

*Nycolas Gomes da Cunha Carvalho*

**ANÁLISE DE DADOS ABERTOS VOLTADOS A  
HIDROCARBONETOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA  
REGIÃO PORTUÁRIA DE SANTOS**

***SANTOS***

***2025***

*Nycolas Gomes da Cunha Carvalho*

**ANÁLISE DE DADOS ABERTOS VOLTADOS A  
HIDROCARBONETOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
NA REGIÃO PORTUÁRIA DE SANTOS**

Dissertação de Mestrado Profissional apresentada  
ao Programa de Stricto Sensu de Saúde e Meio  
Ambiente da Universidade Metropolitana de  
Santos, para obtenção de título de Mestre.

***ORIENTADOR:*** *Prof. Dr. Rafael Campos*

***COORIENTADOR:*** *Prof. Dr. Gustavo Duarte Mendes*

***SANTOS***

***2025***

## FICHA CATALOGRÁFICA - BIBLIOTECA DA UNIMES

Bibliotecária: Vanessa Laurentina Maia (Bibliotecária UNIMES) - CRB: Crb8 71/97

C331a CARVALHO, Nycolas Gomes Da Cunha

Análise de dados abertos voltados a hidrocarbonetos e desenvolvimento sustentável na região portuária de Santos / Nycolas Gomes Da Cunha Carvalho. Santos, SP, 2025

Orientador: Prof. Dr. Rafael de Moraes Campos

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Duarte Mendes

Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente

Universidade Metropolitana de Santos. 2025.

1. Sustentabilidade. 2. Porto. 3. Saúde. 4. Meio Ambiente. 5. Poluição Atmosférica.

CDD: 612

Título em Inglês: Analysis of open data focused on hydrocarbons and sustainable development in the port region of Santos.

Keywords: • Sustainability

• Health

• Port

Titulação: Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente

Banca Examinadora: Prof. Dr. Camilo Dias Seabra Ferreira

Profª. Dra. Marcela Leticia Leal Gonçalves

Data da defesa: 03/06/2025



**Universidade Metropolitana de Santos**  
**Mantida pelo Centro de Estudos Unificados Bandeirante**

**FUNDADORA**

Prof<sup>ª</sup>. Rosinha Garcia de Siqueira Viegas

**MANTENEDOR**

Prof. Rubens Flávio de Siqueira Viegas

**REITORIA**

Prof<sup>ª</sup>. Renata Garcia de Siqueira Viegas

**Reitora**

Prof<sup>ª</sup>. Elaine Marcílio Santos

**Pró-Reitora Acadêmica**

Prof. Rubens Flávio de Siqueira Viegas Júnior

**Pró-Reitor Administrativo**

Prof. Gustavo Duarte Mendes



**Direção Acadêmica**

**Coordenador do Programa de Mestrado de Saúde e Meio Ambiente**

# PROGRAMA DE STRICTO SENSU EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE DA UNIVERSIDADE METROPOLITANA DE SANTOS


## BANCA EXAMINADORA E ATA DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

A sessão pública de defesa da dissertação de mestrado profissional intitulada de “Análise de dados abertos voltados a hidrocarbonetos e desenvolvimento sustentável na região portuária de Santos”, do discente Nycolas Gomes da Cunha Carvalho, orientado pelo Prof. Dr. Rafael de Moraes Campos e coorientação do Prof. Dr. Gustavo Duarte Mendes, foi realizada na data abaixo informada no anfiteatro do Programas de Stricto Sensu da Universidade Metropolitana de Santos, tendo o candidato cumprido, previamente, todas as exigências regimentais do Programa de Stricto Sensu de Saúde e Meio Ambiente, de acordo com a secretaria de pós-graduação da instituição. Realizada a apresentação da dissertação e arguição do pública do candidato, os membros da banca em reunião fechada deliberam e emitiram parecer abaixo.

| Banca examinadora:                         | Resultado:                      | Assinatura  |
|--|---------------------------------|---|
| Prof. Dr Rafael de Moraes Campos           | ( X ) Aprovado<br>( ) Reprovado |  Documento assinado digitalmente<br>RAFAEL DE MORAIS CAMPOS<br>Data: 18/06/2025 01:03:22-0300<br>Verifique em <a href="https://validar.iti.gov.br">https://validar.iti.gov.br</a>    |
| Prof. Dr. Camilo Dias Seabra Ferreira      | ( X ) Aprovado<br>( ) Reprovado |  Documento assinado digitalmente<br>CAMILO DIAS SEABRA PEREIRA<br>Data: 16/06/2025 18:36:21-0300<br>Verifique em <a href="https://validar.iti.gov.br">https://validar.iti.gov.br</a> |
| Profª. Dra. Marcela Letícia Leal Gonçalves | ( X ) Aprovado<br>( ) Reprovado |   |

Homologação do resultado pelo presidente da banca examinadora:

( X ) Aprovado ( ) Reprovado

 Documento assinado digitalmente  
RAFAEL DE MORAIS CAMPOS  
Data: 18/06/2025 01:03:22-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Rafael de Moraes Campos**  
**Presidente da Banca Examinadora**

**Data da defesa: 03/06/2025**

# PROGRAMA DE STRICTO SENSU EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE DA UNIVERSIDADE METROPOLITANA DE SANTOS

## FICHA DE CLASSIFICAÇÃO DA DISSERTAÇÃO E DO PRODUTO

Título da dissertação: Análise de dados abertos voltados a hidrocarbonetos e desenvolvimento sustentável na região portuária de Santos.

Linha de Pesquisa: Toxicologia Ambiental

Projeto de Pesquisa do Orientador: Análise de toxicologia ambiental na região portuária e petroquímica.

Produto(s) gerado(s): ebook intitulado *Análise de dados abertos voltados a hidrocarbonetos e desenvolvimento sustentável na região portuária de Santos*. Isbn 978-65-87266-07-7, resumo publicado nos anais e trabalho apresentado no Encontro de Pesquisa e Iniciação Científica da Universidade Metropolitana de Santos (EPIC – UNIMES), apresentação no 2º Congresso Nacional Integra Portos (CNIT 2024), trabalho a ser submetido em periódico nacional, criação de estratégia de sustentabilidade para a UNIMES e inscrição da universidade no Hub ODS das Nações Unidas.

### Classificação da Produto

| Critério                                 | Justificar  |
|--|---|
| Inserção social e econômico:             | Melhorar a compreensão dos impactos negativos trazidos às pessoas e ao meio ambiente em relação à movimentação de cargas a granel que chegam por caminhão ao Porto de Santos e como a sustentabilidade pode auxiliar no processo de mitigação de efeitos. |
| Impacto – realizado:                     | Melhor compreensão sazonal da movimentação rodoviária na região portuária de Santos e internações por razões respiratórias. Isso ajudará na prevenção bem como melhor estruturação do serviço público (hospitalar e logístico) na região de Santos        |
| Impacto – potencial:                     | Alto  |
| Aplicabilidade - Abrangência realizada : | Média   |
| Aplicabilidade - Abrangência potencial:  | Alta  |
| Aplicabilidade – Replicabilidade:        | Alta  |
| Inovação:                                | Alta  |
| Complexidade:                            | Média   |

# **PROGRAMA DE STRICTO SENSU EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE DA UNIVERSIDADE METROPOLITANA DE SANTOS**

## **TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO**

Este estudo é importante para que a sociedade se beneficie dos conhecimentos e resultados aqui escritos, devendo ser compartilhado a todas as pessoas da comunidade com o propósito de ocorrer conhecimento, prevenção e cuidados, através da divulgação dos produtos realizados.

O compartilhamento de boas condutas produz benefícios individuais e gerais.

A transferência de conhecimento poderá ser através de transmissão oral, transmissão escrita, transmissão digital e transmissão experimental, onde se partilha experiências e lições aprendidas.

A escolha da forma de transferência de conhecimento depende do tipo do público – alvo e recursos disponíveis. Em nosso caso, realizamos a transmissão via explicações de forma oral aos participantes deste estudo.

Além disso, foram realizados folders e cartilhas com o intuito de fornecer informações a públicos mais amplos, em ações sociais.

## **DEDICATÓRIA**

*Ao propósito de construir um mundo melhor, baseando-se na educação e nos conceitos de mundo  
que acredito, dentro das minhas possibilidades.*



## AGRADECIMENTOS

---

*Agradeço profundamente,*

*Aos meus pais, alicerces de toda minha história.*

*Às minhas pessoas, que acreditam e se fazem presentes em todos os momentos.*

*À minha namorada, que desde sua chegada, só trouxe felicidade para minha vida.*

*À UNIMES e sua direção acadêmica, pela oportunidade de continuar construindo instrumentos  
para um mundo melhor.*

*Ao meu orientador, pela paciência e dedicação ao longo da jornada.*

*A mim mesmo, por não ter desistido na dificuldade e por continuar acreditando em si mesmo e em  
todo seu potencial.*

|   |    |
|---|----|
| FICHA CATALOGRÁFICA - BIBLIOTECA DA UNIMES .....                                | 3  |
| BANCA EXAMINADORA E ATA DE DEFESA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL ..... | 5  |
| FICHA DE CLASSIFICAÇÃO DA DISSERTAÇÃO E DO PRODUTO .....                        | 6  |
| TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO.....  | 7  |
| DEDICATÓRIA.....  | 8  |
| AGRADECIMENTOS.....   | 9  |
| SUMÁRIO .....   | 10 |
| LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS .....                                  | 11 |
| LISTA DE FIGURAS.....   | 12 |
| LISTA DE TABELAS.....   | 13 |
| RESUMO .....  | 14 |
| ABSTRACT .....  | 15 |
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 16 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA.....   | 19 |
| 3. OBJETIVOS .....  | 24 |
| 4. HIPÓTESE .....   | 24 |
| 5. METODOLOGIA.....   | 25 |
| 6. RESULTADOS.....  | 31 |
| 7. DISCUSSÃO .....  | 39 |
| 8. CONCLUSÕES .....   | 44 |
| 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 45 |
| 10. ANEXO 01: TABELAS E FIGURAS DE 2017 A 2023 .....                            | 54 |
| 11. ANEXO 02: CARTILHA DE APOIO À GESTÃO .....                                  | 66 |

## **LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS**

---

APS - Autoridade Portuária de Santos  
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
COV - Compostos Orgânicos Voláteis  
DPOC - Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica  
GBD - Estudo Global de Carga de Doença  
IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente  
IHME - Institute for Health Metrics and Evaluation  
MP - Material Particulado  
NO<sub>x</sub> - Óxidos de Azoto / Óxidos de Nitrogênio  
ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável  
OMS - Organização Mundial da Saúde  
ONU - Organização das Nações Unidas  
OPAS - Organização Panamericana de Saúde  
SIH/SUS - Sistema de Informações Hospitalares do SUS  
SO<sub>2</sub> - Dióxido de Enxofre  
SUS - Sistema Único de Saúde

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 01: Visão da ferramenta de apresentação de dados de movimentação de carga do Porto de Santos.
- Figura 02: Diagrama geral simplificado de aplicação da metodologia do projeto.
- Figura 03: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2015 - Santos/SP.
- Figura 04: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2015.
- Figura 05: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2016 - Santos/SP.
- Figura 06: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2016.
- Figura 07: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2017 - Santos/SP.
- Figura 08: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2017.
- Figura 09: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2018 - Santos/SP.
- Figura 10: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2018.
- Figura 11: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2019 - Santos/SP.
- Figura 12: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2019.
- Figura 13: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2020 - Santos/SP.
- Figura 14: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2020.
- Figura 15: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2021 - Santos/SP.
- Figura 16: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2021.
- Figura 17: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2022 - Santos/SP.
- Figura 18: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2022.
- Figura 19: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2023 - Santos/SP.
- Figura 20: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2023.
- Figura 21: Regressão linear de parâmetros de qualidade de ar monitorados pela Cetesb e número de internações por motivos respiratórios na cidade de Santos durante os anos de 2015-2023.

## **LISTA DE TABELAS**

---

Tabela 01: Padrões Estaduais de Qualidade do Ar CETESB.

Tabela 02: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2015.

Tabela 03: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2016.

Tabela 04: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2017.

Tabela 05: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2018.

Tabela 06: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2019.

Tabela 07: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2020.

Tabela 08: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2021.

Tabela 09: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2022.

Tabela 10: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2023.

Tabela 11: Análise comparativa de dados do projeto.

## RESUMO

Em um contexto mundial de mudanças climáticas, a sustentabilidade e seus princípios aplicados a diversas áreas da sociedade são um caminho para o equilíbrio entre desenvolvimento econômico, qualidade ambiental e saúde humana. Regiões portuárias apresentam problemas mais evidentes uma vez que o ambiente portuário possui um grande potencial poluidor e também porque estão localizadas em áreas altamente populosas. O acesso a dados e análises referentes às interfaces ambientais e sociais dentro do desenvolvimento territorial é determinante para influenciar na qualidade da tomada de decisão coletiva, reduzindo incertezas e priorizando a melhoria na qualidade de vida. Este estudo comparou valores pico para movimentação de cargas de grãos sólidos, concentrações de poluentes atmosféricos e internações por doenças respiratórias no município de Santos/SP, entre 2015 e 2023, com o objetivo de encontrar pontos de correlação entre essas variáveis e auxiliar gestores a tomar decisões, visando mitigação e prevenção. que fossem apoiadas em uma análise de dados para o cenário proposto. Os resultados mostram que picos de movimentação de cargas ocorrem durante 55,6% da série temporal entre os meses de Março e Julho. Dentro do mesmo período, Março a Julho, os valores para material particulado,  $MP_{2,5}$  e  $MP_{10}$ , tem seus picos de emissão ocorrendo simultaneamente em 67% dos anos da série. O período destacado está associado aos maiores índices de movimentação de soja, milho e outros grãos no Porto de Santos. Na perspectiva de emissões atmosféricas, em 89% dos casos avaliados, tanto para  $SO_2$  quanto para o  $NO_2$ , observa-se valores pico ocorrendo no mesmo período que o da movimentação de cargas ao longo de toda série temporal. Para ozônio que possui uma característica diferente em relação aos outros poluentes analisados, observa-se uma padronização de picos de concentração entre setembro e outubro, para 100% dos dados analisados, mostrando que o período de maior concentração está associado a meses com maior umidade relativa do ar e radiação. Em termos de internações por doenças respiratórias no município, também foi identificada uma convergência de 89% dos valores pico de internações dentro do período de maior movimentação de cargas, trazendo uma visão de correlação das variáveis analisadas no estudo. Além da clara conexão entre os valores de pico, por meio de análise estatística, foi possível identificar resultado positivo de emissão de  $MP_{2,5}$  e internações por doenças respiratórias na região. A partir das análises e com o intuito de auxiliar tomadores de decisão a minimizar impactos à saúde humana e ao meio ambiente, utilizando decisões e ações pautadas nos conceitos associados à sustentabilidade no ambiente portuário, foi desenvolvida uma cartilha para suportar lideranças no processo de tomada de decisão, com sugestões de linhas de ação conectadas aos ODS da Agenda 2030 da ONU.

Palavras chaves: Sustentabilidade, Porto, Saúde, Meio Ambiente, Poluição Atmosférica

## ABSTRACT

In a global context of climate change, sustainability and its principles applied to different areas of society are a path to balance between economic development, environmental quality and human health. Port regions present more evident problems since the port environment has a great polluting potential and also because they are located in highly populated areas. Access to data and analyses related to environmental and social interfaces within territorial development is crucial to influencing the quality of collective decision-making, reducing uncertainties and prioritizing improvements in quality of life. This study compared peak values for solid bulk cargo movement, air pollutant emissions and hospitalizations due to respiratory diseases in the city of Santos/SP, between 2015 and 2023, with the objective of finding correlation points between these variables and helping managers make decisions, aiming at mitigation and prevention, that were supported by a data analysis for the proposed scenario. The results show that peaks in cargo movement occur during 55.6% of the time series between the months of March and July. Within the same period, March to July, the values for particulate matter, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, have their emission peaks occurring simultaneously in 67% of the years in the series. The period highlighted is associated with the highest rates of movement of soybeans, corn and other bulk cargo at the Port of Santos. From the perspective of atmospheric emissions, in 89% of the cases evaluated, for both SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub>, peak values were observed occurring in the same period as cargo movement throughout the entire time series. For ozone, which has a different characteristic in relation to the other pollutants analyzed, a standardization of concentration peaks was observed between September and October, for 100% of the data analyzed, showing that the period of highest concentration is associated with months with higher relative humidity and radiation. In terms of hospitalizations due to respiratory diseases in the municipality, a convergence of 89% of the peak values of hospitalizations was also identified within the period of greatest cargo movement, providing a view of correlation of the variables analyzed in the study. In addition to the clear connection between the peak values, through statistical analysis, it was possible to identify a positive result for PM<sub>2.5</sub> emissions and hospitalizations due to respiratory diseases in the region. Based on the analyses and with the aim of helping decision-makers minimize impacts on human health and the environment, using decisions and actions based on concepts associated with sustainability in the port environment, a booklet was developed to support leaders in the decision-making process, with suggestions for lines of action connected to the SDGs of the UN 2030 Agenda.

Key words: Sustainability, Port, Health, Environment, Air Pollution

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um fenômeno alarmante, especialmente em regiões portuárias como o município de Santos, que abriga o maior porto da América Latina e desempenha um papel crucial no comércio internacional. A intensa movimentação de cargas, que entre 2015 e 2023 atingiu volumes superiores a 30 milhões de toneladas anuais de graneis sólidos, resultou em um tráfego elevado de caminhões nas áreas urbanas adjacentes ao porto. (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS, 2024) Esse tráfego acarretou em concentrações significativas de material particulado (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>), além de outros poluentes, colocando em risco a saúde da população e comprometendo a qualidade de vida. (BRASIL, 2016)

Os primeiros padrões estaduais de qualidade do ar foram instituídos em 1976, com a promulgação do Decreto Estadual nº 8.468/76. Em âmbito nacional, a definição desses padrões foi realizada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e formalmente aprovada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução CONAMA nº 03, de 1990. A partir dos avanços técnicos e científicos observados ao longo do período, tanto a União Europeia quanto os Estados Unidos revisaram seus referenciais de qualidade do ar, atualizando os valores dos padrões anteriormente adotados e incorporando novos parâmetros de monitoramento. No Brasil, o Estado de São Paulo iniciou, em 2008, um processo de revisão de seus padrões de qualidade do ar, fundamentado nas diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), publicadas em 2005. Esse processo contou com a participação de diversos segmentos da sociedade e resultou na promulgação do Decreto Estadual nº 59.113, de 23 de abril de 2013. (CETESB, 2024)

De acordo com dados do Relatório de Qualidade do Ar de 2024 da CETESB, as concentrações de material particulado em Santos frequentemente superam os limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Em 2022, a medição média de MP<sub>10</sub> chegou a 40 µg/m<sup>3</sup>, enquanto o limite recomendado é de 20 µg/m<sup>3</sup>. Estudos epidemiológicos revelam uma correlação direta entre os altos níveis de material particulado e o aumento de problemas respiratórios, como asma e bronquite, bem como o agravamento de condições como DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica). (ARBEZ, 2012) Estudos realizados no município demonstram que, viver em bairros localizados próximos à região portuária ou de grande movimentação de cargas e veículos durante a idade adulta, aumenta as chances de aparecimento de sintomas de asma e outras doenças respiratórias. (MATOS, 2018)



Além disso, os dados de mortalidade indicam uma tendência preocupante. Entre 2018 e 2022, a taxa de óbitos atribuídos a doenças respiratórias aumentou em 10% (SANTOS, 2024), o que sugere uma relação potencial com a poluição atmosférica. Ao se estabelecer uma comparação com outras regiões portuárias ao redor do mundo, observa-se que, no estudo conduzido por Moreno et al. (2004), com amostras de  $PM_{2,5-10}$  coletadas nas proximidades dos portos de Talbot e Cardiff, em South Wales, Reino Unido, foram identificadas concentrações de carbono elementar e orgânico de até 31%, atribuídas principalmente ao tráfego de veículos. De forma semelhante, a pesquisa de Jabłońska e Janeczek (2019) identificou teores de carbono grafítico (fuligem) superiores a 20% no material particulado coletado em uma província da Silésia, no sul da Polônia, sendo essa composição relacionada, predominantemente, à queima de carvão. (SANTOS, J. M, 2022)

A análise da movimentação de cargas no Porto de Santos revela que, em 2023, aproximadamente 80% das cargas foram transportadas por caminhões, destacando a dependência dessa modalidade de transporte e o impacto ambiental associado. A relação entre a quantidade de caminhões em circulação e os níveis de poluição atmosférica é um campo que merece atenção, visto que o aumento no tráfego de caminhões correlaciona-se diretamente com o aumento das emissões de poluentes. (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS, 2024)

Estudos internacionais, como o realizado pelo Environmental Health Perspectives, demonstram que a exposição ao material particulado é responsável por um aumento significativo nos riscos de hospitalização e morte por doenças respiratórias. Além disso, o relatório "Global Burden of Disease" indica que a poluição do ar é um dos principais fatores de risco para doenças respiratórias, contribuindo para milhões de mortes prematuras anualmente. (SANTOS, U. P, 2021)

O cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar) e o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), demanda a implementação de estratégias eficazes que considerem tanto o desenvolvimento econômico quanto a proteção da saúde pública. Neste contexto, a integração de políticas públicas que promovam o transporte sustentável e reduzam as emissões de poluentes é essencial para mitigar os impactos da poluição em Santos. (HOLANDA, 2020)

Em um mundo cada vez mais globalizado e conectado, as organizações públicas precisam, cada vez mais, de informações de qualidade para lidar com as incertezas do ambiente, visando melhorar a tomada de decisão coletiva. (REZENDE, 2012; VIDIGAL, 2013) Com o advento de processos, instrumentos e metodologias cada vez mais eficientes para análise e interpretação de dados, saímos da perspectiva de impedimentos tecnológicos para tomada assertiva de decisão, para

os de caráter institucional, fato esse que impacta, direta e indiretamente a vida de milhões de pessoas diariamente.

Segundo Melati C. (2020) quando se aplica o contexto de acesso e interpretação de dados inteligentes para mediação de situações que confrontam a relação entre saúde e meio ambiente, o cenário fica ainda mais crítico. A degradação ambiental tem impactado significativamente os ecossistemas, gerando um desequilíbrio nas diversas formas de vida que compõem a biodiversidade natural. Esse processo resulta, por conseguinte, em riscos e prejuízos à saúde coletiva. (SOUZA C. L, 2014) Em setembro de 2024, a cidade de São Paulo, que fica a cerca de 60km do município de Santos e tem influência direta nas dinâmicas da região, principalmente em termos de movimentação de cargas, foi registrada como a cidade com a pior qualidade de ar do mundo, muito devido às queimadas recorde registradas no Brasil dentro do mês. (G1, 2024)

Dentro da perspectiva do desenvolvimento sustentável, poder-se utilizar de informações confiáveis, para analisar cenários complexos e tomar decisões com base na melhoria da qualidade de vida das pessoas, sem deteriorar o ambiente no qual estão inseridas, é parte fundamental para o atingimento dos ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU, que linkam, de forma global e local, diversos assuntos complexos, traduzidos em metas e submetas, visando um mundo mais equitativo e organizado. (ONU BRASIL, 2024)

Com o intuito de se ter maior eficiência na tomada de decisão, é crucial que órgãos e instrumentos públicos, consigam trazer suas decisões a partir da aplicação de métodos, processos e plataformas capazes de interpretar de forma inteligente situações e dados complexos, encontrando equilíbrio entre as diferentes variáveis que moldam a atual sociedade.

Diante desse panorama, o presente trabalho se propõe a investigar a correlação entre a poluição atmosférica, a movimentação de cargas no Porto de Santos e a incidência de doenças respiratórias. A pesquisa utilizará dados do portal de transparência de Santos, relatórios da CETESB, e estudos epidemiológicos, com o objetivo de oferecer subsídios para a formulação de políticas públicas que priorizem a saúde da população e a sustentabilidade ambiental.

Espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam para a tomada de decisão responsável e consciente dos órgãos, considerando a Autoridade Portuária de Santos como ator fundamental nesse processo. Busca-se a conscientização sobre a importância da mitigação dos efeitos da poluição do ar e incentivem a adoção de medidas que promovam um futuro mais saudável e sustentável para a cidade e suas pessoas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A poluição do ar, especialmente em áreas urbanas e portuárias, é amplamente estudada devido ao seu impacto significativo na saúde pública e no meio ambiente. (MATOS, 2018) A literatura existente destaca as principais fontes de poluição, a relação entre a qualidade do ar e a saúde respiratória, bem como estratégias de mitigação que podem ser implementadas para minimizar esses efeitos.

### **Fontes de poluição do ar e saúde respiratória em regiões portuárias**

O tráfego de caminhões é uma das principais fontes de poluição atmosférica no Brasil e no mundo, como apresentado em estudo do Observatório do Clima (2018), ao demonstrar que o transporte de cargas no Brasil emitiu em 2016 quatro vezes mais gases de efeito estufa do que a Noruega em termos anuais. Na época, os dados apontavam que os caminhões lançavam no ar 84,5 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, mais do que todas as termelétricas fósseis em operação no país (54,2 milhões de toneladas). Estudos como os de Kumar et al. (2018) mostram que a queima de combustíveis fósseis por veículos de carga gera uma quantidade significativa de material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>) óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). Conforme dados apresentados pelo Relatório de Qualidade do Ar da CETESB, do ano de 2023, existe um cenário alarmante quanto a qualidade do ar em São Paulo, revelando que os níveis de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> frequentemente excedem os limites recomendados, contribuindo para a degradação da saúde pública. Dados trazidos pelo World Air Quality (IQAir, 2023) que apresentam informações sobre as cidades mais poluídas do mundo, coloca o Brasil com a 83ª posição em níveis de poluição do ar, especificamente MP<sub>2,5</sub>, sendo que o município de Santos ocupa o 15º lugar no território nacional, apresentando um índice de 2 a 3 vezes maior que o valor médio de concentração desse poluente, demonstrando a relação intrínseca entre cidades portuárias e poluição do ar.

Considerando que o desenvolvimento de nossa sociedade traz consigo a liberação dos poluentes na atmosfera, é natural que a literatura que aborda a relação entre a poluição do ar e as doenças respiratórias seja amplamente documentada. O Estudo Global de Carga de Doenças (GBD), realizado pela Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME, 2025), mostra que a poluição do ar é um dos principais fatores de risco para doenças respiratórias, responsável por milhões de mortes anuais. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021) corrobora com o apontamento e relata que a poluição do ar é responsável por aproximadamente 7 milhões de mortes prematuras a cada ano, e, nas Novas Diretrizes Globais da Qualidade do Ar, lançadas à época, foram fornecidas evidências claras dos danos que a poluição do ar inflige à saúde humana, em

concentrações ainda mais baixas do que se acreditava. As diretrizes mais recentes estabeleceram níveis recomendados de qualidade do ar para seis poluentes, que foram identificados com base em um aumento substancial de evidências científicas que demonstram seus efeitos adversos à saúde. Esses poluentes, conhecidos como clássicos, incluem partículas inaláveis ou material particulado fino e grosso (MP), ozônio (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO). A redução das concentrações desses poluentes não apenas beneficia a saúde pública de forma direta, mas também tem impacto positivo na diminuição de outros poluentes nocivos. (OPAS, 2021)

Particularmente preocupantes para a saúde pública são os riscos associados às partículas com diâmetro igual ou inferior a 10 e 2,5 micrômetros (µm), denominadas MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>, respectivamente. Ambas as categorias de material particulado são capazes de penetrar profundamente nos pulmões, sendo que as MP<sub>2,5</sub> têm a capacidade adicional de adentrar a corrente sanguínea. Esse fenômeno resulta principalmente em efeitos adversos sobre os sistemas cardiovascular e respiratório, além de impactar outros órgãos. Em 2013, a poluição do ar e as partículas inaláveis foram classificadas como substâncias cancerígenas pela Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC), vinculada à OMS. (OPAS, 2021) Diante do cenário, nota-se que resultados confiáveis de pesquisas científicas e acesso à informação de qualidade são fundamentais na proteção da população, principalmente aquelas mais vulneráveis. (UNICEF, 2020)

Pope et al. (2019) confirmam que a exposição crônica a níveis elevados de material particulado está associada a um aumento significativo nas taxas de hospitalização e mortalidade por doenças respiratórias. Segundo matéria publicada pelo Jornal da A Tribuna em Julho de 2023, a Secretaria Estadual de Saúde emitiu um alerta para as cidades do estado, principalmente grande São Paulo e Baixada Santista, sobre o crescimento dos casos de internações e atendimentos em decorrência de asma, doença respiratória, entre os meses de janeiro e março, no Sistema Único de Saúde de São Paulo. Segundo a secretaria, as intervenções tiveram aumento de quase 51% enquanto os atendimentos cresceram cerca de 20%. A mesma matéria destaca que o município de Santos, reportou mais de 900 casos de atendimentos relacionados à doença e quase 20 internações, demonstrando o potencial da região para contribuir diretamente com doenças respiratórias.

Estudos em outras regiões portuárias, como o porto de Los Angeles, revelam resultados semelhantes. Pesquisas conduzidas por Zhang et al. (2021) indicam que o tráfego intenso de caminhões e a poluição resultante estão associados a um aumento nas internações por doenças respiratórias em até 15% em áreas adjacentes. Esses dados sugerem que a experiência de Santos

não é isolada, mas reflete uma tendência global em áreas portuárias. Além desse estudo, Moreno et al (2004) já mostrava que em portos do Reino Unido, como Talbot e Cardiff, as emissões de carbono estão conectadas com o tráfego veicular e no estudo de Jabłońska e Janeczek (2019), quantidades de carbono grafítico (fuligem) acima de 20% foram encontradas no MP coletado em uma província da Silésia, sul da Polônia, que os autores associaram predominantemente à queima de carvão, mostrando uma clara conexão entre diferentes níveis de material particulado e poluição atmosférica.

### **Sustentabilidade como ferramenta de mitigação e prevenção**

A sustentabilidade ainda é um desafio para grandes complexos portuários, mesmo tendo grande potencial de ser a solução para lidar com situações que envolvem impactos ambientais, sociais e financeiros. Nas últimas décadas, a sustentabilidade portuária consolidou-se como um princípio essencial para a gestão e o desenvolvimento dos portos modernos. Conforme apontam Lam e Notteboom (2014), esse conceito refere-se à necessidade de equilibrar o desempenho econômico, a proteção ambiental e a promoção do bem-estar social no âmbito das operações e projetos de expansão portuária. Nesse sentido, Denktas-Sakar e Karatas-Cetin (2012) destacam que a sustentabilidade nos portos ultrapassa a simples implementação de práticas ambientalmente corretas, exigindo uma visão abrangente que leve em conta os efeitos a longo prazo das atividades portuárias sobre o ecossistema costeiro e as comunidades vizinhas.

A análise da sustentabilidade portuária costuma ser estruturada em torno de três dimensões fundamentais: ambiental, social e econômica. Essas dimensões refletem a necessidade de integrar o desenvolvimento portuário às práticas de gestão responsável e de longo prazo. No que tange a sustentabilidade ambiental, faz-se referência aos esforços para reduzir os impactos adversos das operações portuárias sobre o meio ambiente. Segundo Puig et al. (2015), esse objetivo engloba a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, a gestão adequada de resíduos sólidos e líquidos, a proteção da biodiversidade em ecossistemas marinhos e costeiros e a prevenção da contaminação da água e do solo. Além disso, iniciativas como o incentivo ao uso de energias renováveis, a eletrificação dos equipamentos portuários e o monitoramento contínuo da qualidade ambiental têm se consolidado como práticas essenciais para atingir padrões mais elevados de desempenho ambiental (Lam & Notteboom, 2014). No que se refere à sustentabilidade social, essa dimensão envolve o compromisso dos portos com o bem-estar das comunidades locais e dos trabalhadores envolvidos nas suas atividades. Conforme enfatizado por Dooms (2019), aspectos como a promoção da inclusão social, a preservação do patrimônio histórico-cultural, o acesso da população local aos benefícios gerados pela atividade portuária e a garantia de condições de

trabalho dignas são fundamentais. Iniciativas de diálogo com a sociedade civil, programas de responsabilidade social e projetos de revitalização urbana em áreas portuárias degradadas são exemplos de práticas que reforçam essa dimensão. Já a sustentabilidade econômica diz respeito à manutenção da viabilidade financeira dos portos a longo prazo, garantindo sua contribuição contínua para o desenvolvimento econômico regional. De acordo com Acciaro et al. (2014), a sustentabilidade econômica envolve a busca por maior eficiência operacional, a diversificação de serviços portuários, a incorporação de inovação tecnológica e a geração de empregos de qualidade. Um dos maiores desafios da gestão de complexos portuários, que abrange as três dimensões da sustentabilidade supracitadas, é a gestão de emissões. Nesse sentido, Gibbs et al. (2014) apontam que a redução dessas concentrações requer investimentos substanciais em tecnologias limpas e mudanças operacionais como acontece em outros portos do mundo, como no caso do Porto de Valência, que, segundo Cloquell-Ballester et al. (2021) após a implementação do "ValenciaportPCS" (Port Community System), um sistema digital integrado que visa otimizar o fluxo de informações entre os diversos atores da comunidade portuária alcançaram uma redução significativa da burocracia, minimizando o uso de papel e, consequentemente, contribuindo para a diminuição das emissões indiretas associadas à circulação de documentos físicos e ao transporte logístico desnecessário. Além de agilizar processos, o sistema reforça a transparência e a eficiência operacional do porto, aspectos centrais para a construção de cadeias logísticas mais sustentáveis.

Paralelamente, o porto desenvolveu uma estratégia robusta de eletrificação de suas operações terrestres e de infraestrutura. Segundo Sánchez-Arcilla et al. (2022), a implementação de equipamentos elétricos, a conexão elétrica de navios atracados (cold ironing) e a transição de veículos de apoio para fontes de energia limpa resultaram em uma expressiva redução de aproximadamente 15% nas emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no intervalo de 2018 a 2021. Essas ações alinham-se às diretrizes europeias de descarbonização dos transportes e consolidam o Porto de Valência como referência na integração de soluções tecnológicas e ambientais no setor portuário contemporâneo. Ante um complexo cenário de poluição atmosférica e prejuízos à saúde humana decorrentes, em partes, das operações portuárias, têm-se oportunidades de mitigação e prevenção por meio de ações que busquem inovar, equipamentos ou processos, que reduzem emissões e preservam a qualidade do ar nas regiões adjacentes ao Porto.

Uma das formas de se buscar alternativas e potenciais linhas de ação em termos de prevenção a poluição de operação complexas, está no acesso a informações e na lógica do desenvolvimento sustentável e seus ODS. Acesso a fontes de informações e registros de ações locais, como as encontradas no portal de transparência da Prefeitura de Santos, criam

oportunidades de integração e conscientização em relação à poluição atmosférica. Além disso, estudos como o de Silva et al. (2020), que utilizam modelagem atmosférica para prever a dispersão de poluentes, podem ser integrados à análise dos dados epidemiológicos locais.

A literatura também enfatiza a importância de integrar políticas públicas de transporte sustentável e saúde pública. O relatório da OPAS (2021) recomenda a adoção de medidas de mitigação, como a eletrificação da frota de caminhões e o incentivo ao transporte ferroviário, para reduzir a dependência do transporte rodoviário e, conseqüentemente, a emissão de poluentes. O cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 3 e ODS 11, é crucial para garantir um futuro mais saudável e sustentável em regiões portuárias.

### **3. OBJETIVOS**

Avaliar a correlação entre dados abertos de saúde, poluição do ar e movimentação de cargas na região portuária de Santos, com o intuito de contribuir para tomada de decisão responsável e sustentável de seus usuários.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Investigar a relação índice de internações/óbitos por doenças respiratórias em Santos/SP (dados DATASUS) com concentrações de gases do efeito estufa na região portuária;
- Avaliar índices de concentração de material particulado oriundo da queima de combustíveis fósseis na região portuária de Santos/SP;
- Investigar os níveis de emissão de material particulado oriundo da queima de combustíveis fósseis em navios que chegam ao Porto de Santos/SP;
- Criar cartilha com recomendações que tragam considerações ou sugestões baseadas nos resultados do projeto;

### **4. HIPÓTESE**

Existe uma correlação entre a quantidade de movimentação de cargas/granel sólido no porto de Santos, poluição atmosférica e o índice de internações hospitalares devido a causas respiratórias?



## 5. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido em 3 diferentes fases e cada uma delas utilizará um método distinto para atingir seus resultados esperados.

### **Fase 1: Definição de escopo**

A primeira fase consiste na determinação dos dados a serem trabalhados na investigação de possíveis correlações entre movimentação de carga, saúde respiratória e poluentes atmosféricos, dentro de uma série temporal que vai de 2015 a 2023, período que contempla dados publicados e concretos.

Além de determinar os dados a serem estudados, a fase 1 também considera a avaliação das temáticas associadas à plataforma de dados abertos de Santos, que pautam suas informações nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU aplicados ao município alvo do estudo.

Os tipos de dados a serem acessados são relativos às concentrações de poluentes atmosféricos monitoradas pela estação Santos - Ponta Da Praia da CETESB, localizada no município de Santos, no bairro Ponta da Praia, especificamente na Praça Engenheiro José Rebouças, s/nº, Complexo Esportivo e Recreativo Rebouças, ao nível de internações e óbitos por doenças respiratórias em Santos através do DATASUS e as movimentações de cargas (granel sólido) por meio do Mensário Estatístico do Porto de Santos. A seguir serão apresentados os raciais por trás de cada uma das variáveis principais analisadas:

### **Padrões de qualidade de ar e poluentes atmosféricos (CETESB)**

Para analisar os níveis de poluentes encontrados na região alvo do estudo, foi considerado monitoramento realizado apenas pela estação localizada na região do bairro Ponta da Praia em Santos devido a sua localização geográfica mais próxima ao Porto de Santos. O órgão classifica a qualidade do ar de acordo com as concentrações encontradas para cada um dos poluentes monitorados, sendo que individualmente, cada poluente apresenta diferentes efeitos sobre a saúde da população para faixas de concentração distintas, identificados por estudos epidemiológicos desenvolvidos dentro e fora do país. Tais efeitos sobre a saúde requerem medidas de prevenção a serem adotadas pela população afetada.

Os parâmetros avaliados foram os apresentados na Tabela 01, com exceção do Monóxido de Carbono (CO), Fumaça (FMC), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Chumbo (Pb) que não são monitorados pela estação alvo.

Tabela 01: Padrões Estaduais de Qualidade do Ar CETESB.

| Qualidade          | Índice       | MP <sub>10</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>24h | MP <sub>2,5</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>24h | O <sub>3</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>8h | CO<br>(ppm)<br>8h | NO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>1h | SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>24h |
|--------------------|--------------|---|--|--|-------------------|---|--|
| N1 – Boa           | 0 – 40       | 0 – 50  | 0 – 25   | 0 – 100                                      | 0 – 9             | 0 – 200                                       | 0 – 20   |
| N2 –<br>Moderada   | 41 –<br>80   | >50 –<br>100                                    | >25 –<br>50                                      | >100 –<br>130                                | >9 –<br>11        | >200 –<br>240                                 | >20 – 40                                       |
| N3 – Ruim          | 81 –<br>120  | >100 –<br>150                                   | >50 –<br>75                                      | >130 –<br>160                                | >11<br>– 13       | >240 –<br>320                                 | >40 –<br>365                                   |
| N4 – Muito<br>Ruim | 121 –<br>200 | >150 –<br>250                                   | >75 –<br>125                                     | >160 –<br>200                                | >13<br>– 15       | >320 –<br>1130                                | >365 –<br>800                                  |
| N5 –<br>Péssima    | >200         | >250  | >125   | >200   | >15               | >1130   | >800   |

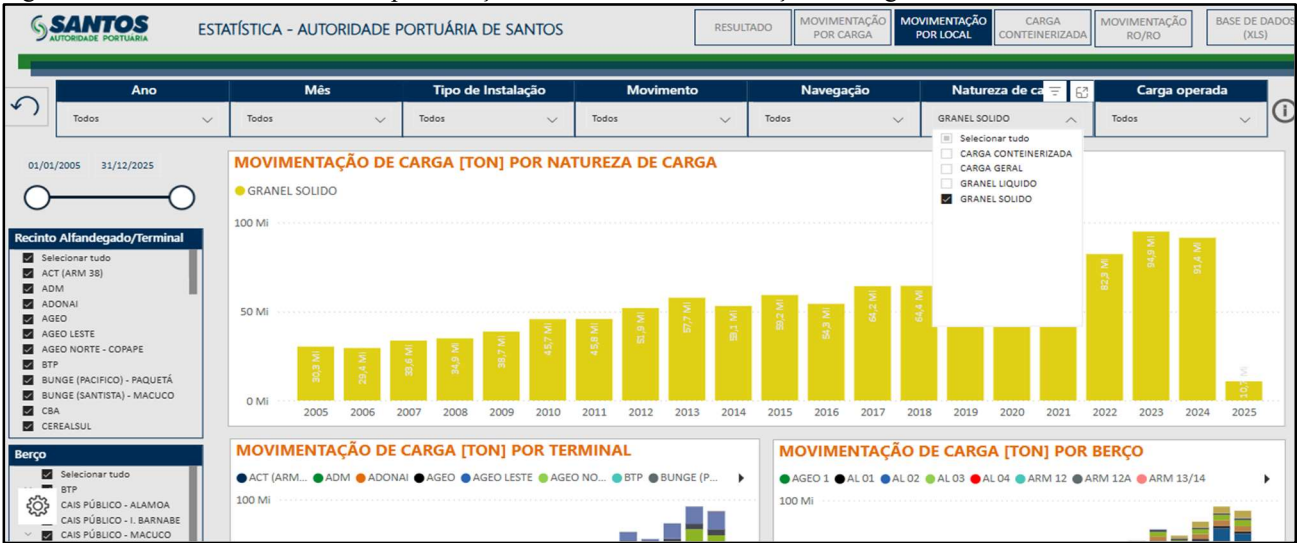
Entendendo como os dados de poluição atmosférica são definidos e monitorados pelo órgão ambiental, foram avaliados os valores de pico de concentração ao longo dos meses de cada um dos anos da série histórica, com intuito de identificar ultrapassagens das médias mensais e, consequentemente, entender os níveis de ultrapassagens diárias ao longo do mesmo período.

Não serão considerados neste estudo os fatores ambientais que se correlacionam diretamente com o aumento da permanência de tais poluentes na região, devido a abrangência do escopo do projeto.

#### **Movimentação de cargas do Porto (Mensário Estatístico do Porto de Santos)**

Com o intuito de avaliar a intensidade de movimentação de cargas chegam ao Porto de Santos e, especificamente, entender o nível estimado de contribuição para aumento dos valores de poluentes atmosféricos presentes na região, foram consultados dados abertos disponíveis online via ferramenta de gestão Power BI, conforme pode ser observado na Figura 01 abaixo.

Figura 01: Visão da ferramenta de apresentação de dados de movimentação de carga do Porto de Santos.



Para efeitos dos estudos propostos, foram considerados os dados de movimentação de grânéis sólidos pelo Porto de Santos, representando em média, mais de 50% do total de produtos movimentados por ano, com destaque para a soja que em 2023 movimentou 23,6 milhões de toneladas que chegam, principalmente dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná. (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS 2024)

**Dados de saúde respiratória no município de Santos (Boletim Epidemiológico de Santos - DATASUS)**

Foram analisados, para a série temporal do projeto, os valores referentes a internações e óbitos por doenças respiratórias no município de Santos, por meio de dados apresentados pelos Boletins Epidemiológicos de Santos, em acordo com informações da base de dados DATASUS via Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS).

O critério de avaliação se baseou na classificação de doença respiratória considerando o CID-10, ou Classificação Internacional de Doenças, tratando-se da décima revisão da lista de códigos alfanuméricos que a Organização Mundial da Saúde (OMS) utiliza para classificar doenças e problemas de saúde. Em média, ao longo da série temporal, os óbitos por doenças respiratórias no município de Santos ocupam o terceiro lugar, concentrando de 10 a 12% de representatividade para o total de óbitos em um ano. (SANTOS, 2024)

Com a utilização dos dados supracitados, foram gerados gráficos específicos de internações por doenças respiratórias anualmente e a porcentagem de óbitos relativos foi calculada para cada ano da série.

## **Fase 2: Tratamento de dados**

A continuidade do projeto consistiu na aplicação do método de tratamento de dados que foi construído de forma lógica, se baseando na identificação dos valores de pico de concentração, ao longo dos meses da série temporal tanto para movimentação de carga, quanto para concentrações de poluentes atmosféricos e internações. Além disso, foi utilizado o software GraphPad Prism para avaliar se há correlação estatística entre os poluentes monitorados e os níveis de internação por doenças respiratórias no período.

O método estatístico aplicado foi o de regressão linear que permite avaliar se pode existir relação entre duas variáveis. Nesse caso, buscou-se entender estatisticamente se os picos de movimentação de carga e concentração de poluentes na atmosfera possuem uma linearidade com o número de internações por doenças respiratórias durante toda a série temporal, essa aplicação permitirá como uma variável aumenta ou diminui à medida que o valor de outra variável muda.

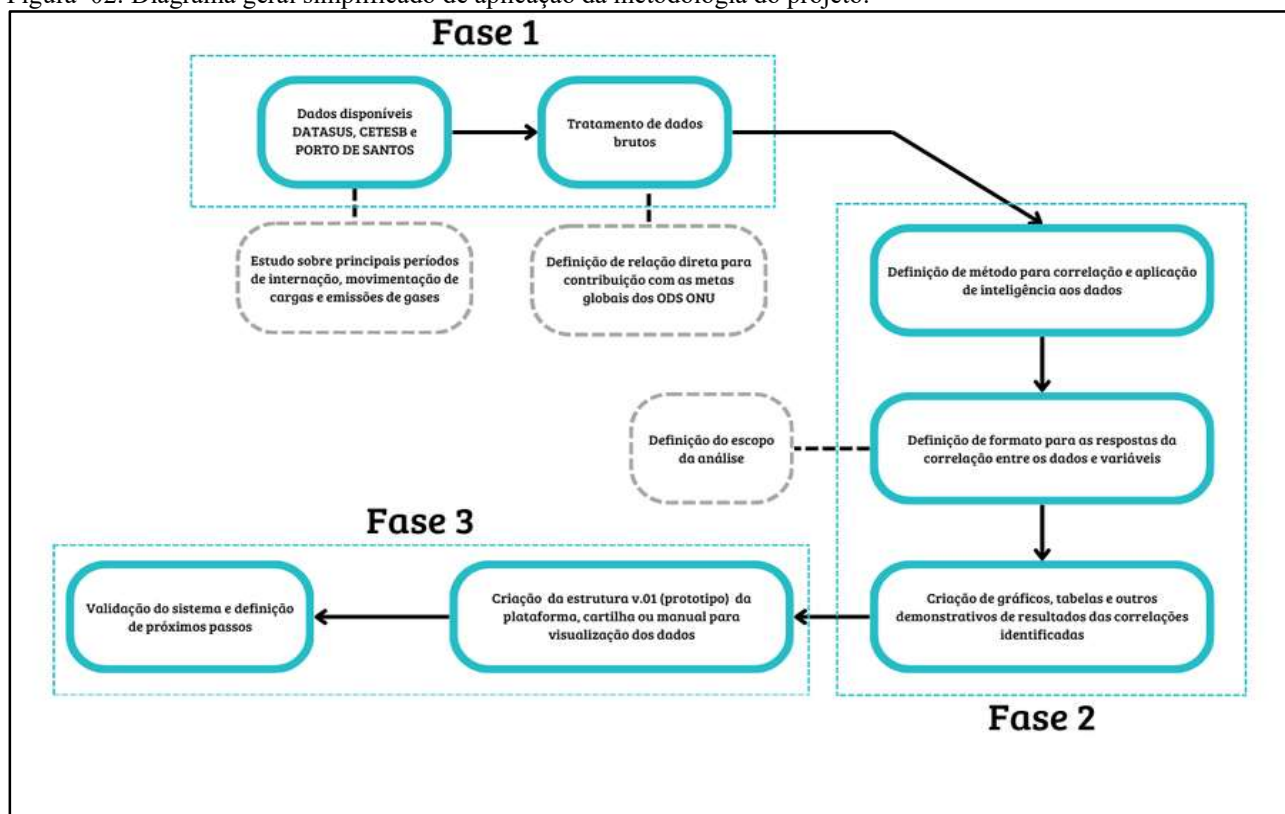
A entrada de dados e seu processamento inicial ocorreu através de arquivos Libreoffice, com base nos dados secundários adquiridos por meio dos equipamentos de análise. Os dados brutos, bem como os resultados das avaliações e estatísticas ficarão disponíveis em meio eletrônico.

## **Fase 3: Criação e compartilhamento do produto**

As avaliações e comparativos entre os dados refletem um cenário que necessita ações, e, a partir dessa análise, e com base na experiência dos autores além de casos de sucesso semelhantes, foi criada uma cartilha com recomendações para tomada de decisão responsável de seus usuários, prioritariamente, gestores públicos e privados envolvidos. A cartilha tem por objetivo apresentar o cenário identificado enquanto sugere temas e possíveis soluções para minimização de impactos negativos na ponta, conectando a temática aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, mostrando o potencial da sustentabilidade para mobilização de recursos e adequação de soluções.

A seguir, na Figura 2, é apresentado um diagrama geral simplificado sobre as 3 fases e suas principais etapas:

Figura 02: Diagrama geral simplificado de aplicação da metodologia do projeto.



Ainda com o propósito de apresentação do racional aplicado ao longo de todo projeto, serão trazidos a seguir algumas informações sobre o desenho do estudo e suas características.

#### **Descrição do(s) produto(s) final(ais) a ser(em) desenvolvido(s)**

**Produto:** ebook intitulado *Análise de dados abertos voltados a hidrocarbonetos e desenvolvimento sustentável na região portuária de Santos*. Isbn 978-65-87266-07-7

**Relevância/Utilidade:** Neste produto relacionamos a movimentação de cargas a granel através de transporte rodoviário na região portuária de Santos - São Paulo com o número de internações por motivos respiratórios nesta região. A compreensão de diversos fatores que afetam o meio ambiente e consequentemente a saúde humana, será de grande importância para tomada de decisões eficazes por parte da gestão pública.

**Aderência (critério obrigatório):** Trabalho desenvolvido dentro do contexto de “Análise de toxicologia ambiental na região portuária e petroquímica”

**Impacto:** O desenvolvimento deste produto será fundamental para uma maior compreensão dos aspectos ambientais/ econômicos aplicados à saúde envolvidos na região portuária de Santos. Tais informações podem ser relevantes para uma tomada de decisão mais eficaz pela gestão pública.

**Demanda:** Espontânea

**Área impactada pela produção:** Saúde, sustentabilidade e econômica.

**Aplicabilidade:** Alta

**Abrangência potencial:** Inicialmente aplicada à região portuária de Santos.

**Replicabilidade:** Aplicada à região portuária de Santos e com potencial de aplicação em outras regiões portuárias no Brasil.

**Inovação:** Produção com médio teor inovativo.

**Complexidade:** Média

## 6. RESULTADOS

### **Análise comparativa entre os anos da série:**

Para cada um dos anos da série, foram gerados dois gráficos, um para as internações por doenças no aparelho respiratório e outro que relaciona concentrações de poluentes atmosféricos e movimentação de granéis sólidos, além de uma tabela que apresenta as médias mensais para as variáveis analisadas no projeto. As tabelas e figuras dos anos de 2017 a 2023 encontram-se no Anexo 01 (Figuras 07 a 20 e Tabelas 04 a 10).

No ano de 2015, o padrão de correlação entre o aumento da movimentação de cargas e os picos de internações respiratórias foi evidente, associado ainda ao incremento das concentrações de MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub>, como pode ser observado pelas Figuras 03 e 04, conjuntamente a Tabela 02. Em 2016, conforme Figuras 05 e 06 e a Tabela 03, a tendência se manteve, com o Ozônio atingindo seu pico próximo a setembro, enquanto as concentrações de MP e gases poluentes, com exceção de março, concentraram-se no intervalo de abril a setembro. A convergência dos picos de material particulado e poluentes atmosféricos foi novamente observada em 2017, destacando-se a continuidade do comportamento sazonal para o ozônio de acordo com a Tabela 04 e as Figuras 07 e 08.

Figura 03: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2015 - Santos/SP.

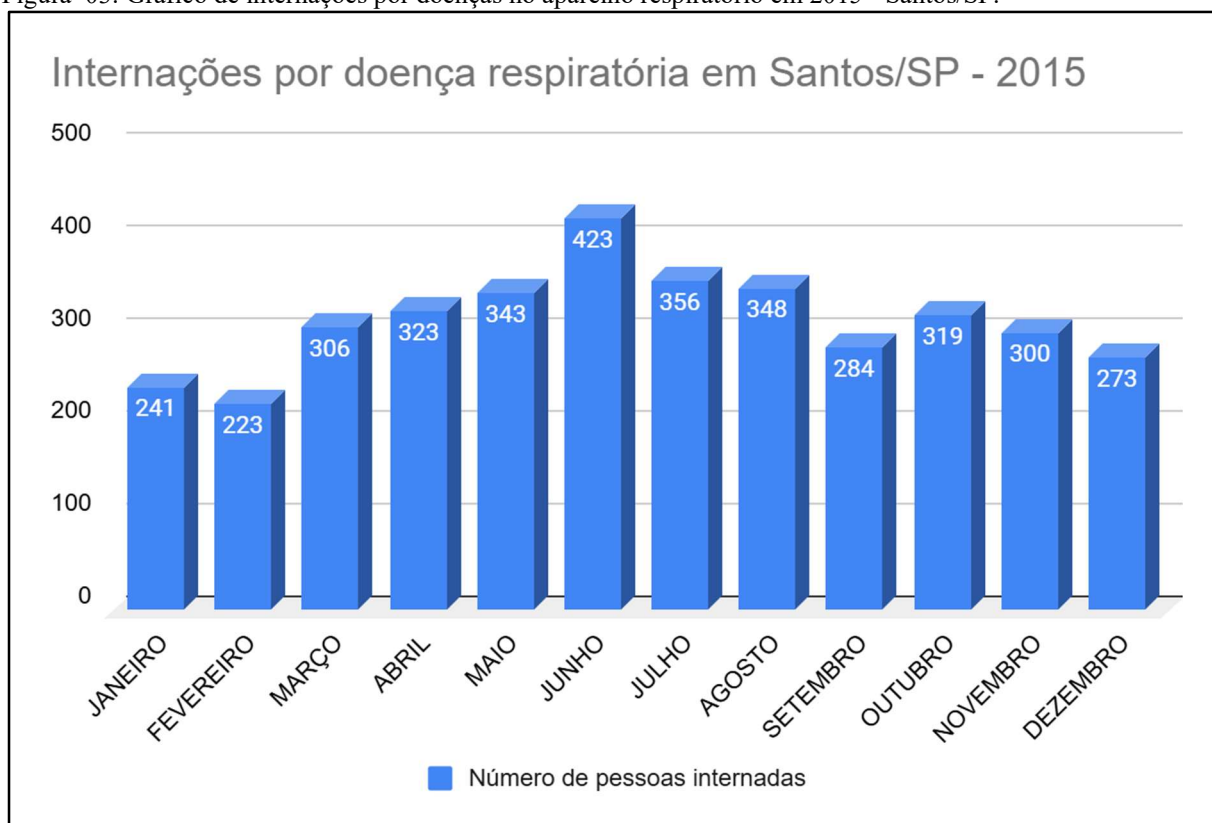


Tabela 02: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2015.

| Médias mensais aplicadas ao Ano de 2015 |                           |                          |                         |                         |                        |                              |
|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|
| Meses/Poluente                          | MP <sub>2,5</sub> (µg/m³) | MP <sub>10</sub> (µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | Granel Sólido (Milhões Ton.) |
| Jan                                     | 14                        | 30                       | 10,5                    | 19                      | 37,5                   | 2,8                          |
| Fev                                     | 15                        | 32,5                     | 13                      | 21                      | 29                     | 3,5                          |
| Mar                                     | 16                        | 40                       | 15,5                    | 26                      | 22,5                   | 5,5                          |
| Abr                                     | 14                        | 32,5                     | 12,5                    | 22,5                    | 24                     | 4,7                          |
| Mai                                     | 18                        | 47,5                     | 14,5                    | 26                      | 19                     | 5                            |
| Jun                                     | 17                        | 47                       | 8,5                     | 28,5                    | 24                     | 4,2                          |
| Jul                                     | 19                        | 45                       | 12,5                    | 35                      | 22,5                   | 5,5                          |
| Ago                                     | 24                        | 55                       | 12,5                    | 40                      | 29                     | 5,9                          |
| Set                                     | 18,5                      | 40                       | 9,5                     | 32,5                    | 34                     | 5,9                          |
| Out                                     | 13                        | 32,5                     | 8                       | 25                      | 37,5                   | 6                            |
| Nov                                     | 11                        | 25                       | 7,5                     | 21,5                    | 35                     | 5                            |
| Dez                                     | 13                        | 32,5                     | 10                      | 25                      | 31                     | 5,3                          |

Figura 04: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2015.

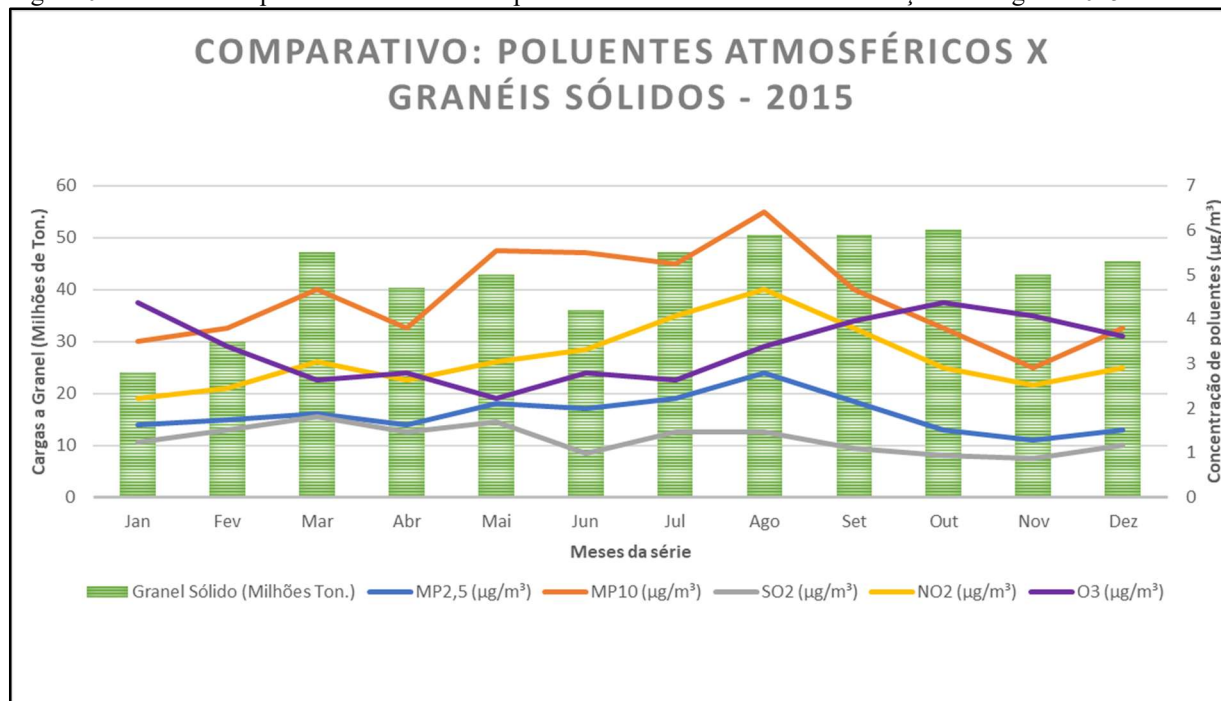




Figura 05: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2016 - Santos/SP.

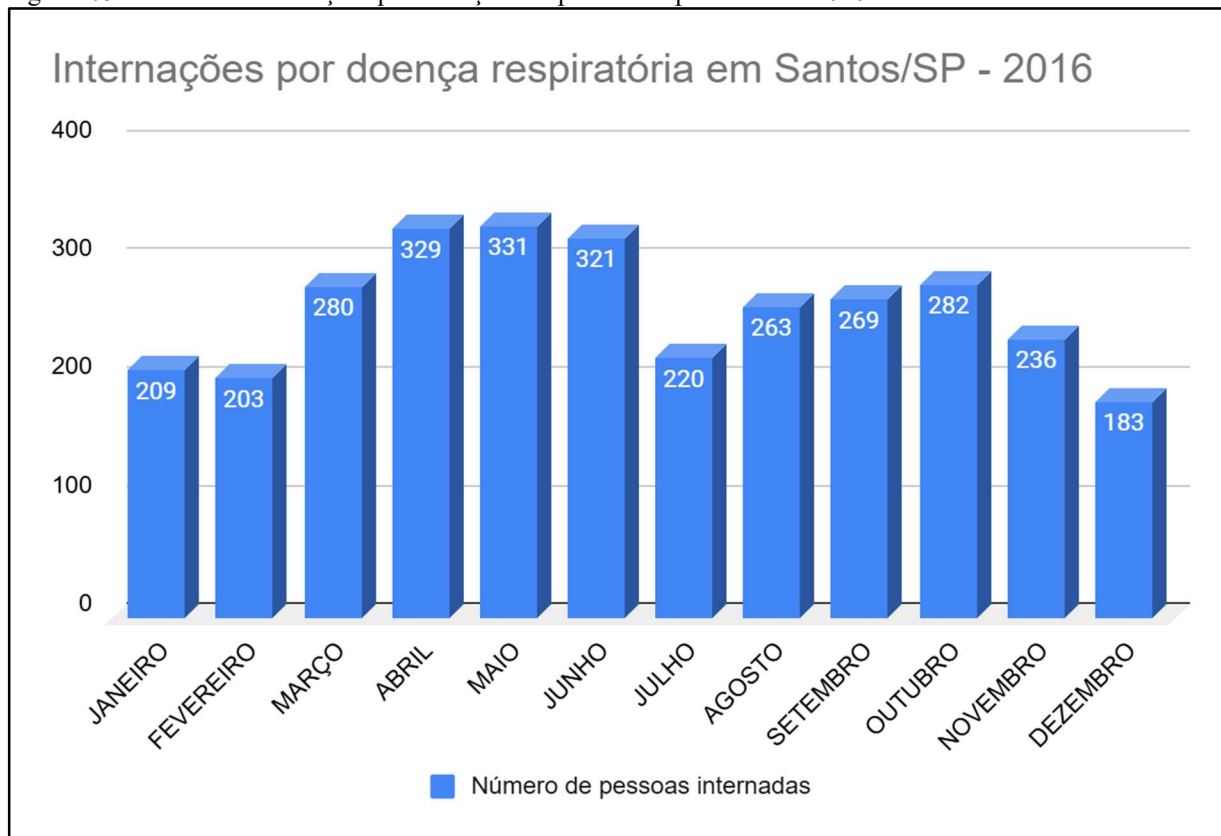
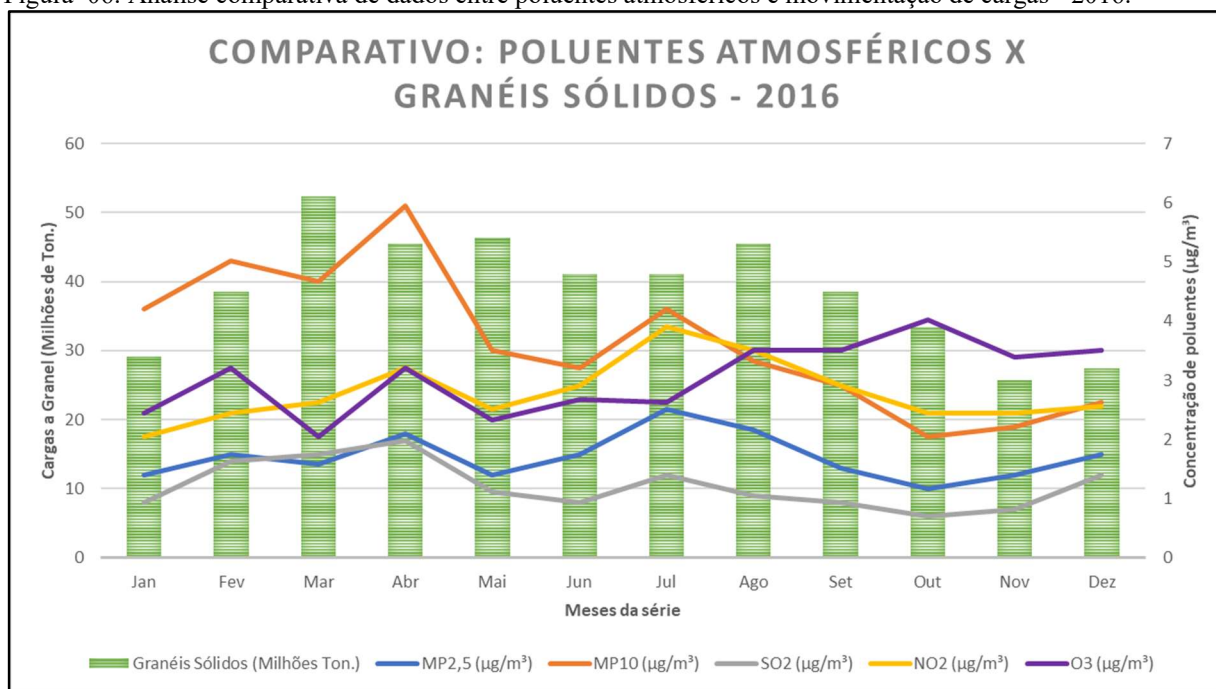


Tabela 03: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2016.

| Médias mensais aplicadas ao Ano de 2016 |                              |                             |                         |                         |                        |                                   |
|---|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Meses/Poluente                          | MP <sub>2,5</sub><br>(µg/m³) | MP <sub>10</sub><br>(µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | Granéis Sólidos<br>(Milhões Ton.) |
| <b>Jan</b>                              | 12                           | 36                          | 8                       | 17,5                    | 21                     | 3,4                               |
| <b>Fev</b>                              | 15                           | 43                          | 14                      | 21                      | 27,5                   | 4,5                               |
| <b>Mar</b>                              | 13,5                         | 40                          | 15                      | 22,5                    | 17,5                   | 6,1                               |
| <b>Abr</b>                              | 18                           | 51                          | 17                      | 27,5                    | 27,5                   | 5,3                               |
| <b>Mai</b>                              | 12                           | 30                          | 9,5                     | 21,5                    | 20                     | 5,4                               |
| <b>Jun</b>                              | 15                           | 27,5                        | 8                       | 25                      | 23                     | 4,8                               |
| <b>Jul</b>                              | 21,5                         | 36                          | 12                      | 33,5                    | 22,5                   | 4,8                               |
| <b>Ago</b>                              | 18,5                         | 28,5                        | 9                       | 30                      | 30                     | 5,3                               |
| <b>Set</b>                              | 13                           | 25                          | 8                       | 25                      | 30                     | 4,5                               |
| <b>Out</b>                              | 10                           | 17,5                        | 6                       | 21                      | 34,5                   | 3,9                               |
| <b>Nov</b>                              | 12                           | 19                          | 7                       | 21                      | 29                     | 3                                 |
| <b>Dez</b>                              | 15                           | 22,5                        | 12                      | 22                      | 30                     | 3,2                               |

Figura 06: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2016.



Em 2018, verificou-se um deslocamento atípico do pico de movimentação de cargas para março, embora a maior média anual permaneça concentrada entre abril e setembro. As correlações entre movimentação, concentrações de poluentes atmosféricos e internações seguiram a tendência dos anos anteriores como observado na Tabela 05 e Figuras 09 e 10.

Já o ano de 2019, conforme pode ser visto na Tabela 06 e Figuras 11 e 12, apesar da emergência da pandemia de COVID-19, não apresentou alteração significativa nos padrões de movimentação de cargas nem nos picos de concentrações de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>, que continuaram associados a maiores volumes operacionais, tal como as concentrações de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>. O pico de internações, no entanto, ocorreu em abril, levemente deslocado em relação ao padrão mais comum do semestre analisado. Já no ano de intensificação do cenário pandêmico, 2020, foi avaliada uma redução geral nas concentrações de poluentes, especialmente do SO<sub>2</sub>. Apesar disso, a relação entre movimentação de cargas e concentrações de MP, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub> foi preservada, com picos ainda observados no intervalo tradicional de abril a setembro, podendo ser observado nas Figuras 13 e 14 e na Tabela 07. As internações por doenças respiratórias também se concentraram majoritariamente em abril e maio, embora as mortes por COVID-19 não tenham sido contabilizadas na mesma categoria de morbidade. Em 2021, ainda sob impacto da pandemia, as concentrações de MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> mantiveram o padrão sazonal tradicional, mas o pico de internações mostrou abrangência um maior número de meses em termos gerais, com registros elevados entre maio e dezembro, diferente dos padrões anteriores que iam de abril a setembro. O dióxido de nitrogênio

(NO<sub>2</sub>) apresentou seu maior valor da série histórica, enquanto o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) continuou nos níveis mais baixos já observados, visto os dados apresentados nas Figuras 15 e 16, e também na Tabela 08.

Analisando o ano de 2022, verifica-se uma retomada do padrão consolidado, com as concentrações de MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> atingindo seus picos entre abril e setembro, enquanto o Ozônio manteve seu pico habitual entre setembro e outubro, conforme Figuras 17 e 18 e Tabela 09. As internações por doenças respiratórias voltaram a se concentrar no período tradicionalmente observado. Este comportamento se repetiu em 2023, reforçando a consistência dos padrões identificados ao longo da série temporal, conforme Figuras 19 e 20 e Tabela 10.

Após avaliar os valores pico para cada uma das variáveis, foi gerada a Tabela 11, que auxilia o processo de visualização das informações para cada ano do projeto.

Tabela 11: Análise comparativa de dados do projeto.

| Análise Comparativa entre Movimentação de Carga, Concentrações Atmosféricas, Internações e Óbitos por doenças respiratórias (Cap CID10) |   |                           |                          |                         |                         |                        |                           |                           |               |
|---|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| Anos  | *Granéis Sólidos (Milhões de toneladas) | MP <sub>2,5</sub> (µg/m³) | MP <sub>10</sub> (µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | **Internações (nº de hab) | Óbitos totais (nº de hab) | ***Óbitos (%) |
| 2015  | 5,9 (ago)                               | 24 (ago).                 | 55 (ago)                 | 15,5 (mar)              | 39 (ago)                | 37,5 (out)             | 423 (jun)                 | 553                       | 13            |
| 2016  | 6,1 (mar)                               | 21,5 (jul)                | 51 (abr)                 | 17,0 (abr)              | 33,5 (jul)              | 34,5 (out)             | 331 (mai)                 | 558                       | 13            |
| 2017  | 6,7 (ago)                               | 22,5 (set)                | 33,5 (jun)               | 17,5 (jul)              | 40 (jul)                | 43,5 (set)             | 305 (mai)                 | 530                       | 14            |
| 2018  | 6,4 (mar)                               | 20,5 (jul)                | 32,5 (jul)               | 22,0 (abr)              | 36 (jul)                | 30 (set)               | 272 (mai)                 | 592                       | 14            |
| 2019  | 7,1 (jul)                               | 24 (jun)                  | 30 (jun)                 | 15 (jun)                | 42,5 (jun)              | 33 (out)               | 218 (abr)                 | 467                       | 26            |
| 2020  | 8,1 (ago)                               | 15,5 (jul)                | 45 (mai)                 | 4,5 (abr)               | 37,5 (jun)              | 37,5 (set)             | 163 (mai)                 | 427                       | 38            |
| 2021  | 8,3 (mar)                               | 18 (jul)                  | 37,5 (jul)               | 2,6 (mai)               | 36,5 (jul)              | 29,5 (set)             | 231 (dez)                 | 409                       | 31            |
| 2022  | 8,4 (mar)                               | 17 (jul)                  | 36,5 (jul)               | 3,25 (ago)              | 41 (jul)                | 37 (out)               | 247 (jul)                 | 461                       | 18            |
| 2023  | 9,6 (set)                               | 17 (jun)                  | 51 (jun)                 | 4,0 (mai)               | 45 (jun)                | 41 (nov)               | 243 (jul)                 | 499                       | 23            |

\*Valor máximo da quantidade de carga de granel sólido movimentado pelo Porto de Santos

por ano da série. \*\* Internações por doenças respiratórias Cap. CID10. Fonte: DATASUS

\*\*\* Percentual de óbitos por doenças respiratórias. Fonte: Boletim Epidemiológico de Santos

Quando observados os dados "Granéis Sólidos (Milhões de toneladas)", nota-se que os picos de movimentação estão, em 55,6% dos anos da série, concentrados entre os meses de Março a Julho. Esse período corresponde ao principal intervalo de movimentação para soja e milho, que ocupam o primeiro e segundo lugar entre os grãos mais exportados pelo Porto de Santos. Esse

resultado quando associado aos picos de internações por doenças respiratórias no município, que ocorrem entre Março e Julho durante todos os anos da série, revela um cenário de relação entre a movimentação das principais cargas a granel sólido do Porto e problemas de saúde respiratória.

A avaliação dos índices de pico de material particulado também proporciona informações relevantes sobre o cenário do projeto. Em 67% dos anos da série, os valores de MP10 estão em consonância com o MP2,5, revelando uma associação entre o material particulado grosso, proveniente da movimentação de grãos e farelos com o material particulado fino, proveniente, principalmente, da combustão de combustíveis fósseis, muito utilizados no modal que representa mais de 60% das cargas de granel sólido que chegam ao Porto de Santos, o modal rodoviário.

Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), poluente atmosférico que pode ocasionar a formação de ácido sulfuroso, responsável pela irritação e inflamação pulmonar, contribuindo para problemas respiratórios, como tosse, dificuldade para respirar e crises de asma, apresenta seus picos de emissão dentro do mesmo intervalo de representatividade que as movimentações de graneis sólidos em 89% dos anos da série, mesmo com diminuição gradativa de seus níveis de emissão a partir dos anos de pandemia da COVID-19 (2019 a 2021).

Os picos de emissão de Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), um dos principais poluentes atmosféricos monitorados pela CETESB, ocorrem em 89% dos casos, entre junho e julho, período em que, historicamente, os principais produtos movimentados são o açúcar, milho, soja e celulose. (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS, 2023) A exposição de longo prazo ao poluente pode causar enfisema, comprometendo o trato respiratório e a capacidade de trocas gasosas. (CETESB, 2023)

No que tange as concentrações de Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) e Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), em cerca de 80% dos anos estudados, os valores de pico destes dois parâmetros sempre estão associados aos picos de concentrações de material particulado, principalmente o MP2,5 o que corrobora para a percepção de que os picos de emissão de material particulado grosso, proveniente da movimentação de grãos, estão diretamente associados a queima de combustíveis fósseis, base do modal rodoviário e que é responsável pelo transporte interno de 60% da soja do país.

Os níveis de Ozônio (O<sub>3</sub>) que representam, para a análise desse projeto, um poluente secundário resultante de reações fotoquímicas envolvendo poluentes primários como óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>) e compostos orgânicos voláteis (COV), tem seus índices de pico ocorrendo em 89% dos anos da série, entre setembro e outubro. Essa constatação pode ser associada a um fator não avaliado, a fundo, por esse estudo, que são as condições meteorológicas. Por mais que suas

concentrações estejam distribuídas dentro dos meses de março a setembro, mesmo período base para as demais variáveis, a concentração nos meses específicos se deve à maior incidência solar e menor nebulosidade durante esse período, que são condições favoráveis para a formação do O<sub>3</sub>. (CETESB, 2023)

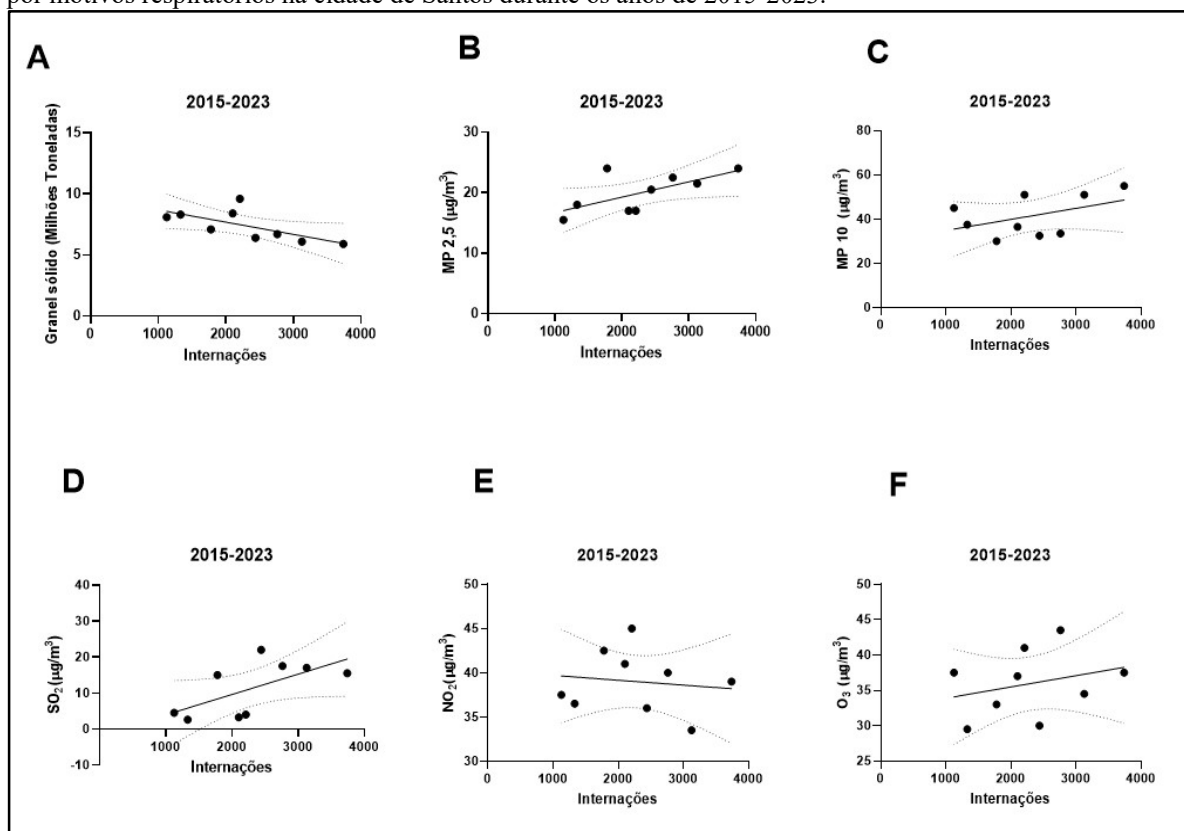
Ainda numa análise específica referente a visualização comparativa dos dados trazidos na Tabela 2, verifica-se também que, 89% dos picos de internação na série histórica, ocorrem no período de principal movimentação dos grânéis sólidos no Porto de Santos, março à setembro, o que denota tanto um ponto de conexão entre essas variáveis, quanto com questões meteorológicas associadas às estações de primavera e verão, época em que os níveis de radiação solar são altas, com médias entre 25,4°C a 27,8°C para o ano de 2023, além da porcentagem de umidade relativa do ar que variou entre 61 a 69%. (CETESB, 2023)

De forma geral, a análise integrada das variáveis evidencia uma existência de uma correlação entre os períodos de alta movimentação portuária, o aumento das emissões de poluentes atmosféricos e a elevação das internações por doenças respiratórias. A sazonalidade observada, com maior concentração desses eventos entre os meses de abril e setembro, revela um ciclo sistemático que sugere impactos diretos das atividades portuárias sobre a saúde pública e a qualidade ambiental no município de Santos. Esses resultados reforçam a necessidade de estratégias mais eficazes de mitigação de emissões e de gestão integrada entre saúde pública, meio ambiente e desenvolvimento econômico sustentável na região.

### **Correlação de parâmetros de qualidade de ar e número de internações que afetam o sistema respiratório no município de Santos**

A correlação linear entre parâmetros de qualidade ar monitorados pela Cetesb e número de internações por motivos respiratórios na cidade de Santos demonstrou uma correlação positiva entre a quantidade de granel sólido transportada (milhões de tonelada) ( $p=0,04$  e  $r=-0,66$ ) e material particulado 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ( $p=0,05$  e  $r=0,65$ ) e internações respiratórias. Não se observou correlação entre MP10, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> em relação ao número de internações (Ver Figura 21).

Figura 21: Regressão linear de parâmetros de qualidade de ar monitorados pela Cetesb e número de internações por motivos respiratórios na cidade de Santos durante os anos de 2015-2023.



## 7. DISCUSSÃO

Para iniciar o processo de discussões acerca do projeto e suas limitações, é importante reforçar que, apesar de reconhecer que as condições climáticas e atmosféricas influenciam diretamente nas concentrações de poluentes identificados e analisados ao longo do estudo, os autores escolheram não focar as análises neste aspecto, com o intuito de demonstrar que mesmo desconsiderando fatores climáticos, ainda é possível identificar um contexto complexo no que tange impacto ambientais e à saúde humana provenientes de atividades econômicas, como as realizadas em regiões portuárias.

Em um contexto global marcado pelas mudanças climáticas e pela crescente preocupação com os impactos das atividades antrópicas sobre os ecossistemas urbanos, a sustentabilidade tem se consolidado como um paradigma transversal, com potencial para integrar dimensões ambientais, sociais e econômicas no planejamento territorial (MONKEN; BARCELLOS; PORTO, 2011). Regiões portuárias, em especial, apresentam desafios significativos para esse processo de integração, em função da sua complexa dinâmica operacional, elevado potencial poluidor e localização geográfica em áreas densamente habitadas (ABRANTES; BARELLA, 2019).

A seleção do período temporal de análise contemplou um dos períodos mais relevantes da humanidade no século XXI, os anos de COVID-19. Durante as análises, houveram pontos que fugiram do padrão observado tanto no quesito internações quanto em concentrações de poluentes, com o primeiro destaque sendo relacionado às alterações na média de internações por doenças respiratórias no período. Ao se analisar o mês pico de internações de 2019 em relação ao de 2020, nota-se uma redução de 20% do número total dos casos, saindo de 278 para 218 internações e também em número total de casos no ano, reduzindo 31%. Esse cenário pode ser devido a uma série de fatores e, um deles, é o isolamento, como constatado por Matsumura et al. (2023), que analisaram o impacto da pandemia da COVID-19 nas notificações de doenças infecciosas em Belém – PA e detectaram um decréscimo para diversas doenças no período pandêmico. Outra hipótese se deve ao fato da dificuldade de se diagnosticar com precisão, no início do período pandêmico, a COVID-19, o que pode ter ocasionado um processo de notificações compulsórias da doença no período, reduzindo as notificações de quaisquer outras doenças, incluindo as respiratórias.

Ainda dentro da análise temporal do período de pandemia, o ano de 2021 também apresentou uma diferenciação em relação aos demais anos, inclusive os pandêmicos. O pico de internações em Santos ocorreu em Dezembro, com 231 casos. Além de ser um número significativamente maior do que os registrados em 2020 (36) e 2019 (131), a ocorrência do pico

neste mês chama atenção. Um dos motivos pode estar relacionado às festas de fim de ano, que ocorreram com intensidade mesmo durante a pandemia global, como ressaltou reportagem do Valor Econômico (2021), quando as internações por Síndrome Respiratória Aguda Grave (SRAG) em Dezembro deste ano aumentaram 20% em todo estado de São Paulo. Na avaliação de especialistas, o crescimento nas internações pode estar relacionado ao surto de gripe que atingiu o Estado na época e a redução das medidas de isolamento por parte da população, facilitando a transmissão de outros vírus.

A cidade de Santos/SP, ao concentrar o maior complexo portuário da América Latina, assume protagonismo tanto no escoamento de commodities brasileiras quanto na produção de externalidades ambientais e sociais associadas à movimentação logística. Em 2023, o Porto de Santos movimentou 173,3 milhões de toneladas de cargas e recebeu mais de 2,8 milhões de caminhões (AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS, 2024), dos quais grande parte adentrou áreas urbanas consolidadas, expondo a população local à emissão contínua de poluentes atmosféricos. Essa realidade insere-se em um contexto urbano-industrial no qual as tensões entre desenvolvimento econômico e preservação da saúde ambiental e humana tornam-se cada vez mais visíveis, demandando uma abordagem intersetorial e baseada em evidências (REZENDE, 2012; VIDIGAL, 2013).

Os resultados da presente pesquisa, ao correlacionarem o volume de cargas movimentadas por caminhão, as concentrações médias de poluentes atmosféricos (MP10, MP2.5, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) e os registros de internações hospitalares por doenças respiratórias em Santos entre os anos de 2015 e 2023, revelam padrões de associação que sugerem uma influência significativa da atividade logística terrestre sobre os indicadores de saúde da população. Observou-se, por exemplo, que os anos de maior movimentação de grânéis sólidos coincidiram com os picos de emissão de material particulado registrados nas estações de monitoramento da CETESB, bem como com os maiores índices de internações por doenças respiratórias. Outro ponto de destaque, está relacionado a drástica redução dos níveis de concentração de SO<sub>2</sub>, mesmo com o aumento do volume de cargas, o que, segundo o Instituto de Meio Ambiente e Energia 2022, se deve a retirada de derivados de enxofre dos processos de fabricação de combustíveis a partir de 2019, pós pandemia. A partir do ano de 2019, as concentrações do poluente saem de 15 (µg/m<sup>3</sup>) para 4 (µg/m<sup>3</sup>), reduzindo em mais de 70% sua presença nas medições da estação da CETESB. Não foi possível identificar uma clara razão para uma redução tão considerável.

Essa correlação não implica necessariamente causalidade direta, mas aponta para a necessidade de aprofundar a análise de risco e exposição, sobretudo em regiões limítrofes ao porto



e às principais vias de acesso rodoviário. Dados da CETESB (2023) indicam que o material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>) — oriundo principalmente da combustão de motores a diesel — apresenta forte associação com o agravamento de doenças respiratórias crônicas e cardiovasculares, sendo considerado um dos principais riscos ambientais à saúde urbana (WHO, 2021; BRAGA et al., 2001). Para efeitos de comparação e conforme citado anteriormente por Moreno et al. (2004), porto do Reino Unido, como o de Cardiff, observaram concentrações de carbono elementar e orgânico 30% acima dos valores limite e que foram atribuídas, majoritariamente, ao intenso tráfego de veículos na região.

Embora o transporte marítimo também seja um vetor relevante de emissão, particularmente devido ao uso de *bunker fuel* com alto teor de enxofre, este estudo concentrou-se metodologicamente na análise da poluição terrestre por duas razões principais: (i) a ausência de dados públicos e confiáveis sobre a emissão atmosférica direta das embarcações operando especificamente no Porto de Santos no período analisado; e (ii) a necessidade de evidenciar os impactos locais e diretos do tráfego de caminhões em zonas residenciais, uma dimensão frequentemente negligenciada pelas políticas ambientais e urbanísticas. A ausência de monitoramento contínuo e setorizado da poluição marítima representa, portanto, uma lacuna crítica na gestão integrada da saúde ambiental em regiões portuárias.

Além disso, observa-se que a atual estrutura de monitoramento da qualidade do ar na cidade de Santos apresenta limitações espaciais importantes. As estações fixas da CETESB não contemplam a totalidade do território urbano afetado pelas rotas logísticas, o que dificulta uma análise precisa da exposição populacional ao longo do tempo. Em áreas como os bairros da Alemoa, Chico de Paula e Macuco, onde o fluxo de caminhões é particularmente intenso, a ausência de estações de monitoramento permanentes compromete a capacidade do poder público de identificar e mitigar os riscos ambientais à saúde (CETESB, 2023). Somado a limitação espacial, existe a questão de que, a estação base do projeto, localizada no bairro da Ponta da Praia, não monitora um dos principais poluentes atmosféricos listados pelo próprio órgão - o monóxido de carbono (CO). Não foi encontrado pelo corpo técnico deste projeto um motivo para a ausência de monitoramento do poluente por parte da estação em específico.

Para efeitos de comparação da Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS), onde se encontra Santos, com outras regiões metropolitanas, especificamente a Região Metropolitana de Campinas (RMCP). Na RMBS, estudos indicam que as concentrações de material particulado (MP) na Vila Parisi, região industrial de Cubatão, atingem quase o dobro do padrão legal anual de 50 µg/m<sup>3</sup>, devido principalmente ao tráfego intenso de veículos pesados (CETESB, 2023). Além

disso, a formação de ozônio troposférico, um poluente secundário prejudicial à saúde, é exacerbada pela emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) e hidrocarbonetos (HC) provenientes de caminhões a diesel. Já para a RMC, os veículos pesados, incluindo caminhões, também são responsáveis por uma parcela significativa das emissões veiculares. O inventário de emissões veiculares da CETESB revelou que os veículos pesados são os maiores emissores de NOx entre os veículos, contribuindo para 81,2% das emissões totais desse poluente na região. Além disso, o setor de transportes responde por quase 70% das emissões de gases de efeito estufa em Campinas, com os caminhões apresentando um aumento de 2,4% nas emissões entre 2022 e 2023. Embora ambas as regiões enfrentam desafios relacionados às emissões atmosféricas de caminhões, a RMC apresenta uma contribuição mais significativa dos veículos pesados para a poluição atmosférica, tanto em termos de NOx quanto de gases de efeito estufa. Por outro lado, a RMBS, especialmente Cubatão, enfrenta problemas agudos de material particulado devido à combinação de tráfego intenso de caminhões que são direcionados às regiões portuárias e atividades industriais.

Neste sentido, o estudo busca contribuir com a construção de ferramentas técnicas que subsidiem a atuação de gestores públicos e lideranças locais na tomada de decisões pautadas nos princípios do desenvolvimento sustentável. Ao identificar padrões de correlação entre atividade logística, poluição atmosférica e internações por doenças respiratórias, propõe-se uma atuação intersetorial orientada pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial:

ODS 3 (Saúde e Bem-Estar): ao propor a integração entre saúde coletiva e vigilância ambiental;

ODS 4 (Educação de Qualidade): ao destacar e incentivar o aprendizado sobre sustentabilidade e práticas ambientais mais responsáveis;

ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis): ao destacar a urgência de planejamento urbano inclusivo que considere a justiça ambiental;

ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima): ao apontar a contribuição das emissões locais para os impactos climáticos regionais.

ODS 17 (Parcerias e Meios de Implementação): ao se envolver diferentes atores para resolução de problemas complexos como os que ocorrem em regiões portuárias;

Como desdobramento aplicado da pesquisa, foi elaborada uma cartilha de apoio à gestão pública e social, com recomendações baseadas em evidências, orientadas para o fortalecimento de políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos da atividade logística sobre a saúde humana. Essa cartilha propõe, entre outras ações, a ampliação da rede de monitoramento da qualidade do ar, a implementação de zonas de baixa emissão em áreas urbanas críticas, o incentivo ao uso de

modais menos poluentes e a criação de planos locais de vigilância em saúde ambiental em regiões portuárias.

Com base nos achados, reforça-se a necessidade de adoção de políticas de mitigação que considerem os efeitos cumulativos da exposição aos poluentes atmosféricos em populações vulneráveis. Mais que um problema técnico, a poluição em regiões portuárias deve ser compreendida como um desafio político e ético, que exige articulação entre órgãos ambientais, autoridades portuárias, serviços de saúde, setor logístico e sociedade civil organizada.

## 8. CONCLUSÕES

A análise integrada dos dados de movimentação portuária, qualidade do ar e indicadores de saúde pública na cidade de Santos/SP, entre os anos de 2015 e 2023, permitiu identificar indícios relevantes de correlação entre a intensificação da atividade logística terrestre — com ênfase no transporte rodoviário de granéis sólidos — e o agravamento de quadros respiratórios na população local. Com a análise estatística foi identificada correlação positiva para MP2,5, particulado proveniente, em sua maioria, da queima de combustíveis fósseis na região, o que reforça tanto pelas evidências comparativas, estudos correlatos na literatura e outros cenários semelhantes de regiões portuárias, que as questões de problemas respiratórios podem ser associadas ao volume de movimentação de cargas pelo modal rodoviário, juntamente com outros fatores, como os meteorológicos, e que diante da complexidade da temática, aplicar conceitos de sustentabilidade alinhados aos ODS para as soluções de mitigação e prevenção a danos ambientais e de saúde podem trazer mais eficiência aos processos de tomada de decisão dos gestores envolvidos. O desdobramento prático desta pesquisa, representado pela cartilha técnica intitulada “Análise e Inteligência para Dados Abertos Voltados a Hidrocarbonetos e Desenvolvimento Sustentável: Região Portuária de Santos/SP” (ISBN nº 978-65-87266-07-7), Anexo 02 deste projeto, e que sintetiza os principais achados da investigação, disponibilizando-os de maneira acessível e direcionada à gestão pública, à sociedade civil organizada e às lideranças locais. A cartilha propõe, com base nos dados analisados, caminhos possíveis para mitigação dos impactos identificados, destacando as ações associadas a cada uma das ODS diretamente impactadas.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abrantes P, Barella W. Análise do IDA – Índice de Desempenho Ambiental como ferramenta para aprimoramento da gestão ambiental portuária no Brasil. *UNISANTA Bioscience*. 2019;8(3):282-98.
2. Acciaro M, Ghiara H, Cusano MI. Energy management in seaports: a new role for port authorities. *Energy Policy*. 2014;71:4-12.
3. Arbex MA, Santos UP, Martins LC, Saldiva PHN, Pereira LAA, Braga ALF. A poluição do ar e o sistema respiratório. *J Bras Pneumol*. 2012;38(5):643-55.
4. A Tribuna. Em três meses, casos de asma sobem 50,7% no Estado de São Paulo. [Internet]. 2024 [citado 2025 abr 29]. Disponível em: <https://www.atribuna.com.br/cidades/em-tres-meses-casos-de-asma-sobem-50-7-no-estado-de-s-o-paulo-1.362594>
5. Autoridade Portuária de Santos. Relatório Anual 2023. Santos: APS; 2024. [Internet]. [citado 2025 jan 10]. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/wp-content/uploads/Versao-completa-RAAPS-2023-19-03-2024.pdf>
6. Braga ALF, Saldiva PHN, Pereira LAA, Menezes JJC, Conceição GMS, Lin CA, et al. Air pollution and respiratory diseases among children in São Paulo, Brazil. *Rev Saúde Pública*. 2001;35(3):284-9.
7. Brasil. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS – DATASUS. TabNet: internações hospitalares do SUS (SIH/SUS). [Internet]. [citado 2024 nov 20]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nibr.def>
8. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. Síntese de evidências para políticas de saúde: reduzindo a emissão do poluente atmosférico: material particulado em benefício da saúde no ambiente urbano. Brasília: Ministério da Saúde; 2016. 52 p.

9. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo – 2023. São Paulo: CETESB; 2024. [Internet]. [citado 2024 nov 10]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar>
10. Cloquell-Ballester VA, Cloquell-Ballester VA, Monterde-Díaz R, Santamarina-Siurana MC. Sustainability and social perception of a port development project: a case study of the Port of Valencia (Spain). *J Clean Prod.* 2021;289:125151.
11. Denktas-Sakar G, Karatas-Cetin C. Port sustainability and stakeholder management in supply chains: a framework on resource dependence theory. *Asian J Shipp Logist.* 2012;28(3):301-19.
12. Dooms M. Stakeholder management for port sustainability: moving from ad hoc to structural approaches. In: *Green Ports.* Elsevier; 2019. p. 63-84.
13. G1. Poluição atípica coloca São Paulo entre os centros urbanos mais poluídos do mundo nesta segunda, diz empresa suíça. [Internet]. 2024 set 9 [citado 2025 abr 3]. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2024/09/09/poluicao-atipica-coloca-sao-paulo-entre-os-centros-urbanos-mais-poluidos-do-mundo-nesta-segunda-diz-empresa-suica.ghtml>
14. Gil AC. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas; 2019.
15. Holanda DC. A política nacional de mobilidade urbana e a sustentabilidade: uma avaliação da aderência do Programa de Financiamento do Governo Federal aos produtos de cooperação técnica. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública (ENAP); 2020. 51 p.
16. IDSC – Índice de Desenvolvimento de Cidades do Brasil. [Internet]. 2024 [citado 2024 jan 8]. Disponível em: <https://idsc.cidadessustentaveis.org.br/rankings/>
17. IHME – Institute for Health Metrics and Evaluation. Air pollution. Health Data. 2025. [Internet]. [citado 2024 abr 9]. Disponível em: <https://www.healthdata.org/research-analysis/health-risks-issues/air-pollution>
18. IQAir. 2023 World Air Quality Report. IQAir; 2023. [Internet]. [citado 2024 jun 22]. Disponível em: <https://www.iqair.com/newsroom/waqr-2023-pr>

19. Jabłońska M, Janeczek J. Identification of industrial point sources of airborne dust particles in an urban environment by a combined mineralogical and meteorological analyses: A case study from the Upper Silesian conurbation, Poland. *Atmos Pollut Res.* 2019;10:980-8.
20. Lam JSL, Notteboom T. The greening of ports: a comparison of port management tools used by leading ports in Asia and Europe. *Transport Rev.* 2014;34(2):169-89.
21. Matos JC. Avaliação da prevalência de sintomas de asma e rinite autorreferidos em moradores adultos e idosos de diferentes áreas do município de Santos, SP. [Tese]. Santos: Universidade Católica de Santos; 2018.
22. Matsumura ESS, Carneiro TX, Feio ECG, Guedes JA, Xavier MB. Impacto da pandemia COVID-19 nas notificações das doenças infecciosas no município de Belém – PA. *Rev Eletr Acervo Saude.* 2023;Vol. 23(12):15436.2023.
23. Melati C, Janissek-Muniz R. Governo inteligente: análise de dimensões sob a perspectiva de gestores públicos. *Rev Adm Pública.* 2020;54(3):400-15.
24. Melati C. A inteligência na gestão pública: uma análise sob a perspectiva institucional. *Rev Adm Pública.* 2022;56(6):1052-70.
25. Monken M, Barcellos C, Porto M. Saúde, trabalho, ambiente e território: contribuições teóricas e propostas de operacionalização. In: Gomez CM, Machado JMH, Pena PGL, organizadores. *Saúde do trabalhador na sociedade brasileira contemporânea.* Rio de Janeiro: Fiocruz; 2011. p. 161-80.
26. Moreno T, Jones TP, Richards RJ. Characterisation of aerosol particulate matter from urban and industrial environments: examples from Cardiff and Port Talbot, South Wales, UK. *Sci Total Environ.* 2004;334-335:337-46.
27. Observatório do Clima. Caminhões são os maiores emissores de carbono no setor de energia. [Internet]. 2018 jun 13 [atualizado 2024 mar 11; citado 2024 mar 12]. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/caminhoes-sao-maiores-emissores-de-carbono-no-setor-de-energia/>

28. ONU Brasil. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. [Internet]. [citado 2024 jan 9]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
29. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Novas diretrizes globais de qualidade do ar da OMS visam salvar milhões de vidas da poluição atmosférica. [Internet]. 2021 set 22 [citado 2024 jul 10]. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/22-9-2021-novas-diretrizes-globais-qualidade-do-ar-da-oms-visam-salvar-milhoes-vidas-da>
30. Pope CA, Lefler JS, Ezzati M, et al. Mortality risk and fine particulate air pollution in a large, representative cohort of US adults. *Environ Health Perspect.* 2019;127(7):077007.
31. Puig M, Wooldridge C, Darbra RM. Current status and trends of the environmental performance in European ports. *Environ Sci Policy.* 2015;48:57-66.
32. Rezende CL. Políticas públicas e sustentabilidade: articulação entre governo e sociedade. *Rev Adm Pública.* 2012;46(1):23-46.
33. Santos (Município). Secretaria Municipal de Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico de Santos. 6. ed. Santos: Prefeitura Municipal de Santos; 2024. [Internet]. [citado 2024 dez 20]. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/>
34. Valor Econômico. Internações por Síndrome Respiratória Aguda Grave aumentam 20% em São Paulo e acendem alerta da saúde [Internet]. São Paulo: Valor Econômico; 2021 Dec 19 [citado 19 mai 25]. Available from: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2021/12/19/internacoes-por-sindrome-respiratoria-aguda-grave-aumentam-20percent-em-sao-paulo-e-acendem-alerta-da-saude.ghtml>



## **10. ANEXO 01: Tabelas e Figuras de 2017 a 2023**

Figura 07: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2017 - Santos/SP.

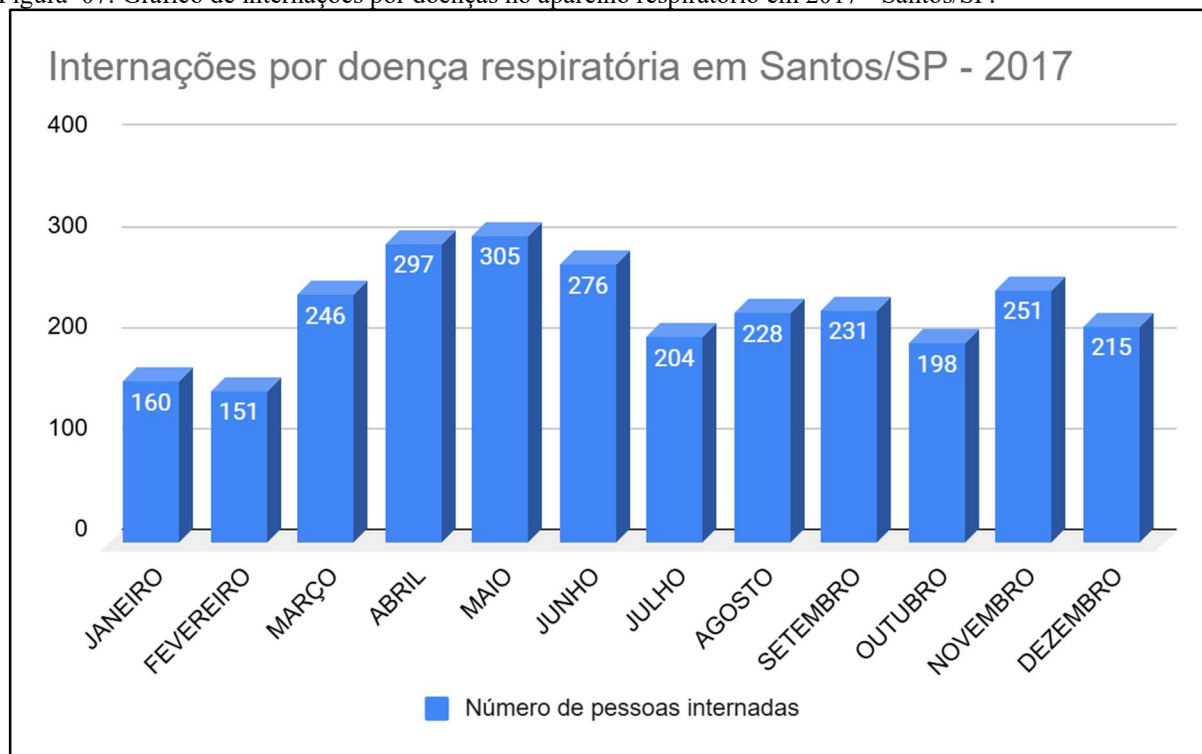


Tabela 04: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2017.

| Médias mensais aplicadas ao Ano de 2017 |                           |                          |                         |                         |                        |                                |
|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Meses/Poluente                          | MP <sub>2,5</sub> (µg/m³) | MP <sub>10</sub> (µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | Granéis Sólidos (Milhões Ton.) |
| Jan                                     | 13                        | 21                       | 12                      | 20                      | 21                     | 2,7                            |
| Fev                                     | 18                        | 28                       | 14,5                    | 19                      | 25                     | 5,2                            |
| Mar                                     | 12                        | 21,5                     | 12                      | 17,5                    | 19,5                   | 5,5                            |
| Abr                                     | 12                        | 24                       | 13                      | 20                      | 19                     | 5,5                            |
| Mai                                     | 13,5                      | 29                       | 12                      | 21                      | 19,5                   | 6,1                            |
| Jun                                     | 19,5                      | 33,5                     | 14                      | 35                      | 20                     | 5,7                            |
| Jul                                     | 21                        | 32,5                     | 17,5                    | 40                      | 25                     | 6,2                            |
| Ago                                     | 18                        | 27                       | 14,5                    | 39                      | 28                     | 6,7                            |
| Set                                     | 22,5                      | 32,5                     | 14                      | 32,5                    | 44                     | 6,2                            |
| Out                                     | 13                        | 21                       | 11,5                    | 27,5                    | 41                     | 5,2                            |
| Nov                                     | 11,5                      | 18                       | 14                      | 26,5                    | 35                     | 5,1                            |
| Dez                                     | 11,5                      | 18                       | 11,5                    | 22                      | 27,5                   | 4,1                            |

Figura 08: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2017.

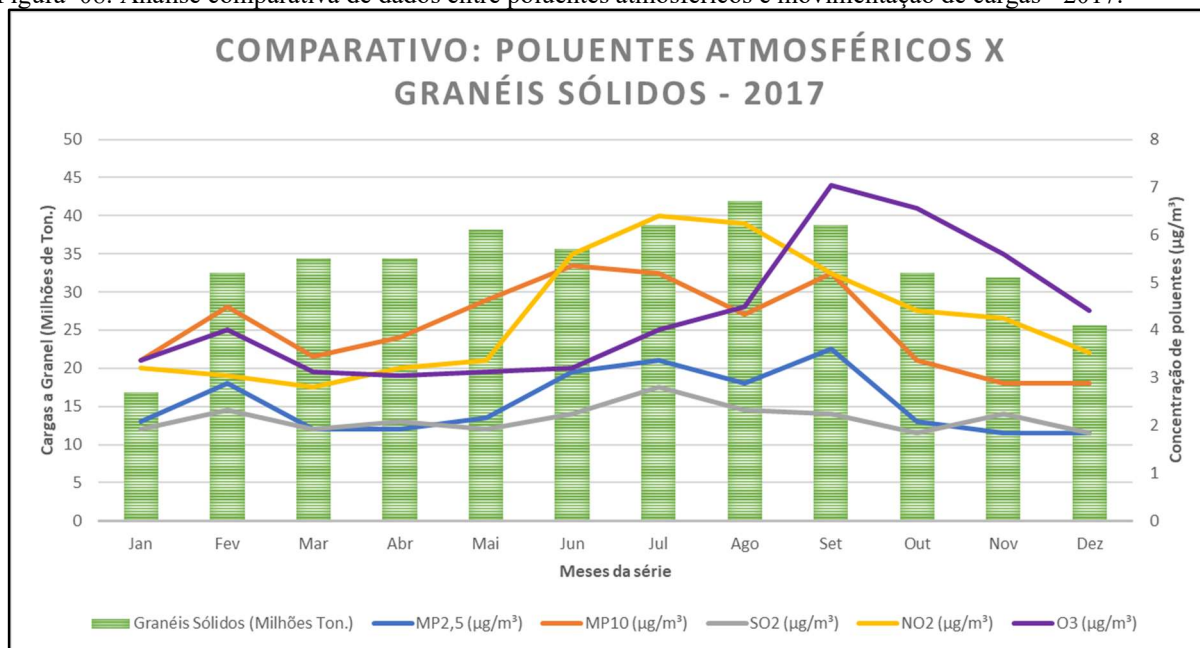


Figura 09: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2018 - Santos/SP.

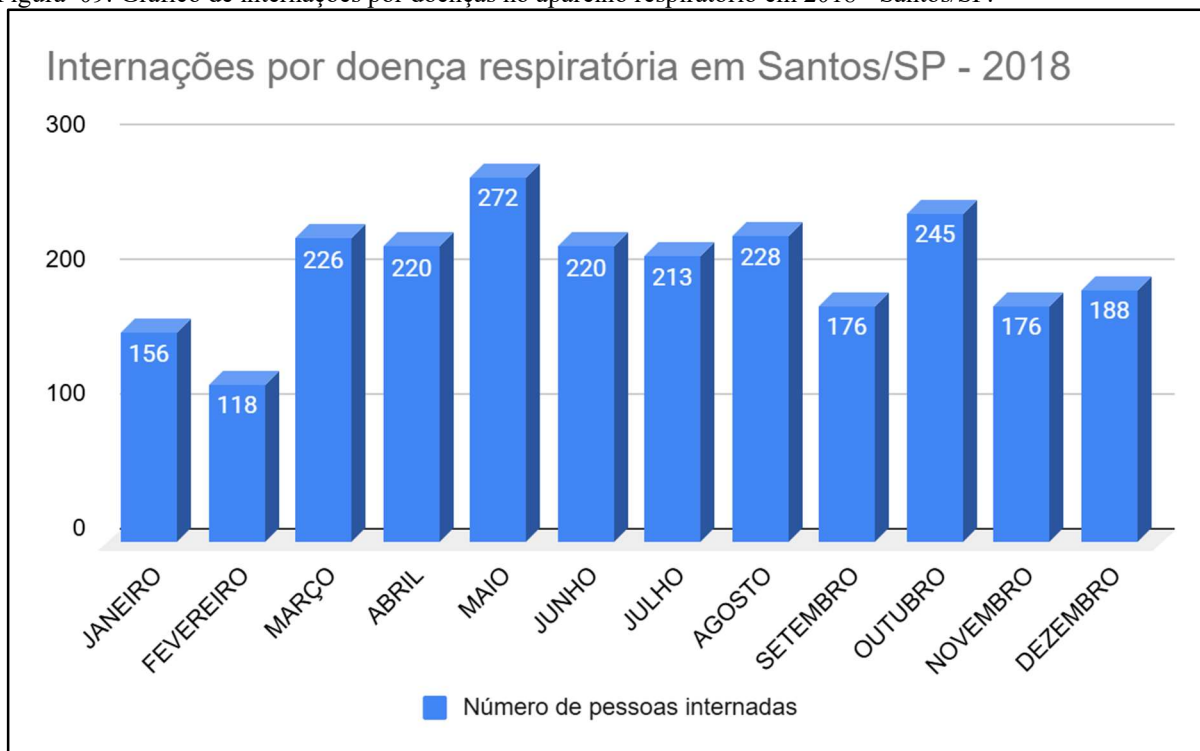


Tabela 05: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2018.

| Médias mensais aplicadas ao Ano de 2018 |                           |                          |                         |                         |                        |                                |
|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Meses/Poluente                          | MP <sub>2,5</sub> (µg/m³) | MP <sub>10</sub> (µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | Granéis Sólidos (Milhões Ton.) |
| Jan                                     | 12                        | 19                       | 14,5                    | 22,5                    | 30                     | 3,6                            |
| Fev                                     | 11                        | 16,5                     | 17,5                    | 22,5                    | 20                     | 4,7                            |
| Mar                                     | 14                        | 22                       | 21                      | 25                      | 24                     | 6,4                            |
| Abr                                     | 15                        | 24                       | 22                      | 32,5                    | 22,5                   | 5,9                            |
| Mai                                     | 15                        | 27                       | 18                      | 32,5                    | 20,5                   | 5,6                            |
| Jun                                     | 18                        | 30                       | 13,5                    | 33                      | 19,5                   | 5,5                            |
| Jul                                     | 20,5                      | 32,5                     | 12                      | 36                      | 25                     | 6,1                            |
| Ago                                     | 14                        | 22                       | 9,5                     | 35                      | 22,5                   | 6,2                            |
| Set                                     | 13                        | 21                       | 9,5                     | 27,5                    | 30                     | 5,8                            |
| Out                                     | 11,5                      | 18                       | 8                       | 27,5                    | 25                     | 4,2                            |
| Nov                                     | 10                        | 17                       | 8                       | 22,5                    | 25,5                   | 5,5                            |
| Dez                                     | 14                        | 22,5                     | 13,5                    | 22,5                    | 29,5                   | 4,9                            |

Figura 10: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2018.

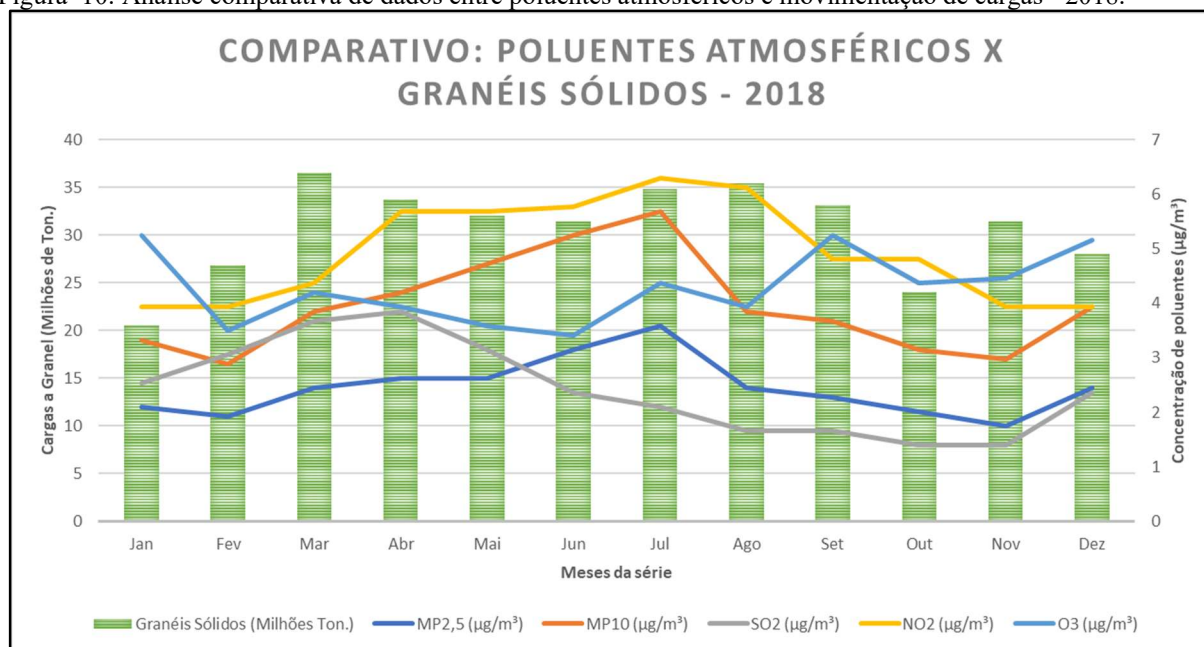


Figura 11: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2019 - Santos/SP.

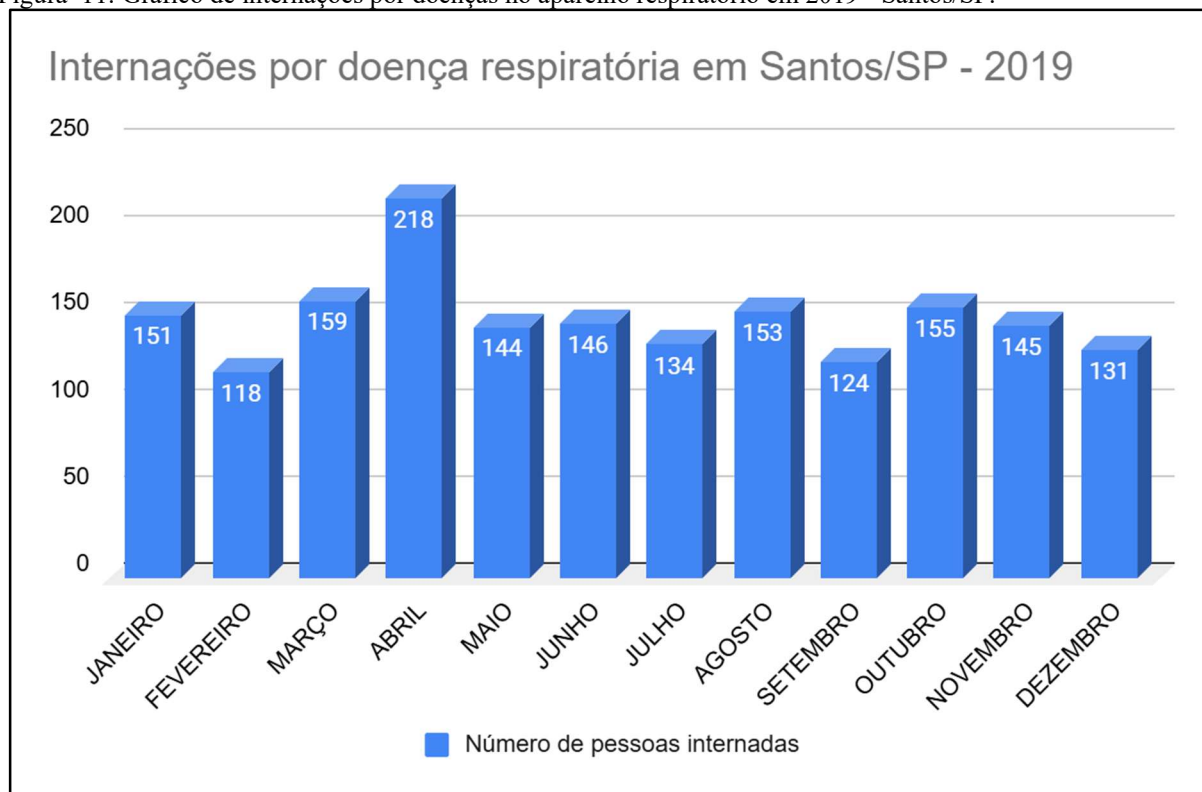


Tabela 06: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2019.

| Médias mensais aplicadas ao Ano de 2019 |                           |                          |                         |                         |                        |                                |
|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Meses/Poluente                          | MP <sub>2,5</sub> (µg/m³) | MP <sub>10</sub> (µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | Granéis Sólidos (Milhões Ton.) |
| Jan                                     | 14                        | 22,5                     | 14                      | 25                      | 33,5                   | 4,1                            |
| Fev                                     | 12                        | 19                       | 14                      | 25                      | 25                     | 5                              |
| Mar                                     | 11,8                      | 19                       | 13                      | 25,2                    | 22                     | 5,7                            |
| Abr                                     | 14,3                      | 21                       | 12,5                    | 29                      | 22,4                   | 5                              |
| Mai                                     | 15,5                      | 21,5                     | 11                      | 32,5                    | 19                     | 5,1                            |
| Jun                                     | 23,5                      | 31                       | 15                      | 42,5                    | 18                     | 5,9                            |
| Jul                                     | 18,5                      | 28                       | 14                      | 37,5                    | 25                     | 7,1                            |
| Ago                                     | 15                        | 22                       | 11                      | 32,5                    | 26                     | 6,2                            |
| Set                                     | 13                        | 18,5                     | 7,5                     | 26                      | 31                     | 5,5                            |
| Out                                     | 13,4                      | 21                       | 8                       | 24                      | 32                     | 6,4                            |
| Nov                                     | 11                        | 18                       | 6                       | 17,5                    | 29                     | 5,3                            |
| Dez                                     | 12                        | 22,5                     | 6,5                     | 22,5                    | 31                     | 4,3                            |

Figura 12: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2019.

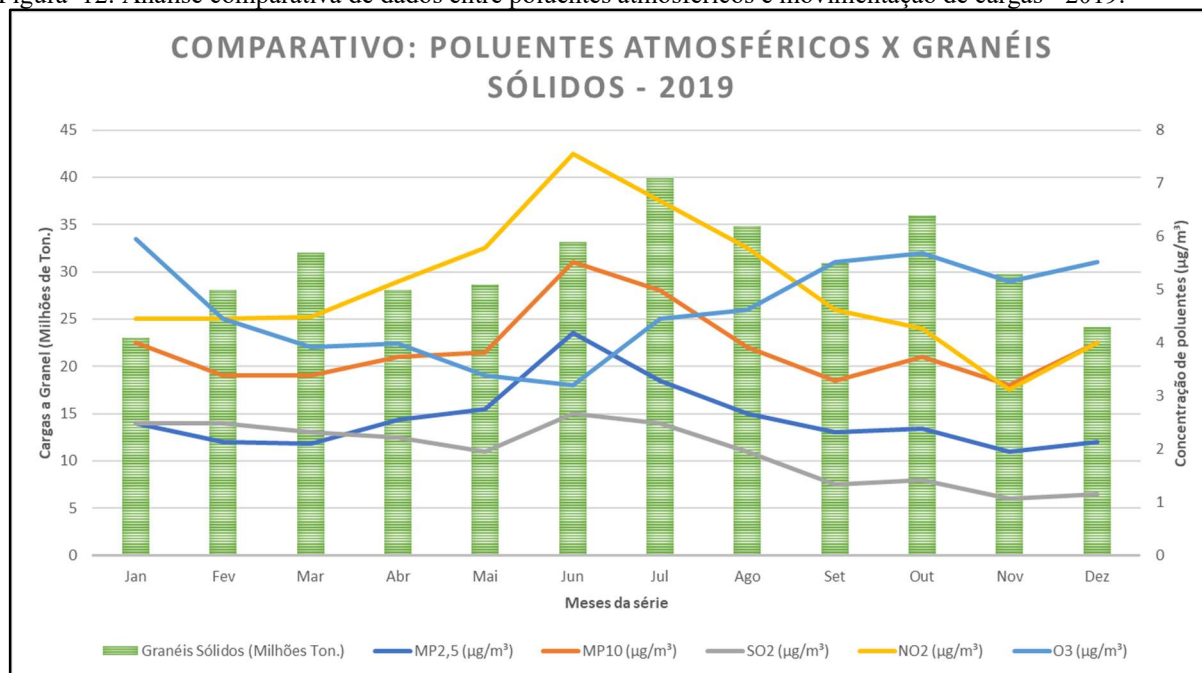


Figura 13: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2020 - Santos/SP.

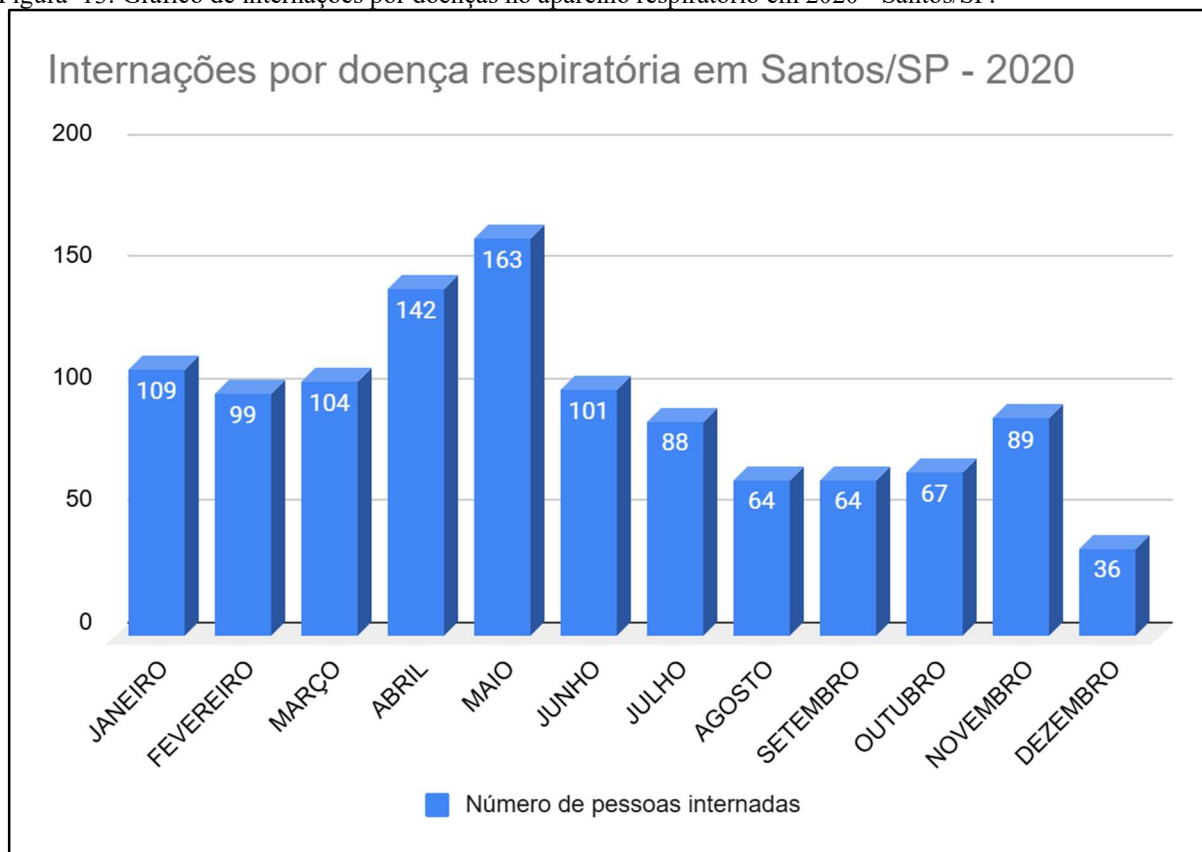


Tabela 07: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2020.

| Médias mensais aplicadas ao Ano de 2020 |                           |                          |                         |                         |                        |                                |
|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Meses/Poluente                          | MP <sub>2,5</sub> (µg/m³) | MP <sub>10</sub> (µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | Granéis Sólidos (Milhões Ton.) |
| Jan                                     | 11                        | 22,5                     | 2,85                    | 22,5                    | 30                     | 3                              |
| Fev                                     | 11                        | 20                       | 2,25                    | 24                      | 22                     | 5,1                            |
| Mar                                     | 1,2                       | 23                       | 2,75                    | 22                      | 25                     | 7                              |
| Abr                                     | 12                        | 32,5                     | 4,24                    | 27,5                    | 25                     | 7,4                            |
| Mai                                     | 14,5                      | 45                       | 3,75                    | 32,5                    | 26                     | 7,5                            |
| Jun                                     | 15                        | 39                       | 4                       | 37,5                    | 23                     | 7                              |
| Jul                                     | 15,8                      | 39                       | 2,5                     | 34                      | 29                     | 7,7                            |
| Ago                                     | 14                        | 29,5                     | 2,6                     | 33                      | 29                     | 8,1                            |
| Set                                     | 13                        | 26,5                     | 1,5                     | 22,5                    | 37,5                   | 6,2                            |
| Out                                     | 11                        | 24                       | 1,6                     | 24                      | 36                     | 6                              |
| Nov                                     | 9,9                       | 17,5                     | 2,1                     | 22,5                    | 27,5                   | 5,5                            |
| Dez                                     | 9,7                       | 17,5                     | 1,75                    | 19                      | 28                     | 5,1                            |

Figura 14: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2020.

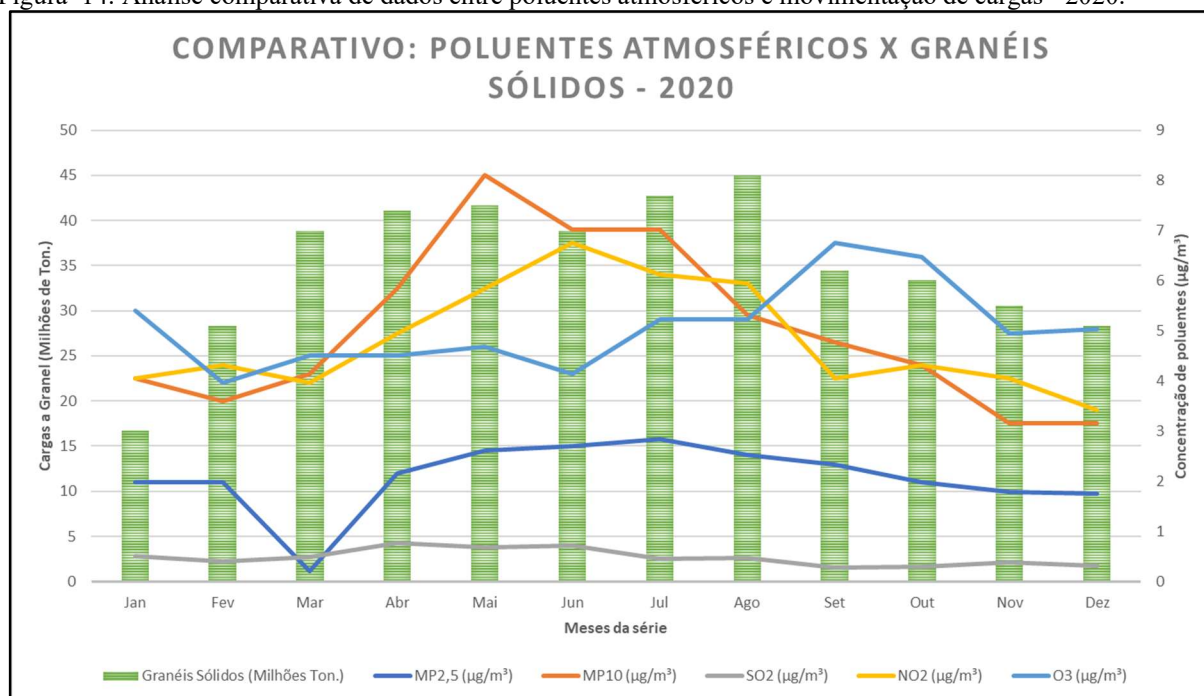


Figura 15: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2021 - Santos/SP.

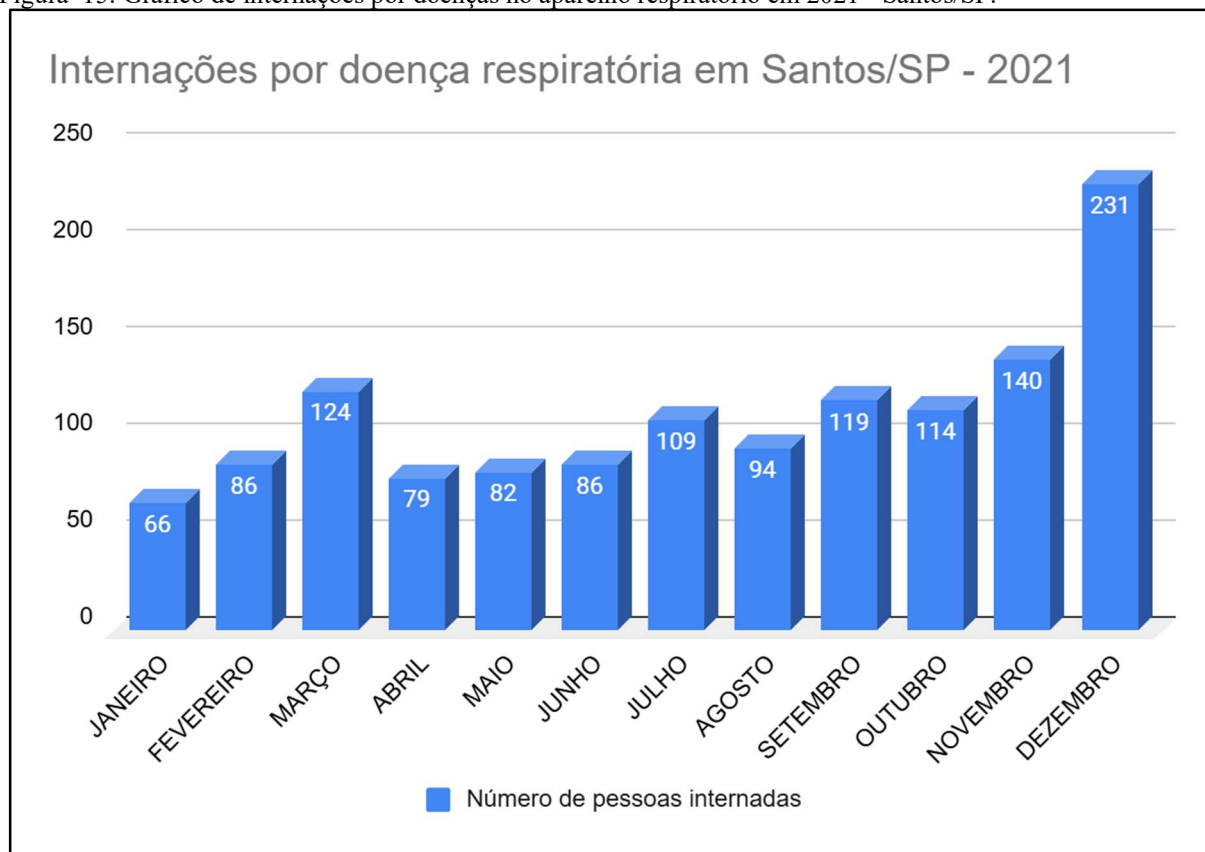


Tabela 08: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2021.

| Médias mensais aplicadas ao Ano de 2021 |                           |                          |                         |                         |                        |                                |
|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Meses/Poluente                          | MP <sub>2,5</sub> (µg/m³) | MP <sub>10</sub> (µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | Granéis Sólidos (Milhões Ton.) |
| <b>Jan</b>                              | 12                        | 15,5                     | 1,4                     | 18                      | 28,5                   | 3,3                            |
| <b>Fev</b>                              | 11                        | 21                       | 2,2                     | 25                      | 21,5                   | 5,1                            |
| <b>Mar</b>                              | 10                        | 23                       | 1,85                    | 23                      | 22,5                   | 8,3                            |
| <b>Abr</b>                              | 9                         | 22,5                     | 1,85                    | 24                      | 18                     | 7,5                            |
| <b>Mai</b>                              | 14                        | 36                       | 2,6                     | 31                      | 20                     | 7,8                            |
| <b>Jun</b>                              | 12                        | 34                       | 1,6                     | 27,5                    | 19                     | 6,8                            |
| <b>Jul</b>                              | 17,5                      | 37,5                     | 2,55                    | 36                      | 25                     | 6,2                            |
| <b>Ago</b>                              | 14                        | 27,5                     | 1,6                     | 28,5                    | 29                     | 5,5                            |
| <b>Set</b>                              | 13                        | 28                       | 1,45                    | 26                      | 29,4                   | 5,4                            |
| <b>Out</b>                              | 8                         | 21                       | 1,2                     | 20                      | 29                     | 4,3                            |
| <b>Nov</b>                              | 9                         | 21                       | 1,5                     | 20                      | 26                     | 5,1                            |
| <b>Dez</b>                              | 9,5                       | 19                       | 1,6                     | 21,5                    | 24                     | 5,2                            |



Figura 16: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2021.

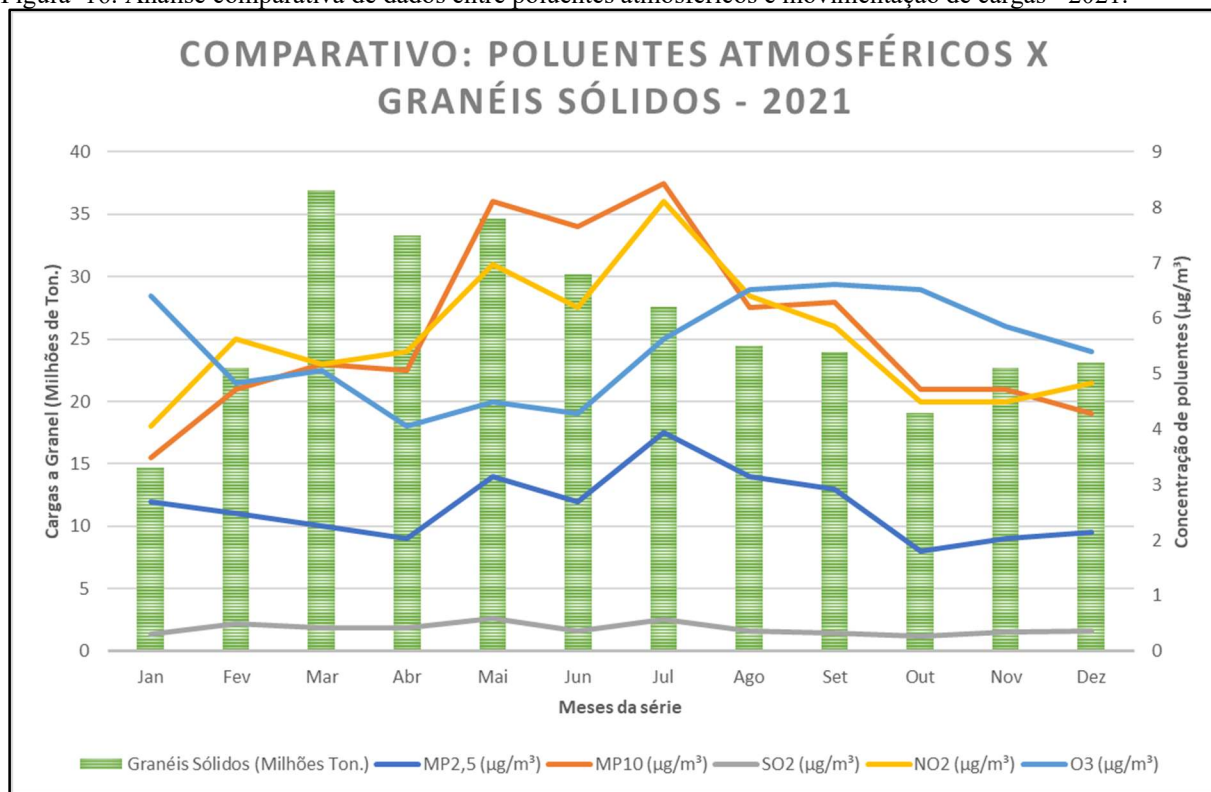


Figura 17: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2022 - Santos/SP.

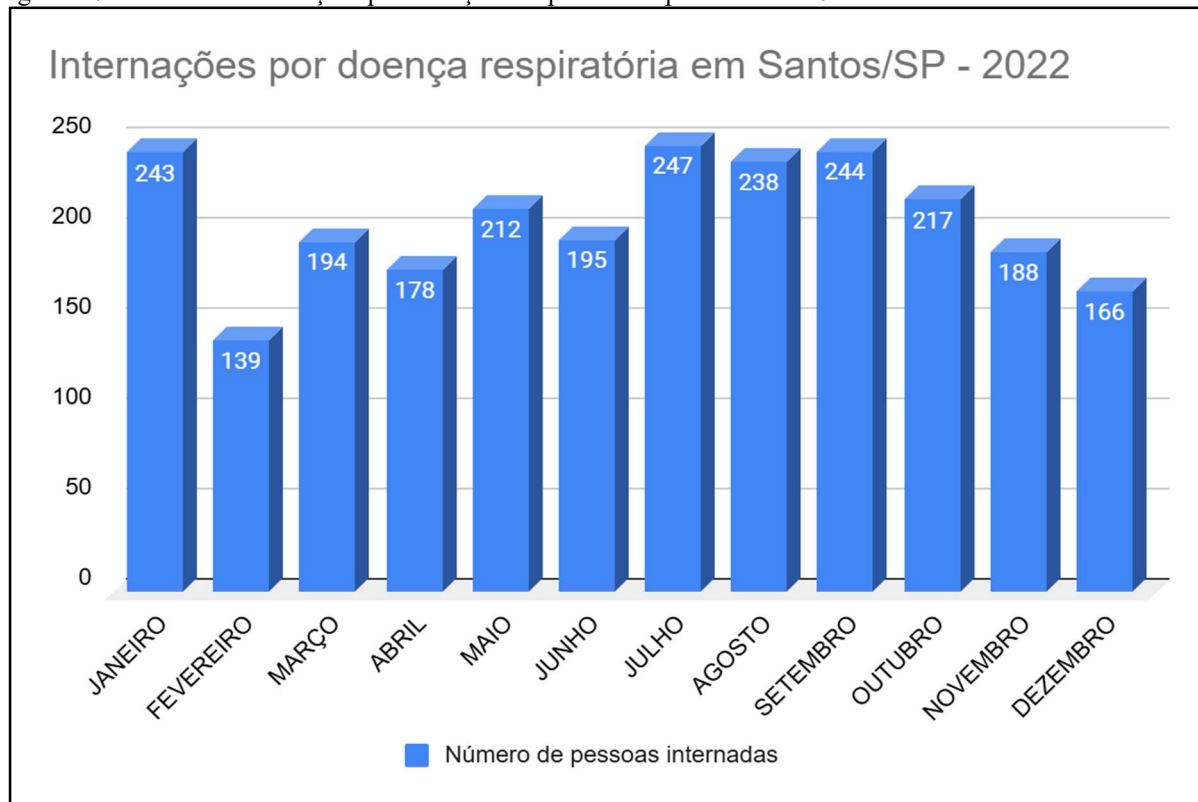


Tabela 09: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2022.

| Médias mensais aplicadas ao Ano de 2022 |                           |                          |                         |                         |                        |                                |
|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Meses/Poluente                          | MP <sub>2,5</sub> (µg/m³) | MP <sub>10</sub> (µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | Granéis Sólidos (Milhões Ton.) |
| Jan                                     | 11                        | 22                       | 2,5                     | 25                      | 25                     | 4,2                            |
| Fev                                     | 11                        | 19                       | 2,75                    | 26                      | 21                     | 6,9                            |
| Mar                                     | 11,5                      | 22                       | 2,15                    | 26,5                    | 25                     | 8,4                            |
| Abr                                     | 10,5                      | 22,5                     | 1,8                     | 26                      | 22                     | 7,2                            |
| Mai                                     | 13,5                      | 28                       | 2,5                     | 34                      | 22                     | 7,5                            |
| Jun                                     | 12                        | 25                       | 2                       | 34                      | 19                     | 7,6                            |
| Jul                                     | 17                        | 36,5                     | 2,8                     | 41                      | 27                     | 7,9                            |
| Ago                                     | 11,5                      | 27                       | 3,25                    | 37,5                    | 32,5                   | 7,4                            |
| Set                                     | 12                        | 27,5                     | 1,75                    | 35                      | 29                     | 6,3                            |
| Out                                     | 9,5                       | 22                       | 1,8                     | 27                      | 37,5                   | 7,1                            |
| Nov                                     | 8,5                       | 18,5                     | 3,25                    | 24                      | 32,5                   | 6,1                            |
| Dez                                     | 10                        | 19                       | 2,2                     | 22,5                    | 29                     | 5,9                            |

Figura 18: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2022.

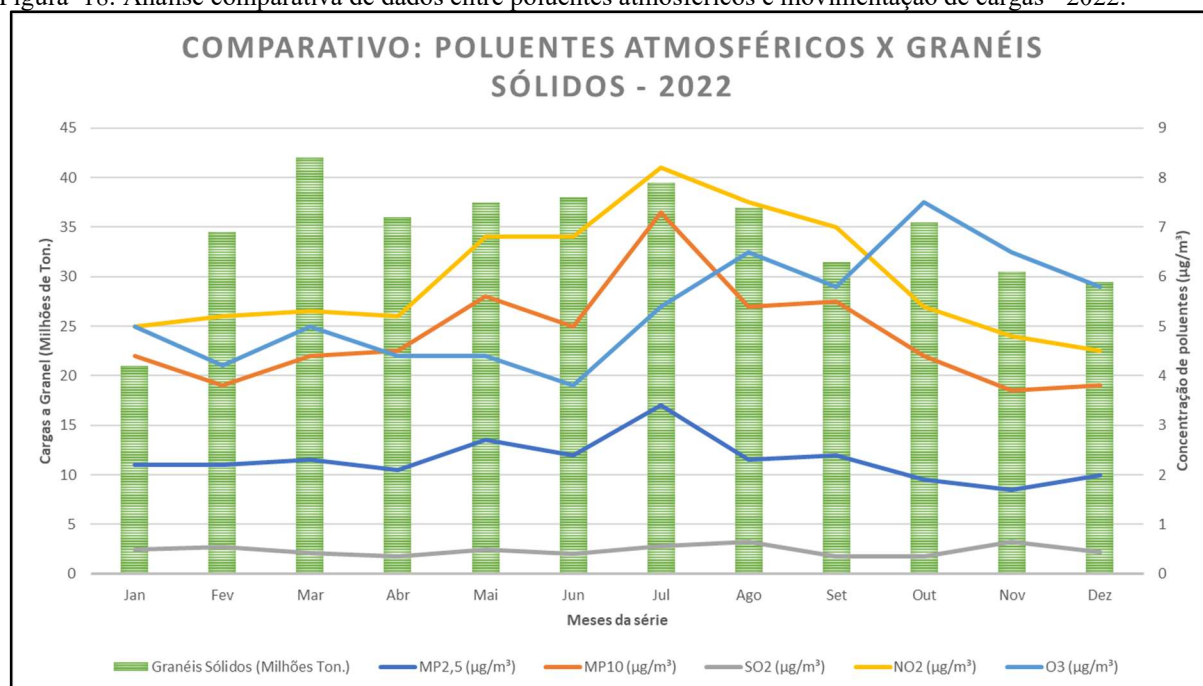


Figura 19: Gráfico de internações por doenças no aparelho respiratório em 2023 - Santos/SP.

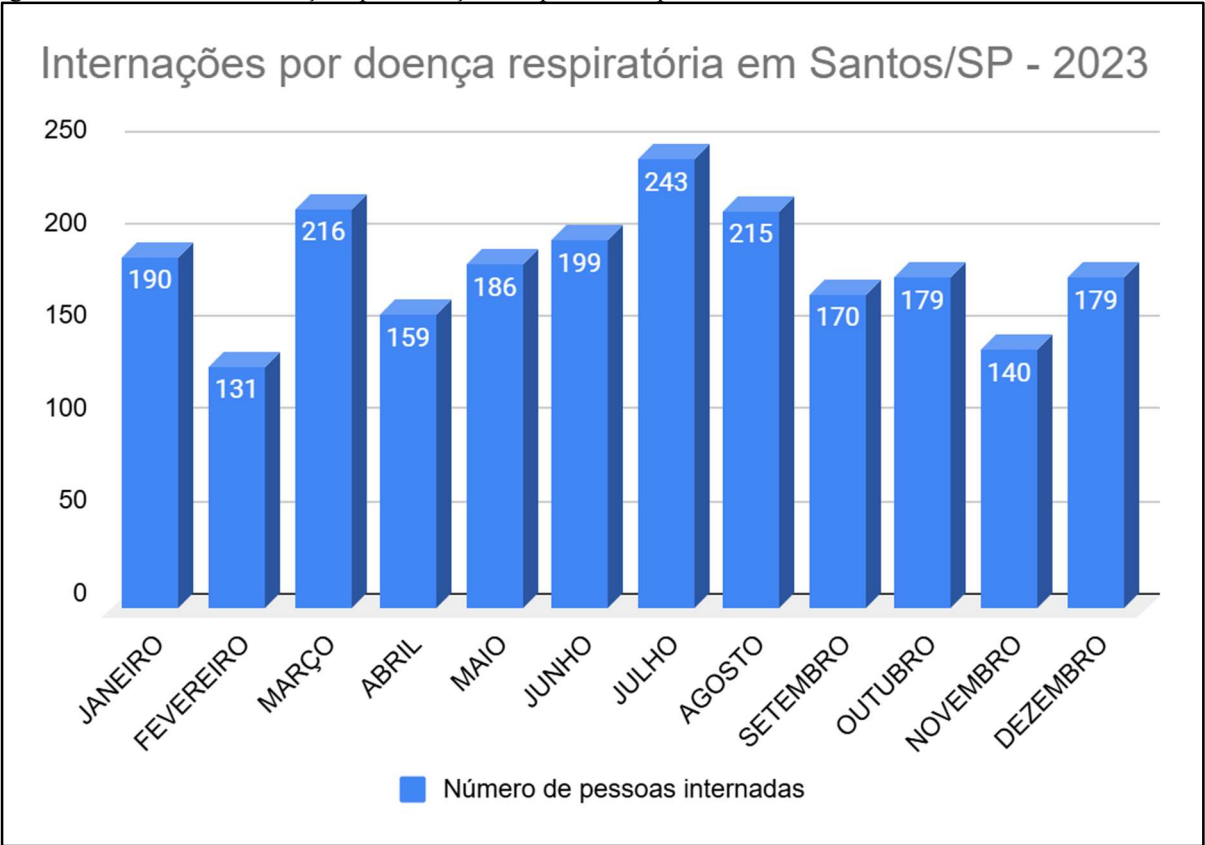
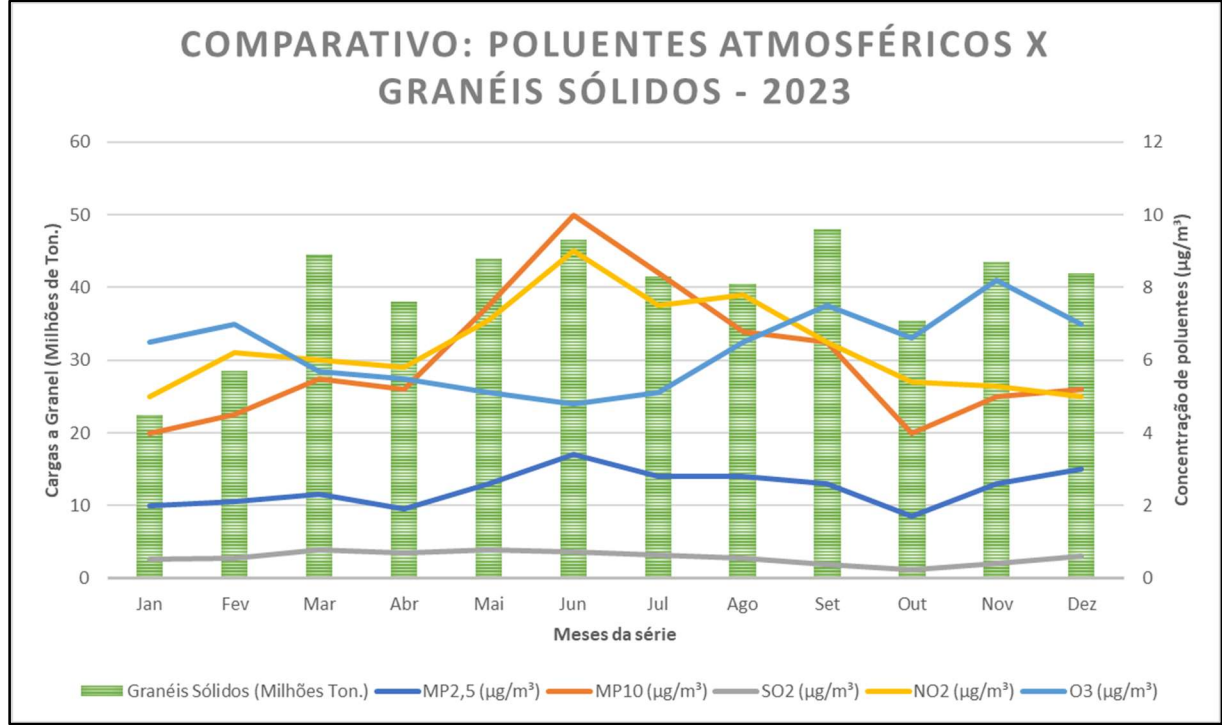


Tabela 10: Tabela de médias mensais dos dados analisados para 2023.

| Médias mensais aplicadas ao Ano de 2023 |                           |                          |                         |                         |                        |                                |
|---|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|
| Meses/Poluente                          | MP <sub>2,5</sub> (µg/m³) | MP <sub>10</sub> (µg/m³) | SO <sub>2</sub> (µg/m³) | NO <sub>2</sub> (µg/m³) | O <sub>3</sub> (µg/m³) | Granéis Sólidos (Milhões Ton.) |
| Jan                                     | 10                        | 20                       | 2,6                     | 25                      | 32,5                   | 4,5                            |
| Fev                                     | 10,5                      | 22,5                     | 2,7                     | 31                      | 35                     | 5,7                            |
| Mar                                     | 11,5                      | 27,5                     | 3,9                     | 30                      | 28,5                   | 8,9                            |
| Abr                                     | 9,5                       | 26                       | 3,5                     | 29                      | 27,5                   | 7,6                            |
| Mai                                     | 13                        | 37,5                     | 3,9                     | 35,5                    | 25,5                   | 8,8                            |
| Jun                                     | 17                        | 50                       | 3,6                     | 45                      | 24                     | 9,3                            |
| Jul                                     | 14                        | 42                       | 3,25                    | 37,5                    | 25,5                   | 8,3                            |
| Ago                                     | 14                        | 34                       | 2,75                    | 39                      | 32,5                   | 8,1                            |
| Set                                     | 13                        | 32,5                     | 1,9                     | 32,5                    | 37,5                   | 9,6                            |
| Out                                     | 8,5                       | 20                       | 1,2                     | 27                      | 33                     | 7,1                            |
| Nov                                     | 13                        | 25                       | 2                       | 26,5                    | 41                     | 8,7                            |
| Dez                                     | 15                        | 26                       | 3                       | 25                      | 35                     | 8,4                            |

Figura 20: Análise comparativa de dados entre poluentes atmosféricos e movimentação de cargas - 2023.



## **11. ANEXO 02: Cartilha de Apoio à Gestão**

---

# 2025

## **ANÁLISE DE DADOS ABERTOS VOLTADOS A HIDROCARBONETOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA REGIÃO PORTUÁRIA DE SANTOS/SP**

**UMA CARTILHA DE APOIO À GESTÃO, POR UM FUTURO COMUM**



**UNIMES - Universidade Metropolitana de Santos**



**Autores: Nycolas Gomes, Fábio Tatsubo, Elaine Marcílio,  
Gustavo Mendes e Rafael Campos**

**ISBN nº 978-65-87266-07-7**

# SUMÁRIO

- 01**      INTRODUÇÃO
- 02**      O PORTO DE SANTOS
- 03**      POLUENTES ATMOSFÉRICOS
- 04**      SUSTENTABILIDADE (ODS)
- 05.**     CENÁRIO ATUAL
- 06.**     APOIO À GESTÃO
- 07.**     CONCLUSÃO



A poluição atmosférica contribui significativamente para uma série de problemas de saúde podendo afetar a função pulmonar, além de aumentar o risco de infecções respiratórias e câncer de pulmão.

Pessoas que vivem em áreas com um grande volume de tráfego correm risco elevado de problemas de saúde relacionados à poluição atmosférica. (REDLICH; JAMES; LINDE, 2023)

Cenários de poluição atmosférica podem ser agravados em cidades portuárias, devido as atividades de movimentação de granéis sólidos, áreas industriais e tráfego de caminhões.





# INTRODUÇÃO

Monitorar e proteger as pessoas enquanto se protege o meio ambiente é um dever de todos os gestores e gestoras dos stakeholders das regiões portuárias, e, em qualquer aspecto, a sustentabilidade é uma das maiores aliadas num processo de tomada de decisão responsável.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) , também conhecidos como Objetivos Globais, são um conjunto de 17 objetivos integrados e inter-relacionados para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que a humanidade possa desfrutar de paz e de prosperidade até 2030.

Essa cartilha traz uma visão sobre saúde respiratória - movimentações de carga - poluição atmosférica objetivando dar visibilidade ao tema e sugerir boas práticas que auxiliem na prevenção e mitigação de possíveis danos à saúde da população local.



# O PORTO DE SANTOS



Emissões de MP10 e MP2,5 (material particulado inalável e fino) são associados a movimentação de cargas a granel.

O Porto de Santos vem batendo recordes de movimentação de carga de forma recorrente, - atingindo números históricos em Janeiro de 2025 após recorde de movimentação histórica no ano de 2024.

Isso também se aplica para graneis sólidos - tendo movimentado em Janeiro de 2025, 90,7 milhões de toneladas. Esse tipo de carga contribui, diretamente, para a poluição atmosférica local, devido aos processos de manipulação e movimentação de caminhões/navios que chegam a nossa região.



# POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Os principais componentes da poluição atmosférica são (CETESB):

- Dióxido de nitrogênio NO<sub>2</sub> - (decorrente da combustão de combustíveis fósseis)
- Ozônio O<sub>3</sub> - (devido ao efeito da luz solar sobre o dióxido de nitrogênio e hidrocarbonetos)
- Monóxido de carbono CO
- Poluição atmosférica particulada MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> - (partículas sólidas ou líquidas suspensas)
- Óxidos de enxofre SO<sub>2</sub>

Acompanhar as concentrações desses poluentes é fundamental para entender a qualidade do ar nas regiões portuárias e entender possíveis medidas a serem aplicadas:

| Qualidade       | Índice    | MP <sub>10</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>24h | MP <sub>2,5</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>24h | O <sub>3</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>8h | CO<br>(ppm)<br>8h | NO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>1h | SO <sub>2</sub><br>(µg/m <sup>3</sup> )<br>24h |
|-----------------|-----------|---|--|--|-------------------|---|--|
| N1 – Boa        | 0 – 40    | 0 – 50  | 0 – 25   | 0 – 100                                      | 0 – 9             | 0 – 200                                       | 0 – 20   |
| N2 – Moderada   | 41 – 80   | >50 – 100                                       | >25 – 50   | >100 – 130                                   | >9 – 11           | >200 – 240                                    | >20 – 40                                       |
| N3 – Ruim       | 81 – 120  | >100 – 150                                      | >50 – 75   | >130 – 160                                   | >11 – 13          | >240 – 320                                    | >40 – 365                                      |
| N4 – Muito Ruim | 121 – 200 | >150 – 250                                      | >75 – 125  | >160 – 200                                   | >13 – 15          | >320 – 1130                                   | >365 – 800                                     |
| N5 – Péssima    | >200      | >250  | >125   | >200   | >15               | >1130   | >800   |







# OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

Estudos mostram que organizações mais aderentes a agenda da sustentabilidade possuem um resultado 2x melhor que outras menos aderentes, refletindo, também, em capacidade de investimento e aprimoramento de estruturas e atividades. (Delloite, 2023)



## Saúde e Bem-Estar

Esse ODS está intrinsecamente relacionado a saúde - meio ambiente, sendo um norteador de ações e compromissos por parte de líderes no ambiente portuário.



## Educação de Qualidade

Quanto mais acesso à informação as pessoas possuírem, maior será a capacidade em solucionar situações complexas em ambientes portuários.



## Comunidades Sustentáveis

Quanto mais controladas forem nossas operações, menos riscos serão tomados e mais desenvolvimento para toda a comunidade será alcançado, respeitando limites sociais e ambientais.



## Parcerias e Implementação

Como dito anteriormente, estar em consonância com os diversos atores do cenário portuário garante participação e compromisso para uma melhoria de qualidade em todos os aspectos relacionados as operações e interfaces.



# QUAL O CENÁRIO ATUAL

Estudo desenvolvido pela UNIMES (analisando dados entre 2015 e 2023) ao longo de 2024, buscou avaliar se existe uma correlação aplicável entre:



Movimentação de  
Granéis Sólidos ao  
Porto de Santos  
(Anuário Estatístico)



Qualidade do Ar -  
Estação Santos  
Ponta da Praia  
(CETESB)



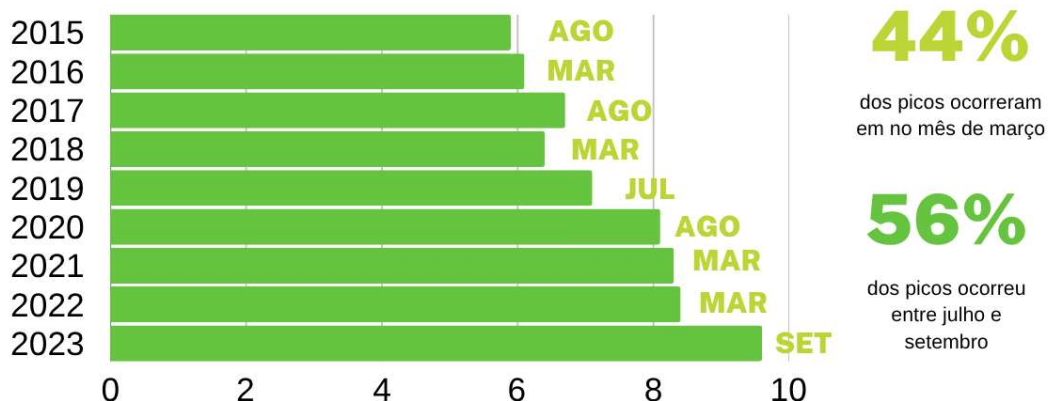
Internações e Óbitos  
por doenças  
respiratórias em  
Santos (DATASUS)



# POEIRA, GRÃOS E COMBUSTÍVEL

## Meses de pico de movimentação

Milhões de toneladas de granéis sólidos pelo Porto de Santos



O que significa picos de movimentação nos meses supracitados?

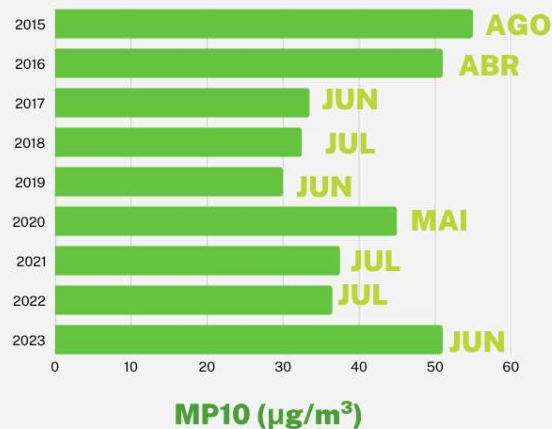
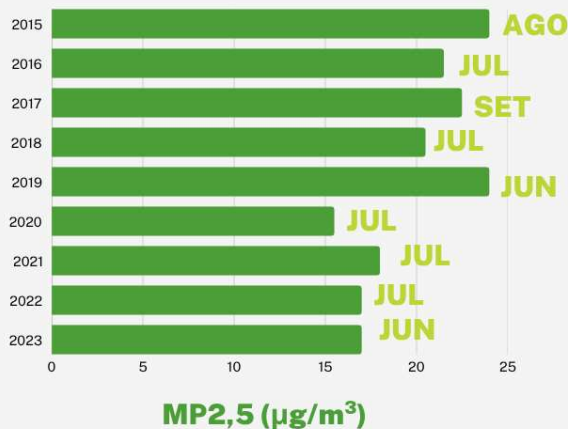
- O modal rodoviário é o principal meio de movimentação de granéis sólidos do Porto de Santos;
- Soja em grãos, Açúcar, Milho são os principais produtos a granel movimentados no porto;
- Crescimento de movimentação granéis sólidos é consistente ao longo de toda série temporal analisada no projeto;
- A maior média de movimentação de granéis sólidos ocorre entre o período de Março e Setembro durante toda série analisada;
- Mesmo em período de pandemia global do COVID o crescimento no volume de granéis sólidos movimentados manteve crescimento

100%

Dos picos médios de concentração de poluentes atmosféricos estão entre os meses de maior movimentação de granéis sólidos



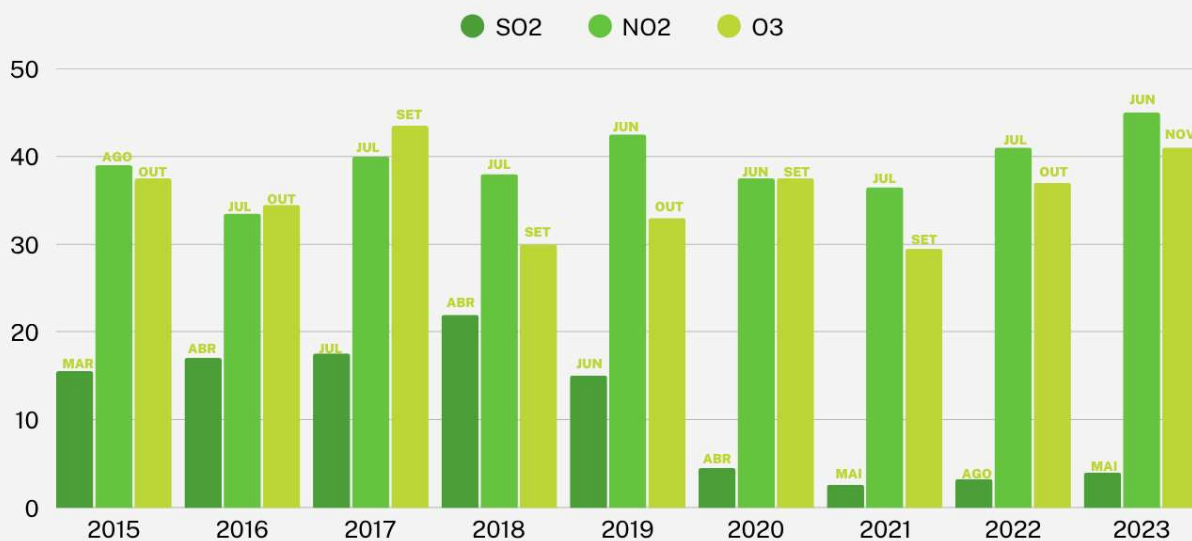
# O AR QUE RESPIRAMOS



**72%** Picos médios de emissão MP2,5 e MP10 ocorrem em Jun/Jul

**56%** Dos anos analisados apresentam associação entre emissão de MP2,5 e MP10

DADOS ESTAÇÃO SANTOS - PONTA DA PRAIA CETESB



**90%** Picos médios de emissão de O3 ocorrem em Set/Out (período de interesse da soja)

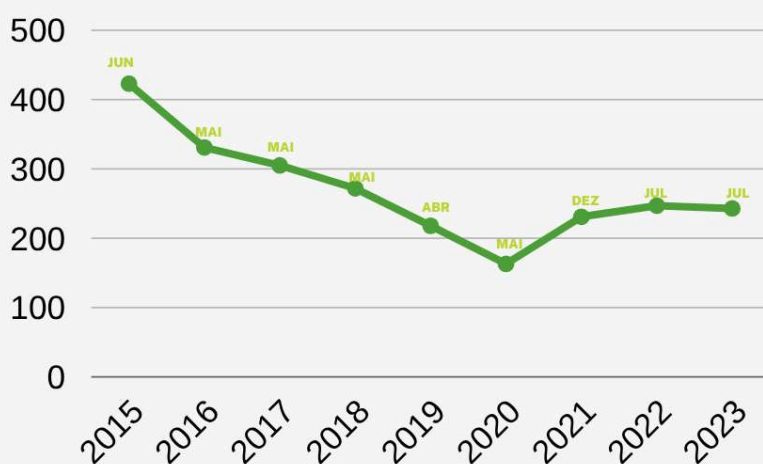
**66%** Dos picos médios de emissão de NO2 e SO2 ocorrem entre Jun/Jul (período de interesse do açúcar e milho)





# SÁUDE RESPIRATÓRIA LOCAL

## Picos de Internações por doenças respiratórias Cap. CID10

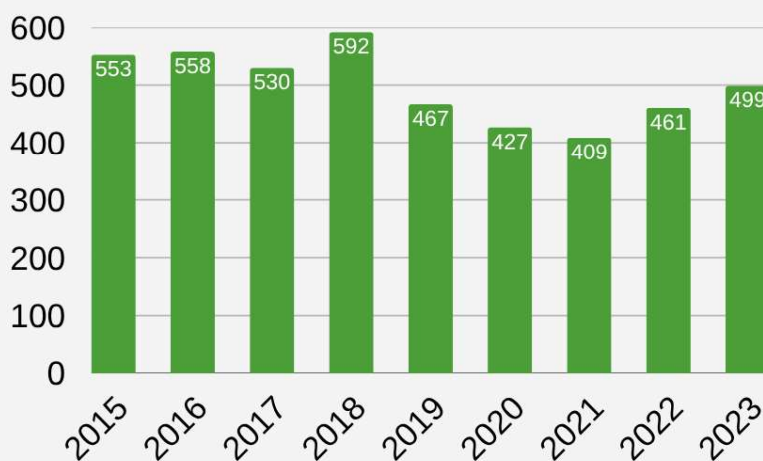


**78%**

das internações ocorrem em meses relacionados aos grandes períodos de movimentação de granéis

Fonte: DATASUS

## Óbitos totais por doenças respiratórias Cap. CID10



**21%**

média de óbitos dos internados por doenças respiratórias no município ao longo da série temporal

Fonte: Boletim Epidemiológico de Santos



**44%**

Das internações ocorrem em Maio, um dos meses de maior movimentação de soja







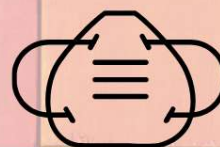
# APOIO À GESTÃO

**E daqui pra frente? Ser mais sustentável e compartilhar responsabilidade com todas as partes pode ser um bom caminho.**



## **01 Fornecedores**

Regulações mais rígidas em relação aos fornecedores: A correta manipulação dos grãos dentro da área portuária podem trazer efetividade a proteção das pessoas.



## **02 Períodos de Ação**

Durante os principais períodos de movimentação de grãos sólidos, recomenda-se intensificar campanhas e fiscalização de procedimento de proteção dos trabalhadores.



## **03 Envolvimento e Pertencimento**

Envolver e compartilhar informação capaz de orientar e dar visibilidade sobre o tema, auxiliando no processo de tomada de decisão coletiva e individual.



## **04 Parcerias e Tecnologia**

Envolver universidades, pesquisas, transição energética de frotas e teste de soluções capazes de mitigar a emissão de poluentes



*Envolver a comunidade e trabalhadores nos processos de construção de soluções, enquanto se melhora estruturas de monitoramento e controle de emissões, precisam ser caminhos a serem considerados pelos usuários desta cartilha.*

## Transição Energética

Ter um plano concreto de transição energética das frotas tem potencial de reduzir emissões a curto e médio prazo.



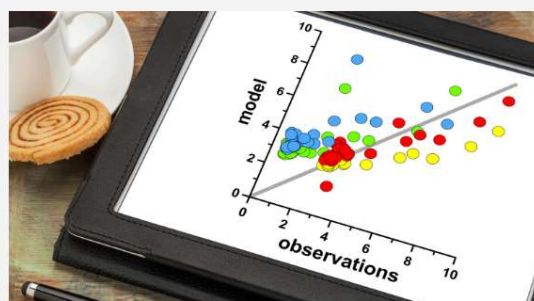
## Monitoramento

Por meio dos órgãos ambientais em parceria com empresas e demais entidades, melhorar o monitoramento das emissões.



## Correlação Existente

Mesmo que outros fatores influenciem conjuntamente, há, após análise de dados, uma correlação existente entre movimentações de graneis sólidos por caminhões, poluentes atmosféricos e problemas na saúde respiratória.



# AGRADECIMENTOS

*Prof.Dr Rafael Campos- Coordenador do Projeto, Docente da Universidade Metropolitana de Santos- Unimes*

*Prof Dra. Elaine Marcílio Santos- Docente e Pró-reitora Acadêmica da Universidade Metropolitana de Santos*

*Prof Dr. Gustavo Mendes- Docente da Universidade Metropolitana de Santos- UNIMES, Coordenador do Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente*

*Fábio Tatsubo - Chefe do Departamento dos Objetivos Sustentáveis da Prefeitura de Municipal de Santos*

*Nycolas Gomes- Engenheiro Ambiental, Mestrando pelo Programa de Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente na Universidade Metropolitana de Santos- UNIMES*



**RECONHECIMENTOS**

## Contato

Nycolas Gomes  
13997717081  
nycolasgomes@gmail.com

Rafael Campos  
19976006130  
rafael.mcampos@hotmail

***Agradecemos seu apoio contínuo aos nossos esforços para contribuirmos com os ODS.***



SAÚDE RESPIRATÓRIA EM PORTOS E SUSTENTABILIDADE

