

## PORTO DE SANTOS

## Análise da movimentação de carga e perspectivas futuras

SANTOS, Dyanna Crus dos<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-7340-2228>CAMPOS, Renato Gomes de<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-6936-9293>CORREA, Jobel Santos<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-4044-4947>

## RESUMO

O Porto de Santos desempenha um papel fundamental e estratégico no contexto do comércio exterior brasileiro, sendo reconhecido como um dos principais pontos de entrada e saída de mercadorias do país. Este artigo analisa as movimentações do porto durante os anos 2005 a 2022 com vistas a compreensão dos fluxos de carga, identificação de oportunidades de melhorias em relação aos desafios enfrentados e sugere tendências para o futuro das operações portuárias. O presente artigo é fruto de uma extensa coleta de dados cuja análise revelam padrões operacionais e *insights* valiosos para aprimorar a gestão portuária, otimizar a operação logística e promover a eficiência do fluxo de mercadorias.

## Palavras-chave

Porto de Santos, predições, movimentação de carga e logística portuária.

## SANTOS PORT

## Cargo handling analysis and future perspectives

## ABSTRACT

The Port of Santos plays a fundamental and strategic role in the Brazilian foreign trade context, being recognized as one of the main points of entry and exit of goods in the country. This paper analyzes the port's movements from 2005 to 2022 to understand cargo flows, identify opportunities for improvement given the challenges faced, and suggest trends for the future of port operations. This paper results from extensive data collection whose analysis reveals operational patterns and valuable insights to improve port management, optimize logistics operations, and promote the efficient flow of goods.

## Keywords

Santos Port, predictions, cargo handling and port logistics.

Submetido em: 30/06/2023 – Aprovado em: 01/08/2023 – Publicado em: 07/08/2023

<sup>1</sup> Engenheira Civil e Cientista de Dados, FATEC Rubens Lara e APS, São Paulo, [dyanna.santos@fatec.sp.gov.br](mailto:dyanna.santos@fatec.sp.gov.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Mecânico e Cientista de Dados, FATEC Rubens Lara, São Paulo, [renato.campos3@fatec.sp.gov.br](mailto:renato.campos3@fatec.sp.gov.br)

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia de Produção, Cientista de Dados e consultor sênior em Cadeia de Suprimentos, FATEC Rubens Lara, São Paulo, [jobel.correa@fatec.sp.gov.br](mailto:jobel.correa@fatec.sp.gov.br)



# 1 INTRODUÇÃO

O estudo das atividades portuárias tem ganhado destaque em recentes pesquisas na área de logística (NOTTEBOOM; PALLIS; RODRIGUE, 2022). O Porto de Santos, localizado no estado de São Paulo, é um dos principais portos do Brasil e da América Latina, sendo responsável por grande parte do comércio exterior do país (BOCCHINI, 2023). Diante da sua relevância, o estudo da movimentação de carga no Porto de Santos torna-se fundamental para compreender parte da sua eficiência e produtividade (APS, 2023).

O Porto de Santos recebe cargas de diversos segmentos, como grãos, farelos, minérios, combustíveis, entre outros. Segundo a Autoridade Portuária de Santos (APS), no ano de 2022, foram movimentados cerca de 162 milhões de toneladas de carga. Ainda assim, o porto enfrenta alguns desafios em relação à eficiência operacional, como a falta de investimentos em infraestrutura, de competências tecnológicas e de estratégias de negócio baseadas em dados (APS, 2023).

Este estudo contribui para o conhecimento sobre esses desafios, além de apresentar informações relevantes para a tomada de decisão de gestores públicos e privados que atuam no setor de logística e transporte. Com base nos dados coletados e analisados, é possível identificar padrões e impulsionar o desenvolvimento tecnológico e econômico (SHETTY; DWARAKISH, 2020).

## *1.1 A Importância Estratégica do Porto*

A área de logística e transporte é de fundamental importância para a economia do país, pois é responsável por viabilizar a movimentação de bens e serviços, tanto no mercado interno quanto no externo. Nesse contexto, os portos desempenham um papel estratégico, pois são a principal interface entre o transporte marítimo e o terrestre (SHETTY; DWARAKISH, 2020).

A logística é uma área interdisciplinar que envolve a gestão de fluxos de materiais, informações e recursos, com o objetivo de garantir a entrega dos produtos ao cliente final de forma eficiente e eficaz. Já o transporte é responsável por viabilizar a movimentação de bens e serviços entre os diferentes pontos da cadeia logística (BALLOU, 2006).

## *1.2 Justificativa*

A justificativa para a análise da movimentação de carga no Porto de Santos se dá pela importância estratégica do porto para a economia brasileira e pela necessidade de avaliar suas atividades a fim de identificar oportunidades de melhoria. Além disso, essa análise também contribui para a produção de conhecimento científico na área de logística portuária.

### 1.3 Problema da Pesquisa

O problema da pesquisa consiste em identificar a tendência de movimentação, porém não desconsiderando os picos relativos à sazonalidade por perfil de carga movimentada no Porto de Santos, durante o período de 2005 a 2022 e analisá-los para a plotagem de gráficos estratégicos. Portanto, busca-se responder a questões como: Qual é a movimentação do Porto de Santos? Quais são os principais tipos de carga movimentados e que representam a proporção 20/80 do princípio de Pareto? Como se distribui a movimentação de carga entre os diferentes berços?

### 1.4 Objetivos da Pesquisa

A partir desses questionamentos, é possível analisar o que aconteceu e quais são as perspectivas futuras para as demandas. Sendo assim compreende-se como objetivo deste artigo o indicado a seguir.

#### 1.4.1 Objetivos Gerais

Analisar a movimentação de carga do Porto de Santos durante o período que abrange o *dataset*, ou seja, de 2005 a 2022, com o objetivo de identificar o padrão de comportamento e prever os próximos anos.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Prever a movimentação de carga para os anos de 2023 a 2026;
- b) Produzir conhecimento científico na área de Ciência de Dados em conjunto com a de logística portuária a partir da análise da movimentação de carga no Porto de Santos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Para analisar-se a movimentação de carga no Porto de Santos, é necessário entender alguns conceitos teóricos relevantes. No cenário de competição global, alguns aspectos mencionados por Chiavenato (2000, p. 139),

O crescimento e a abrangência das organizações, a moderna tecnologia da informação, a sofisticação dos meios de transportes são os elementos básicos que fazem com que se procure mapear e localizar os lugares do mundo em que se possa extrair maiores vantagens competitivas de produção, custo, localização distribuição e comercialização de produtos e serviços.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> CHIAVENATO, Idalberto. Administração nos Novos Tempos. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 709 p.

É essencial que todos os stakeholders envolvidos no processo portuário estejam comprometidos em compreender as necessidades reais enfrentadas pelo porto. Isso implica em conhecer as estatísticas operacionais, adotando uma abordagem baseada em dados e se destacando em um contexto altamente competitivo da globalização.

### *2.1 Planejamento Logístico*

Para criar soluções é necessário definir claramente qual é o problema que se deseja resolver. Em seguida, é preciso realizar a coleta e análise dos dados relevantes para obter informações úteis. Com base nessa análise, é possível recomendar ações viáveis para a resolução do problema (ROCHA, 2017).

### *2.2 Colaboração e Desempenho*

Sabe-se que, a capacidade do porto de atender à demanda de carga é um fator crítico para seu desempenho. Essa capacidade pode ser influenciada por fatores como a economia global, as políticas comerciais e a logística de transporte (BALLOU, 2006).

Para uma projeção do desempenho do Porto de Santos nos próximos anos, é importante considerar os planos de investimentos em infraestrutura e tecnologia, bem como as mudanças no mercado de comércio global. A adoção de tecnologias avançadas, como a automação de processos, são ações que podem auxiliar a eficiência e a produtividade do porto, além da ampliação de suas instalações para aumentar sua capacidade estática (APS, 2023).

Em suma, a análise das métricas de desempenho no Porto de Santos requer uma compreensão profunda das teorias relacionadas à produtividade, eficiência operacional e demanda, bem como uma análise cuidadosa das tendências do mercado (BALLOU, 2006).

Nesse contexto, é relevante explorar o cenário da safra no Brasil, abordando a safra e a entressafra, como tópicos que influenciam diretamente as operações logísticas no porto. A análise desses períodos sazonais é fundamental para compreender a variação na demanda e os impactos na movimentação de cargas, permitindo a elaboração de estratégias eficientes para otimizar a logística e o transporte de carga no Porto de Santos (CONAB, 2023).

### *2.3 A safra no Brasil*

A safra no Brasil refere-se ao período em que ocorre a colheita de culturas agrícolas em larga escala, representando uma parte significativa da produção agrícola do país. O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de *commodities* agrícolas, como soja, milho, café, açúcar, entre outros. O plantio da safra principal ocorre na época das chuvas, geralmente entre os meses de outubro, novembro e dezembro. A colheita da safra acontece no período

de fevereiro a maio. A safrinha é a segunda safra cultivada após a da primeira, e tem esse nome por ser justamente menor. A entressafra é o período entre o término da safrinha até o início da próxima (CONAB, 2023).

A safra influencia diretamente diversos setores, como o agronegócio, a indústria de alimentos, a logística e o comércio exterior, afetando a demanda por transporte e influenciando as operações nos portos brasileiros (CONAB, 2023).

#### 2.4 Ferramentas, Python e suas Bibliotecas

Certas ferramentas fizeram parte do desenvolvimento deste artigo, como o *Python* que é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada e orientada a objetos, com ampla utilização na análise de dados. Dessa forma, foi utilizado para fazer as análises a partir das bases obtidas em formato CSV. Algumas bibliotecas *Python* foram utilizadas para auxiliar no processo de elaboração dos *scripts*. Essas bibliotecas são pacotes de código que agregam funcionalidades específicas ao *Python* (PYTHON, 2023).

O *Pandas* é usado para manipular dados em diversos formatos, incluindo *XLSX* e *CSV*. Ele permite realizar operações como filtragem, ordenação e agregação de dados (PANDAS, 2023). Já a *Matplotlib* é uma biblioteca para criação de gráficos e visualizações de dados em 2D e 3D, a qual fornece uma ampla variedade de tipos de visuais, desde gráficos simples de linha e barras até gráficos mais complexos, como o de dispersão e mapas de calor. Ela foi utilizada para criar gráficos que ilustram as tendências e padrões (MATPLOTLIB, 2023).

A biblioteca *Seaborn* oferece uma solução elegante e eficiente para visualização de dados. Possui a capacidade de incorporar automaticamente estilos aprimorados em gráficos e conta com a facilidade da exploração de padrões e tendências do *dataset* (SEABORN, 2023).

O pacote *Scikit-learn* para aprendizado de máquina em *Python* oferece uma implementação da regressão linear, um dos métodos mais básicos, porém, amplamente utilizado para análise preditiva (SCIKIT-LEARN, 2023).

### 3 METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem quali-quantitativa, com o objetivo de observar a movimentação de carga do Porto de Santos durante o período da análise e compreender os fatores que influenciaram essa atividade. A coleta de dados foi realizada por meio dos relatórios anuais do Porto de Santos, disponíveis na base de dados pública da Autoridade Portuária de Santos (APS, 2023).

A análise dos dados foi realizada em duas etapas principais. Na primeira etapa, foram examinados os dados estatísticos relacionados ao padrão de movimentação de carga. Esses

dados foram analisados utilizando técnicas de análise descritiva. Além disso, foi levada em consideração a identificação de tendências tanto no geral quanto em observações sazonais.

Na segunda etapa, foram realizadas algumas visitas com profissionais da área de logística e fiscalização portuária, que possuem ampla experiência no assunto. As visitas foram realizadas pela equipe de “Inovação” sob a “Gerência de Planejamento Logístico da APS”, com o objetivo de obter informações qualitativas sobre as operações do porto.

As técnicas estatísticas utilizadas na análise dos dados foram baseadas em referências confiáveis. A pesquisa foi conduzida de acordo com as normas éticas da pesquisa científica.

### *3.1 Extração, transformação e carga (ETL)*

Após extrair os dados do "mensário" do Porto de Santos, que foram disponibilizados no site da APS, as tabelas foram armazenadas em um repositório localizado no diretório denominado "*Landing Area*". O próximo passo consistiu em compreender o formato em que os dados estavam estruturados. Eles estavam organizados em tabelas, onde cada registro sendo “linha” representava uma movimentação específica, caracterizada por diferentes variáveis sendo “colunas”, no período informado.

Ao entender a estrutura dos dados e armazená-los no repositório designado, foi necessário tratar os dados para garantir a qualidade dos mesmos e evitar resultados inesperados. Esse processo incluiu a limpeza de dados desnecessários, a correção de inconsistências e a transformação desses dados em diferentes formatos para facilitar a análise. A partir desse ponto, as tabelas tratadas foram armazenadas no diretório "*Staging Area*".

Sendo assim, para seguir para as análises é importante citar a respeito de algumas teorias.

### *3.2 Teoria e Notação*

A regressão linear é uma técnica estatística usada para modelar a relação entre uma variável dependente e a variável independente. O objetivo é encontrar uma reta que melhor se ajuste aos dados, de modo a minimizar a soma dos erros quadráticos (MORETIN; SINGER, 2022). Para isso segue os passos descritos abaixo.

Formulação do modelo: regressão linear simples  $y = \beta_0 + \beta_1x + \varepsilon$ , onde  $y$  é a variável dependente,  $x$  é a variável independente,  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são respectivamente os coeficientes linear e angular a serem estimados e  $\varepsilon$  é o termo de erro. A linha representa o comportamento das variáveis, que são valores médios de  $y$  esperados (MORETIN; SINGER, 2022).

Estimação dos coeficientes: em seguida estima-se os coeficientes do modelo. Isso é feito usando técnicas de estimação, como o método dos mínimos quadrados, que encontra os valores de  $\beta_0$  e  $\beta_1$  que minimizam erros (MORETIN; SINGER, 2022).

Coeficiente de correlação linear simples ( $r$ ): após a estimação dos coeficientes, pode-se calcular o coeficiente de correlação linear simples. Ele mede a força e a direção da relação linear entre as variáveis  $x$  e  $y$ , as quais variam de -1 a 1, onde -1 indica uma correlação “negativa” perfeita, 1 indica uma correlação “positiva” perfeita e 0 indica “ausência” de correlação linear (MORETIN; SINGER, 2022).

Avaliação do modelo: uma vez estimados os coeficientes, é importante avaliar a qualidade do modelo de regressão linear. Existem várias métricas para isso, e uma delas é o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Trata-se de uma medida estatística que indica a proporção da variabilidade da variável dependente que é explicada pelo modelo de regressão linear. Ele varia de 0 a 1, sendo que em algumas situações, também é expresso em termos percentuais. Quanto mais próximo de 1, melhor o modelo se ajusta aos dados (MORETIN; SINGER, 2022).

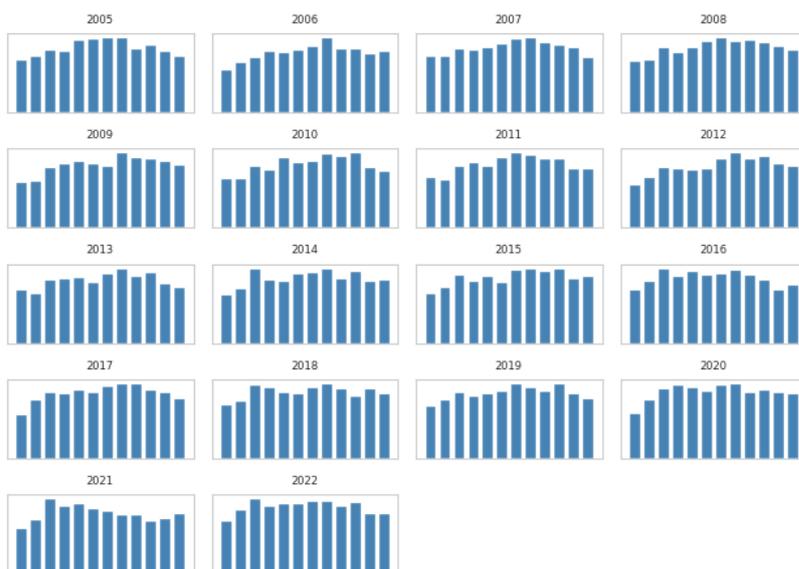
## 4 RESULTADOS

Depois da etapa de *ETL* e dos cálculos estatísticos, foram obtidos os gráficos que possibilitam a visualização dos dados em diferentes perspectivas. Em razão disso, cabe mostrar os relatórios provenientes dos *scripts*.

### 4.1 RELATÓRIOS

#### 4.1.1 Movimentação geral por ano.

Figura 1. Matriz de gráficos da movimentação por ano.



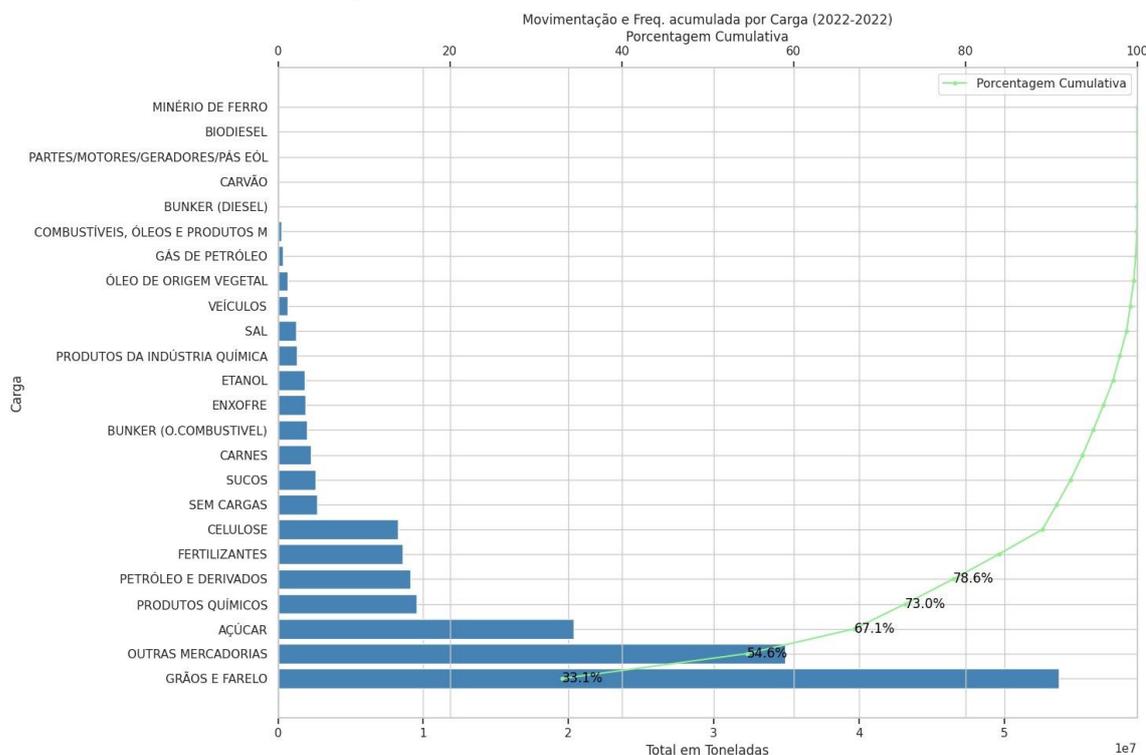
Fonte: Autores, 2023.

Através da Figura 1, é possível observar a movimentação de carga por mês, no período de 2005 a 2022. Isso diz respeito ao porto em geral, sem qualquer separação ou filtragem.

#### 4.1.2 Movimentação por carga com frequência acumulada.

Houve a necessidade de analisar o *dataframe* por perspectivas diferentes, nesse caso, isolando o total movimentado por tipo de carga. Com isso obteve-se o gráfico de barras da movimentação por carga com frequência acumulada (Figura 2) que mostra a distribuição da quantidade de toneladas movimentadas para cada tipo de carga, neste caso para o ano mais recente, 2022. Essa é a representação clara do princípio de “Pareto”, no qual 20% das causas representam 80% dos resultados.

Figura 2. Toneladas por carga no período.

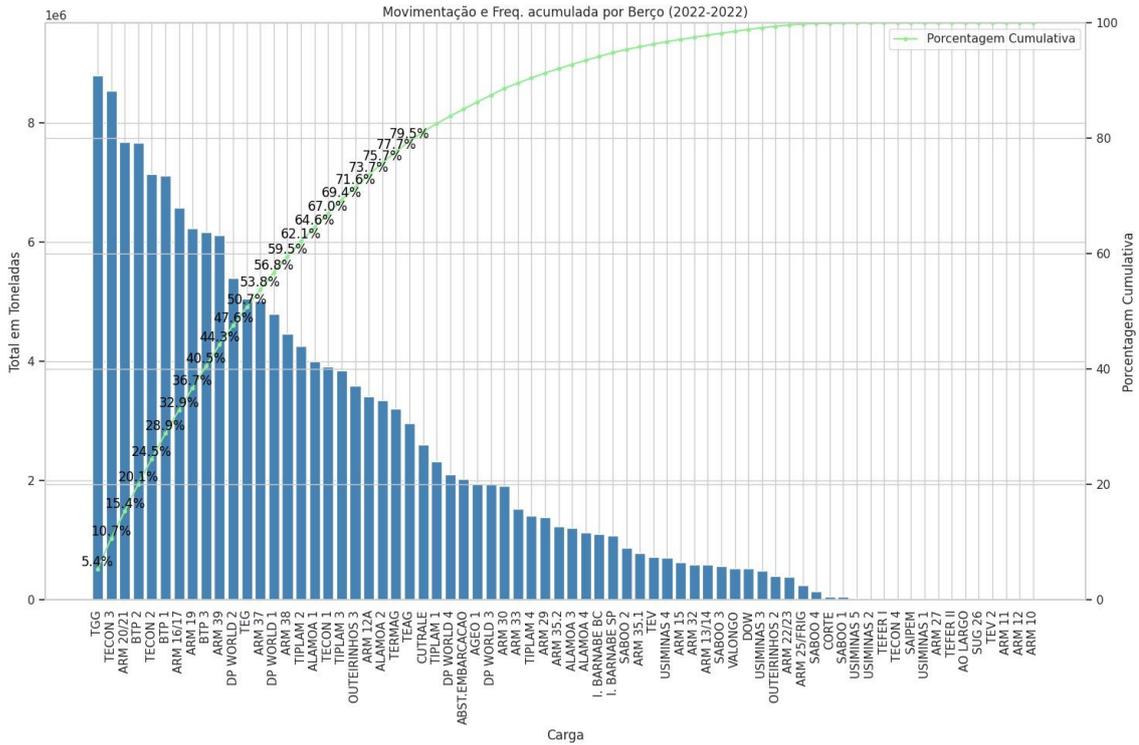


Fonte: Autores, 2023.

#### 4.1.3 Movimentação por berço com frequência acumulada.

Na sequência, a Figura 3 permite visualizar a contribuição relativa de cada berço para o total de cargas movimentadas, novamente para o último ano com cada barra representando um berço específico e a altura da barra indicando a quantidade acumulada de movimentação de cargas registrada neste berço.

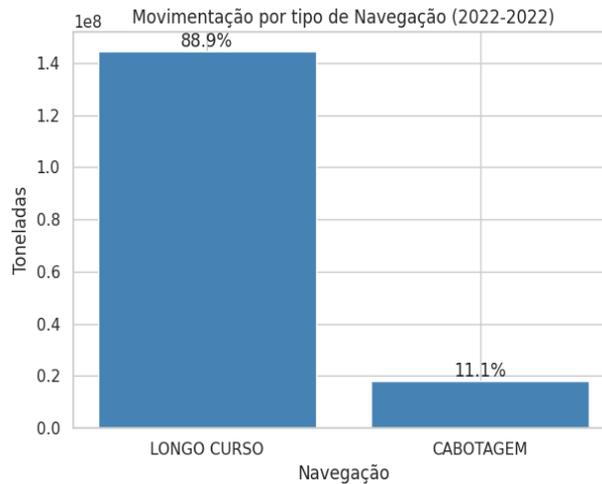
Figura 3. Toneladas por berço no período.



Fonte: Autores, 2023.

#### 4.1.4 Gráfico de toneladas por navegação.

Figura 4. Gráfico de toneladas por navegação.



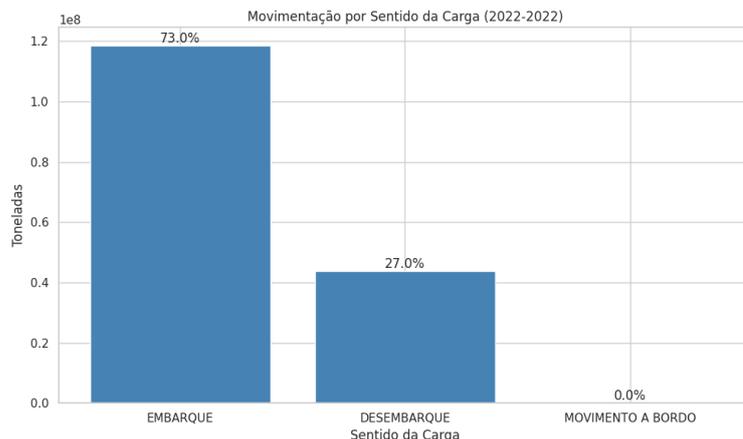
Fonte: Autores, 2023.

A Figura 4 representa a distribuição das atividades de navegação no porto em 2022, sendo que cada barra representa um tipo específico de navegação, sendo longo curso que está relacionado à exportação e a cabotagem representando o transporte interno ao país. A

altura de cada barra indica as toneladas para cada categoria, o que evidencia a discrepância da categoria longo curso.

#### 4.1.5 Gráfico de toneladas por sentido.

Figura 5. Toneladas por sentido.

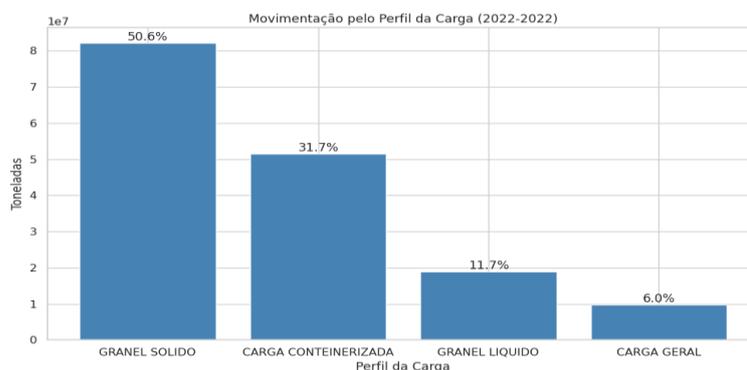


Fonte: Autores, 2023.

A Figura 5 representa o sentido do fluxo de carga onde cada barra representa um sentido específico, como importação e exportação. Através disso, nota-se que a categoria embarque apresenta o mesmo destaque a longo curso. Cabe salientar a existência de movimentação de carga a bordo, porém de percentual ínfimo.

#### 4.1.6 Gráfico do perfil de carga.

Figura 6. Toneladas por perfil de carga.



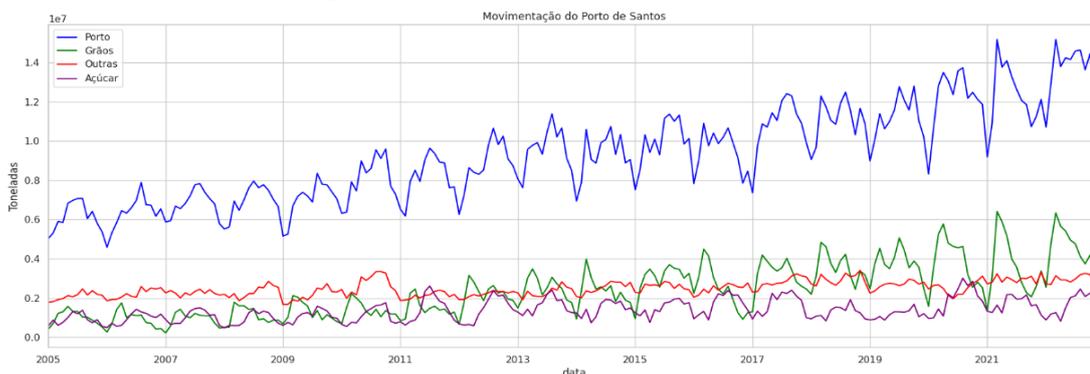
Fontes: Autores, 2023.

O gráfico de barras do perfil de carga (Figura 6) apresenta a distribuição dos diferentes tipos de carga movimentados no porto, sendo granel sólido, carga containerizada,

granel líquido e carga geral. Este visual permite observar a proporção de cada tipo de carga e identificar a representatividade de cada categoria. A categoria granel sólido se destaca, sendo a carga com maior movimentação seguida da carga containerizada.

#### 4.1.7 Série temporal do porto em comparação com principais cargas.

Figura 7. Séries temporais em toneladas.

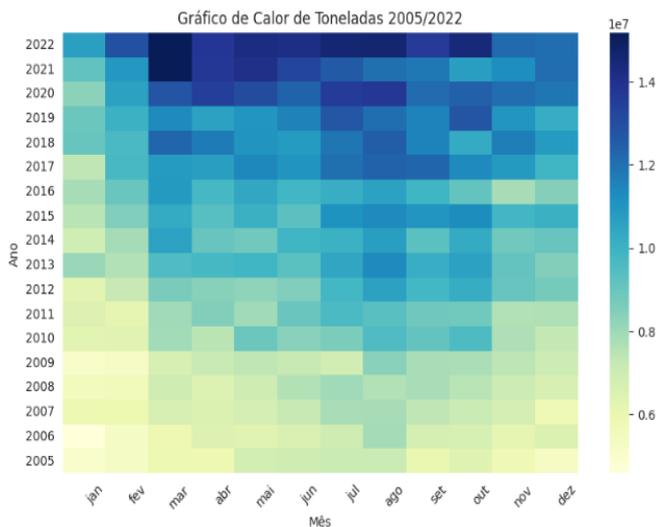


Fonte: Autores, 2023.

O gráfico das séries temporais (Figura 7) permite comparar a evolução das toneladas movimentadas no Porto ao longo do período de 2005 a 2022, onde cada linha representa uma categoria específica: Porto, Grãos e Farelo, Outras Mercadorias e Açúcar. No eixo X mostra a progressão temporal. No eixo Y, temos as toneladas, que indicam a quantidade de carga movimentada em cada categoria.

#### 4.1.8 Mapa de calor da movimentação.

Figura 8. Mapa de calor.

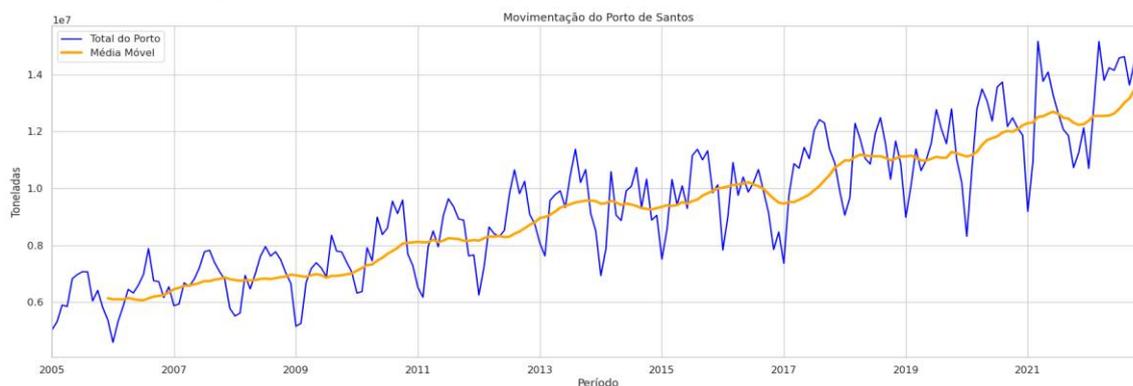


Fonte: Autores, 2023.

O mapa de calor (Figura 8) destaca os momentos em que há uma concentração significativa de movimento de carga. A tendência de aumento ao longo dos anos pode ser notada pelas linhas, já a sazonalidade com seus picos se concentra em março, agosto e outubro como pode-se observar pelas colunas.

#### 4.1.9 Série temporal da movimentação do Porto e média móvel.

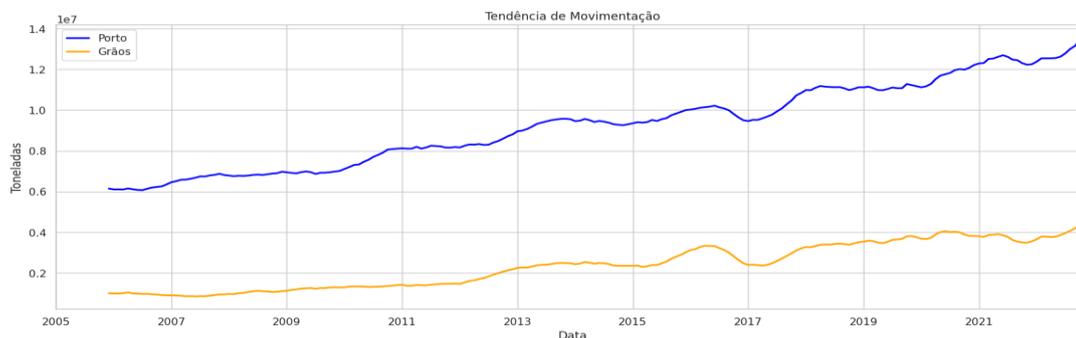
Figura 9. Série temporal da movimentação do Porto com média.



Fonte: Autores, 2023.

A série temporal (Figura 9) representa uma sequência de observações coletadas em intervalos regulares, no caso em questão, mensalmente. Ao aplicar-se a média móvel, que se trata de uma técnica que suaviza os dados, torna-se mais fácil identificar padrões de longo prazo (tendência) como mostra a Figura 10, filtrando-se as flutuações de curto prazo (sazonalidade), conseguindo-se isolar a tendência para uma melhor análise e previsões futuras com base nessas tendências.

Figura 10. Tendência pelas médias móveis.

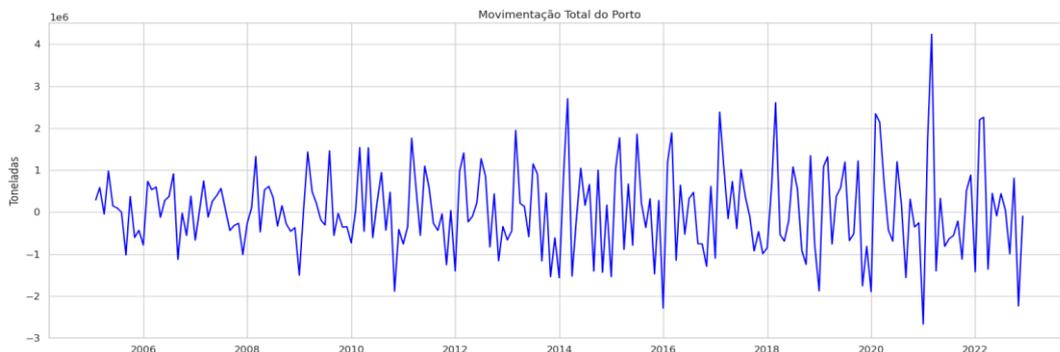


Fonte: Autores, 2023.

Ao analisar a média móvel da série temporal da movimentação do porto (Figura 10), é possível identificar tendências de crescimento ou decréscimo ao longo do tempo, tanto quanto a similaridade entre as curvas do porto e de grãos. Além disso, pelas diferenças

periódicas de movimentação, podemos observar a sazonalidade (Figura 11), como picos de movimentação em determinados períodos do ano.

Figura 11. Sazonalidade pelas diferenças entre os intervalos

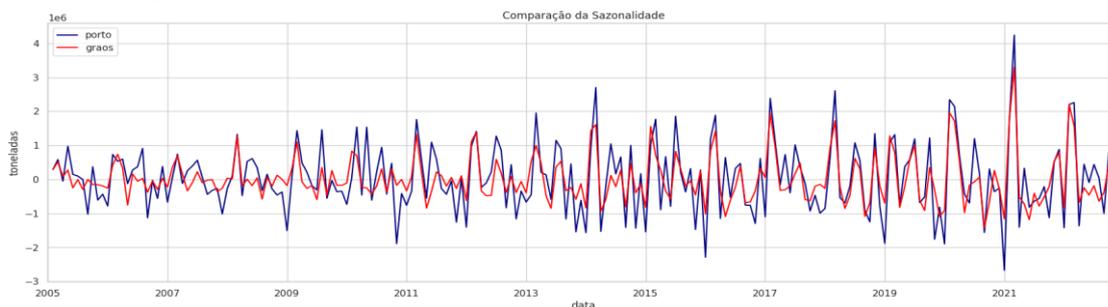


Fonte: Autores, 2023.

#### 4.1.10 Relação da sazonalidade do porto e grãos.

A sobreposição dos gráficos de sazonalidade do porto e de grãos, evidenciam a estreita relação entre a movimentação do Porto e a de Grãos ao longo do tempo. Na Figura 12 pode-se perceber a similaridade de picos e depressões que ambos os gráficos realizam, havendo em grande parte do período uma sobreposição. Isso significa que, à medida que a movimentação de grãos aumenta, a movimentação de porto também tende a aumentar. A análise dessa relação por período permite identificar padrões sazonais aos quais ambos estão submetidos.

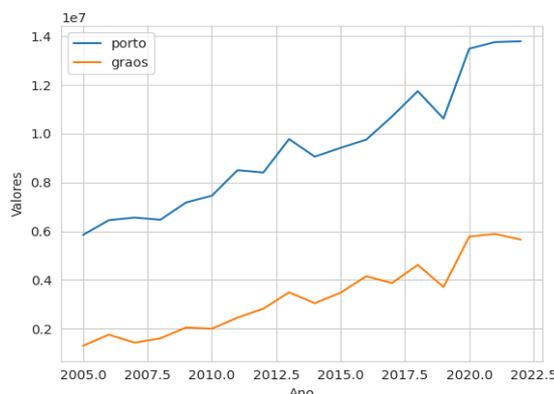
Figura 12. Influência de Grãos e Farelo sobre a movimentação do porto.



Fonte: Autores, 2023.

No intuito de mitigar a influência da sazonalidade na predição através da regressão linear, resolveu-se realizar a predição sobre os dados tomados mês a mês, sendo cada mês analisado em separado, como mostram as curvas de movimentação de carga ao longo dos anos no mês de abril, por exemplo a Figura 13, muito mais suaves e menos suscetíveis a sazonalidade.

Figura 13. Curvas de movimentação do mês de abril ao longo dos anos.



Fonte: Autores, 2023.

#### 4.1.11 Correlação entre as variáveis

A Figura 14 mostra a correlação entre as diferentes movimentações, oferecendo uma visão abrangente das relações entre os diferentes tipos de carga movimentados no porto e o tempo. É notável a forte associação entre a movimentação de grãos e o desempenho geral do porto. Além disso, outras categorias de cargas podem estar contribuindo significativamente para a taxa geral de movimentação de toneladas, embora em diferentes proporções. Entretanto, seguir-se-á analisando a correlação entre a movimentação do Porto em relação a variável independente “tempo”.

Figura 14. Mapa de calor das correlações.



Fonte: Autores, 2023.

#### 4.1.12 Regressão linear simples do Porto.

Diante das correlações encontradas para cada uma das curvas individualizadas dos meses serem aceitáveis, bem como os coeficientes de determinação ( $R^2 \geq 80\%$ ), seguiu-se com a determinação da reta média da regressão linear. Com esse intuito, foram calculados os

coeficientes lineares e angulares de cada uma das curvas mensais e assim foram obtidas as retas, como mostra a Tabela 1.

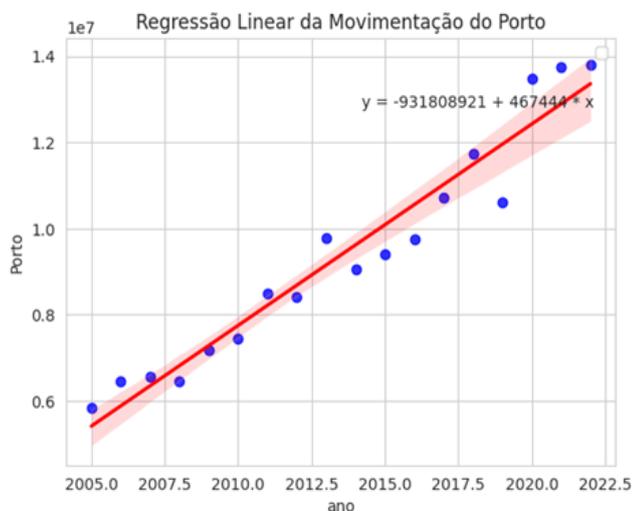
Tabela 1. Correlação e coeficientes da Regressão Linear

| Mês       | r    | R <sup>2</sup> | α           | β      | Equação                        |
|-----------|------|----------------|-------------|--------|--------------------------------|
| Janeiro   | 0,94 | 89%            | -589023159  | 296103 | $y = -589023159 + 296103 * x$  |
| Fevereiro | 0,97 | 94%            | -833596198  | 417985 | $y = -833596198 + 417985 * x$  |
| Março     | 0,98 | 95%            | -1065119699 | 533834 | $y = -1065119699 + 533834 * x$ |
| Abril     | 0,97 | 94%            | -931808921  | 467444 | $y = -931808921 + 467444 * x$  |
| Maio      | 0,96 | 93%            | -892753242  | 448177 | $y = -892753242 + 448177 * x$  |
| Junho     | 0,97 | 94%            | -803131010  | 403652 | $y = -803131010 + 403652 * x$  |
| Julho     | 0,97 | 94%            | -855707500  | 430065 | $y = -855707500 + 430065 * x$  |
| Agosto    | 0,96 | 91%            | -783991285  | 394606 | $y = -783991285 + 394606 * x$  |
| Setembro  | 0,96 | 93%            | -765470218  | 385056 | $y = -765470218 + 385056 * x$  |
| Outubro   | 0,90 | 82%            | -747745750  | 376271 | $y = -747745750 + 376271 * x$  |
| Novembro  | 0,95 | 90%            | -742765709  | 373376 | $y = -742765709 + 373376 * x$  |
| Dezembro  | 0,97 | 94%            | -775434220  | 389486 | $y = -775434220 + 389486 * x$  |

Fonte: Autores, 2023.

A Figura 15, gráfico de dispersão com a reta da regressão linear, exibe a linha de regressão relativa apenas aos meses de abril nos anos em análise, mostrando a tendência da movimentação do Porto ao longo desse mês, onde a inclinação positiva expõe o crescimento da movimentação.

Figura 15. Gráfico de dispersão com a reta da regressão linear.

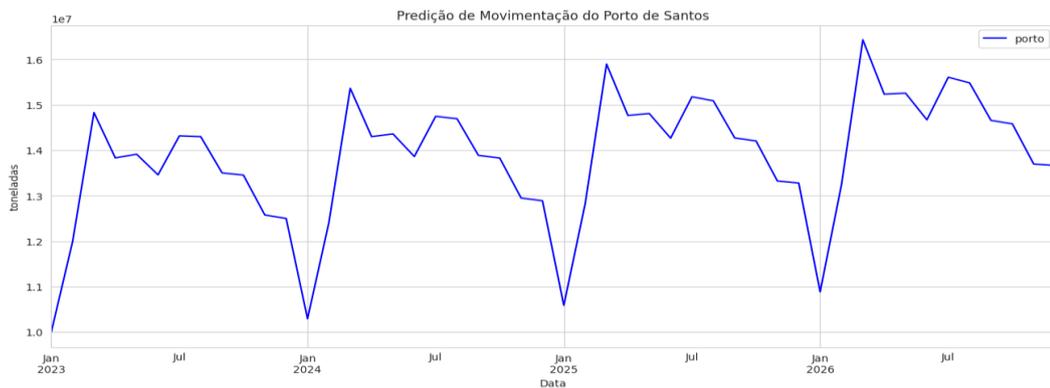


Fonte: Autores, 2023.

#### 4.1.13 Predição da movimentação do Porto no período de 2023 a 2026.

Nesse momento, tendo calculadas as estimativas de movimentação pela regressão, cabe agora o reagrupamento dos meses de modo que se obtenha a curva completa do período a prever, curva esta exibida na Figura 16. Portanto, estima-se que a movimentação futura do porto para o período de 2023 a 2026 com base no padrão observado na curva se dará conforme a figura 16 apresenta.

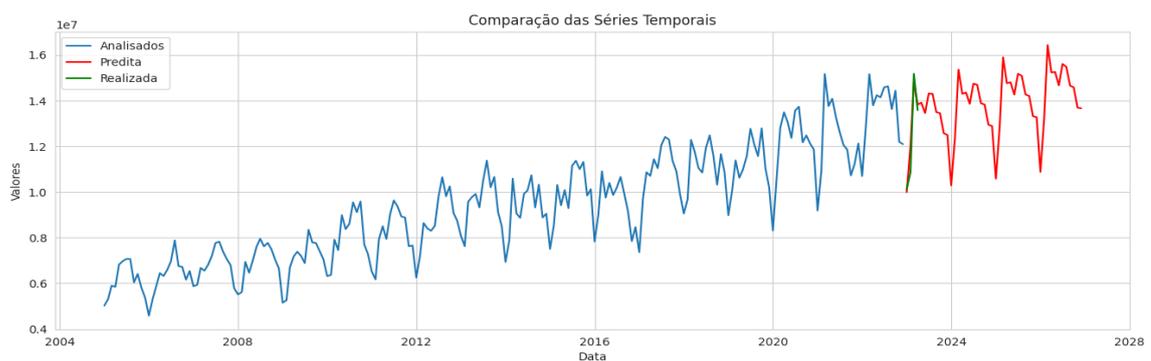
Figura 16. Previsão do Porto no período.



Fonte: Autores, 2023.

A Figura 17 exibe a curva dos dados analisados, bem como a comparação dos dados previstos neste estudo com os recentes dados obtidos na movimentação realizada nestes meses iniciais de 2023.

Figura 17. Série temporal com dados: Analisados x Previstos x Realizados.

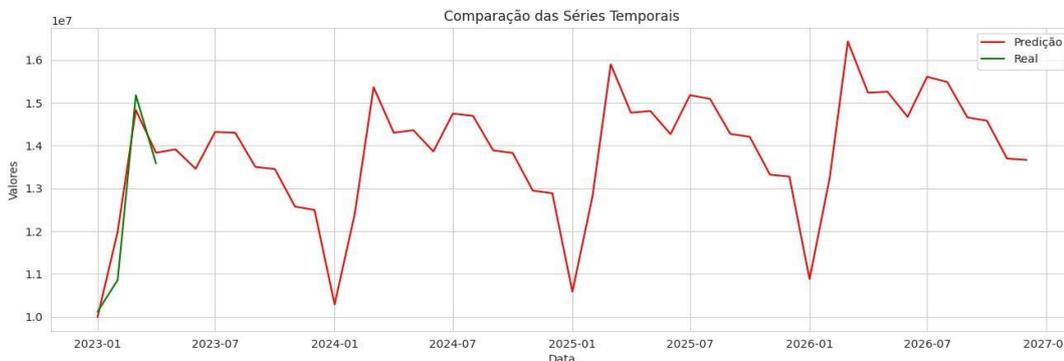


Fonte: Autores, 2023.

A Figura 18 apresenta com mais detalhes os dados recentes que mostram a movimentação de carga abrangendo o período de janeiro a abril de 2023, representada pela cor verde, bem como a projeção realizada até o final de 2026, destacada em vermelho. Com

isso, pode-se verificar que os dados previstos e os efetivamente realizados estão ocorrendo com proximidade.

Figura 18. Série temporal com dados: Analisados x Previstos x Realizados.



Fonte: Autores, 2023.

## 5 DISCUSSÃO

O Porto de Santos desempenha um papel crucial no comércio exterior brasileiro, sendo reconhecido como um dos principais pontos de entrada e saída de mercadorias do país. Por meio de uma ampla coleta de dados, além da análise minuciosa, foi possível obter uma compreensão aprofundada dos padrões e tendências envolvidos na movimentação de carga, fornecendo informações importantes para a gestão portuária.

Conforme ilustrado através dos gráficos, o tipo de carga que mais se destacou foi “Grãos e Farelo”, evidenciando a relação da carga com o seu volume movimentado em cada berço. Identificou-se que além da carga, a sazonalidade das culturas também é um fator que afeta o fluxo das mercadorias. Através do mapa de calor e correlação é possível visualizar os meses de pico que refletem a época da safra no Brasil (colheita) com destaque para março, agosto e outubro, representado pelas principais culturas, tais como a soja, o milho, o feijão, entre outros.

A movimentação por perfil de carga mostra que 50.6% do volume é caracterizado como “granel solido” e 31.7% de “carga containerizada”. Além disso, os gráficos também mostram que volume de carga em relação a navegação se destacou como “longo curso”, que representa a exportação de mercadorias com 88.9%. Já o volume por sentido de carga representa 73% dos embarques, colaborando para a compreensão da dinâmica do fluxo de mercadorias.

Embora existam modelos mais avançados e precisos na análise de uma série temporal com sazonalidade, por exemplo o “Autorregressivo Integrado de Médias Móveis com Sazonalidade” (SARIMA), esse estudo demonstra que é possível obter sucesso aplicando-se

um modelo simples como a regressão linear em uma predição e realizando-o com um custo computacional muito menor.

### *5.1 Insights Futuros*

Alguns pontos relevantes a serem considerados:

- a) Malha ferroviária: a expansão e melhoria da malha ferroviária conectada ao Porto de Santos. Investigar como essas conexões impactam a movimentação de carga pode ser fundamental para antecipar mudanças na demanda futura e planejar investimentos em infraestrutura portuária e logística.
- b) Crescimento de outros Portos: o aumento na movimentação de carga em portos concorrentes pode ter implicações no volume de carga movimentada em Santos. Avaliar o impacto desse crescimento e sua influência na demanda futura é relevante para a competitividade do Porto de Santos.
- c) Acordos comerciais: as dinâmicas do comércio internacional, incluindo acordos comerciais entre países e blocos econômicos, podem ter efeitos significativos nas tendências de movimentações portuárias. Analisar o impacto dos acordos comerciais na movimentação de cargas em Santos e estar preparado para mudanças futuras é fundamental para se adaptar às transformações do ambiente comercial.
- d) Acontecimentos extraordinários: eventos globais como conflitos geopolíticos ou crises econômicas podem ter impactos diretos ou indiretos nas estatísticas de movimentação portuária. Estudar como esses acontecimentos extraordinários podem afetar as estatísticas e tendências, pode auxiliar na compreensão de possíveis cenários disruptivos e no desenvolvimento de estratégias de resiliência e adaptação.
- e) Realização de uma análise usando modelo mais complexo como o SARIMA, a fim de comparar não apenas os valores previstos, como também a relação custo-benefício. Pois, muito embora o primeiro exija um maior custo computacional, pressupõe-se uma maior acurácia em suas predições e, dessa forma, contrapor-se ideias diferentes no alcance de um mesmo objetivo.

## 6 CONCLUSÃO

No estudo realizado, constatou-se uma influência significativa do tipo de carga, especificamente "Grãos e Farelo", na movimentação do Porto de Santos. Além disso, verificou-se que a sazonalidade das culturas também exerce influência no fluxo de mercadorias. A utilização de um modelo simples, como a regressão linear, permitiu previsões bem-sucedidas, destacando a obtenção de resultados satisfatórios com menor custo computacional em comparação a modelos mais avançados.

Esses resultados ressaltam a importância de uma gestão estratégica e eficiente para lidar com os diversos tipos de carga, berços e volumes movimentados para cada categoria, que se destaca, tais como sentido de carga, perfil de carga e navegação. Ao compreender os padrões de movimentação, o volume de carga em relação aos diferentes tipos e a sazonalidade, os gestores portuários podem tomar decisões informadas e implementar medidas para aprimorar a eficiência, produtividade e infraestrutura das instalações. Isso contribui para uma abordagem orientada por dados, fortalecendo ainda mais o porto.

Portanto, ao fornecer *insights* e compreender as complexidades envolvidas, esse estudo contribui para o conhecimento das operações portuárias, servindo como base para futuras pesquisas sobre o tema. Essas descobertas têm o potencial de impactar positivamente o mercado e o planejamento estratégico relacionado ao fluxo de mercadorias do Porto de Santos.

## REFERÊNCIAS

- Anahita Molavi, Gino J. Lim & Bruce Race (2020) **A framework for building a smart port and smart port index**, International Journal of Sustainable Transportation, 14:9, 686-700, DOI: 10.1080/15568318.2019.1610919.
- APS. **Autoridade Portuária de Santos**. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br>. Acesso em: 08 mai. 2023.
- APS. Autoridade Portuária de Santos. **Estatísticas do Porto de Santos**. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/>. Acesso em: 08 mai. 2023.
- BALLOU, Ronald H.. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. Logística Empresarial. quinta edição. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 617 p.
- BOCCHINI, Bruno. **Porto de Santos fecha 2022 com recorde na movimentação de cargas**. Agência Brasil. 2023. Disponível em: <https://encurtador.com.br/oyCQS>. Acesso em: 28 jun 2023.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby; BOWERSOX, John C.. **Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos**. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Exportações Brasileiras de Açúcar**. Comércio Exterior Brasileiro, 2020. Brasília: MAPA, 2021. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/acucar-comercio-exterior-brasileiro>. Acesso em: 31 mai. 2023.
- BROOKS, Mary R.; SCHELLINCK, Tony; PALLIS, Athanasios A.. **A systematic approach for evaluating port effectiveness**. Maritime Policy & Management, [s.l.], v. 38, n. 3, p.315-334, maio 2011. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/03088839.2011.572702>.
- BUSSAB, Wilton de Oliveira; MORETIN, Pedro Alberto. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- CHATFIELD, Chris. **Introduction to Multivariate Analysis**. New York: Routledge, 2018. 248 p.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Administração nos Novos Tempos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 709 p.
- CHRISTOPHER, Martin. **Logistics and Supply Chain Management**. 5. ed. Harlow: Pearson Education, 2016. 1 v.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série Histórica das Safras**. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 31 mai. 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- Dayananda Shetty K & G.S. Dwarakish (2020) **Measuring port performance and productivity**, ISH Journal of Hydraulic Engineering, 26:2, 221-227, DOI: 10.1080/09715010.2018.1473812.

Dong-Wook Song & Photis M. Panayides (2008) **Global supply chain and port/terminal: integration and competitiveness**, Maritime Policy & Management, 35:1, 73-87, DOI: 10.1080/03088830701848953.

FIGUEIREDO; ROCHA. Filho, D. B., Silva Júnior, J. A., & Rocha, E. C. (2011). **What is R2 all about?**. Leviathan (São Paulo), (3), 60-68. <https://doi.org/10.11606/issn.2237-4485.lev.2011.132282>

MATPLOTLIB. **Visualization with Python**. (2023). Matplotlib, version 3.7.0. Disponível em: <https://matplotlib.org/>. Acesso em: 12 mai. 2023.

MCKINNEY, Wes. **Python for Data Analysis: data wrangling with pandas, numpy, and ipython**. Sebastopol: O'reilly Media, 2018.

Microsoft Corporation. (2023). Power BI. Disponível em: <https://powerbi.microsoft.com/>. Acesso em: 12 mai. 2023.

MORETIN, Pedro A.. **Econometria financeira: Um curso em séries temporais financeiras**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

MORGAN, Chris. **Structure, speed and salience: performance measurement in the supply chain**. Business Process Management Journal. [s.l.], p. 522-536. out. 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/14637150410559207>>. Acesso em: 26 mai. 2023.

NOTTEBOOM, Theo; PALLIS, Athanasios; RODRIGUE, Jean-Paul. **Port economics, management and policy**. Routledge, 2022.

PANDAS. **Data analysis and manipulation tool**. (2023). Latest version: 2.0.2. Disponível em: <https://pandas.pydata.org/>. Acesso em: 12 mai. 2023.

Python Software Foundation. (2023). Python Language Reference, version 3.10.1. Disponível em: <https://docs.python.org/3/reference/>. Acesso em: 12 mai. 2023.

Repositório com scripts do projeto. Github. Disponível em: <https://github.com/renato-campos/PI3-Porto-de-Santos> . Acesso em: 11 jun. 2023.

ROCHA, Paulo Cesar Alves. Logística e Aduana. 5. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2017. 171 p.

SCIKIT-LEARN. **Linear Regression Models**. (2023). Version 1.2.2. Disponível em: [https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear\\_model.LinearRegression.html](https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear_model.LinearRegression.html). Acesso em: 12 mai. 2023.

SEABORN. **Statistical data visualization**. (2023). Python data visualization library based on matplotlib, version v0.12. Disponível em: <https://seaborn.pydata.org/>. Acesso em: 12 mai. 2023.