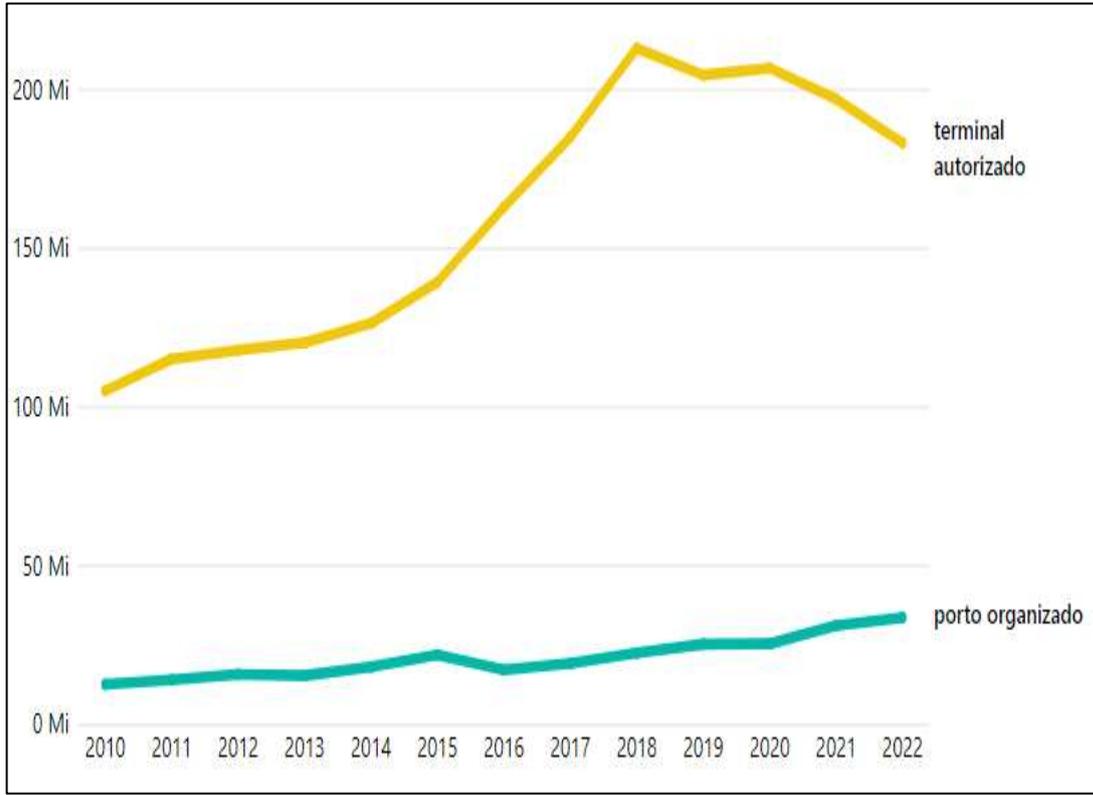
Gráfico 4 - Quantidade de cargas movimentadas no Maranhão por natureza da carga (em milhões de toneladas, 2010-2022)



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

Em 2010, os terminais autorizados foram responsáveis por movimentar 12,52 milhões de toneladas, valor que cresceu anualmente até atingir o maior registro da série em 2018, quando os terminais movimentaram 22,40 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 102,69%. No entanto, nos anos seguintes houve redução na quantidade de cargas movimentadas nos terminais organizados, alcançando o menor valor desde 2018, em 2022. Nesse ano, os terminais organizados movimentaram 183,06 milhões de toneladas, apresentando uma redução de 14%, se comparado ao valor de 2018 (gráfico 5).

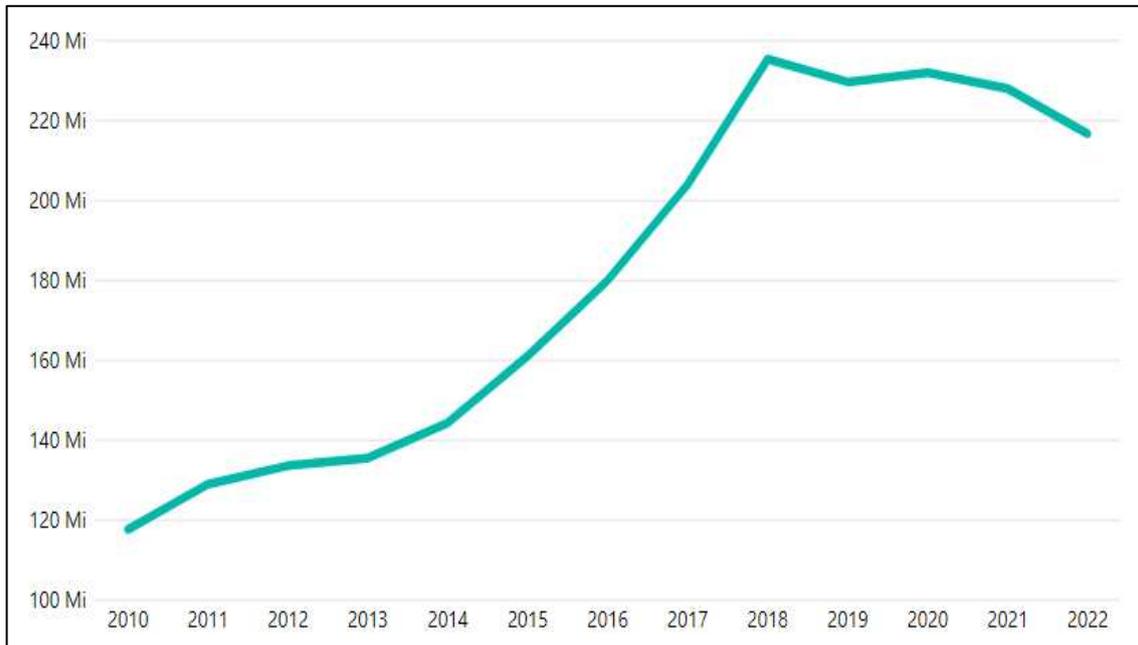
Gráfico 5 – Quantidade de cargas movimentadas no Maranhão por natureza da carga (em milhões de toneladas, 2010-2022)



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

Se em 2010 os portos maranhenses embarcaram 103,69 milhões de toneladas, em 2018 os portos do estado foram responsáveis pelo embarque de 215,14 milhões de toneladas de carga, montante 107,48% superior ao ano de 2010. No entanto, houve uma redução na quantidade de cargas embarcadas nos portos do estado no interregno, até registrar, em 2022, a marca de 194,60 milhões de toneladas embarcadas — valor 9,55% menor que o de 2018 (gráfico 6).

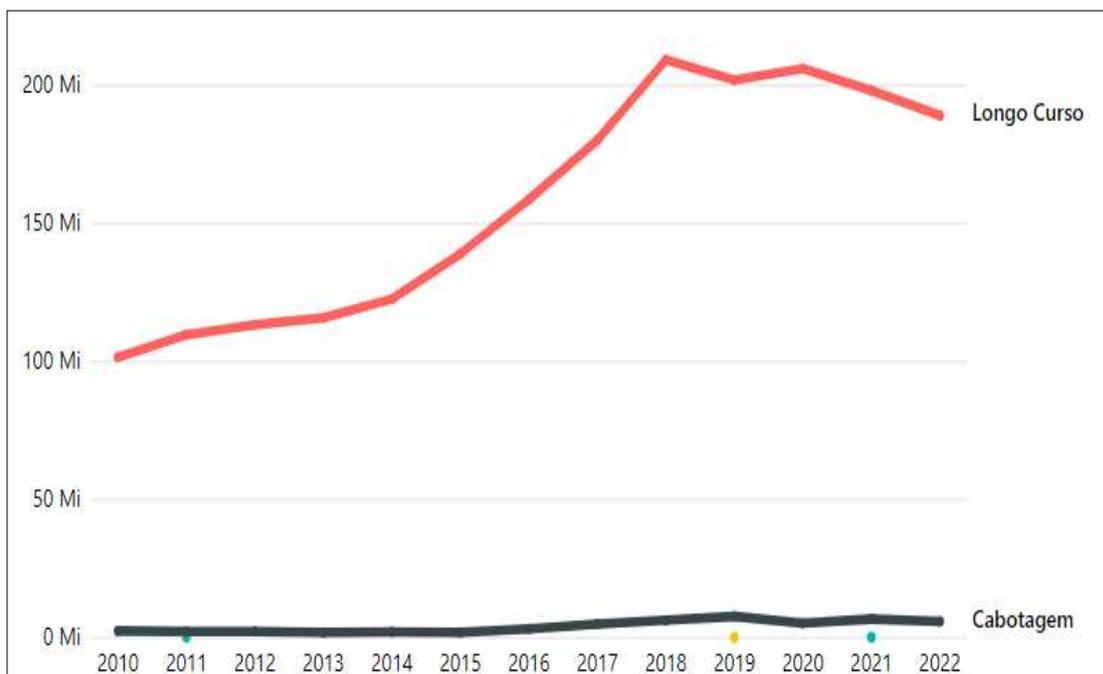
Gráfico 6 - Quantidade de cargas embarcadas no Maranhão (em milhões de toneladas, 2010-2022).



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

O principal tipo de navegação usado para o embarque de cargas no estado do Maranhão é o de longo curso. Em 2010, esse tipo de navegação foi responsável pelo embarque de 101,36 milhões de toneladas, valor que passou para 188,85 milhões em 2022, o que representa um aumento de 86,30% (gráfico 7).

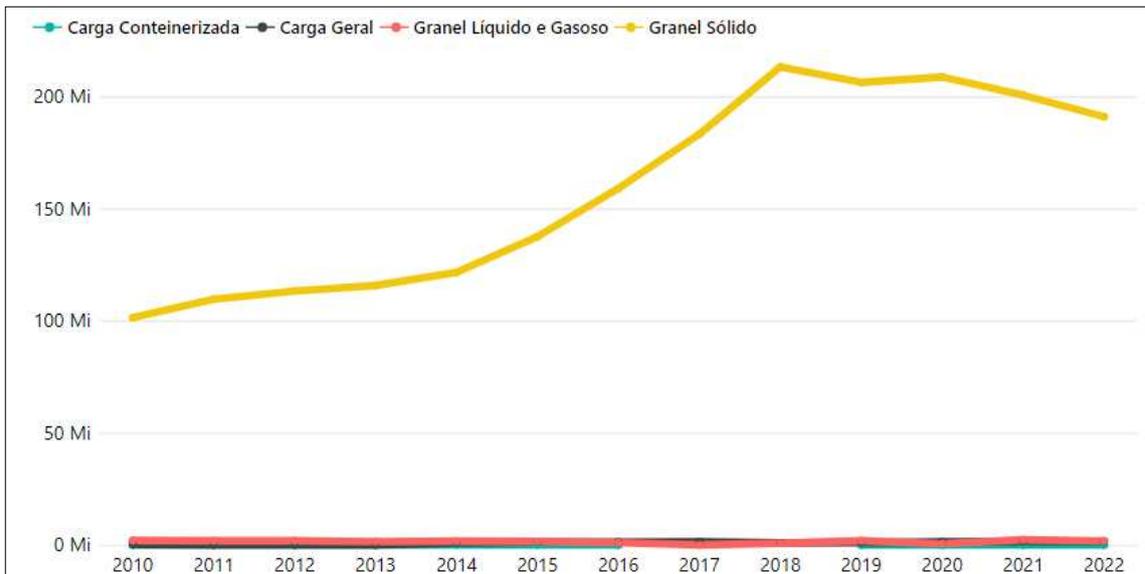
Gráfico 7 - Quantidade de cargas embarcadas no Maranhão por tipo de navegação (em milhões de toneladas, 2010-2022).



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

O perfil destaque das cargas embarcadas nos terminais e portos do Maranhão é o Granel Sólido. Em 2010, 101,41 milhões de toneladas foram embarcadas no estado, valor que aumentou para 191,05 milhões de toneladas em 2022 (gráfico 8).

Gráfico 8 - Quantidade de cargas embarcadas no Maranhão por natureza da carga (em milhões de toneladas, 2010-2022).



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

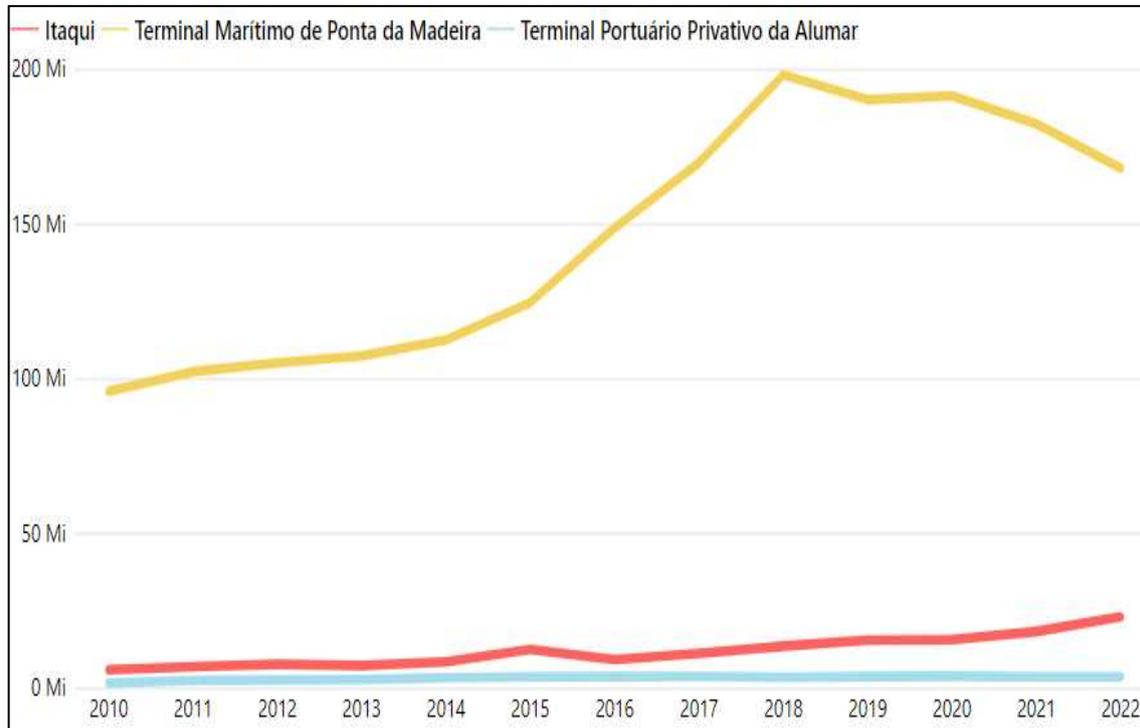
Os Portos Itaqui (porto autorizado), Terminal Marítimo de Ponta da Madeira e Terminal Portuário Privativo da Alumar (terminais autorizados) foram os responsáveis pelo embarque de cargas no estado do Maranhão.

Entre 2010 e 2022, o Terminal Marítimo de Ponta da Madeira foi o principal responsável pelo embarque de cargas no estado. O embarque de cargas nesse terminal cresceu de 95,89 milhões de toneladas movimentadas (92,67% do total) em 2010 para 198,11 milhões de toneladas (92,08%) em 2018. No entanto, nos anos seguintes, ocorreu redução no embarque de cargas deste terminal, registrando em 2022 o valor de 168 milhões de toneladas de cargas movimentadas (86,33%). Ou seja, entre 2018 e 2022 houve redução de 15,20% no total de cargas embarcadas nesse terminal.

O Porto do Itaqui, segundo maior em embarques de cargas no estado, foi responsável pelo envio de 5,95 milhões de toneladas (5,75% do total) no ano de 2010 e, em 2022, atingiu o recorde da série histórica, sendo responsável pelo embarque de 23 milhões de toneladas (11,82% do total) de cargas, valor 286,55% superior ao de 2010.

O Terminal Portuário Privativo da Alumar, em 2010, embarcou 1,63 milhões de toneladas (1,58%), valor que aumentou 120,86% se comparado com 2022. Nesse ano, o terminal foi responsável pelo embarque de 3,6 milhões de toneladas (1,85%), conforme apresentado no gráfico 9.

Gráfico 9 - Quantidade de cargas embarcadas por portos do Maranhão (em milhões de toneladas, 2010-2022).



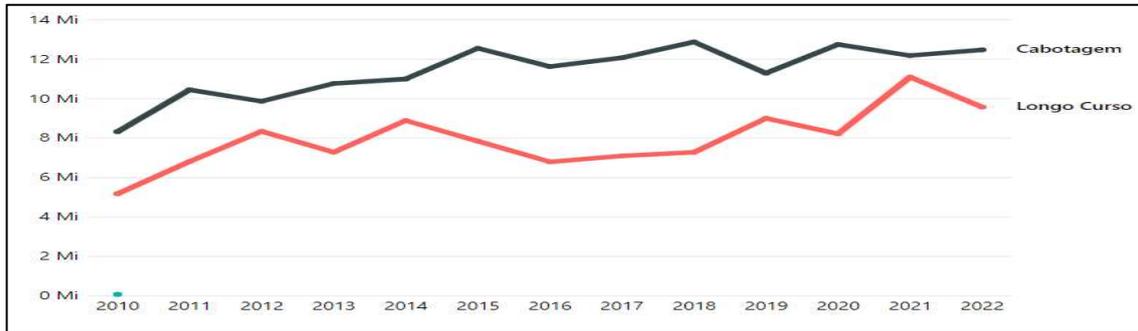
Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

Os dois tipos de navegação usados pelas embarcações que desembarcaram cargas no Maranhão entre 2010 e 2020 foram cabotagem e longo curso.

Ao longo do período analisado, a cabotagem foi o principal tipo de navegação usado pelas embarcações que desembarcaram cargas no estado. Em 2010, 8,31 milhões de toneladas de carga bruta foram transportadas por meio desse tipo de navegação, valor que representa 56,58% do total desembarcado no estado naquele ano. Por outro lado, em 2022 houve um aumento de 49,94% da quantidade de cargas desembarcadas por meio de embarcações que usaram a cabotagem como tipo de navegação, se comparado com 2010. Assim, no ano de 2022 esse tipo de navegação foi responsável pelo desembarque de 12,46 milhões de toneladas de cargas no Maranhão.

Todavia, a quantidade de carga bruta desembarcada nas instalações portuárias do estado, através da navegação de longo curso, foi de 5,16 milhões em 2010 (valor que representa 38,14% do total desembarcado no estado nesse ano) para 9,56 milhões em 2022 (o que corresponde a 43,42% do total desembarcado nesse ano). Assim, houve uma variação positiva de 85,27% de 2010 para 2022 (gráfico 10).

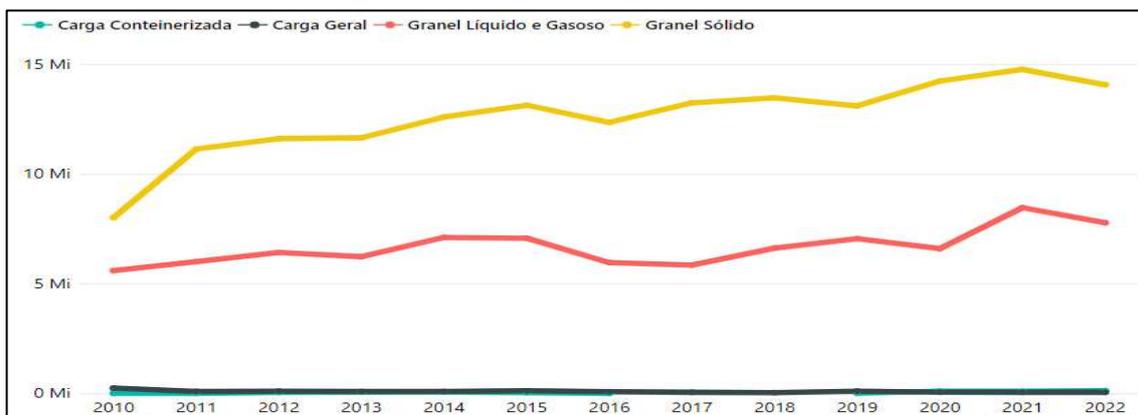
Gráfico 10 - Quantidade de cargas desembarcadas no Maranhão por tipo de navegação (em milhões de toneladas, 2010-2022).



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

O principal tipo de carga desembarcada nos portos e terminais do estado do Maranhão foi granel sólido. Em 2010, 8,01 milhões de toneladas de granel sólido desembarcaram no estado, valor que em 2022 aumentou para 14,07 milhões de toneladas (gráfico 11).

Gráfico 11 - Quantidade de cargas desembarcadas no Maranhão por tipo de navegação (em milhões de toneladas, 2010-2022).



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

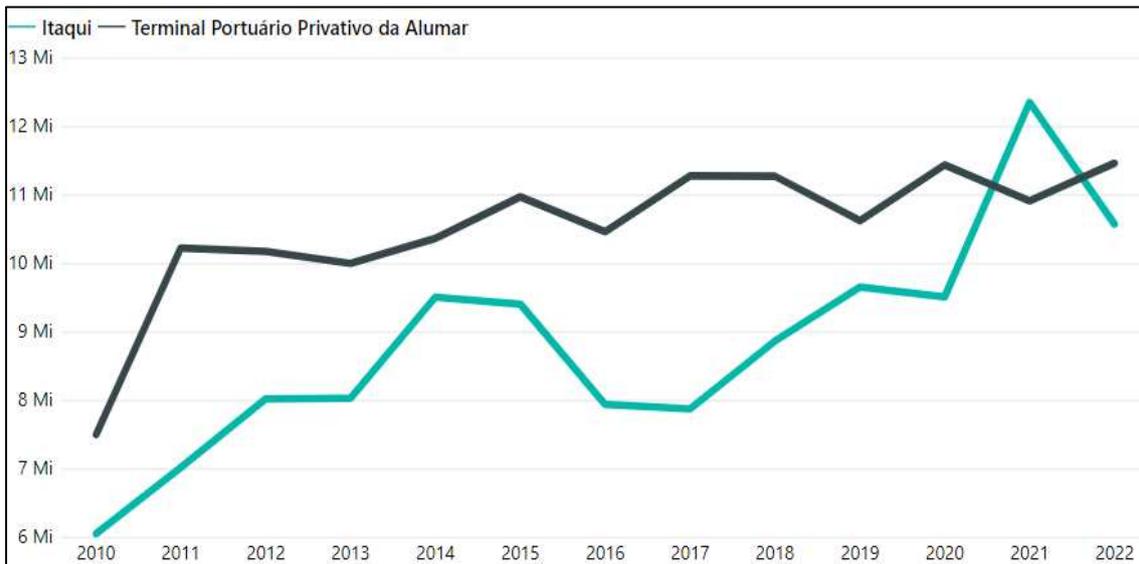
O TUP Alumar foi o principal destino para as cargas desembarcadas nos portos maranhenses até o ano de 2020. No entanto, no ano de 2021, o porto do Itaqui superou aquele porto, alcançando a marca de 10,91 milhões de toneladas desembarcadas: um aumento de 29,86% das cargas desembarcadas em relação ao ano anterior.

Todavia, em 2022, o TUP Alumar superou o Porto do Itaqui em quantidade de cargas desembarcadas novamente, pois houve uma redução de cargas desembarcadas no porto do Itaqui, se comparado com o ano de 2021, de 14,41%. Assim, o Porto do Itaqui desembarcou 10,57 milhões de toneladas de cargas em 2022, o equivalente a 47,98% do total.

Por outro lado, em relação ao ano de 2021, o TUP Alumar apresentou, em 2022, um aumento na quantidade de cargas movimentadas de 5,04%, alcançando 11,46 milhões de toneladas de cargas desembarcadas em 2022, o que corresponde a 52,02% do total (gráfico 12).

Resumidamente, esta seção apresentou os resultados da pesquisa, composto por um painel virtual interativo (*dashboard*). Essa ferramenta, desenvolvida com base em dados coletados do EA da ANTAQ e utilizando a linguagem R e o *Power BI*, oferece uma análise abrangente e dinâmica do setor portuário e aquaviário do Maranhão entre 2010 e 2022. A seção seguinte sintetiza os principais resultados da pesquisa e discute suas implicações para o desenvolvimento do setor portuário e aquaviário no Maranhão.

Gráfico 12 - Quantidade de cargas desembarcadas nos portos do Maranhão (em milhões de toneladas, 2010-2022).



Fonte: Universidade Federal do Maranhão (2023). Dados extraídos de Brasil (2023).

5. Considerações Finais

Este trabalho buscou contribuir para a análise do setor portuário e aquaviário do Maranhão, investigando seus desafios e potencialidades a partir dos dados disponibilizados pela ANTAQ por meio do *dashboard* elaborado. A aplicação de ferramentas e técnicas de Ciência de Dados permitiu o desenvolvimento de uma plataforma inovadora, composta por um *dashboard* interativo, visando suprir a demanda por informações claras, organizadas e acessíveis sobre o setor.

A metodologia empregada, baseada no fluxo de trabalho de Wickham e Grolemund (2019), possibilitou a coleta, tratamento, análise e visualização de dados de forma robusta e sistemática. O *dashboard*, fruto dessa análise aprofundada, evidenciou um crescimento expressivo do setor portuário e aquaviário maranhense no período de

2010 a 2022. Constatou-se que o volume de cargas movimentadas nos portos do estado mais que dobrou nesse intervalo, impulsionado pela diversificação da pauta de exportações, com destaque para o minério de ferro, a soja e outros produtos de origem agrícola e mineral. Tais resultados reforçam a posição estratégica do Maranhão no cenário do comércio exterior brasileiro.

Além de apresentar os resultados da análise de forma clara e concisa, o painel de controle, com sua interface dinâmica e intuitiva, democratiza o acesso às informações, permitindo que diferentes públicos - de gestores públicos a estudantes e a população em geral - explorem os dados de forma autônoma e extraiam suas próprias percepções sobre a dinâmica do setor.

A plataforma desenvolvida contribui para a construção de um sistema de informação mais transparente, acessível e participativo para o setor portuário e aquaviário do Maranhão. Espera-se que a disponibilização dessa ferramenta contribua para:

- Aprimorar a tomada de decisão: fornecendo aos gestores públicos e privados dados confiáveis e atualizados para a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais mais eficazes;
- Estimular a participação social: possibilitando que a sociedade civil e os demais *stakeholders* do setor acompanhem a evolução do setor, formulem críticas e sugestões e contribuam para o seu desenvolvimento sustentável;
- Promover a pesquisa e a geração de conhecimento: os códigos desenvolvidos ao longo da pesquisa, disponibilizados para consulta e reutilização, impulsionarão novos estudos e o aprofundamento do conhecimento sobre o setor.

As contribuições deste artigo científico transcendem o contexto específico do Maranhão. A metodologia e a ferramenta desenvolvida podem ser adaptadas e aplicadas a outros estados e regiões, impulsionando a criação de uma rede de informação e análise integrada para o setor portuário e aquaviário brasileiro.

É importante reconhecer, no entanto, as limitações desta pesquisa. A base de dados utilizada, embora abrangente, apresenta lacunas e inconsistências. A atualização constante das informações e o aprimoramento dos mecanismos de coleta de dados pela ANTAQ são essenciais para superar tais desafios. A pesquisa, por sua vez, concentrou-se na análise descritiva e exploratória dos dados, abrindo caminho para futuros estudos que explorem técnicas mais avançadas de modelagem e predição.

Em síntese, este trabalho científico demonstra o potencial da Ciência de Dados para a análise e compreensão do setor portuário e aquaviário do Maranhão. O *dashboard*, produto desta pesquisa, representam um passo importante na construção de um sistema de informação mais transparente e participativo para o setor, estimulando novas pesquisas, o aprimoramento das políticas públicas e a construção de um futuro mais próspero e sustentável. Espera-se que este trabalho contribua para a elaboração de novas propostas de análise do setor, ampliando a oferta de informações de fácil compreensão e acesso para os *stakeholders* e para a população em geral.

Referências

ABDULDAEM, A.; GRAVELL, A. Principles for the design and development of dashboards: literature review. In: **Proceedings of INTCESS 2019**. Dubai, 2019, P.

1307–1316. Disponível em: https://www.ocerints.org/intcess19_e-publication/papers/412.pdf. Acesso em: 13 jan. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Estatístico aquaviário 2.1.4**. Versão 1.0.1. Brasília: ANTAQ, 2023a. Disponível em: <https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/index.html#pt>. Acesso em: 22 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Comércio Exterior. **Comex Stat: Estatísticas de Comércio Exterior**. Brasília: Ministério da Economia, 2023b. Disponível em: <https://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 22 fev. 2023.

CACHO, J. L. *et al.* Port Data Integration: Opportunities for Optimization and Value Creation. In: *Handbook of Research on Applied Data Science and Artificial Intelligence in Business and Industry*. IGI Global, 2021. p. 1-22. Disponível em: <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/full-text-pdf/284972>. Acesso em 15 mar. 2024

DONG, E.; DU, H.; GARDNER, L. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. **The Lancet Infectious Diseases**, [S.L.], V. 20, N. 5, P. 533-534, maio 2020. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1473-3099\(20\)30120-1](http://dx.doi.org/10.1016/s1473-3099(20)30120-1). Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30120-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1). Acesso em: 10 mar. 2024.

FALCÃO, V. A.; CORREIA, A. R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. **Journal of Transport Literature**, v. 6, p. 133-146, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jtl/a/35J7TmxfgJTYN93wd6JCnfb/?lang=pt#top>. Acesso em: 12 mar. 2024.

KIRK, A. **Data visualisation: A handbook for data driven design**. 2. ed. London: SAGE Publications Ltd, 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MICROSOFT. O que é o Power BI? [S.l.: s.n.], 2022. Acesso em: 05 fev. 2024. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/power-bi/fundamentals/power-bi-service-overview>.

MIRANDA, T. V. **Dinâmicas regionais e o setor portuário brasileiro: a movimentação de cargas nos portos públicos e terminais de uso privado**. 2002. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2022. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UFF-2_1cc3887d62e4839614de0b1bf456edee. Acesso em: 02 maio 2024.

OLIVEIRA, R. F. **Influência da variação temporal da densidade da água nas operações portuárias do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira**. 2022. 58 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Oceanografia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022. Disponível em <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/3918>. Acesso em: 01 maio 2024.

PAUWELS, K. *et al.* Dashboards as a service: why, what, how, and what research is needed? **Journal of Service Research**, V. 12, N. 2, P. 175–189, 2009. SAGE Publications. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1094670509344213>. Acesso em: 1 mar. 2024.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 23 mar. 2023.

SILVA, F. C. C. Visualização de dados: passado, presente e futuro. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 205-223, 2019. DOI: 10.18617/liinc.v15i2.4812. Disponível em: <https://revista.ibict.br/liinc/article/view/4812>. Acesso em: 27 fev. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO. Observatório Portuário. **Movimentação portuária**. São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2023. 39 P., ANO 1, V. 1, N. 1. Disponível em: <https://observatorioportuario.com.br/wp-content/uploads/2023/08/Movimentacao-portuaria-brasileira-n-2.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2023.

WICKHAM, H. *et al.* **Package dplyr**: a grammar of data manipulation. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=dplyr>. Acesso em: 21 maio 2022.

WICKHAM, H. *et al.* Welcome to the Tidyverse. **Journal Of Open Source Software**, [S. l.], V. 4, N. 43, P. 1686, 2019. The Open Journal. <http://dx.doi.org/10.21105/joss.01686>. Disponível em: <https://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.01686>. Acesso em: 3 maio 2022.

WICKHAM, H. **Package ggplot2**: elegant graphics for data analysis. New York, Springer-Verlag, 2016. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>. Acesso em: 21 maio 2022.

WICKHAM, H.; GROLEMUND, G. **R para Data Science**: importe, arrume, transforme, visualize, e modele dados. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.

WICKHAM, H.; VAUGHAN, D.; GIRLICH, M. **Package tidyr**: tidy messy data. [S.l.:s.n.], 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=tidyr>. Acesso em: 21 maio 2022.

YIGITBASIOGLU, O. M.; VELCU, O. A review of dashboards in performance management: implications for design and research. **International Journal of Accounting Information Systems**. United States. V. 13, N. 1, P. 41-59, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2011.08.002>. ISSN 1467-0895. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1467089511000443>. Acesso em: 01 mar. 2024.

ZHANG, X.; GALLAGHER, K.; GOH, S. BI application: Dashboards for healthcare. **AMCIS 2011 Proceedings**, Detroit, 2011, V. 5, P. 3898 – 3902. ISBN 978-161839098-1. Acesso em: 20 fev. 2023. Disponível em: http://aisel.aisnet.org/amcis2011_submissions/442.