



GERSON BAUER

**A POLUIÇÃO DO AR GERADA PELOS NAVIOS E A
OCORRÊNCIA DE EVENTOS DE SAÚDE RELACIONADOS A
DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE SANTOS**

SANTOS

2023

GERSON BAUER

**A POLUIÇÃO DO AR GERADA PELOS NAVIOS E A OCORRÊNCIA
DE EVENTOS DE SAÚDE RELACIONADOS A DOENÇAS
RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE SANTOS**

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

ORIENTADORA: PROFA. DRA. PAULA ANDREA DE SANTIS BASTOS

COORIENTADORA: PROFA. DRA. ELIZABETH BARBOSA DE OLIVEIRA SALES

SANTOS

2023

FICHA CATALOGRÁFICA - BIBLIOTECA DA UNIMES

Bibliotecária: Vanessa Laurentina Maia – CRB-71/97

B344p BAUER, Gerson

A poluição do ar gerada pelos navios e a ocorrência de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias no município de Santos. / Gerson Bauer. – Santos, 2023.
124 f.

Orientadora : Paula Andrea de Santis Bastos
Coorientadora: Elizabeth Barbosa de Oliveira Sales
Dissertação (Mestrado Profissional), Universidade Metropolitana de Santos, Programa de Stricto Sensu de Saúde e Meio Ambiente, 2023.

1. Porto de Santos. 2. Qualidade do ar. 3. Gases e partículas inaláveis. 4. Doenças do aparelho respiratório. 5. Saúde pública
I. A poluição do ar gerada pelos navios e a ocorrência de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias no município de Santos

CDD:616.2

Título em inglês: Air pollution generated by ships and the occurrence of respiratory diseases in the city of Santos

Keywords:

- Port of Santos
- Air quality
- Inhalable particles and gases
- Diseases of the respiratory system
- Public health

Titulação: Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente

Banca examinadora: Profa. Dra. Paula Andrea de Santis Bastos

Profa. Dra. Miriam Boim

Prof. Dr. Vinicius Roveri

Data da defesa: 22/08/2023



Universidade Metropolitana de Santos
Mantida pelo Centro de Estudos Unificados Bandeirante

FUNDADORA

Profa. Rosinha Garcia de Siqueira Viegas

MANTENEDOR

Prof. Rubens Flávio de Siqueira Viegas

REITORIA

Profa. Renata Garcia de Siqueira Viegas

Reitora

Profa. 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 “A POLUIÇÃO DO AR GERADA PELOS NAVIOS E A OCORRÊNCIA DE EVENTOS DE SAÚDE RELACIONADOS A DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE SANTOS”, do discente GERSON BAUER, orientado pela Profa. Dra. PAULA ANDREA DE SANTIS BASTOS, foi realizada na data abaixo informada no anfiteatro do Programa 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 deliberaram e emitiram parecer abaixo.

Banca examinadora:	Resultado:	Assinatura
Profa. Dra. Paula Andrea de Santis Bastos	<input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	
Profa. Dra. Miriam Boim	<input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	
Prof. Dr. Vinicius Roveri	<input type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	

Homologação do resultado pelo presidente da banca examinadora:

Aprovado Reprovado

Profa. Dra. PAULA ANDREA DE SANTIS BASTOS

Presidente da banca examinadora

Data da defesa: 22/08/2023

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:

A POLUIÇÃO DO AR GERADA PELOS NAVIOS E A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE SANTOS

Linha de Pesquisa: Vigilância epidemiológica, sanitária e doenças em cidades litorâneas com atividade portuária e petroquímica.

Projeto de Pesquisa da Orientadora: Profa. Dra. Paula Andrea de Santis Bastos

Produto(s) gerado(s): (1) Procedimento Operacional Padrão – POP - QUANTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS NO PORTO DE SANTOS, SP. Ricardo H. de Ponte Ramires, Gerson Bauer, Edgar Maquigussa, Paula A. S. Bastos, Elizabeth B. Oliveira-Sales; (2). Capítulo publicado no livro digital “Saúde e Meio Ambiente em Regiões Portuárias” - 2021, intitulado “Método de quantificação e categorização da poluição do ar por navios no Porto de Santos, SP”. Ricardo H. de Ponte Ramires, Gerson Bauer, Edgar Maquigussa, Paula A. S. Bastos, Elizabeth B. Oliveira-Sales; (3) Artigo científico a ser apresentado para a Revista Saúde e Meio Ambiente. QUANTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS NO PORTO DE SANTOS, SP. Ricardo H. de Ponte Ramires, Gerson Bauer, Edgar Maquigussa, Paula A. S. Bastos, Elizabeth B. Oliveira-Sales; (4) Artigo científico a ser elaborado a partir desta dissertação, com título A POLUIÇÃO DO AR GERADA PELOS NAVIOS E A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE SANTOS; (5) Relatório com os dados obtidos a ser apresentado para o setor do porto responsável pela poluição, CETESB e Secretaria da Saúde de Santos.

Classificação do Produto

Critério	Justificar
Inserção social e econômico:	Alta inserção social, econômica e sanitária
Impacto – realizado:	Regional
Impacto – potencial:	Nacional
Aplicabilidade - Abrangência realizada:	Municipal
Aplicabilidade - Abrangência potencial:	Nacional
Aplicabilidade – Replicabilidade:	Altamente replicável
Inovação:	Caráter inovador restrito
Complexidade:	Média complexidade

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

TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Arlete e Bozidar Bauer

Ao meu filho Alan Bauer

A minha querida irmã Liliane Bauer Feldman

Aos meus familiares e à Beatriz

AGRADECIMENTOS

À minha família, amigos, professores e toda a equipe pessoal da UNIMES, em especial à Magda Aparecida Cadinelli e à Rominy Stefani, pelo apoio e paciência.

À minha orientadora Profa. Dra. Paula Andrea de Santis Bastos e à minha coorientadora Profa. Dra. Elizabeth Barbosa de Oliveira Sales pela paciência e pelos ensinamentos dirigidos a mim.

Ao colega Ricardo Ramires, pela parceria nos dados dos navios e à Juliana Perry, pela ajuda nas análises estatísticas.

À Universidade Metropolitana de Santos por propiciar a realização deste trabalho.

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	8
DEDICATÓRIA	9
AGRADECIMENTOS.....	10
SUMÁRIO	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE QUADROS.....	15
LISTA DE TABELAS	16
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS.....	17
RESUMO	20
ABSTRACT.....	21
1. INTRODUÇÃO	22
2. REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1. O Porto de Santos.....	25
2.2. A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar	28
2.3. Emissão de poluentes por navios e caracterização do transporte marítimo	29
2.4. Combustíveis marítimos.....	35
2.4.1. Definição e composição	35
2.4.2. Tipos de combustíveis marítimos e principais aplicações.....	36
2.5. Movimentação de cargas no Porto de Santos	39
2.6. Diretrizes sobre a qualidade do ar federais e estaduais	41
2.7. Padrões de qualidade do ar (PQAr) e classificações	42

2.7.1. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar.....	42
2.8. Efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana.....	48
2.8.1. Eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias causados pela emissão de poluentes por navios.....	53
3. OBJETIVOS	55
4. METODOLOGIA	56
4.1. Emissões de poluentes pelos navios no Porto de Santos.....	56
4.2. Emissões de poluentes mensurados pela CETESB	58
4.3. Eventos respiratórios registrados no município de Santos.....	58
4.4. Análise estatística.....	59
5. RESULTADOS.....	61
6. DISCUSSÃO.....	77
7. CONCLUSÕES.....	83
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
9. ANEXOS.....	91
ANEXO 1 – PRODUTO TÉCNICO: BANNERS	92
ANEXO 2 – PRODUTO TÉCNICO: PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO	94
ANEXO 3 - PRODUTO TÉCNICO: CAPÍTULO DE LIVRO DIGITAL.....	100
ANEXO 4 - RELATÓRIO DE PESQUISA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: A POLUIÇÃO DO AR GERADA PELOS NAVIOS E A OCORRÊNCIA DE EVENTOS DE SAÚDE RELACIONADOS A DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE SANTOS	125
ANEXO 5 - PRODUTO TÉCNICO: ESTAÇÃO DE ANÁLISE DE QUALIDADE DO AR DA CETESB A SER IMPLANTADA NO PORTO DE SANTOS E QUE IRÁ AFERIR POLUENTES EMITIDOS PELOS NAVIOS: FASE DE DISCUSSÃO TÉCNICA E ENTENDIMENTO COM A CETESB	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Poligonal do Porto de Santos (SP).....	26
Figura 2 – Representação da ocupação atual de áreas do complexo portuário (Poligonal) por tipo de carga.....	27
Figura 3 – O Porto de Santos e sua proximidade com a vida urbana, praias, população e o turismo local.....	28
Figura 4 – Exemplos de navios com fontes de energia alternativa. (A) Navio de carga multiuso <i>Energy Observer</i> movido a energia renovável/hidrogênio líquido; (B) Navio híbrido <i>Yara Birkeland</i> , <i>Yara International ASA</i>	39
Figura 5 – Estações da CETESB para aferição da qualidade do ar.....	48
Figura 6 – Localização das estações da CETESB em relação à área urbana de Santos e ao Porto.....	48
Figura 7 – Arqueação bruta e arqueação líquida.....	56
Figura 8 – Área de fundeadoiro do Porto de Santos de acordo com sua destinação.....	57
Figura 9 – Captura da tela do Tabnet utilizada para o levantamento de eventos de saúde.....	59
Figura 10 – Emissão acumulada mensal dos poluentes (A) NO _x ; (B) SO _x , CO, COV e MP; e (C) CO ₂ calculados a partir do TRL nos períodos de janeiro de 2021 a fevereiro de 2022.....	62
Figura 11 – Número de atracações registradas no Porto de Santos no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022 por tipo de navio de acordo com a carga transportada.....	63
Figura 12 – Emissão acumulada de NO _x pelos navios do Porto de Santos no período de janeiro de 2021 a fevereiro de 2022 de acordo com o tipo de carga.....	64
Figura 13 – Valores médios mensais (µg/m ³) dos poluentes monitorados pela Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.....	66
Figura 14 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NO _x dos segmentos de granel sólido e valores mensais (µg/m ³) dos poluentes monitorados na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia”.....	67
Figura 15 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NO _x dos segmentos acumulados, e valores mensais (µg/m ³) dos poluentes monitorados na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia”.....	67
Figura 16 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NO _x do segmento de carga geral, e número de atracações mensais de carga geral no Porto de Santos.....	68
Figura 17 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NO _x do segmento de granel sólido, e número de atracações mensais de granel sólido no Porto de Santos.....	68
Figura 18 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NO _x do segmento de granel líquido, e número de atracações mensais de granel líquido no Porto de Santos.....	69
Figura 19 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NO _x dos segmentos acumulados, e número total de atracações mensais no Porto de Santos.....	69
Figura 20 – Evolução do número de eventos de saúde registrados no SUS para doenças do aparelho respiratório (Cap. X do CID-10) no município de Santos (SP) no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.....	71
Figura 21 – Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO _x (µg/m ³) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares de (A) bronquite aguda e bronquiolite aguda e (B) bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas segundo classificação do CID-10 para doenças do aparelho respiratório na cidade de Santos.....	73
Figura 22 – Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO (µg/m ³) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares de bronquite aguda e bronquiolite aguda segundo classificação do CID-10 na cidade de Santos.....	74
Figura 23 – Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO ₂ (µg/m ³) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares de (A) doenças do	

aparelho respiratório, (B) pneumonia e (C) bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas segundo classificação do CID-10 na cidade de Santos.	75
Figura 24 - Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO ₂ (µg/m ³) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares na faixa etária de <1 a 19 anos.	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Qualidade do ar e efeitos à saúde considerando a nova classificação da Estrutura do Índice de Qualidade do Ar	47
Quadro 2 – Possíveis efeitos da poluição do ar para a saúde pública segundo a OMS	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões nacionais de qualidade do ar segundo Resolução do CONAMA nº 491/2018.....	43
Tabela 2 – Padrões estaduais de qualidade do ar segundo o Decreto Estadual nº 59113/2013 do estado de São Paulo.....	45
Tabela 3 –Estrutura do Índice de Qualidade do Ar da CETESB elaborada em conformidade com o Decreto Estadual nº 59.113/2013 do Estado de São Paulo	46
Tabela 4 – Consumo na potência máxima (t/dia) em função da arqueação bruta	57
Tabela 5 – Valores das médias mensais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos poluentes monitorados na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.....	65
Tabela 6 – Número de eventos de saúde registrados no SUS para doenças do aparelho respiratório (Cap. X do CID-10) no município de Santos (SP) no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.	70
Tabela 7 – Número de eventos de saúde registrados no SUS por faixa etária para doenças do aparelho respiratório (Cap. X do CID-10) no município de Santos (SP) no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.	71

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

AAPA	– Associação Americana de Autoridades Portuárias
AB	– Arqueação bruta
AIH	– Autorização de internação hospitalar
ANP	– Agência Nacional de Petróleo
Antaq	– Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ATS	– <i>American Thoracic Society</i>
C	– Consumo
CDS	– Companhia Docas de Santos
CETESB	– Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CID-10	– Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde, versão 10 (CID-10)
CNDM	– Convenção das Nações Unidas e Direito do Mar
CO	– Monóxido de carbono
CO₂	– Dióxido de carbono (também conhecido como gás carbônico)
CODESP	– Companhia das Docas do Estado de São Paulo
CONAB	– Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	– Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	– Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONVENMAR	– <i>Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar</i>
COV	– Compostos orgânicos voláteis
CVF	– Capacidade vital
DATASUS	– Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DPOC	– Doença pulmonar obstrutiva crônica
ECAs	– Áreas de controle de emissões (<i>emission control areas</i>)
gCO₂/t/m	– Quantidade de CO ₂ emitida (em gramas) por tonelada de mercadorias transportadas ao longo de uma milha náutica
GEE	– Gás de efeito estufa
GNL	– Gás natural liquefeito
GRT	– Tonelagem de arqueação bruta (<i>gross register tons</i>)
Hb	– Hemoglobina
HC	– Hidrocarboneto

IIASA	– <i>International Institute for Applied Systems Analysis</i>
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICCT	– <i>The International Council on Clean Transportation</i>
IDA	– Índice de Desempenho Ambiental
IQAr	– Índice de Qualidade do Ar
M	– Fator de maquinário (<i>machinery factor</i>)
MAA	– Média aritmética anual
MARPOL	– <i>The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships</i>
MF	– Óleo combustível marítimo (<i>marine fuel</i> , também conhecido como <i>bunker</i>)
MF 10 e MF 700	– Viscosidade cinemática MF a 50 °C
MGA	– Média geométrica anual
MGO	– Óleo diesel marítimo (<i>marine gasoil</i>)
MI	– Metas intermediárias
MP	– Material particulado
MP_{2,5}	– Partículas inaláveis de diâmetro equivalente inferior a 2,5 micrometros
MP₁₀	– Partículas inaláveis de diâmetro equivalente inferior a 10 micrometros
NRT	– Tonelagem de arqueação líquida (<i>net register tons</i>)
NO_x	– Óxidos de nitrogênio
OGMO	– Órgão Gestor da Mão de Obra
OMI	– Organização Marítima Internacional
OMS	– Organização Mundial da Saúde
PDZ	– Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto
PF	– Padrões finais
PIB	– Produto Interno Bruto
PQAr	– Padrões de Qualidade do Ar
RAINS	– <i>Regional Air Pollution Information and Simulation Model</i>
RANP	– Resolução ANP
SO₂	– Dióxido de enxofre (também conhecido como anidrido sulfuroso)

SOLAS	– <i>Safety of Life at Sea</i> ou <i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i>
SOx	– Óxidos de enxofre
SPA	– <i>Santos Port Authority</i>
SUS	– Sistema Único de Saúde
TU	– Contêiner de 20 pés
TUPs	– Terminais de uso privado
VEF1	– Volume expiratório forçado de um minuto
VLSFO	– Óleo combustível com teor de enxofre muito baixo (<i>very low sulfur fuel oil</i>)

O Porto de Santos foi o primeiro porto organizado do Brasil e está localizado no litoral de São Paulo, sendo considerado o maior do país e um dos principais do mundo. As atividades portuárias podem causar impactos socioambientais negativos a piora da qualidade do ar é uma delas. A poluição atmosférica é responsável por uma série de problemas ligados a saúde pública, gerando um aumento na morbidade e mortalidade, principalmente da população suscetível. O objetivo geral desse trabalho foi analisar a existência de uma possível relação entre os poluentes atmosféricos emitidos pelos navios no Porto de Santos (SP) e a ocorrência de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias. A emissão de poluentes do ar óxidos de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COV) e gás carbônico (CO₂), provenientes do tráfego de navios no Porto de Santos, foi calculada segundo o método do *Transport Research Laboratory* (TRL) no período de janeiro de 2021 a fevereiro de 2022. Na estação da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) “Santos – Ponta da Praia”, no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022, foi coletada a aferição mensal acumulada de partículas inaláveis de diâmetro equivalente inferior a 2,5 micrometros (MP_{2,5}) e 10 micrômetros (MP₁₀), dióxido de nitrogênio (SO₂), óxido de nitrogênio (NO), NO_x e dióxido de nitrogênio (NO₂). Adicionalmente, a ocorrência de eventos de saúde do aparelho respiratório (capítulo X da Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde, versão 10 [CID-10]) no município de Santos foi verificada por meio de uma pesquisa no banco de dados do Sistema Único de Saúde (SUS) do Estado de São Paulo no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022. Os resultados obtidos mostraram que os meses de maior de emissão de poluentes pelos navios corresponderam ao maior número de atracções, e observou-se uma correlação forte e, estatisticamente, significativa entre a emissão acumulada de NO_x e o transporte de granel sólido. A classificação do ar de acordo com os poluentes atmosféricos aferidos pela estação da CETESB foi em geral boa, mas foi encontrada uma correlação moderada entre a emissão de NO₂ e eventos de pneumonia, bronquite e DPOC, principalmente na população suscetível, até 19 anos de idade. Medidas mais eficazes para controle, monitoramento e fiscalização da emissão de poluentes atmosféricos na região do Porto de Santos são essenciais.

Palavras-chave: Porto de Santos; Qualidade do ar; Gases e partículas inaláveis; Doenças do aparelho respiratório; Saúde pública.

The Port of Santos was the first organized port in Brazil and is located on the coast of São Paulo. It is considered the largest in the country and one of the main in the world. Port activities can cause negative socio-environmental impacts, and effects on the air quality are one of them. Air pollution is responsible for several public health problems, increasing morbidity and mortality, especially in the susceptible population. The overall objective of this study was to analyze the existence of a possible relationship between air pollutants emitted by ships in the Port of Santos (SP) and the occurrence of health events related to respiratory diseases. The emission of air pollutants sulfur oxides (SO_x), nitrogen oxides (NO_x), carbon monoxide (CO), volatile organic compounds (VOC), and carbon dioxide (CO₂) that is generated by the ship traffic in the Port of Santos was calculated according to the Transport Research Laboratory (TRL) method from January 2021 to February 2022. At the station "Santos – Ponta da Praia" (*Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, CETESB*), from January 2021 to December 2022, the accumulated monthly measurement of inhalable particles with an equivalent diameter of less than 2.5 micrometers (MP_{2.5}) and 10 micrometers (MP₁₀), nitrogen dioxide (SO₂), nitrogen oxide (NO), NO_x and nitrogen dioxide (NO₂) was collected. In addition, the occurrence of health events in the respiratory system (chapter X of the International Classification of Diseases and Related Health Problems, version 10 [ICD-10]) in the city of Santos was verified through a search in the database of the Unified Health System (SUS) of the State of São Paulo from January 2021 to December 2022. The results showed that the months with the highest emission of pollutants by ships correspond to the highest number of berths, and a strong and statistically significant correlation was observed between the accumulated emission of NO_x and the transport of solid bulk. The air classification according to the air pollutants measured by the CETESB station was generally good. However, a moderate correlation was found between the emission of NO₂ and events of pneumonia, bronchitis, and COPD, especially in the susceptible population up to 19 years of age. More effective measures to control, monitor and inspect the emission of air pollutants in the Port of Santos region are essential.

Keywords: Port of Santos; Air quality; Inhalable particles and gases; Diseases of the respiratory system; Public health

1. INTRODUÇÃO

O Porto de Santos, o primeiro e maior porto organizado do Brasil, localiza-se no estuário natural de Santos (SP). Sua área é constituída pelas instalações portuárias terrestres existentes na margem direita do estuário, formado pelas Ilhas de São Vicente e de Santo Amaro, desde a Ponta da Praia até a Alamoia e, na margem esquerda, desde as Ilhas de Barnabé até a embocadura do Rio Santo Amaro¹. Caracteriza-se como um conjunto de bens que tem como principal finalidade o desenvolvimento de atividade portuária permanente e contínua, subordinada ao regime de serviço público^{2,3}. O Porto de Santos é considerado um Porto Líder, sendo o 41º porto do mundo e o segundo da América Latina quanto à movimentação de contêineres segundo a Associação Americana de Autoridades Portuárias (*American Association of Portuary Authorities*, AAPA). É o porto mais movimentado da América Latina e o mais relevante do Hemisfério do Sul, sendo uma porta de entrada para a América do Sul^{2,3,4}.

As operações portuárias no estuário de Santos começaram no início do século XVI, comportando-se de maneira rudimentar até o fim do século XIX, quando houve a concessão a investidores privados (a Companhia Docas de Santos, CDS) em 1892. Em 1993, com a promulgação da Lei 8.630/1993 ("Lei dos Portos"), as operações portuárias foram transferidas para a Companhia das Docas do Estado de São Paulo (CODESP) e a capatazia para o Órgão Gestor da Mão de Obra (OGMO). A Lei 8.630/1993 foi substituída pela Lei 12.815/2013, atualmente em vigor, que dispõe sobre a exploração dos portos e instalações portuárias^{2,3,4,5}. Em 2019, a autoridade portuária assumiu o nome de *Santos Port Authority*, (SPA), sob a razão social de Autoridade Portuária de Santos, atuando 24 horas por dia durante 365 dias no ano. Atualmente subordinada ao Ministério dos Portos e Aeroportos, a SPA define a programação de atracação dos navios, navegabilidade local e fiscalização das operações^{2,4,6}.

O Porto de Santos concentra cargas de longo curso e cabotagem e atende demandas de importação e exportação. Conta com 41 arrendatários que atuam no local, divididos em granel sólido vegetal, granel líquido, celulose, carga geral, multipropósito, sucos cítricos, passageiros, fertilizantes, carga geral/base *off shore*, veículos e área de expansão⁴. Em 2021, 65,8% da movimentação de cargas foi para exportação e 34,2% para importação, ocupando o oitavo lugar em exportações no país³. Em 2022, a movimentação total das cargas em tonelagem foi de 162.446.877, com 37,7% de carga geral, 50,5% de granel sólido e 11,7% de granel líquido⁷.

Localizada no litoral paulista, a cidade de Santos tem uma população estimada de 433.991 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)/2021. Segundo o

último censo de 2010, sua população é de 419.400 habitantes, com um Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R\$ 51.829,99⁸. Santos é a principal porta de entrada e saída de mercadorias do país, movimentando cargas de todos os estados brasileiros e mais de 200 países, o que eleva sua importância econômica, social e ambiental⁴.

A responsabilidade socioambiental no Porto de Santos está expressa na instituição da SPA, sendo seu objetivo principal ser referência em sustentabilidade ambiental portuária. Apesar da evolução do Índice de Desempenho Ambiental (IDA) do Porto de Santos ser crescente nos últimos dez anos, segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq), o IDA de 2021 o coloca na sétima colocação entre os portos brasileiros, caindo três posições em relação a 2019^{7,9}.

A Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (*The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*, MARPOL) é a principal convenção internacional que abrange a prevenção da poluição do ambiente marinho por navios devido a causas operacionais ou acidentais^{3,10,11}. A MARPOL foi aprovada em 2 de novembro de 1973 na Organização Marítima Internacional (OMI), que é uma agência especializada da Organização das Nações Unidas (ONU)^{2,3}.

Devido a um grande número de acidentes com petroleiros ocorridos entre 1976 e 1977, o Protocolo MARPOL de 1978 foi criado, incorporando a Convenção-Mãe de 1973. O instrumento entrou em vigor em 2 de outubro de 1983 e apresentava como anexos a regulamentação para prevenção de poluição por óleo combustível, carga líquida nociva transportada a granel, substâncias nocivas embaladas, poluição por esgoto e lixo dos navios^{3,10}.

Em 1997, outro Protocolo foi adotado para alterar a Convenção, com a inclusão de um novo anexo (Anexo VI), que discorre sobre a prevenção da poluição atmosférica dos navios e entrou em vigor em 19 de maio de 2005. Ao longo dos anos subsequentes, a MARPOL foi atualizada com outras alterações^{3,10,11}.

O Anexo VI em questão estabeleceu limites para as emissões de óxidos de enxofre (SOx) e óxidos de nitrogênio (NOx) das chaminés dos navios e diminuiu as emissões deliberadas de substâncias que esgotam o ozônio (O₃); as áreas designadas de controle de emissões determinam padrões mais rigorosos para SOx, NOx e material particulado (MP). Um anexo ao protocolo adotado em 2011 abrange medidas obrigatórias de eficiência energética técnica e operacional destinadas a reduzir as emissões de gases de efeito estufa dos navios^{3,10}.

O tráfego de navios, assim como as atividades portuárias (carga, descarga, transporte e manejo), gera poluentes que podem afetar a qualidade do ar e de todo ecossistema do entorno. Altas concentrações de poluentes como SO_x, NO_x e MP vêm recebendo atenção mundial em virtude de seu potencial de gerar e complicar doenças do aparelho respiratório, problemas cardíacos e relacionados à hipertensão e até mesmo doenças neoplásicas e a morte prematura das populações^{12,13}.

Os efeitos das emissões marítimas, do tráfego e manejo das cargas podem atingir e contaminar praias, canais, estreitos, golfos, ecossistemas sensíveis e trabalhadores do porto, assim como a população residente do entorno, especialmente os mais sensíveis (idosos e crianças). Estudos realizados no Porto de Leixões, em Portugal, mostram cenários nos quais navios atracados respondem por 55% a 73% das concentrações totais de NO_x^{13,14}. Já fontes de emissão terrestres, tais como caminhões, ferrovias, equipamentos de manuseio de carga e material a granel armazenado, foram os principais responsáveis pelas emissões, contribuindo com aproximadamente 80% da concentração de MP¹¹.

Uma análise da relação entre poluentes do ar e doenças respiratórias realizada na Turquia revelou que os sintomas de asma em crianças estão correlacionados às concentrações de SO₂ e MP₁₀, que também está associado a quadros de doença pulmonar obstrutiva crônica na população idosa¹⁵.

Medidas simples e de baixo custo, como o uso de combustíveis mais limpos (com menor concentração de enxofre) e adequação do manejo das cargas podem, em curto prazo, diminuir estas emissões, resultando em uma possível melhora da qualidade do ar e levando, conseqüentemente, à diminuição de doenças do aparelho respiratório¹³.

Pelo exposto, há uma necessidade de coletar dados a respeito das emissões de poluentes do ar produzidos pelos navios em Santos, o número de casos diagnosticados como doença respiratória no município de Santos e investigar possíveis associações entre a poluição emitida pelos navios e esta classe de doenças.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Porto de Santos

O Porto de Santos foi regulamentado no início do século XVI, operando com sistemas deficientes até o fim do século XIX, quando houve a anuência do Porto a investidores e capitais privados. Quando, a CDS foi fundada em 1890, deteve a concessão do Porto. Em 1892 foram construídos e inaugurados os primeiros 260 metros de cais, originando o primeiro Porto organizado do Brasil².

Em 1901, a empresa Gaffrée & Guinle recebeu a concessão para a criação de uma usina hidrelétrica no Rio Itatinga, com a finalidade de fornecer energia elétrica para o Porto de Santos. Construída na Serra do Mar, a 30 km de distância do Porto, a usina foi inaugurada em 1910, abastecendo o Porto e as cidades de Santos e Guarujá. Nos dias de hoje, com o aumento das necessidades energéticas, a usina continua suprindo parte da eletricidade consumida nas operações portuárias². O Porto de Santos é o único porto do Brasil a ter autonomia de geração de energia com sua própria hidroelétrica, a Usina de Itatinga, localizada em Bertioga, que supre 80% de sua demanda^{2,16}.

O Porto de Santos evoluiu e, em 8 de novembro de 1980, foi finalizada a concessão dos serviços portuários à Companhia Docas de Santos. A administração portuária retornou para o Governo Federal, por meio da CODESP. Nessa data, a Companhia ainda mantinha o monopólio das operações portuárias no Porto Organizado^{2,3}. Ao longo do tempo, o Porto de Santos conquistou um lugar de destaque na economia do país e tornou-se o maior porto da América Latina. Em maio de 2023, o volume de cargas movimentadas atingiu cerca de 15,1 milhões de toneladas¹⁷.

Em 25 de fevereiro de 1993, como já apresentado, foi promulgada a Lei 8.630/1993 (“Lei dos Portos”), um marco regulatório do setor portuário, que transfere as operações portuárias para o setor privado e a capatazia para OGMO. A CODESP passou a exercer, então, o papel de autoridade portuária de Santos, não sendo mais responsável por toda a operação portuária; em 2019, seu nome foi alterado para *Santos Port Authority* (SPA)^{2,3}.

Em 05 de junho de 2013 foi promulgada a Lei 12.815/2013 (nova Lei dos Portos), complementada pelos Decretos 8.033/2013 e 9.048/2017. A legislação permitiu a instalação de terminais de uso privado (TUPs) e recentralizou, em Brasília, o planejamento e as licitações de arrendamentos portuários^{2,3}.

Nas últimas décadas, o Porto passou por muitas ampliações, modernizou suas instalações e incorporou novas tecnologias, criando os terminais especializados para contêineres, carga geral, granéis sólidos e líquidos². A área de um Porto Organizado pertence à União e a Portaria nº 1.366/2022, do Ministério da Infraestrutura, alterou os limites jurisdicionais do Porto Organizado de Santos, definindo a nova poligonal, que passa a apresentar uma área terrestre operacional correspondente a cerca de 8 km, contemplando os acessos terrestres, instalações, terminais arrendados e áreas de expansão do porto público. Considerando também a área molhada, composta pelo canal de navegação, berços, fundeadouro, entre outros componentes, a área aquaviária total alcança agora a 355 km (Figura 1)^{6,7,18}.

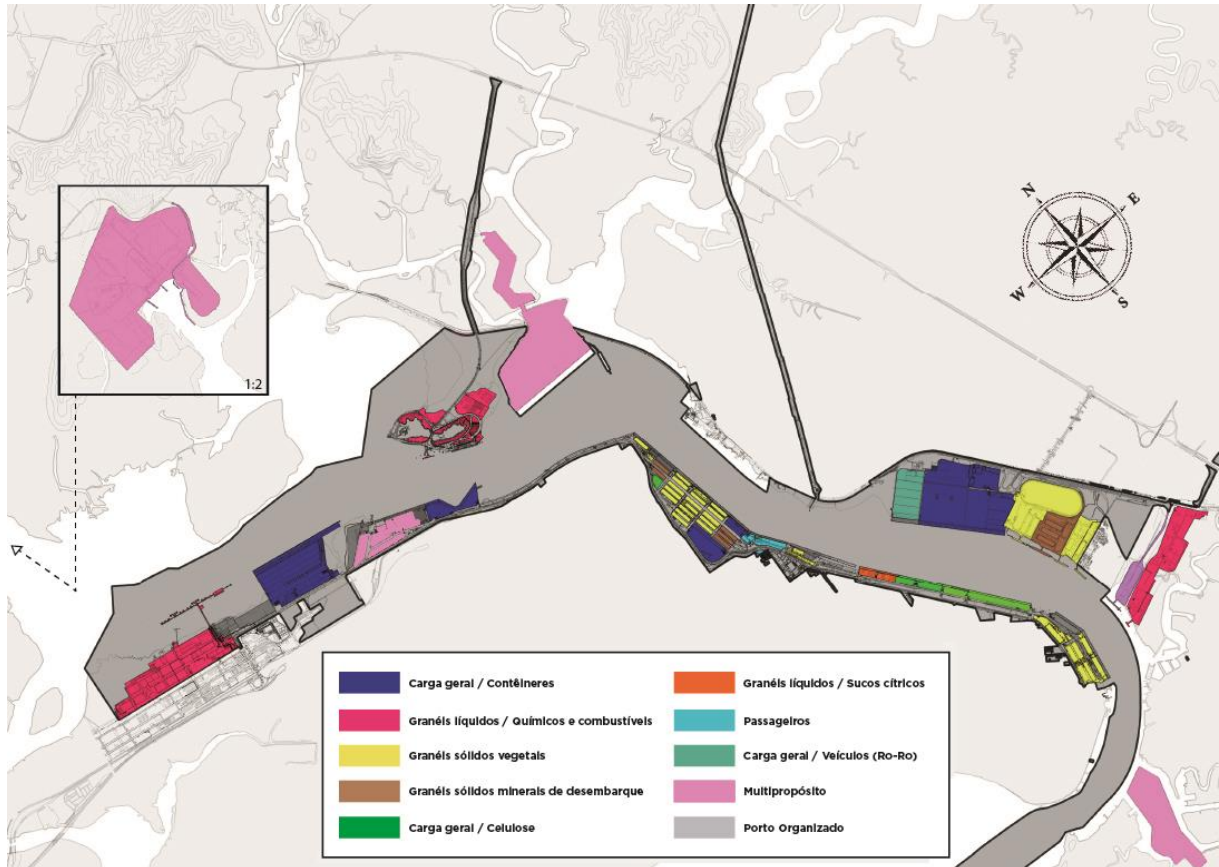


Fonte: Complexo Portuário de Santos [Internet]¹⁹.

Figura 1 – Poligonal do Porto de Santos (SP).

Sob a jurisdição da SPA, os terminais são concedidos pelo poder público às empresas privadas por meio de arrendamentos, formalizados em contratos que estabelecem prazos de ocupação e obrigatoriedade de investimentos^{2,3}. Em 2022, 29% das trocas comerciais brasileiras passaram pelo Porto de Santos, mantendo-o na liderança entre os portos nacionais em termos de valor movimentado (US\$ 174,6 bilhões)⁷. O Porto de Santos figura anualmente no ranking dos 100 maiores portos de acordo com a publicação britânica *Lloyd's List* (que leva em conta apenas a movimentação de contêineres), uma referência das indústrias de portos e navegação²⁰.

O Porto de Santos opera com ampla variedade de cargas (granéis sólidos, líquidos, carga geral solta, containerizada e cargas de projeto), com 65,8% da carga destinada à exportação e 34,2% à importação^{3,4} (Figura 2).



Fonte: Complexo Portuário de Santos [Internet]¹⁹.

Figura 2 – Representação da ocupação atual de áreas do complexo portuário (Poligonal) por tipo de carga.

O Porto de Santos apresenta muita proximidade com a população de Santos, que contempla idosos, jovens, crianças e um número muito grande de turistas de final de semana, feriados e férias⁷. A proximidade física do Porto com a população pode ser observada na Figura 3 e eleva a responsabilidade socioambiental do Complexo Portuário, sua regulamentação e fiscalização²¹.



Fonte: Complexo Portuário de Santos [Internet]¹⁹.

Figura 3 – O Porto de Santos e sua proximidade com a vida urbana, praias, população e o turismo local.

É necessário um planejamento integrado entre porto e cidade que respeite os interesses primordiais dos portos, os espaços territoriais das cidades, a população local e o meio ambiente (trinômio porto, cidade e meio ambiente). Sem um planejamento adequado, os conflitos urbanos portuários tendem a aumentar, como por exemplo a favelização e a degradação de áreas adjacentes aos portos²¹. Em 2006, foi elaborado o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto (PDZ) e, em 2020, o Ministério da Infraestrutura aprovou o novo PDZ, em vigor até 2040².

Assim como o transporte marítimo, várias atividades portuárias afetam diretamente o meio ambiente e necessitam de controle. Dentre elas, pode-se destacar a emissões atmosféricas dos navios que entram e saem do Porto de Santos^{22,23}.

2.2. A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar

Em 1948, durante a conferência das Nações Unidas em Genebra, estabeleceu-se formalmente uma regulamentação com a finalidade de melhorar a segurança no mar, denominada Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNDM). Seus objetivos envolviam mecanismos de cooperação entre governos para regulamentação do comércio e transporte marítimo internacional. Em 1958 e 1960 houve um reconhecimento geral da necessidade e conveniência de se estabelecer uma ordem jurídica para os mares e oceanos. Esta ordem, respeitando a soberania dos Estados, busca a melhor comunicação internacional para uso equitativo e eficiente dos recursos do mar. Em 1970, a CNDM declarou que os fundos marinhos e oceânicos e seu subsolo não se limitam à jurisdição nacional, sendo seus recursos patrimônio comum da humanidade e sua exploração em benefício dela^{3,12}.

Em 1982, a CNDM delimitou o mar territorial, a zona contígua e a zona econômica exclusiva e da plataforma continental, assim como as cotas de captura na zona econômica exclusiva. Sua maior contribuição, no entanto, foi a criação de medidas destinadas a prevenir prejuízos ambientais, sejam eles operacionais como acidentais. No dia 12 de março de 1990, após a aprovação do Congresso Nacional, o Presidente José Sarney promulgou decreto ratificando a CNDM¹².

2.3. Emissão de poluentes por navios e caracterização do transporte marítimo

A indústria marítima mercante e o desenvolvimento da economia mundial estão intimamente relacionados. O transporte marítimo é considerado o modo de transporte de carga mais eficiente em termos energéticos, que tem potencial para contribuir significativamente para a eficiência do sistema de transporte. O crescimento do comércio internacional, especialmente do comércio marítimo de transporte de mercadorias, durante anos foi isolado das preocupações com a proteção ao meio ambiente; porém, as emissões dos navios nas regiões portuárias sempre foram alvo de questões. O aumento progressivo do movimento marítimo e a consequente emissão de poluentes atmosféricos têm chamado a atenção. As atividades marítimas são uma das principais fontes de poluição do ar, pois os navios que têm motores de alta potência muitas vezes usam combustíveis pesados como o diesel e óleo – mais de 95% da frota marítima mundial é alimentada por esses tipos de motor^{24,25}.

Nas últimas décadas, o crescimento do comércio internacional resultou em um crescimento de toneladas de mercadorias transportadas por navios e as emissões de gases pelos navios tornaram-se fonte significativa de poluição. Mais de 80% do comércio mundial é transportado pelo mar em termos de toneladas segundo o *The International Council on Clean Transportation (ICCT)*²⁶. De acordo com a *United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)* de 2010, a frota marítima mundial cresceu em paralelo com o comércio marítimo registrado sob as bandeiras de mais de 150 nações²⁷. O comércio marítimo cresceu cerca de 284% entre 1970 e 2005, porém as adequações jurídicas internacionais apresentaram uma evolução mais lenta, oferecendo espaço para incidentes com cargas e aumento da poluição produzida por navios^{28,29}.

As mudanças da sociedade, impulsionadas pelos processos de globalização, desenvolvimento de novas tecnologias e aumento da poluição marinha, trouxeram a necessidade de alinhar os contextos ambiental e comercial. Há mais de 20 anos já há indicativos de que o transporte marítimo internacional emite mais poluentes de impacto ambiental do que

se estima²⁴. Na Europa, atividades marítimas contribuem com uma fração significativa de emissões antropogênicas de poluentes do ar. Em cidades portuárias, as emissões de embarcações podem ser uma fonte dominante da poluição urbana e a quantidade de partículas finas presentes no ar são preocupantes, podendo ser transportadas para a atmosfera por centenas de quilômetros e, desse modo, mesmo emitidas em alto mar, podem comprometer a qualidade do ar. Há ainda as consequências da deposição dos compostos de enxofre e nitrogênio, que causam a acidificação de ecossistemas naturais, ameaçando a biodiversidade^{14,30}.

Como ainda hoje as emissões de poluentes atmosféricos permanecem comparativamente não regulamentadas em âmbito mundial, os navios estão agora entre as fontes de combustão mais poluentes do mundo por tonelada de combustível consumido³¹. Estima-se que o óleo *bunker* usado em navios marítimos produza, em comparação com o volume de diesel, 100 vezes mais poluentes por unidade automotiva (caminhão) na estrada³². Por conter altos níveis de impurezas, sua queima emite grandes quantidades de óxidos de enxofre e de nitrogênio, além de materiais particulados decorrentes da queima incompleta, o que pode acarretar graves problemas respiratórios²².

Tendo como ponto determinante a importância da preservação dos ecossistemas marinhos, muitas convenções e documentos internacionais foram instituídas para protegê-los, como os documentos da *Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar* (CONVENMAR), MARPOL 73/78, *Safety of Life at Sea* ou *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS) e OMI^{10,11,33}.

Desse modo, o princípio do desenvolvimento sustentável foi alçado no âmbito internacional, alterando-se progressivamente a lógica econômica do panorama do comércio internacional, e determinando, assim, que a proteção do meio ambiente não seria um custo, mas um investimento comercial. Desta forma, dentre as modalidades de navegação, a comercial é a que mais protege o meio ambiente marinho por meio de aplicação de tecnologias mais limpas a partir do gerenciamento de frotas marítimas por uma companhia ou grupo marítimo^{31,33}. No entanto, o caráter dinâmico da atividade marítima afeta ao meio ambiente marinho que, em casos de acidente e incidente marítimos, especialmente em abalroamentos, não é via de regra diretamente protegido pelas apólices de seguro marítimo, convenções ou tratados internacionais^{3,10}.

Muitos portos hoje são grandes cidades; as emissões portuárias e as próximas aos portos podem afetar de maneira direta a população. Na União Europeia, a emissão de poluentes

terrestres possui um controle rigoroso; deste modo a emissão dos navios nas regiões dos portos se torna mais importante. As emissões podem ser divididas em águas internacionais, em águas nacionais e durante manobras no porto e emissões enquanto navio estiver atracado. Os navios quando atracados são fonte importante de emissão de poluentes pois o tempo de atracação dura um ou mais dias e o tempo de manobra dura normalmente duas horas. O tipo de combustível e a quantidade de enxofre nele contido podem influenciar de maneira substancial a produção de MP e dióxido de enxofre (SO₂). No levantamento realizado com 89 navios no porto de Rotterdam em 2003, os níveis de SO₂ e MP emitidos por motores com uso de óleo pesado (HFO) foram maiores em relação ao uso de diesel ou óleo marítimo^{28,29}.

Além disso, os efeitos das emissões marítimas pelo tráfego marítimo denso podem atingir e contaminar praias, canais, estreitos, golfos e áreas portuárias, ecossistemas sensíveis e populações em geral. Ressalta-se que as consequências da poluição nos portos sobre a poluição do ar e a saúde das pessoas podem incluir doenças graves como asma ou outras doenças respiratórias, doenças cardiovasculares, câncer de pulmão e morte prematura^{13,24}.

Os navios emitem poluentes tanto em navegação quanto atracados, e essas emissões afetam consideravelmente a qualidade do ar. Navios que transportam bens têm grande impacto no oceano e no planeta; um estudo da OMI de 2020 demonstrou que entre 250 e 300 milhões de toneladas de combustíveis são consumidos por ano, além de uma emissão anual de 1.076 milhões de toneladas de CO₂, o que equivale a 2,9% de suas emissões globais³⁴.

As emissões de navios têm impactos adversos globais, regionais e locais na qualidade do ar, poluição do mar e da terra. Os mais importantes poluentes emitidos por navios são NO_x, SO₂, dióxido de carbono CO₂, hidrocarbonetos (HC) e MP. As emissões marítimas são facilmente transferidas a longas distâncias na atmosfera, no mar, na terra e entre os continentes^{33,35}.

Hui-Huang e Wang calcularam a quantidade de vários poluentes emitidos por 220 navios porta-contêineres navegando a uma velocidade ideal nas rotas do Extremo Oriente e Europa que cobrem as sete maiores economias da Europa com alta densidade populacional. Foram avaliados os tipos de combustível (diesel versus óleo pesado) e poluentes como NO_x, SO_x, (CO₂), HC e MP. Navios de pequeno porte (que carregam até 999 TEU) são duas vezes mais poluidores que os grandes e este estudo propôs adequações de combustível, velocidade e atualizações de tamanho dos navios (*upsizing*) para aumento e otimização do volume de transporte de carga¹³.

Cerca de 10% das estações de aferição de NO₂ na Europa apresentaram registros acima do limite no ano de 2015. Os navios atracados contribuem com mais de 50% do NO_x, enquanto em trânsito contribuem com apenas 1% do total das emissões aferidas. Há poucos estudos mostrando o impacto exclusivo da emissão dos navios para a qualidade do ar na região portuária, uma vez que as atividades relacionadas podem impactar de maneira significativa estes resultados. Aproximadamente 230 milhões de pessoas estão expostas diretamente a estas condições nos 100 principais portos do mundo, com 80% da emissão de MP₁₀ na área portuária proveniente das fontes terrestres, como caminhões, ferrovias, equipamentos de manuseio de carga e armazenamento^{36,37}.

O já mencionado estudo realizado no Porto de Leixões, em Portugal, mostra uma situação comum hoje em dia, que é a proximidade do porto a áreas urbanas residenciais e industriais. A avaliação da produção de poluentes por várias fontes associadas ao porto e sua dispersão atmosférica mostra sua contribuição para os níveis de poluição da região. As emissões e os níveis de poluentes, principalmente MP, NO₂ e O₃, afetam diretamente as comunidades próximas especialmente grupos populacionais sensíveis como idosos e crianças^{13,14}.

Houve avanços significativos na estimativa das emissões internacionais de navios na última década. Além disso, vários estudos globais, regionais e locais foram realizados para estimar emissões marítimas de poluentes^{37,38}. As emissões de NO_x, SO₂, MP e gases de efeito estufa (GEE) do transporte marítimo global aumentaram de 585 para 1.096 milhões de toneladas entre 1990 e 2007³⁹.

De acordo com o relatório de 2007 do Parlamento Europeu, os custos totais dos três fatores externos, poluição marinha, qualidade do ar e mudanças climáticas causaram um custo estimado para frota mundial de cerca de 260 bilhões de euros, enquanto para União Europeia, cerca de 70 bilhões. Estes gastos se dividem em 70% devidos à qualidade do ar, 30% a gases de efeito estufa e 1% refere a poluição marinha⁴⁰.

As emissões de CO₂ provenientes do transporte marítimo internacional foram estimadas em 943,5 milhões de toneladas para o ano de 2007³⁸. Com base no consumo de combustível, as emissões anuais de CO₂, NO_x e SO_x do navio correspondem de 2%, 11% e 4% das emissões estratificadas globais, respectivamente. As áreas portuárias são os receptores mais reconhecíveis de poluentes emitidos de navios e as emissões dos navios podem ameaçar a qualidade do ar enquanto atracam ou manobram e, em comunidades costeiras, enquanto transitam ao longo da costa³⁹.

Aproximadamente 80% da frota mundial está abrigada em uma costa (55% do tempo) ou perto dela (25% das vezes). Isso significa que os navios passam, aproximadamente, 20% do tempo longe da terra. Na literatura, há estudos locais sobre as emissões de poluentes dos navios nos golfos e em regiões portuárias estimadas na grandeza de megatoneladas (10^6 toneladas) por ano NO_x (1.725×10^6 t), SO₂ (1.246×10^6 t), monóxido de carbono (CO) ($0,147 \times 10^6$ t) e HC ($0,053 \times 10^6$ t) no Mar Mediterrâneo e nas regiões do Mar Negro com base na movimentação dos navios^{38,39}.

Deniz e colaboradores compararam os dois maiores portos da Turquia, totalizando 7.520 atracações em 2007 nos 10 terminais estudados, com similares no mundo. Demonstrou-se uma emissão significativamente maior em SO₂ e MP, levando a eventos prejudiciais à saúde como chuva ácida e deterioração da qualidade da água e do solo, o que torna urgente a adoção de medidas de redução dessas emissões⁴⁰.

Zhao e colaboradores realizaram um estudo sobre a caracterização dos poluentes atmosféricos no Porto de Xangai, o maior porto de transporte de contêineres no mundo desde 2008. O objetivo foi identificar a contribuição de poluentes do tráfego de navios para NO_x, SO_x e MP. Os níveis de emissão de navios oceânicos que operam com grandes motores movidos a diesel queimam um combustível de baixa qualidade, contendo altos teores de enxofre e metais pesados. Recentemente, a associação de altas concentrações de níquel à riscos cardiovasculares tem sido motivo de atenção pelos pesquisadores. As concentrações de SO₂ e NO₂ aferidas no porto foram semelhantes às da área terrestre de Xangai; já MP_{2,5} vanádio, níquel, zinco, enxofre, ferro e fósforo, entre outros, apresentaram índices um pouco menores. Foi indicado novo estudo para quantificar mais partículas e respectivas concentrações nas várias estações do ano⁴¹.

Tzannatos escolheu o porto de passageiros de Pireu (Grécia) para um estudo das emissões de poluentes e suas externalidades. Este porto, além do comércio, possui escalas de navios de passageiros e cruzeiros para a região do Mediterrâneo. Durante doze meses de 2008 a 2009 foram mensuradas as emissões de NO_x, SO₂ e MP_{2,5}, com análise de tipos de gases, sazonalidade, atividade e setor de navegação, assim como o impacto econômico sobre a população e ambiente. Como conclusão, verificou-se que o transporte de passageiros no verão é a atividade que mais apresenta emissão de poluentes e acarreta um custo de cerca de 51 milhões de euros, mostrando a urgência da implementação de controles da emissão de poluentes⁴².

Saxe e Larsen usaram um modelo operacional meteorológico da qualidade do ar para realizar o cálculo da dispersão urbana dos poluentes provenientes dos navios nos portos dinamarqueses de Copenhague, Elsinor e Koge. Concluiu-se que os altos níveis de NO_x convertidos em O₃ e o acúmulo de MP₁₀ podem causar problemas de saúde nas pessoas nos portos de Copenhague e Elsinor. Medidas para diminuir a emissão de NO_x e MP₁₀ dos navios, assim como monitorar as concentrações nas regiões próximas ao porto, devem ser consideradas⁴³.

Em um levantamento no Golfo de Izmir (Turquia), a estimativa das emissões de gases de escape (NO_x, SO₂, CO₂, HC e MP) dos navios no Porto de Izmir foi calculada com base na quantidade de combustível *bunker* consumido. As taxas anuais de emissão foram em toneladas por ano em modo operacional, sendo 1.923 toneladas para NO_x; 1.405 toneladas para SO₂; 82.753 toneladas para CO₂; 232 toneladas para HC e 165 toneladas para MP. Destaca-se que as emissões geradas a partir de navios que entraram no porto de Izmir podem ter efeitos críticos para a saúde das pessoas que vivem na região, que é a terceira maior população da Turquia³². Algumas medidas como a instalação de sistemas de limpeza de gases de escape ou pós-tratamento (redução catalítica seletiva) e de dispositivos específicos a bordo podem ser adotadas para diminuir as emissões de navios no porto. Destaca-se que todas as emissões próximas ao porto devem ser monitoradas regularmente. Este estudo apresentou o primeiro inventário para se estimar as emissões de poluição de navios para o porto de Izmir e os resultados ajudam outros estudos a comparar e observar as emissões de navios para este porto⁴⁴.

Deniz e colaboradores fizeram um levantamento sobre o porto de Ambarli na Turquia, onde demonstraram que os navios porta-contêineres são responsáveis por cerca de metade das emissões de poluentes na região. Os navios que transportam graneis sólidos apresentam maiores emissões por tonelagem e passam mais tempo atracados em relação às demais embarcações⁴⁵.

O *International Institute for Applied Systems Analysis* (IIASA), no ano de 2000, demonstrou que entre os países pertencentes à União Europeia e países candidatos, a Itália apresentou as maiores emissões de SO₂, NO_x, partículas inaláveis finas (MP_{2,5}) e partículas inaláveis (MP₁₀) em quilotoneladas (Kt), respectivamente, com 60,9 Kt, 89,1 Kt, 4,4 e 4,6 Kt. As emissões posteriores seriam, então, fortemente influenciadas com a criação e aplicação de medidas de controle, como o modelo RAINS (*Regional Air Pollution Information and Simulation Model*), que é diferente do modelo da MARPOL, com uma nova lista de potenciais técnicos baseados em novas tecnologias com medidas que vão além da legislação atual²⁹. O

modelo RAINS, foi desenvolvido em 1984 por IIASA como uma ferramenta (software) para avaliar de maneira integrada as estimativas de custos e impactos de estratégias alternativas de controle de emissões atuais e futuras, com base regional ou não, para reduzir emissão e impacto de poluentes no meio ambiente²⁹. Já o modelo da MARPOL se trata de uma estratégia para reduzir as emissões atmosféricas do transporte marítimo e estabelece uma série de ações para reduzir o impacto em solo, ar e mar. Um exemplo foi a proposição da determinação da diminuição do teor de enxofre nos combustíveis^{9,29}.

A poluição do ar urbano é globalmente responsável por um número estimado de 1,4% de mortes prematuras e 0,5% de anos de vida ajustados por incapacidade. Estudos indicam ainda que o MP é responsável pelo aumento da mortalidade e morbidade. Cerca de 3% das mortes de adultos causadas por doenças cardiovasculares e aproximadamente 5% das patologias pulmonares são relacionadas a MP, e há casos de câncer de traqueia atribuíveis a esses materiais. Na Dinamarca, aproximadamente 3.000 a 4.000 pessoas morrem prematuramente por ano devido à poluição atmosférica⁴⁶.

Durante os últimos 30 anos, no setor de transporte marítimo de cargas, a relação entre toneladas e quilômetros transportados aumentou em cerca de 5% ao ano. Poluentes como NOx, SOx e MP foram relacionados a uma série de problemas de saúde pública, incluindo o aumento do risco de morte prematura por problemas cardíacos e agravamento das doenças respiratórias²⁵. Diante deste cenário, a OMI adotou normas que representaram apenas uma modesta melhoria nos índices mundiais, principalmente devido às diversas qualidades de combustíveis empregados^{3,25}. Uma vez que as emissões marítimas não são devidamente controladas, progressos na melhoria do desempenho ambiental de tornam árduos^{10,25}.

2.4. Combustíveis Marítimos

2.4.1. Definição e composição

Os combustíveis utilizados nos navios classificam-se em duas categorias: (i) os residuais ou óleos combustíveis marítimos, que também recebem a denominação de OCM (óleo combustível marítimo), MF (*marine fuel*), VLSFO (*very low sulfur fuel oil*) ou *bunker*; e (ii) os produzidos a partir das frações mais leves do processo de refino (principalmente gasóleos atmosféricos) e que são chamados de óleo diesel marítimo ou MGO (*marine gasoil*). Os óleos combustíveis marítimos são produzidos a partir de misturas contendo frações pesadas da destilação (resíduos) e outros óleos diluentes⁴⁷.

2.4.2. Tipos de combustíveis marítimos e principais aplicações

OCM e MGO são utilizados em motores principais de grandes dimensões e nos sistemas de propulsão de navios de grande porte. Essas embarcações têm motores de combustão interna, operando conforme o ciclo de diesel e, por isso, apresentam requisitos de qualidade diversos daqueles necessários aos óleos combustíveis industriais. O diesel marítimo é aplicado principalmente nos sistemas auxiliares de geração de energia ou de emergência desses navios, mas, pode ser utilizado em motores principais, de propulsão, em navios de médio e pequeno porte⁴⁷. Óleos bunker ou MF se apresentam em diversos tipos e são classificados de acordo com a viscosidade cinemática a 50°C, desde o MF 10 até o MF 700. Os diversos tipos atendem às especificações dos motores de acordo com as temperaturas possíveis de se aquecer o óleo no motor que o utiliza. Os resíduos de carbono e teor de cinzas também diferenciam os óleos combustíveis marítimos. A Agência Nacional de Petróleo (ANP) especificou, em consonância com a OMI, em suas Resoluções (RANP) nº 789/2019 e 903/2022 (que substituiu a RANP nº 52/2010) para os óleos residuais, os teores máximos de enxofre para os sistemas de propulsão que não possuem sistemas de abatimento das emissões (*scrubbers*)^{47,48}.

Apesar da ISO 8217:2010 não ser obrigatória, ela orienta a adoção dos valores indicados pela OMI em função da área de circulação (global de 0,5% máximo e nas áreas de controle de emissões (ECAs) de 0,1%). Existem ainda especificações locais mais restritivas, como na Califórnia, Estados Unidos^{46, 47,48}.

O MGO é uma denominação genérica de diesel marítimo, possuindo os mesmos requisitos de qualidade, mas sem a obrigação de atender a uma especificação atual. No caso da Petrobras, existem dois tipos, o MGO 8217:2010, que atende à ISO 8217:2010 e pode ser comercializado para armadores de longo curso e de cabotagem e o MGO 8217:2005, que atende à ISO 8217:2005, mas não à especificação brasileira vigente, que pode ser comercializado para armadores de longo curso não sujeitos a especificação local⁴⁷. Isso demonstra claramente a necessidade de regras de abrangência internacional.

Para avaliar o quadro atual de emissões e determinar se os processos implementados são eficientes para reduzir os poluentes gerados pelos navios, a OMI definiu uma unidade de intensidade de carbono, que é a quantidade de CO₂ emitida (em gramas) por tonelada de mercadorias transportadas ao longo de uma milha náutica (gCO₂/t/nm). Em 2008, ano de referência para as metas da OMI, os navios emitiram uma média de 17 g de CO₂ por tonelada transportada ao longo de uma milha^{10,45}. Em 2018, esse valor foi reduzido para 11,7 g de

intensidade de carbono, porém, as emissões globais de CO₂ do transporte marítimo aumentaram constantemente devido ao aumento do número de navios e de viagens pelos oceanos^{10,33,45}.

Como já mencionado, atualmente 80% dos produtos mundiais são transportados por via marítima pelos cerca de 100.000 navios comerciais existentes³⁵. Com um porte bruto totalizando 2,13 bilhões de toneladas, 43% seriam graneleiros, cargueiros e cargueiros polivalentes e 29% seriam petroleiros. Observa-se, assim, a importância dos produtos não processados como minérios, aço, madeira, areia, trigo e grãos, entre outros, e dos combustíveis fósseis (petróleo e carvão) para o comércio mundial^{27,28}.

Alguns combustíveis, como o gás natural liquefeito (GNL), são soluções temporárias por terem densidade energética e volume equivalentes ao diesel, mantendo a estrutura atual dos navios e conservando a carga útil semelhante⁴⁹.

O GNL é um metano liquefeito que emite até 20% menos CO₂ do que o diesel e gera poucas partículas finas, sem NO_x e SO_x. Entretanto, continua sendo um combustível fóssil que contribui com 16% das emissões globais de GEE, com um potencial de aquecimento global cerca de 30 vezes maior do que o CO₂⁴⁹.

A base do comércio internacional é o transporte marítimo, ainda muito dependente de combustíveis fósseis, mas em transição para um cenário mais sustentável, com energia renovável e combustíveis alternativos em navios²¹.

A OMI tem como objetivos reduzir a intensidade de carbono nos navios em 40% até 2030, a intensidade de carbono da frota global em 70% até 2050 e das emissões de GEE do transporte marítimo em 50% até 2050. Para se alcançar os objetivos de 2050, será preciso inovar com meios mais eficientes já disponíveis capazes de utilizar outras fontes de energia. É também necessário investir na pesquisa de novas tecnologias e a estruturação de novas regulamentações^{8,35}.

A substituição de óleo diesel por combustíveis renováveis como o etanol, biogás, biodiesel, óleos vegetais ou minerais e hidrogênio também é importante para reduzir os elevados índices de enxofre emitidos pelos transportes marítimos dependentes de combustíveis fósseis²¹.

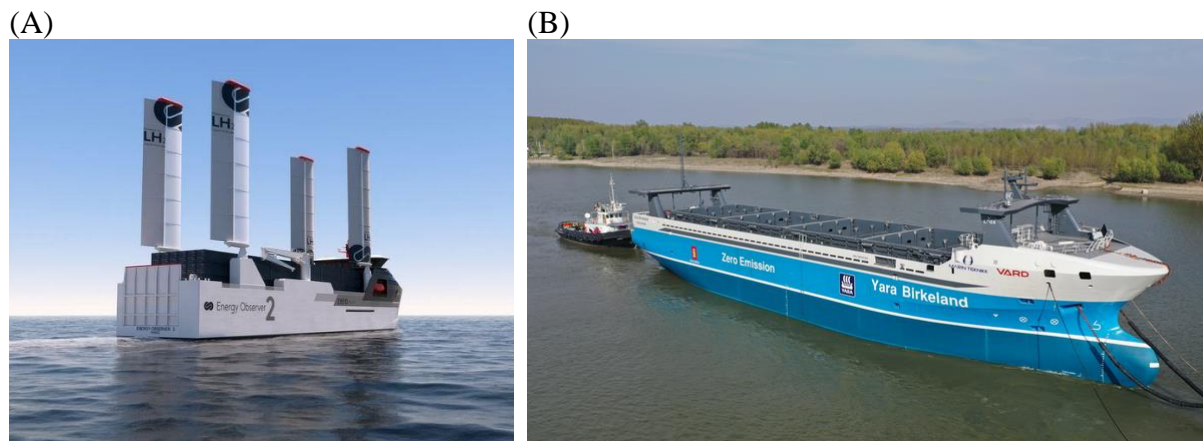
A União Europeia (UE) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) fornecem diretrizes e orientações sobre valores-limite de emissões para minimizar o impacto sobre o meio ambiente e a população em geral^{21, 46}.

Conforme relato da Agência Internacional de Energia (AIE), o hidrogênio se destaca em comparação com outras tecnologias pelo uso mínimo de materiais de cobre, níquel e cobalto. Eletrolisadores e células de combustível não só oferecem vida útil recorde, mas o metal usado para sua produção é totalmente reciclável⁴⁹.

Hoje, 1 kg de hidrogênio líquido produz em energia o equivalente a 3 kg de óleo, porém o hidrogênio exige um volume de armazenamento 4,3 vezes maior que o diesel. O *Energy Observer* é um protótipo de embarcação de carga multiuso ou polivalente, movido a hidrogênio líquido, que foi construído sem emissões de CO₂ (Figura 4)⁴⁹. No entanto, um dos entraves da adoção dessa tecnologia é exatamente o desenvolvimento da infraestrutura necessária. Por isso, a AIE recomenda o lançamento de rotas marítimas internacionais destinadas a comercializar essa fonte de energia limpa²¹.

Dentro do contexto de redução do uso de combustíveis fósseis, os sistemas navais híbridos em desenvolvimento são alternativas que melhoram o desempenho da embarcação, ao mesmo tempo em que diminuem a emissão de poluentes²¹. Os navios híbridos geralmente combinam motores e geradores com um armazenamento integrado (baterias e capacitores). Esses sistemas permitem, por exemplo, que os navios usem os motores a combustão dentro de pontos de operação de alta eficiência (mar aberto) e motores elétricos em pontos de operação de baixa eficiência (atracagem e hospedagem)²¹.

Almejando a emissão zero, o navio porta contêineres *Yara Birkeland* (Figura 4) foi projetado para iniciar seu funcionamento tripulado em 2020, passando por uma transição gradual até atingir navegação totalmente autônoma. Sua capacidade é de 120 TEU e a intenção é que, no futuro, não apenas a viagem seja totalmente autônoma, mas também a carga e descarga automática por meio de guindastes e outros maquinários elétricos⁵⁰.



Fonte: Guia Marítimo [Internet]³⁵; Skredderberget (2022)⁵².

Figura 4 – Exemplos de navios com fontes de energia alternativa. (A) Navio de carga multiuso *Energy Observer* movido a energia renovável/hidrogênio líquido; (B) Navio híbrido *Yara Birkeland*, *Yara International ASA*.

O *cold-ironing* é outra tecnologia que permite que os navios em ancoradouro usem energia proveniente da terra em vez de depender da eletricidade gerada por seus motores auxiliares. Desta maneira, temos redução das emissões de escape prejudiciais na região portuária como, SO_x, NO_x, compostos orgânicos voláteis (COV), MP e CO. O *cold-ironing* é conhecido por uma variedade de nomes, por exemplo energia costeira, energia em terra, conexões em terra de alta tensão (HVSC), *onshore* e energia marítima alternativa⁴⁶.

Entre as ferramentas utilizadas quando se busca otimizar as estratégias regulamentares e criar políticas eficazes para lidar com a poluição do ar, pode-se citar os modelos de valoração. São simulações de cenários específicos que podem ser usados para avaliar o custo-benefício de uma hipotética redução de emissões. Tais avaliações são, de fato, aproximações grosseiras em relação ao efeito real das reduções de emissões, mas se pode prever custos sanitários relacionados às emissões do transporte marítimo calculando seus impactos em cada cenário individualmente⁵².

2.5. Movimentação de cargas no Porto de Santos

O Porto de Santos movimentava por dia um maior volume de cargas e participa de quase 38% das trocas comerciais marítimas brasileiras, com uma infraestrutura especializada e eficiente⁶.

A movimentação física de cargas no Porto de Santos em 2022 foi de 162,4 milhões de toneladas, registrando um aumento de 10,5% em relação ao ano anterior. A carga containerizada foi de 51,6 milhões de toneladas, além de 19,1 milhões de toneladas de graneis líquidos, 81,1

milhões de toneladas de graneis sólidos, 9,6 milhões de toneladas de carga solta. Cinco milhões de TEU foram movimentados, 3,2% a mais do que 2021⁶.

Já em 2023, o movimento acumulado no Porto de Santos de janeiro a junho aumentou discretamente em relação ao mesmo período do ano anterior (80,94 vs. 80,93 milhões de toneladas [mil t] movimentadas). Os embarques representaram um desempenho 1,9% superior ao observado em 2022 e as maiores variações absolutas positivas foram observadas para soja em grãos a granel, (+2.931,3 mil t; 13,5%), milho a granel (+197,1 mil t; 11,2%) e óleo combustível (+162,9 mil t; 11,4%). Por outro lado, as reduções mais expressivas ocorreram em embarques de carga containerizada (-1.233,7 mil t; -9,1%); óleo diesel e gasóleo (-344,7 mil t; -29,5%) e farelo de soja a granel (-194,4 mil t; -4,4%). Os desembarques caíram 5% em relação ao mesmo período do ano anterior (20,8 mil t vs. 21,9 mil t) e as maiores variações absolutas positivas foram encontradas em desembarques de enxofre a granel (+181,3 mil t; 18,1%); gasolina (+167,3 mil t; 2.316,2%) e óleo diesel e gasóleo (64,4 mil t; 9,0%). As reduções mais expressivas estão em carga containerizada (-746,6 mil t; -6,6%); adubo a granel (-375,4 mil t; -9,1%) e trigo a granel (-78,6 mil t; -12,9%)¹⁶.

A movimentação acumulada de contêineres registrou a marca de 2,2 milhões de TEUs, o que representa uma queda de 6,8% ante o resultado de 2022. Os desembarques foram 7% inferiores ao observado no primeiro semestre de 2022 e, para os embarques, a queda registrada foi de 6,58%. A movimentação geral de cargas containerizada em toneladas apresentou uma redução de 7,9% em comparação ao mesmo período do ano anterior¹⁶.

O número de atracções no primeiro semestre de 2023 aumentou 4,7% ante os seis primeiros meses de 2022 (2.662 vs. 2.542). Excluindo navios de passageiros e da Marinha, houve registo de 2.545 atracções, sendo 2.117 de navios de longo curso e 368 navios de cabotagem, representando um aumento de 1,4%¹⁶.

A participação do Porto de Santos nas transações comerciais transfronteiriças aumentou no primeiro semestre de 2023, atingindo 28,2%. Cerca de 31,6% dessas transações mantiveram a China como país parceiro, valores muito próximos aos de 2022 (32,2%), mas com uma discreta queda. Dentre os estados brasileiros, São Paulo se manteve como o Estado com maior participação nas transações comerciais com o exterior por meio do Porto de Santos, com leve crescimento ante o mesmo período de 2022 (53,9% vs. 52,2%)¹⁶.

2.6. Diretrizes federais e estaduais sobre a qualidade do ar

A poluição do ar é definida como a presença no ar de contaminantes ou substâncias poluentes que interferem na saúde ou bem-estar humano ou que geram efeitos ambientais prejudiciais. O nível da poluição do ar, foco deste trabalho, pode ser medido pela quantidade e variedade de substâncias nele presentes⁵³.

Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 491/2018, poluente atmosférico é “qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade”⁵⁴.

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em primários e secundários. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente do Brasil, poluentes primários são os contaminantes para o ambiente diretamente emitidos pelas fontes, como no caso dos gases dos automóveis (monóxido de carbono, fuligem, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos, aldeídos e outros). Já os poluentes secundários são decorrentes das reações de poluentes primários com outras substâncias encontradas na camada baixa da atmosfera e com a radiação solar, (por exemplo, decomposição de óxidos de nitrogênio pela radiação ultravioleta [UV] do sol, formando ozônio e nitratos de peroxiacetila). As fontes emissoras desses poluentes podem ser móveis (veículos automotores, trens, aviões e embarcações marítimas) ou fixas como, por exemplo, chaminés de processos produtivos industriais e de geração de energia^{53,54}.

O grupo de poluentes adotados mundialmente como indicadores da qualidade do ar devido à sua frequência de ocorrência e seus efeitos adversos, são: (1) material particulado (MP), definido como “partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros”, com MP₁₀ e MP_{2,5} de diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 e 2,5 micrômetros (µm), respectivamente; (2) partículas totais em suspensão (PTS), definidas como “partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 50 micrômetros”; e (3) material particulado em suspensão em forma de fumaça (FMC)⁵⁴.

Processos de oxidação caracterizam transformações químicas atmosféricas. Reações que envolvem compostos de carbono (C), nitrogênio (N) e enxofre (S) são, neste cenário, de maior interesse. Processos químicos que ocorrem na troposfera envolvem a oxidação de HC/COVs,

NO, SO₂ e ácido sulfúrico (H₂SO₄). Essas espécies químicas oxigenadas se tornam poluentes secundários formados na atmosfera a partir das emissões primários de origem natural ou antropogênica⁵³.

A radiação solar tem influência sobre os processos químicos atmosféricos, interagindo com moléculas fotorreceptoras, como aldeídos, NO₂, ácido nitroso (HNO₂) e O₃. A reatividade dos compostos químicos dependerá de sua estrutura e peso molecular, sendo que os HC estão entre os mais reagentes com vários tipos de espécies químicas oxidantes, como OH, NO₃ e O₃⁵³. O O₃ é, então, um oxidante fotoquímico resultante, por exemplo, das reações entre NO_x e COVs (liberados pela queima incompleta de solventes e combustíveis emitidos por veículos, indústrias, processos de estocagem e transferência de combustível) na presença da radiação solar^{53,55,56}.

A pressão do vapor de um composto é um fator importante na determinação dos limites de sua concentração na atmosfera. Além disso, ela afeta a taxa de evaporação dos compostos orgânicos na atmosfera e a conversão de gases atmosféricos em MP, como por exemplo a conversão de SO₂ em H₂SO₄^{53,55,56}.

Concluindo, o MP pode ser formado na atmosfera a partir de compostos gases como COVs, SO₂ e NO_x. Em determinadas condições, chegam a causar uma névoa fotoquímica (*smog* fotoquímico), prejudicial a todos os seres vivos⁵³.

2.7. Padrões de qualidade do ar (PQAr) e classificações

2.7.1. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar

Os PQAr definidos na Resolução nº 491/2018 do CONAMA, que revogou a Resolução nº 3/1990, são divididos em duas categorias: padrões de qualidade do ar intermediários (PI), a serem cumpridos em etapas; e padrão de qualidade do ar final (PF), que se baseia nos valores definidos pela OMS nas diretrizes publicadas em 2005^{53,55}. Porém, em 2021, essas diretrizes da OMS foram atualizadas para MP_{2,5}, MP₁₀, O₃, NO₂, SO₂ e CO, sendo que as concentrações máximas recomendadas se tornaram mais restritivas para PF de MP e NO₂⁵⁶. Os parâmetros regulamentados pela legislação ambiental vigente são: PTS, MP₁₀, MP_{2,5} (incluído na Res. nº 491/2018), FMC, SO₂, CO, O₃, NO₂ e chumbo (Pb); seus valores são apresentados na Tabela 1, com as metas vigentes sublinhadas^{53,56}.

Tabela 1 – Padrões nacionais de qualidade do ar segundo Resolução do CONAMA nº 491/2018.

POLUENTE	PERÍODO	PI-1 µg/m ³	PI-2 µg/m ³	PI-3 µg/m ³	PF µg/m ³
MP ₁₀	24 h	<u>120</u>	100	75	50
	Anual ¹	<u>40</u>	35	30	20
MP _{2,5}	24 h	<u>60</u>	50	37	25
	Anual ¹	<u>20</u>	17	15	10
SO ₂	24 h	<u>125</u>	50	30	20
	Anual ¹	<u>40</u>	30	20	–
NO ₂	1 hora ²	<u>260</u>	240	220	200
	Anual ¹	<u>60</u>	50	45	40
O ₃	8 h ³	<u>140</u>	130	120	100
FMC	24 h	<u>120</u>	100	75	50
	Anual ¹	<u>40</u>	35	30	20
CO	8 h ³	–	–	–	<u>9 ppm</u> ⁶
	–	–	–	–	–
PTS	24 h	–	–	–	<u>240</u>
	Anual ⁴	–	–	–	<u>80</u>
Pb ⁵	Anual ¹	–	–	–	<u>0.5</u>

Fonte: Resolução do CONAMA nº 491/2018⁵⁴.

Abreviações: CO = monóxido de carbono; FMC = fumaça; MP₁₀ = partículas inaláveis; MP_{2,5} = partículas inaláveis finas; NO₂ = dióxido de nitrogênio; O₃ = ozônio; Pb = chumbo; PF = padrão de qualidade do ar final; PI-1 = padrão de qualidade do ar intermediário, etapa 1; PI-2 = padrão de qualidade do ar intermediário, etapa 2; PI-3 = padrão de qualidade do ar intermediário, etapa 3; PTS = partículas totais em suspensão; SO₂ = dióxido de enxofre.

Obs.: as metas nacionais vigentes são apresentadas sublinhadas.

¹ Média aritmética anual

² Média horária

³ Máxima média móvel obtida no dia

⁴ Média geométrica anual

⁵ Medido nas partículas totais em suspensão

⁶ Os valores para monóxido de carbono são apresentados em partes por milhão (ppm)

Em âmbito estadual, o capítulo 3 do Decreto Estadual nº 59.113/2013 do estado de São Paulo, estabelece que a medição da qualidade do ar deverá ser realizada para cumprir os PQAr observando os seguintes critérios⁵⁷:

I. Metas intermediárias (MI) estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando a melhoria gradativa da qualidade do ar no Estado de São

Paulo com base na busca pela redução das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável;

II. Padrões finais (PF) determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.

As metas intermediárias devem ser atendidas em três etapas determinadas, definidas da seguinte forma:

I. Meta Intermediária, Etapa 1 (MI1) – Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados a partir de 24 de abril de 2013;

II. Meta Intermediária, Etapa 2 (MI2) – Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1, que entrará em vigor após avaliações realizadas na Etapa 1, reveladas por estudos técnicos apresentados pelo órgão ambiental estadual, convalidados pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). A Deliberação nº 4/2021 do CONSEMA convalidou o início de vigência da Etapa 2 a partir de 1º de janeiro de 2022⁵⁸.

III. Meta Intermediária, Etapa 3 (MI3) – Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à MI2, sendo que o seu prazo de duração será definido pelo CONSEMA com base nas avaliações realizadas na Etapa 2.

Vale ressaltar que padrões finais (PF) são aplicados sem etapas intermediárias quando não forem estabelecidas MIs, como no caso de CO, PTS e chumbo (Pb). Para os demais poluentes, os padrões finais passarão a valer a partir do final do prazo de duração do MI3⁵⁹.

A Tabela 2 apresenta os padrões de qualidade do ar estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013 do Estado de São Paulo, com as metas estaduais vigentes (MI2) sublinhadas. O município de Santos já alcançou os padrões da MI2 para MP e O₃ e suas metas vigentes estão destacadas em negrito⁵⁷.

Tabela 2 – Padrões estaduais de qualidade do ar segundo o Decreto Estadual nº 59113/2013 do estado de São Paulo.

Poluente	Tempo de amostragem	MI1 (µg/m ³)	MI2 (µg/m ³)	MI3 (µg/m ³)	PF (µg/m ³)
MP ₁₀	24 horas	120	<u>100</u>	75	50
	MAA	40	<u>35</u>	30	20
MP _{2,5}	24 horas	60	<u>50</u>	37	25
	MAA	20	<u>17</u>	15	10
SO ₂	24 horas	60	40	30	20
	MAA	40	30	20	-
O ₃	8 horas	140	<u>130</u>	120	100
NO ₂	1 hora	260	240	220	200
	MAA	60	50	45	40
CO	8 horas	-	-	-	9 ppm³
FMC ¹	24 horas	120	100	75	50
	MMA	40	35	30	20
PTS ²	24 horas	-	-	-	240
	MGA	-	-	-	80
Pb ³	MAA	-	-	-	0.5

Fonte: CETESB. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo de 2022⁵⁹ e do município de Santos de 2015 v21⁶⁰.

Abreviações: CO = monóxido de carbono; FMC = fumaça; MI1 = meta intermediária, etapa 1; MI2 = meta intermediária, etapa 2, MI3 = meta intermediária, etapa 3; MAA = média aritmética anual; MGA = média geométrica anual; MP₁₀ = partículas inaláveis; MP_{2,5} = partículas inaláveis finas; NO₂ = dióxido de nitrogênio; O₃ = ozônio; Pb = chumbo; PF = padrão de qualidade do ar final ; PI-1 = padrão de qualidade do ar intermediário, etapa 1; PI-2 = padrão de qualidade do ar intermediário, etapa 2; PI-3 = padrão de qualidade do ar intermediário, etapa 3; PTS = partículas totais em suspensão; SO₂ = dióxido de enxofre.

Obs.: as metas estaduais vigentes são apresentadas sublinhadas e as metas do município de Santos em negrito.

¹ Fumaça e Partículas Totais em Suspensão: parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB.

² Chumbo: a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.

³ Os valores para monóxido de carbono são apresentados em partes por milhão (ppm).

A qualidade do ar é estabelecida por meio de amostras e valores medidos por instrumentos específicos, que definirão o limite máximo de concentração de agentes poluentes na atmosfera. Estes valores têm por finalidade garantir a proteção do meio ambiente e da saúde dos habitantes. A poluição atmosférica pode comprometer os sistemas respiratório, circulatório, pele e outros. O sistema respiratório é a principal via de entrada desses poluentes, causando processos inflamatórios que podem acarretar graves doenças pulmonares^{55,56,59}.

O Índice de Qualidade do Ar (IQA_r) foi criado para facilitar a divulgação dos dados de avaliações diárias do monitoramento da qualidade do ar em curto prazo, conforme estabelecido

pela Resolução nº 491/2018 do CONAMA⁵⁴. Segundo o Guia Técnico de Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar do Ministério do Meio Ambiente, o índice é elaborado para cada poluente a partir de equações matemáticas que convertem os valores de concentração de poluentes – cuja unidade pode ser expressa, por exemplo, em microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ou partes por milhão (ppm) – para números adimensionais, ou seja, sem unidade de comparação física preestabelecida⁶⁰. A CETESB utiliza o Índice de Qualidade do Ar (IQA) que é obtido por meio da relação entre as concentrações dos poluentes e os índices, conforme está descrito a seguir. Para cada poluente medido é calculado o índice, sendo que se utiliza o índice mais elevado, isto é, embora a qualidade do ar de uma estação seja avaliada para todos os poluentes monitorados, a sua classificação é determinada pelo maior índice (o mais elevado). Na Tabela 3 pode-se visualizar a nova escala de classificação da qualidade do ar, conforme estabelecido no Decreto Estadual nº 59.113/2013^{58,89}.

Tabela 3 –Estrutura do Índice de Qualidade do Ar da CETESB elaborada em conformidade com o Decreto Estadual nº 59.113/2013 do Estado de São Paulo.

Qualidade	Índice	MP ¹⁰ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24 h	MP _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24 h	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 8 h	CO (ppm) 8 h	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 h	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24 h
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	201 – 400	>250	>125	>200	>15	>1130	>800

Fonte: CETESB. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo de 2022⁵⁹.

Quando a qualidade do ar é classificada como BOA, os valores-guia estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que são os PF estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013, estão sendo atendidos^{58,59}.

Se comparados os dados dos quadros 1 e 3, observa-se que a classificação de qualidade RUIM não indica, obrigatoriamente, a ultrapassagem dos padrões. A única exceção é o CO, cuja qualidade MODERADA indica que foi ultrapassado o respectivo PQA. Esta qualificação do ar apresentada na Tabela 3 está associada aos efeitos a saúde e vinculada à norma legal.

Portanto independentemente do padrão de qualidade ou meta em vigor, a associação da qualidade do ar será sempre apresentada de acordo com o Quadro 1⁵⁹.

Individualmente, os poluentes apresentam diferentes efeitos à saúde da população de acordo com as faixas distintas de concentração. Ressalta-se que cada um desses efeitos necessita de medidas de reversão e prevenção a serem adotadas para aquela população específica⁵⁹.

Quadro 1 – Qualidade do ar e efeitos à saúde considerando a nova classificação da Estrutura do Índice de Qualidade do Ar.

Qualidade	Efeitos
N1 – Boa	
N2 – Moderada	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
N3 – Ruim	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 – Muito ruim	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 – Péssima	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo de 2022⁵⁹.

A CETESB possui uma rede de monitoramento automática, além de estações móveis usadas para aferições temporárias (Figura 5 e Figura 6). Os níveis de poluentes na atmosfera são processados com base nas médias estabelecidas por padrões legais. Os níveis de qualidade do ar, bem como a previsão das condições meteorológicas de dispersão de poluentes, são divulgados diariamente no website da CETESB (<https://cetesb.sp.gov.br>). Estas informações servem de base para determinar as ações previstas pela legislação a fim de proteger a saúde pública⁵⁹.

(A) Central Telemétrica



(B) Estação Fixa

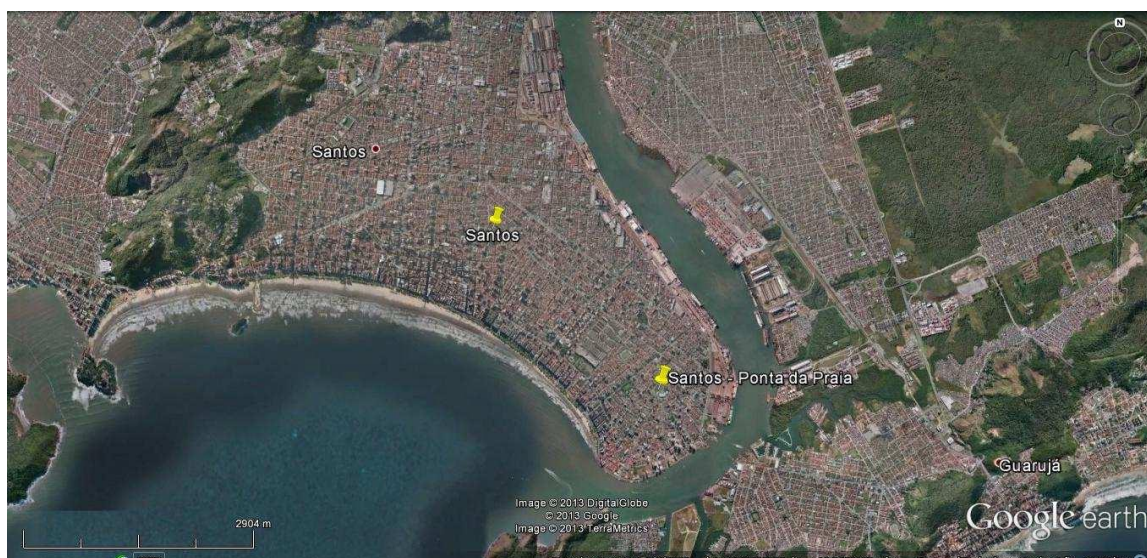


(C) Estação Móvel



Fonte: CETESB. Relatório de Santos, 2015 v21⁶⁰.

Figura 5 – Estações da CETESB para aferição da qualidade do ar.



Fonte: CETESB. Relatório de Santos, 2015 v21⁶⁰.

Figura 6 – Localização das estações da CETESB em relação à área urbana de Santos e ao Porto.

Os parâmetros mensurados atualmente pelas estações da CETESB são:

- **Meteorológicos:** direção do vento (DV), pressão atmosférica (P), radiação total e UVA (RAD), temperatura do ar (TEMP), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (VV);
- **Poluentes:** partículas inaláveis (MP₁₀), partículas inaláveis finas (MP_{2,5}), NO_x, NO₂, O₃ e SO₂⁵⁹.

2.8. Efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana

Um dos principais problemas do mundo atualmente é a poluição do ar e suas consequências ao meio ambiente e aos seres vivos. A poluição do ar atmosférico é considerada

um dos principais fatores de risco de morbidade e mortalidade global. A exposição a poluentes atmosféricos está associada a diversos efeitos sobre a saúde humana, principalmente respiratórios e cardiovasculares, mas não se resumem a eles (p, ex., neoplásicos e metabólicos). A exposição aos poluentes atmosféricos durante a gestação pode, por exemplo causar restrições no crescimento fetal intrauterino e o parto prematuro^{12,20,49,55,56}.

Os eventos de saúde podem ser sintomáticos, mas também são subclínicos. Apesar da proporção de pacientes afetados por efeitos temporários e com desfechos de natureza leve e moderada, a poluição do ar tem um impacto relevante para a saúde pública pelo agravamento ou agudização de condições preexistentes que podem aumentar o número de internações e mortes da população^{55,56}. Em 2020 cerca de 7 milhões de óbitos ocorreram por conta da poluição do ar¹⁴. A OMS e a *American Thoracic Society* (ATS) estabeleceram orientações para definir efeitos adversos relacionados à poluição atmosférica que direcionaram estudos de correlação entre a emissão de poluentes do ar e a saúde humana. Em um relatório de 2000 da OMS abordando a quantificação dos efeitos da poluição do ar para a saúde pública, foi apresentada uma lista de efeitos de curto e longo prazo (Quadro 2)^{20,55,56,62}.

Quadro 2 – Possíveis efeitos da poluição do ar para a saúde pública segundo a OMS⁵⁵.

Possíveis efeitos relacionados à exposição por curtos períodos
<ul style="list-style-type: none"> - Índices diários de mortalidade - Número de hospitalizações por razões respiratórias e cardiovasculares - Número de visitas ao pronto-socorro por razões respiratórias e cardiovasculares - Número de consultas por razões respiratórias e cardiovasculares - Uso de medicamentos para quadros respiratórios e cardiovasculares - Número de dias com restrição de atividades de rotina - Absenteísmo escolar e laboral - Índice de sintomas agudos (chiado, tosse, expectoração, infecções respiratórias) - Alterações fisiológicas (p. ex., função pulmonar)
Possíveis efeitos relacionados à exposição por longos períodos
<ul style="list-style-type: none"> - Índice de mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares - Incidência e prevalência de doenças respiratórias crônicas (p. ex., asma, DPOC e outras patologias crônicas) - Alterações crônicas da função pulmonar - Câncer de pulmão - Doenças cardiovasculares crônicas - Restrições relacionadas ao crescimento fetal intrauterino (p. ex., baixo peso ao nascer, atraso no desenvolvimento intrauterino, pequeno para a idade gestacional [PIG])

Fonte: OMS⁵⁵.

As recomendações da ATS abordam indicadores como o uso de biomarcadores, qualidade de vida, impacto fisiológico, sintomas, desfechos clínicos, mortalidade e relação entre risco individual e populacional. Segundo a ATS, os efeitos sobre a saúde humana podem variar, incluindo desde doenças respiratórias que reduzem a qualidade de vida com alterações fisiológicas irreversíveis até morte⁶².

Há evidências de que os efeitos de MP podem se manifestar por meio de diversas vias interrelacionadas que envolvem estresse oxidativo e processos inflamatórios. O estresse oxidativo parece ser um fator comum para uma gama de efeitos adversos relacionados à poluição do ar que afetam os sistemas respiratório e cardiovascular. A inalação de MP pode desencadear a inflamação das vias aéreas menores, o que resulta na exacerbação de casos de asma e bronquite crônica, obstrução das vias aéreas e diminuição da troca gasosa^{63,64}. O MP também pode prejudicar a inativação e eliminação bacteriana do tecido pulmonar, a permeabilidade epitelial e a função macrofágica, imunossuprimindo os mecanismos de defesa contra patógenos^{65,55}.

A resposta inflamatória das vias aéreas também pode acarretar efeitos cardiovasculares por induzir a hipercoagulabilidade e progressão da esclerose, por exemplo, além de estar envolvida no processo de aterogênese. Adicionalmente, há evidências de que a poluição atmosférica tenha efeitos sobre o controle cardíaco autônomo, ocasionando episódios de arritmia em pessoas mais suscetíveis⁶⁶.

O MP inalado pelo ar é depositado seletivamente ao longo do trato respiratório principalmente de acordo com seu tamanho, levando ao desenvolvimento de repostas inflamatórias e exacerbação de doenças respiratórias. De fato, processos inflamatórios parecem ser o mecanismo central dos efeitos decorrentes da inalação de MP, que desencadeia uma cascata de reações envolvendo citocinas pró-inflamatórias e quimiocinas. Ou seja, em pessoas com doença alérgica de base, o efeito de MP também é significativo. Observa-se ainda uma responsividade das vias aéreas quando MP tem alto teor de metais (principalmente zinco, magnésio, chumbo, cobre, cádmio e arsênico)⁶⁷.

Como o trato respiratório é a porta de entrada de MP, além dos quadros respiratórios, a translocação das partículas também pode levar a consequências cardiovasculares^{55,56}.

O CO₂ é um gás incolor e inodoro que desempenha um papel importante na atmosfera terrestre. No entanto, exposições excessivas a níveis elevados em ambientes fechados podem representar riscos para a saúde humana. Alguns dos riscos associados ao CO₂ incluem asfixia,

acidificação do sangue e conseqüente aumento do ritmo cardíaco e da pressão arterial, o que pode representar riscos para pessoas com condições cardiovasculares preexistentes. É importante notar que os níveis de CO₂ normalmente encontrados no ambiente não são considerados prejudiciais à saúde humana⁶⁸.

Outro poluente atmosférico relevante é o CO, que é produzido pela queima incompleta do carbono dos combustíveis. O maior perigo do CO é a sua propensão a ligar-se à hemoglobina (Hb), com afinidade de ligação 200 vezes maior do que a ligação cooperativa com o oxigênio. Além disso, ao aumentar a afinidade do oxigênio pela Hb, o CO diminui a liberação desse gás para os tecidos. Um indivíduo que utiliza um ônibus urbano, por exemplo, pode ter 5 a 10% da sua Hb ligada ao monóxido de carbono, em especial se for fumante. Há ainda evidências de que este mecanismo possa reduzir o desempenho intelectual⁶⁸.

Como já comentado, o O₃ e outros oxidantes fotoquímicos não são fontes primárias de emissão, e sim resultantes de uma série de reações atmosféricas complexas orientadas pela energia transferida a moléculas de NO₂ quando absorvem a radiação solar. A maioria das espécies oxidantes que se formam na atmosfera tem como precursores NO₂ e COVs^{55,56}.

Diversos estudos apontam para a agudização de morbidades decorrente da exposição ao O₃, principalmente em eventos respiratórios na população pediátrica e geriátrica. Além disso, o O₃ afeta as defesas pulmonares por meio de vários mecanismos, como por exemplo comprometendo a ação do sistema mucociliar, diminuindo a atividade macrofágica e afetando linfócitos circulantes^{69,70}.

Estudos epidemiológicos sobre hospitalizações por DPOC e outras doenças respiratórias demonstram uma sólida associação entre níveis ambientais de O₃, fatores climáticos e o número de internações, reforçando, mais uma vez, o aumento da gravidade ou a agudização de morbidades^{71,72}.

Há ainda também indícios de que a inflamação aguda induzida pelo O₃ não se limite ao sistema respiratório, pois foram detectados marcadores de inflamação sistêmica no fígado. Já os efeitos imunorrelacionados parecem ser agudos e reversíveis^{55,56}.

Os NOx produzidos pela queima de combustíveis fósseis podem causar inúmeros impactos na saúde, como inflamação ocular e das vias aéreas superiores. Em concentrações mais elevadas, podem causar traqueíte aguda, bronquite aguda e edema pulmonar⁶⁸. A névoa amarelada da poluição atmosférica deve-se à presença desses gases. No que diz respeito à saúde

humana, o NO_2 é o NO_x de maior interesse. Como o NO_2 é um radical livre, potencialmente causa a depleção das defesas antioxidantes, desencadeando processos inflamatórios como inflamação eosinofílica das vias aéreas, hiperresponsividade dos brônquios e ativação de macrófagos alveolares em modelos animais⁷³. Estudos humanos envolvendo pessoas com asma, DPOC e bronquite crônica revelaram que a exposição ao NO_2 pode causar discretas diminuições na capacidade vital forçada (CVF) e no volume expiratório forçado de um minuto (VEF1) e aumentos de eventos de asma, mas os resultados foram inconsistentes⁵⁵.

O NO_2 está presente no ambiente na forma de gás. Portanto, a única via relevante de exposição é por inalação e o organismo humano pode absorver de 70% a 90% do NO_2 pelo trato respiratório, valores que aumentam durante o exercício físico⁷⁴.

Em termos epidemiológicos, uma importante característica do NO_2 é uma forte associação com MP, visto que ambos são provenientes das mesmas fontes combustíveis; sua conversão em nitratos contribui com a MP fina. Grande parte do NO_2 atmosférico é emitido na forma de ácido nítrico, que é rapidamente oxidado pelo O_3 , formando NO_2 . Na presença de HC e radiação UV, o NO_2 é a principal fonte de nitrato da troposfera, que forma uma parcela significativa de $\text{MP}_{2,5}$. Dessa forma, há uma alta correlação entre os níveis de $\text{MP}_{2,5}$ e NO_2 . Tal situação dificulta a diferenciação dos efeitos de NO_2 e de outros poluentes atmosféricos, apesar de estudos com modelos animais apontarem para sua toxicidade isolada. Por outro lado, o NO_2 pode ser considerado um bom indicador da mistura de gases e MP que se origina de fontes móveis⁵⁵.

NO_2 , MP e O_3 podem desencadear sintomas de bronquite em crianças com asma e exacerbar casos de asma crônica e aguda nessa população. Considerando a maior absorção de NO_2 durante o exercício, a prática de atividades em regiões com baixa qualidade do ar traz ainda mais implicações para a saúde pública^{75,76}.

O SO_2 é derivado da combustão de combustíveis fósseis que contêm enxofre. Como é solúvel em meio aquoso, é absorvido pelas mucosas nasais e do trato respiratório superior. Em virtude disso, mais uma vez a prática de atividade física em ambientes com baixa qualidade do ar se torna um problema relevante para populações com morbidades respiratórias. Vários estudos realizados há mais de 30 anos mostraram a indução de broncoconstrição em pacientes asmáticos mediante a inalação de SO_2 ^{55,56,77,78}.

2.8.1. Eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias causados pela emissão de poluentes por navios

As emissões globais de poluentes por navios contribuem com cerca de 60 mil mortes prematuras por ano devido a causas cardiorrespiratórias e câncer pulmonar. Um estudo realizado na região do Delta do Rio das Pérolas (China) demonstrou o impacto negativo das emissões de embarcações marítimas à saúde humana. Foram estimados os impactos potenciais na saúde usando riscos relativos de mortalidade e hospitalização. Os resultados demonstraram a influência dos poluentes SO₂, NO₂, O₃ e MP₁₀ combinados em regiões próximas ao porto com um possível aumento de mortes e outros eventos de saúde, quando comparados a pontos mais distantes ao porto. Os autores sugerem que a aderência às normas da MARPOL contribuiria com o controle das emissões e, conseqüentemente, com os eventos de saúde⁷⁹.

Alvarez avaliou o impacto ambiental proveniente das partículas geradas pela carga de grãos dos navios em pessoas residentes dos bairros próximos ao Porto de Santos. Esse levantamento foi resultado de uma análise de dados da Companhia de Docas do Estado de São Paulo, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e da Prefeitura de Santos, no período de janeiro de 2013 a maio de 2016 e relacionou o desembarque dos produtos e a poluição atmosférica. Foi também realizada uma revisão em artigos, jornais, revistas e websites que apontou para a deterioração da qualidade do ar nos bairros próximos ao Porto. Demonstrou-se que, apesar dos níveis não ultrapassarem os limites naquele período, o número de internações por doenças respiratórias aumentou, atingindo 3.739 em 2015. Os resultados indicaram que o controle ambiental se fez de maneira errônea, pois por influência das chuvas e dos ventos a concentração de poluentes diminuiu apesar das emissões aumentarem. Os autores ressaltam que a divulgação de informações e alertas a população para uso de máscaras, o controle mais rigoroso das emissões e a elaboração de normativas com indicação de tecnologias ou mesmo medidas simples como cobertura específica para os porões dos navios podem minimizar o impacto das atividades. O atendimento dessas medidas determinaria a melhora da qualidade do ar, independentemente das condições meteorológicas²³.

Sarra e Mulfarth analisaram a poluição atmosférica na cidade de Santos e suas repercussões para a saúde. O artigo cita o relatório da CETESB de 2015, que mostra como fontes de MP₁₀ na região da Ponta da Praia estão relacionadas a manipulação, transferência e transporte de grãos. Em relação a MP_{2,5} a principal fonte é a queima de combustível dos veículos. Foram analisados os anos de 2001, 2002; 2013 e 2014 e 2020. Pelo acesso ao

(Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde DATASUS) foram levantados os dados de internações por afecções respiratórias nestes períodos. Observou que a proporção de internações aumentou com o aumento do volume de exportações de grãos nos meses de março, abril e maio, superando o período de inverno. Os resultados mostraram uma necessidade de medidas de controle sobre a emissão destes poluentes que tanto expõem a população a riscos de doenças agudas como a longo prazo, relacionando aumento da mortalidade associada a doenças cardíacas e efeitos cardiogênicos²³.

3. OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho foi analisar se existe uma possível relação entre os poluentes atmosféricos ambientais, emitidos pelos navios no município de Santos (SP), e o número de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias.

Objetivos específicos:

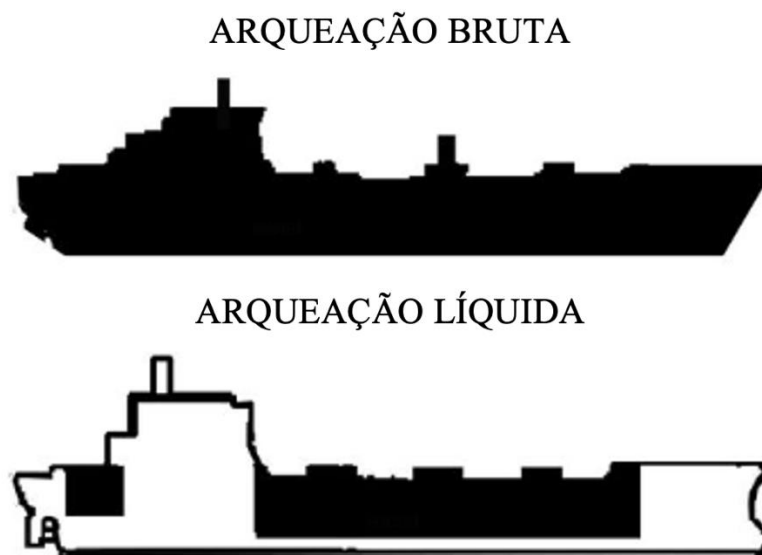
- Quantificar a emissão de poluentes do ar proveniente do tráfego dos navios no Porto de Santos;
- Analisar se os poluentes emitidos pelos navios são detectados na estação de análise da qualidade do ar da CETESB localizada na Ponta da Praia, no município de Santos (SP);
- Analisar a ocorrência de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias no município de Santos (SP).

4. METODOLOGIA

4.1. Emissões de poluentes pelos navios no Porto de Santos

O fluxo de mercadorias movimentadas e o número de atracções foi extraído do mensário estatístico do Porto de Santos para o período estudado, segmentado em carga geral, granel líquido e granel sólido¹⁷. O cálculo das emissões mensais dos navios foi feito utilizando a metodologia desenvolvida pelo *Transport Research Laboratory* (TRL), baseada nos estudos de Hickman⁸⁰. Nesses cálculos, são utilizados o volume transportado, o porte dos navios e a conversão simplificada da tonelagem⁴⁶. Posteriormente, faz-se então a conversão do volume de cargas transportadas em frações de poluentes atmosféricos, levando em conta o porte dos navios e seus trajetos de navegação desde o fundeadouro, próximo à entrada do canal, até o ponto de atracção.

Para a execução dessa metodologia, foi necessária a determinação dos seguintes coeficientes: fator operacional (potência usada em manobra), duração da viagem e fator de maquinário (conversão da arqueação líquida em arqueação bruta, representada na Figura 7)⁸¹.



Fonte: imagem autoral.

Figura 7 – Arqueação bruta e arqueação líquida.

O fluxo de mercadorias movimentadas mês a mês no período de janeiro de 2021 a fevereiro de 2022 foi registrado para os segmentos de carga geral, granel sólido e granel líquido. Uma vez obtidos os valores de arqueação bruta⁸¹ mensais desses segmentos, realizou-se o cálculo do consumo de diesel em toneladas necessário para o transporte dessas mercadorias ao longo de um período de 24h, conforme a Tabela 4 a seguir⁸⁰.

Tabela 4 – Consumo na potência máxima (t/dia) em função da arqueação bruta.

Tipo do navio	Consumo médio (t/dia)	Consumo na potência máxima (t/dia) em função da arqueação bruta
Granel Sólido	33,80	$C = 20,186 + 0,00049 \times AB$
Granel Líquido	41,15	$C = 14,685 + 0,00079 \times AB$
Carga Geral	21,27	$C = 9,8197 + 0,00143 \times AB$

Abreviações: AB = arqueação bruta; C = consumo.

Posteriormente, o cálculo da quantidade de diesel efetivamente consumida foi realizado, tendo em vista qual a fração das 24 horas em que o navio esteve de fato em funcionamento, para o seguinte trecho: da área de fundeadouro, entrada do canal do Porto de Santos, até atracação e da desatracação até a saída do canal⁴⁸. Além da duração da viagem, definiu-se qual a potência do navio utilizada em manobra (fator operacional)⁸⁰. A Figura 8 mostra a área de fundeadouro dividida de acordo com sua destinação.



Fonte: Adaptado de: Complexo Portuário de Santos [Internet]⁸².

Figura 8 – Área de fundeadouro do Porto de Santos de acordo com sua destinação.

Para cada tonelada de diesel efetivamente consumida, foram determinadas as frações dos poluentes NO_x, SO_x, CO, COV, MP e CO₂ lançadas na atmosfera para categorizar e quantificar a poluição emitida pelo fluxo de navios do Porto de Santos. Não foram considerados no cálculo os navios de passageiros^{80,83}.

4.2. Emissões de poluentes mensurados pela CETESB

Além da quantificação dos poluentes emitidos pelos navios, foram analisados os poluentes detectados pela estação de análise da qualidade do ar da CETESB localizada na Ponta da Praia em Santos no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022. O monitoramento da qualidade do ar (QUALAR) é realizado pela estação da CETESB denominada “Santos – Ponta da Praia”. Essa estação é móvel e localiza-se nas dependências do Complexo Esportivo Rebouças, na Praça Eng. José Rebouças s/n, Ponta da Praia^{59,60}. A estação “Santos – Ponta da Praia” é a estação santista da CETESB com maior proximidade do Porto de Santos, indicando a qualidade do ar da região portuária e de seu entorno, e está configurada para monitorar os seguintes poluentes de interesse para este trabalho: partículas inaláveis (MP₁₀ e MP_{2,5}), SO₂ e óxidos de nitrogênio (NO, NO_x e NO₂)^{59,60}. Neste estudo, foram comparados apenas os poluentes que são aferidos na estação “Santos – Ponta da Praia” que foram quantificados no método já descrito para os navios.

4.3. Eventos respiratórios registrados no município de Santos

Para a verificação da ocorrência de doenças respiratórias no município de Santos, foi realizado um estudo de aspecto observacional e analítico por meio de uma pesquisa no banco de dados do Departamento de Informática do SUS do Estado de São Paulo usando o TabNet, uma ferramenta desenvolvida pelo DATASUS que permite tabulações das bases de dados do SUS (DATASUS – TabNet: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>)⁸⁴.

Com base no período estudado, foram pesquisados os dados de atendimentos no SUS na cidade de Santos de acordo com os códigos para doenças respiratórias categorizadas na Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde, versão 10 (CID-10).

Ao acessar a página do TabNet e direcionar-se às informações “Epidemiológicas e Morbidade” e, em seguida, “Morbidade Hospitalar do SUS > Geral, por local de internação”, a tela abaixo, para seleção dos parâmetros de pesquisa, é apresentada (Figura 9):

› MORBIDADE HOSPITALAR DO SUS - POR LOCAL DE INTERNAÇÃO - SÃO PAULO

Linha	Coluna	Conteúdo
Regime	Ano/mês processamento	Internações
Capítulo CID-10	Ano processamento	AIH aprovadas
Lista Morb CID-10	Ano/mês atendimento	Valor total
Faixa Etária 1	Ano atendimento	Valor serviços hospitalares

› PERÍODOS DISPONÍVEIS

Dez/2022
Nov/2022
Out/2022
Set/2022
Ago/2022
Jul/2022

› SELEÇÕES DISPONÍVEIS

- ☑ Município
- ☑ Região de Saúde (CIR)
- ☑ Macrorregião de Saúde
- ☑ Divisão administ estadual
- ☑ Microrregião IBGE
- ☑ Região Metropolitana - RIDE
- ☑ Estabelecimento
- ☑ Caráter atendimento
- ☑ Regime
- ☑ Capítulo CID-10
 - ☐ Direito o texto e ache fácil
 - III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár
 - IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas
 - V. Transtornos mentais e comportamentais
 - VI. Doenças do sistema nervoso
 - VII. Doenças do olho e anexos
 - VIII. Doenças do ouvido e da apófise mastóide
 - IX. Doenças do aparelho circulatório
 - X. Doenças do aparelho respiratório
 - XI. Doenças do aparelho digestivo
 - XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo
- ☑ Lista Morb CID-10
- ☑ Faixa Etária 1
- ☑ Faixa Etária 2
- ☑ Sexo
- ☑ Cor/raça

Figura 9 – Captura da tela do TabNet utilizada para o levantamento de eventos de saúde.

Foram selecionados: lista de morbidades da CID-10 (linha), ano/mês de atendimento (coluna) e autorizações para internação hospitalar (AIH) aprovadas (conteúdo). Subsequentemente, selecionou-se o município de Santos, o período estudado (jan/2021 a dez/2022) e o capítulo X – Doenças do aparelho respiratório da CID-10. Na análise posterior da faixa etária, este parâmetro também foi filtrado para <1 a 19 anos de idade, 20 a 59 anos de idade e 60 anos de idade ou mais.

4.4. Análise estatística

Após a caracterização das emissões de poluentes atmosféricos de navios e segundo a estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” e do levantamento dos eventos relativos a doenças respiratória na cidade de Santos, o software TIBCO Statistica™ versão 14.0.0.15 foi utilizado para as análises estatísticas.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi empregado para avaliar a distribuição normal dos dados. Para a interpretação dos resultados, adotou-se o valor de significância estatística de 5% ($p < 0,05$).

Quando apropriado, foram feitas correlações de Pearson considerando os pré-requisitos de relação linear entre as variáveis contínuas de interesse: valores calculados dos poluentes pelo método do TRL e valores obtidos no monitoramento da qualidade do ar (QUALAR) realizado pela estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” para analisar a força da relação com o número de eventos de saúde relacionados ao CID de Doenças do aparelho respiratório na cidade de Santos. Foram feitas também correlações entre número de navios por tipo de carga e NOx. A magnitude dos coeficientes de correlação foi classificada em módulo de acordo com Cohen (1988): inexistente ou fracos entre 0 e 0,29; moderado entre 0,30 e 0,49; e forte entre 0,5 e 1⁸⁵.

5. RESULTADOS

O cálculo da quantidade de diesel consumido pelos navios com base no TRL foi usado para a determinação mensal acumulada da emissão de poluentes no período estudado. Os resultados dos cálculos referentes ao período de janeiro de 2021 a fevereiro de 2022 estão apresentados na Figura 10A (NO_x acumulado), Figura 10B (CO, SO_x, COV e MP acumulados) e Figura 10C (CO₂ acumulado).

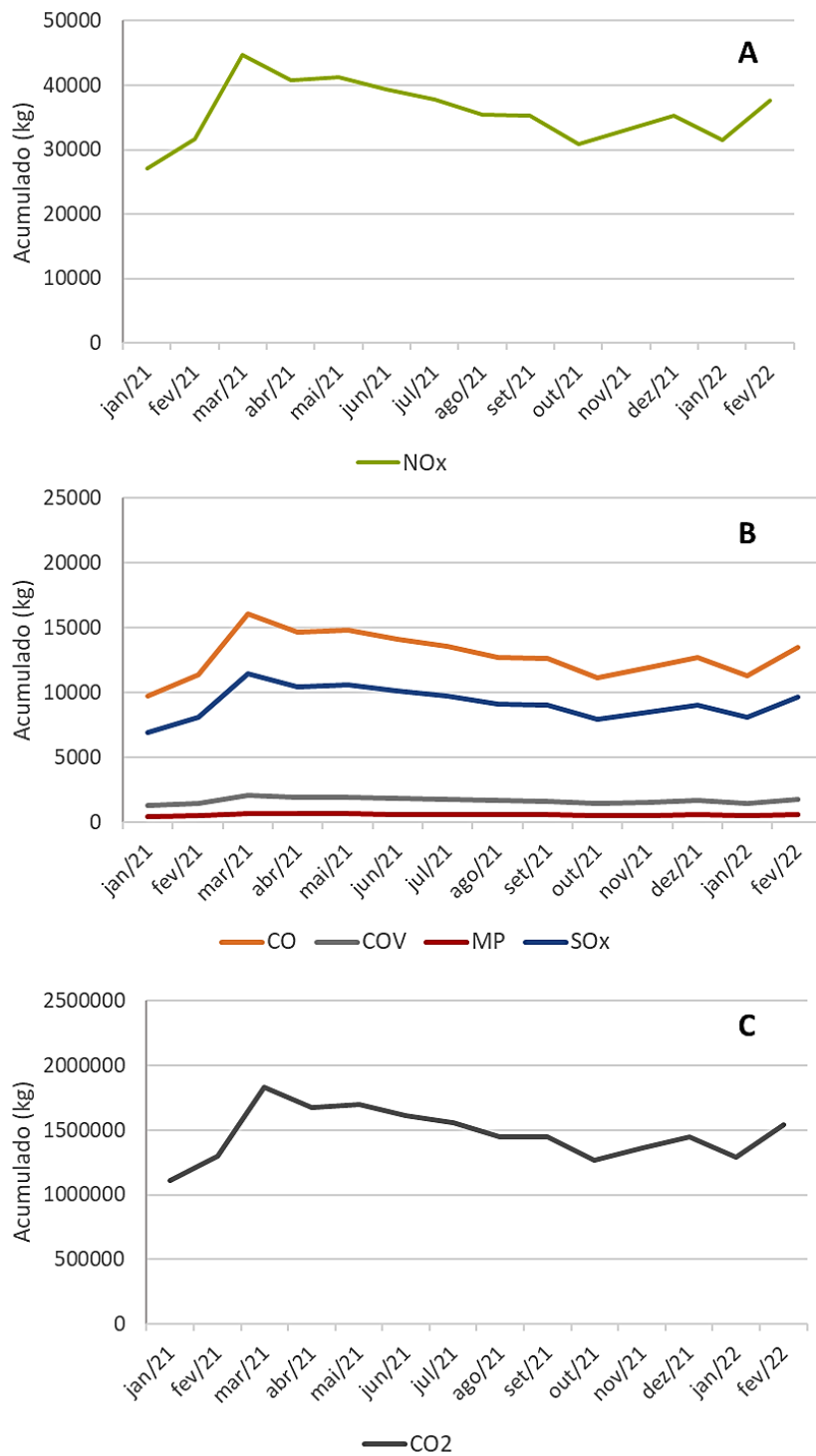


Figura 10 – Emissão acumulada mensal dos poluentes (A) NOx; (B) SOx, CO, COV e MP; e (C) CO₂ calculados a partir do TRL nos períodos de janeiro de 2021 a fevereiro de 2022.

A Figura 11 apresenta o número de atracações por tipo de carga, sendo que o maior número total de atracações foi observado no mês de julho de 2022 (n = 506) e o menor em janeiro de 2021 (n = 373). O maior número de atracações de carga geral foi em agosto de 2022 (n = 250), de granel sólido em março de 2022 (n = 182) e de granel líquido em outubro de 2022 (n = 92).

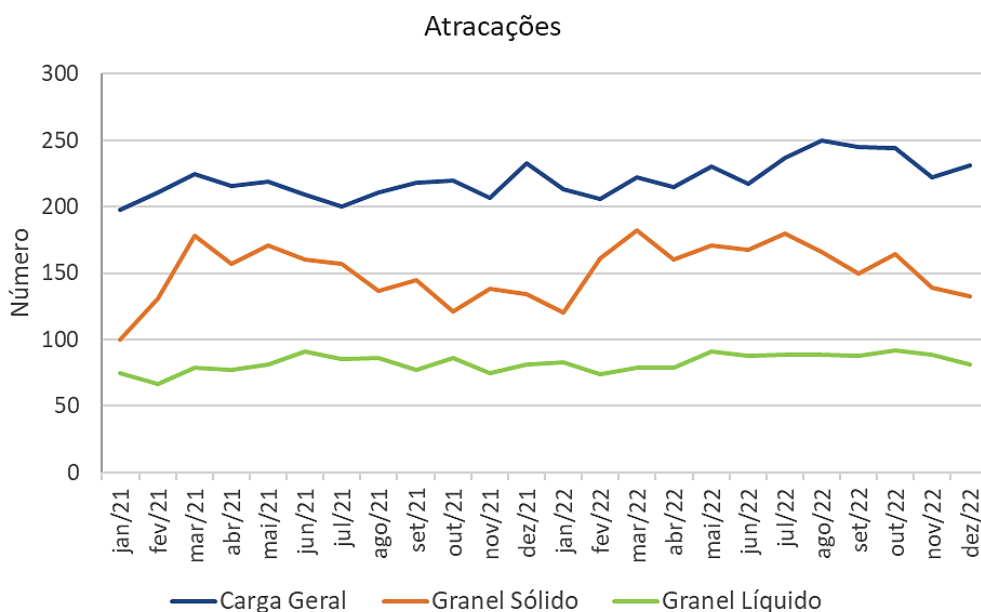


Figura 11 – Número de atracções registradas no Porto de Santos no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022 por tipo de navio de acordo com a carga transportada.

Dentre os poluentes dos segmentos carga geral, granel sólido e granel líquido, os óxidos de nitrogênio (NOx) representaram a maior fração, com valores máximos aproximados de 10.000 kg/mês para carga geral e granel líquido e 25.000 kg/mês para granel sólido.

A análise de NOx por mercadoria transportada em todos os meses analisados indicou sua maior emissão em navios de granel sólido em comparação aos demais tipos de navio estudados (Figura 12).

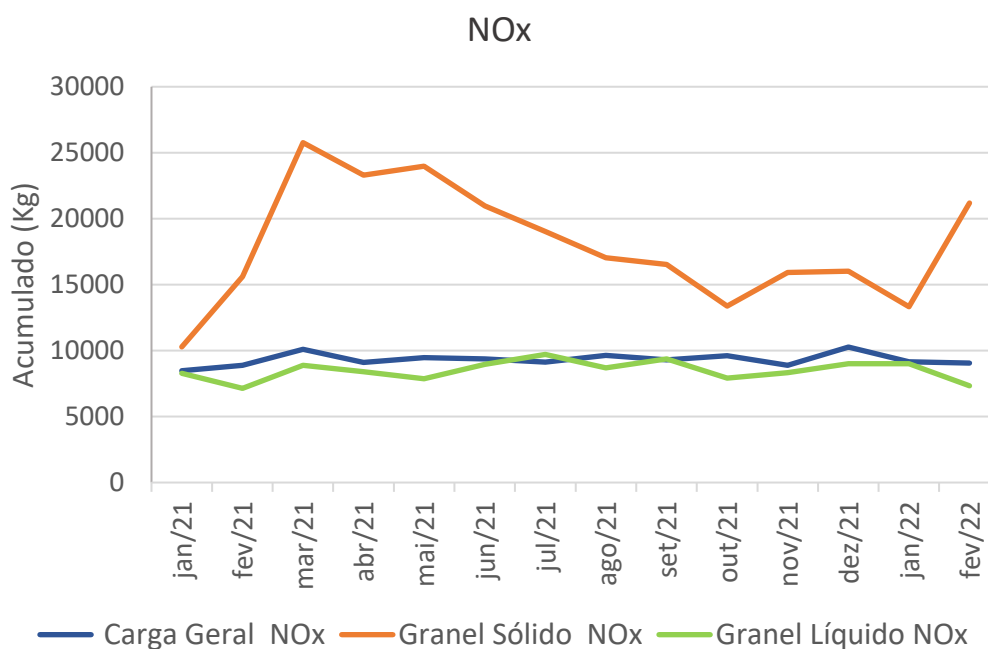


Figura 12 – Emissão acumulada de NOx pelos navios do Porto de Santos no período de janeiro de 2021 a fevereiro de 2022 de acordo com o tipo de carga.

O gráfico da Figura 13 apresenta valores mensais dos poluentes MP_{2,5}, MP₁₀, SO₂, NO, NOx e NO₂ monitorados pela estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” desde janeiro de 2021 até dezembro de 2022. De acordo com os PQAr nacionais (Res. nº 491/2018 do CONAMA) e estaduais (Res. nº 4/2021 do CONSEMA) para as metas vigentes (MI3), as médias mensais de SO₂ e NO₂ não apresentaram ultrapassagens. Já os valores médios mensais de MP_{2,5} apresentaram duas ultrapassagens, em julho de 2021 e 2022; houve quatro ultrapassagens dos valores médios mensais de MP₁₀, sendo eles em maio, junho e julho de 2021 e julho de 2022. Os PQAr de NOx e NO não são regulamentados. Os valores das médias mensais dos poluentes monitorados na Estação da CETESB “Santos –Ponta da Praia” no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022 são apresentados na Tabela 5 e as ultrapassagens estão indicadas em vermelho.

Tabela 5 – Valores das médias mensais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos poluentes monitorados na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

	JAN 21	FEV 21	MAR 21	ABR 21	MAI 21	JUN 21	JUL 21	AGO 21	SET 21	OUT 21	NOV 21	DEZ 21
MP ₁₀	16	21	24	23	37	34	37	28	28	21	21	19
NO ₂	19	25	23	24	31	27	36	29	26	20	20	22
NO	12	22	21	23	32	29	40	24	14	10	11	17
NO _x	20	31	29	31	43	38	52	35	25	19	19	26
MP _{2,5}	12	11	11	9	14	12	18	14	13	8	9	9
SO ₂	1	2	2	2	3	2	3	2	1	1	2	2

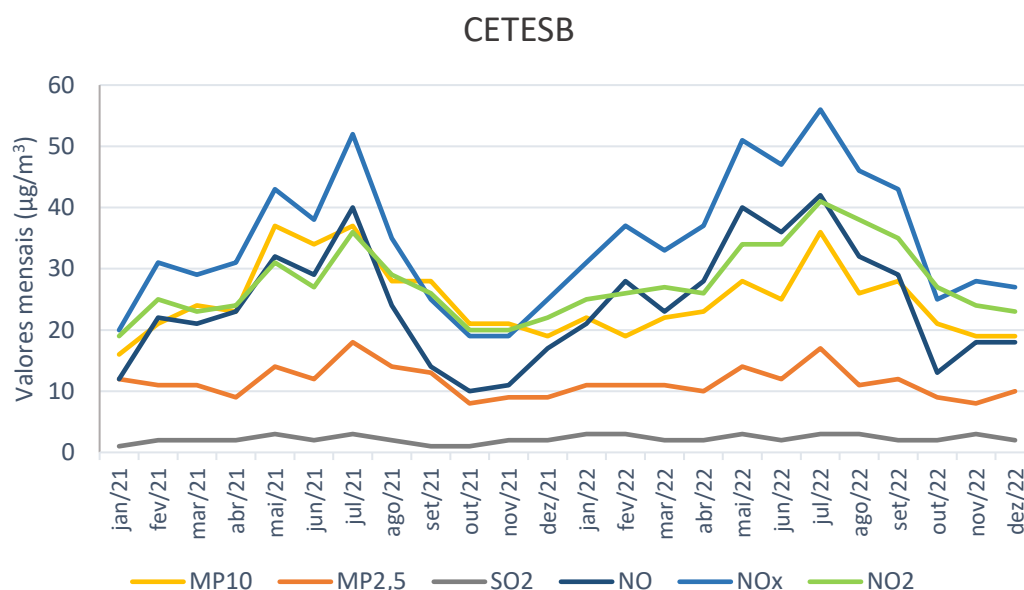
	JAN 22	FEV 22	MAR 22	ABR 22	MAI 22	JUN 22	JUL 22	AGO 22	SET 22	OUT 22	NOV 22	DEZ 22
MP ₁₀	22	19	22	23	28	25	36	26	28	21	19	19
NO ₂	25	26	27	26	34	34	41	38	35	27	24	23
NO	21	28	23	28	40	36	42	32	29	13	18	18
NO _x	31	37	33	37	51	47	56	46	43	25	28	27
MP _{2,5}	11	11	11	10	14	12	17	11	12	9	8	10
SO ₂	3	3	2	2	3	2	3	3	2	2	3	2

Fonte: CETESB; Sistema de informações da qualidade do ar – QUALAR.

Obs.: as ultrapassagens segundo as metas vigentes estão indicadas em vermelho.

Considerando o relatório de distribuição da qualidade do ar da CETESB, que é uma avaliação de curto prazo, as medições se encontraram majoritariamente dentro da classificação boa (N1) para todos os poluentes analisados. Apenas MP_{2,5} e MP₁₀ apresentaram algumas medições com qualidade do ar moderada (N2): julho e agosto de 2021 e maio a setembro de 2022 para MP_{2,5}, e maio a setembro de 2021 e 2022 para MP₁₀. Em setembro de 2022, MP₁₀ foi classificado como ruim (N3).

Conforme mencionado, as aferições de NO₂, NO, NO_x e SO₂ no período analisado se mantiveram em N1. Vale ressaltar que os maiores valores médios mensais de NO₂ (n = 712) foram observados entre maio e setembro de 2021 e 2022.



Fonte: CETESB; Sistema de informações da qualidade do ar – QUALAR.

Figura 13 – Valores médios mensais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos poluentes monitorados pela Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

A Figura 14 e a Figura 15 mostram a análise de correlação das emissões da variável dos NOx granel sólido e os valores acumulados de carga geral, granel sólido e granel líquido calculados por meio do método do TRL com a concentração do poluente NOx monitorado pela CETESB no período de fevereiro de 2021 a fevereiro de 2022. Os resultados revelam que os valores do poluente do ar NOx granel sólido e acumulado apresentam uma associação forte e estatisticamente significativa com os valores obtidos pela CETESB ($p < 0,05$). Na análise da emissão calculada de NOx carga geral e granel líquida não foram encontradas associações entre essas variáveis e a concentração de NOx obtida pela CETESB. Os dados do poluente SO₂ obtidos pela CETESB não apresentam distribuição normal.

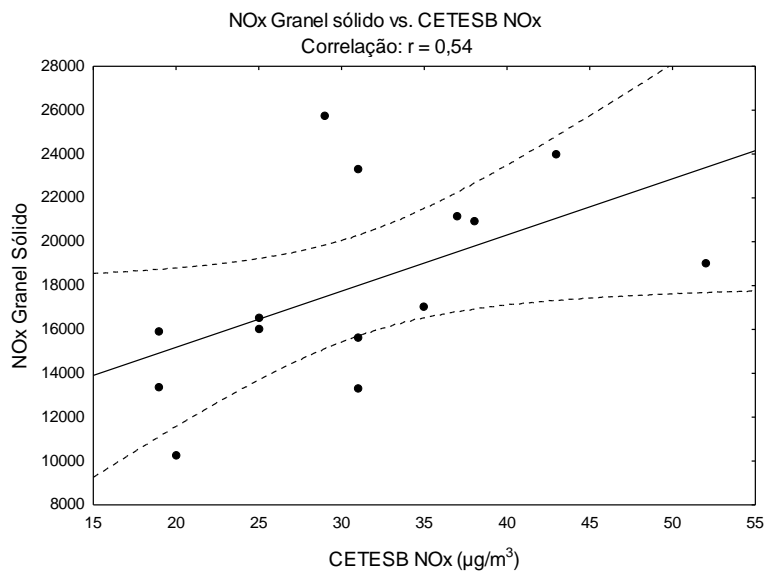


Figura 14 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NOx dos segmentos de granel sólido e valores mensais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos poluentes monitorados na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia”.

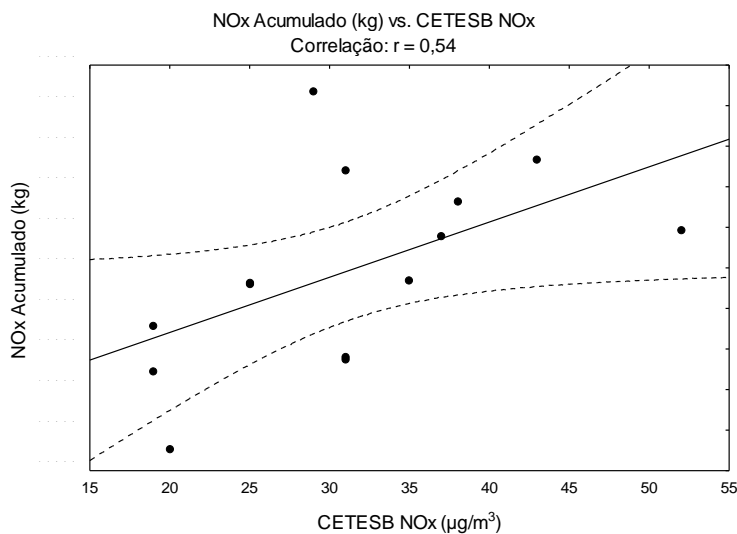


Figura 15 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NOx dos segmentos acumulados, e valores mensais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos poluentes monitorados na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia”.

Os cálculos da emissão de NOx com relação à carga geral (Figura 16), granel sólido (Figura 17) e líquido (Figura 18), assim como o valor total (Figura 19), apresentam uma associação forte e estatisticamente significativa com número total de atracções de cada tipo de carga obtidos mensalmente em 2021 e 2022 (respectivamente, $r = 0,85$; $r = 0,97$; $r = 0,57$; $r = 0,94$; $p < 0,05$).

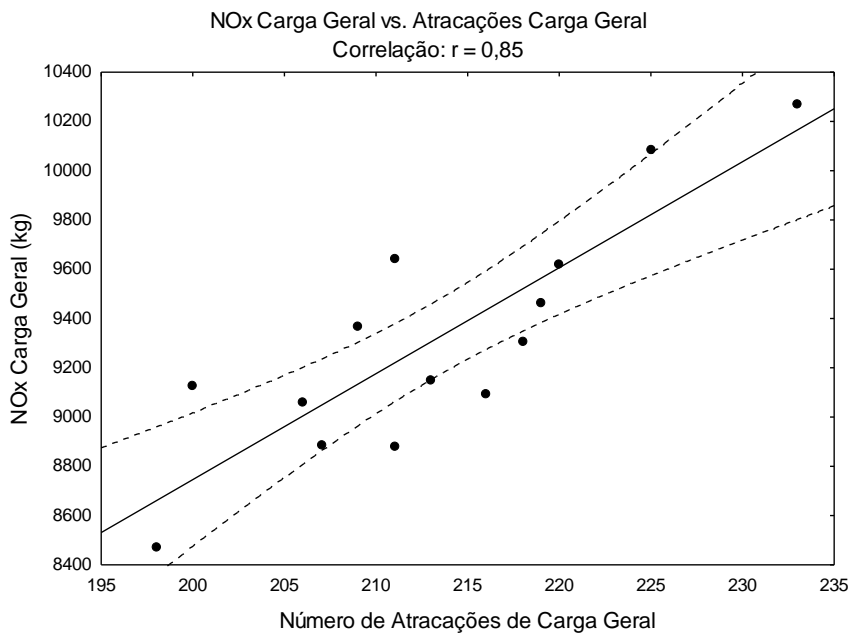


Figura 16 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NOx do segmento de carga geral, e número de atracções mensais de carga geral no Porto de Santos.

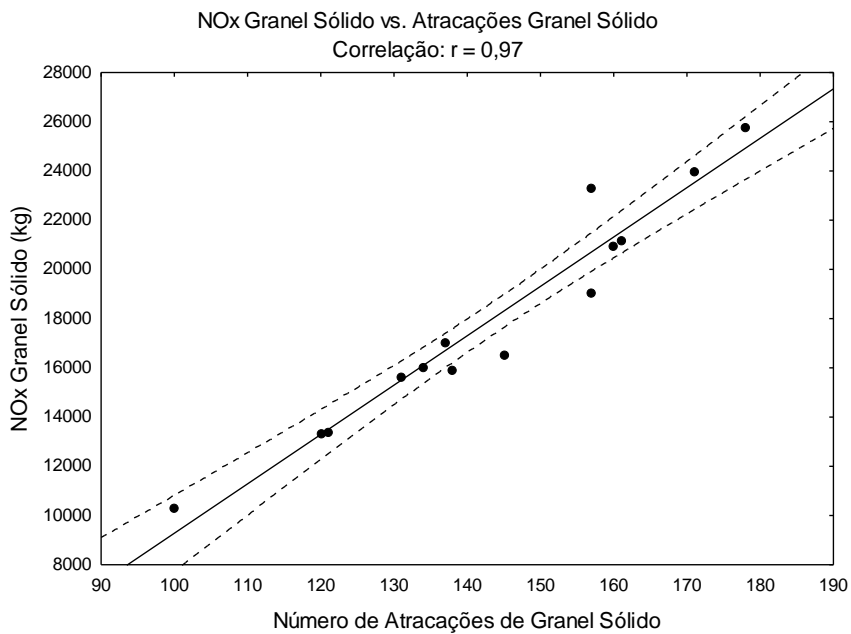


Figura 17 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NOx do segmento de granel sólido, e número de atracções mensais de granel sólido no Porto de Santos.

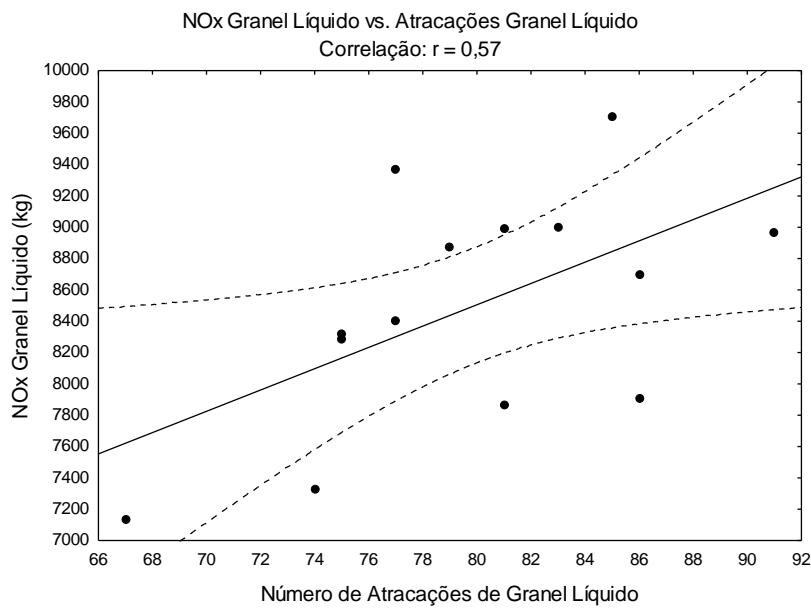


Figura 18 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NOx do segmento de granel líquido, e número de atracções mensais de granel líquido no Porto de Santos.

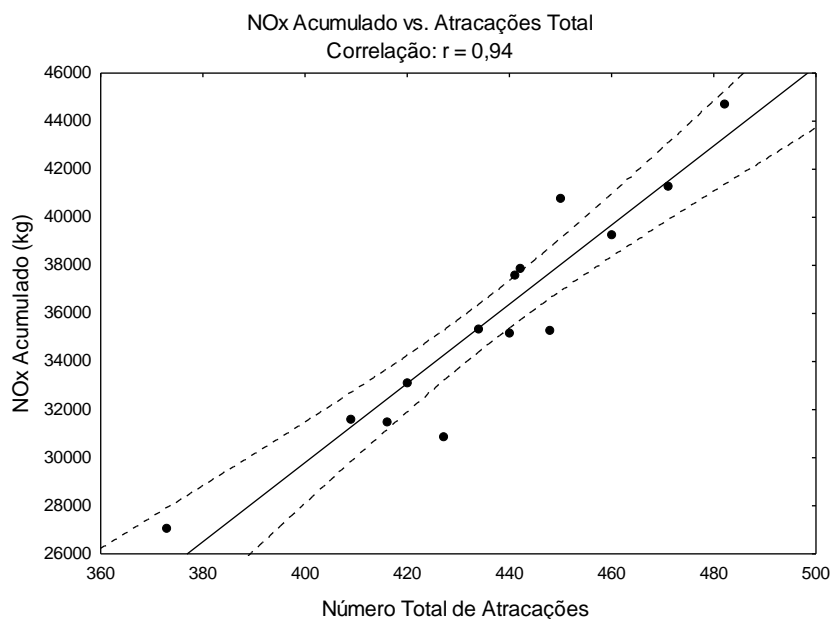


Figura 19 – Correlação de Pearson (r) entre a emissão do poluente NOx dos segmentos acumulados, e número total de atracções mensais no Porto de Santos.

A Tabela 6 resume o levantamento de dados no DATASUS para o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022 da classificação do CID-10 para doenças do aparelho respiratório (Capítulo X, J00-J99). No período analisado, foram registrados 3688 eventos relacionados a doenças respiratórias em geral, excluindo gripe por *Influenza* e COVID-19. Os meses com

maior número de eventos de saúde (>200/mês) foram dezembro de 2021 (n = 219), janeiro (n = 234), maio (n = 210), julho (n = 244), agosto (n = 232), setembro (n = 239) e outubro de 2022 (n = 209).

Tabela 6 – Número de eventos de saúde registrados no SUS para doenças do aparelho respiratório (Cap. X do CID-10) no município de Santos (SP) no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

Lista CID-10	2021 Jan	2021 Fev	2021 Mar	2021 Abr	2021 Mai	2021 Jun	2021 Jul	2021 Ago	2021 Set	2021 Out	2021 Nov	2021 Dez	TOTAL
Outras doenças do aparelho respiratório	34	44	46	47	46	43	48	41	55	59	74	96	633
Pneumonia	16	23	48	20	18	16	34	26	28	38	37	79	383
Bronquite, enfisema e outras DPOC	4	6	9	5	2	5	13	6	12	6	9	14	91
Bronquite aguda e bronquiolite aguda	3	10	15	3	6	6	8	12	5	1	6	17	92
Asma	-	-	4	2	5	7	1	4	14	5	10	7	59
Outras infecções agudas das vias aéreas superiores	-	-	1	-	1	-	-	-	1	1	-	1	5
Outras doenças do nariz e dos seios paranasais	3	1	-	-	1	1	1	2	-	1	-	-	10
Outras doenças do trato respiratório superior	3	1	-	-	2	2	-	-	1	-	-	3	12
Bronquiectasia	-	-	-	2	1	-	-	-	-	1	-	-	4
Laringite e traqueíte agudas	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	3
Doenças crônicas das amígdalas e das adenóides	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	4
Faringite aguda e amigdalite aguda	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2
Pneumoconiose	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Doenças do aparelho respiratório (CID: J00-99)	65	85	123	79	82	80	106	92	119	113	136	219	1299

Lista CID-10	2022 Jan	2022 Fev	2022 Mar	2022 Abr	2022 Mai	2022 Jun	2022 Jul	2022 Ago	2022 Set	2022 Out	2022 Nov	2022 Dez	TOTAL
Outras doenças do aparelho respiratório	86	58	79	74	69	66	87	77	103	85	63	66	913
Pneumonia	110	52	73	68	86	88	98	91	98	75	82	66	987
Bronquite, enfisema e outras DPOC	17	8	16	15	18	16	24	26	19	21	14	11	205
Bronquite aguda e bronquiolite aguda	14	12	12	11	27	9	20	10	3	7	12	10	147
Asma	1	-	5	2	9	9	7	17	10	15	9	4	88
Outras infecções agudas das vias aéreas superiores	1	1	-	-	-	1	5	5	4	2	-	2	21
Outras doenças do nariz e dos seios paranasais	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	4
Outras doenças do trato respiratório superior	1	-	-	-	-	1	-	2	1	-	-	-	5
Bronquiectasia	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
Laringite e traqueíte agudas	1	-	-	-	1	-	1	1	1	-	-	-	5
Doenças crônicas das amígdalas e das adenóides	-	1	1	1	-	1	1	-	-	1	1	-	7
Faringite aguda e amigdalite aguda	1	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	5
Pneumoconiose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Doenças do aparelho respiratório (CID: J00-99)	234	132	187	171	210	191	244	232	239	209	181	159	2389

Obs.: Os meses com mais de 200 eventos de saúde estão destacados em negrito.

A evolução do número de eventos durante o período analisado é apresentada na

Figura 20.

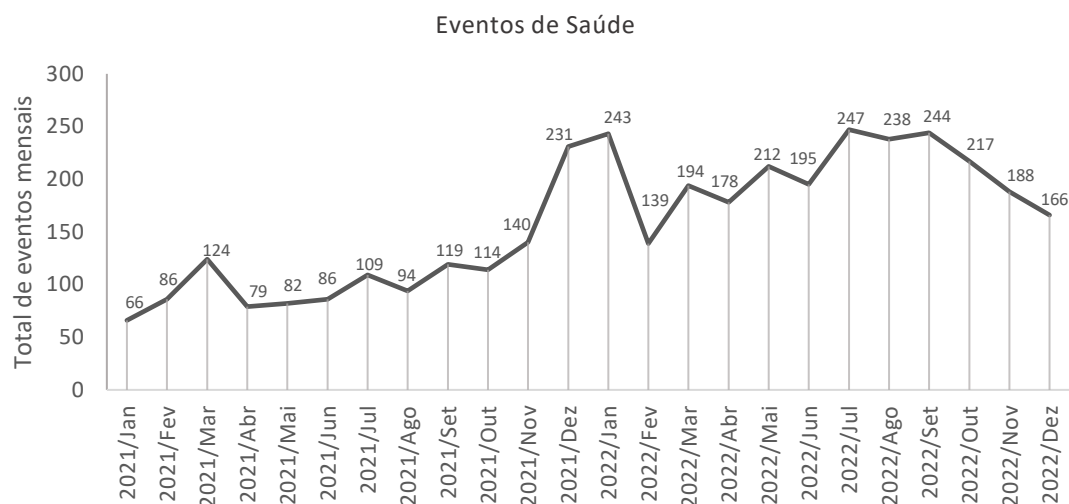


Figura 20 – Evolução do número de eventos de saúde registrados no SUS para doenças do aparelho respiratório (Cap. X do CID-10) no município de Santos (SP) no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

Os dados levantados de eventos do aparelho respiratório separados por faixa etária estão apresentados na Tabela 7. Os registros de eventos de saúde do aparelho respiratório foram maiores nas crianças e adolescentes (<1-19 anos, n = 1156) e na população idosa (+60 anos; n = 1549) em comparação à população adulta (20-59 anos; n = 925).

Tabela 7 – Número de eventos de saúde registrados no SUS por faixa etária para doenças do aparelho respiratório (Cap. X do CID-10) no município de Santos (SP) no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

CID-10: Doenças do aparelho respiratório (J00-99)

IDADE	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1 a 19 anos	27	38	49	12	24	27	35	35	35	37	39	93
20 a 59 anos	24	31	22	27	36	34	39	46	28	39	33	57
60 anos ou mais	30	33	46	36	36	26	36	64	71	69	70	85

IDADE	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1 a 19 anos	52	58	49	40	91	74	79	76	56	51	54	25
20 a 59 anos	49	32	64	40	40	34	42	55	55	50	38	10
60 anos ou mais	98	60	76	78	93	93	88	90	80	93	64	34

Foi realizada a análise de correlação de Pearson das variáveis NOx granel sólido e acumulado com os eventos de saúde hospitalares registrados no SUS no município de Santos (SP) e classificados como doenças do aparelho respiratório segundo o código CID-10 (Cap. X). Não foram encontradas associações entre o NOx calculado via TRL e as doenças respiratórias analisadas.

Em relação às emissões do poluente NOx monitorados pela CETESB, foi observada uma associação moderada e estatisticamente significativa com a concentração de NOx no ar e eventos de doenças respiratórias, como a bronquite aguda e bronquiolite aguda ($r = 0,43$; $p < 0,05$; Figura 21A) e bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas ($r = 0,44$; $p < 0,05$; Figura 21B).

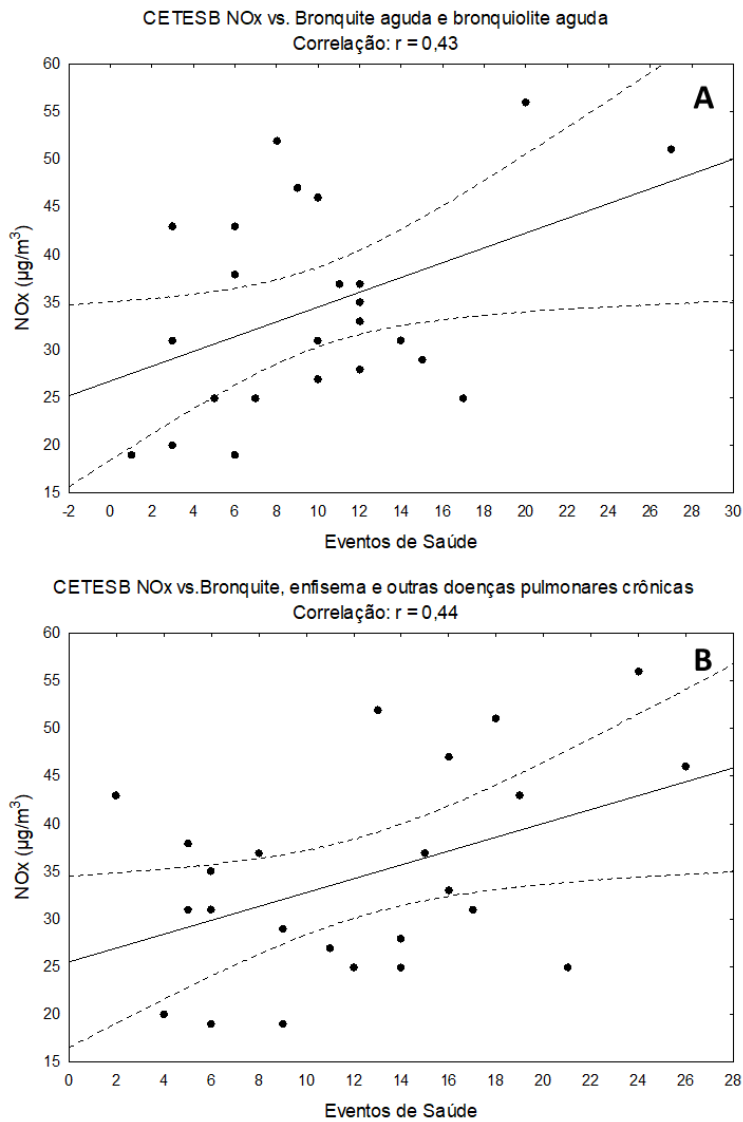


Figura 21 – Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares de **(A)** bronquite aguda e bronquiolite aguda e **(B)** bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas segundo classificação do CID-10 para doenças do aparelho respiratório na cidade de Santos.

A Figura 22 ilustra a associação moderada e estatisticamente significativa das emissões do poluente NO monitorado pela CETESB e dos eventos de bronquite aguda e bronquiolite aguda ($r = 0,43$; $p < 0,05$).

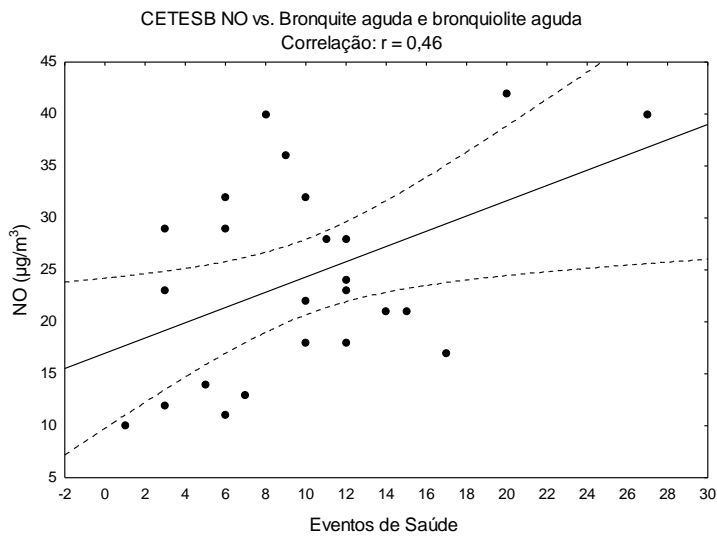


Figura 22 – Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares de bronquite aguda e bronquiolite aguda segundo classificação do CID-10 na cidade de Santos.

As variáveis dos eventos de saúde classificados no Capítulo X do CID-10 (1) pneumonia e bronquite; (2) enfisema e outras doenças pulmonares crônicas; e (3) número total de doenças do aparelho respiratório mostraram associação significativa com emissões de NO_2 ($p < 0,05$; Figura 23A, Figura 23B e Figura 23C). Os resultados revelam que os valores do poluente do ar NO_2 e o número de eventos de bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas apresentam uma associação forte ($r = 0,61$) e estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

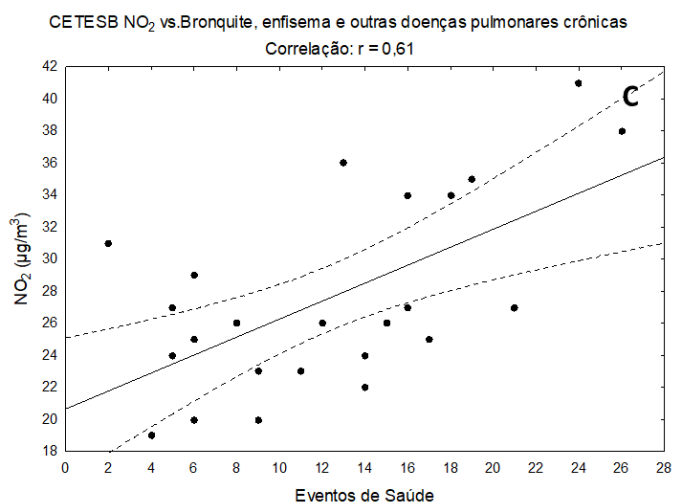
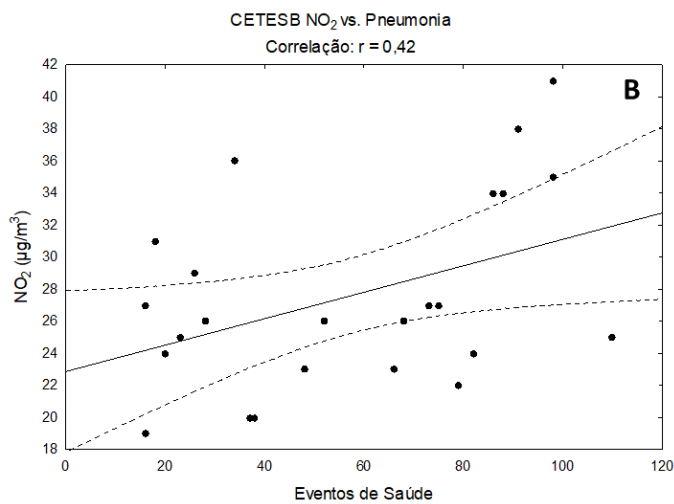
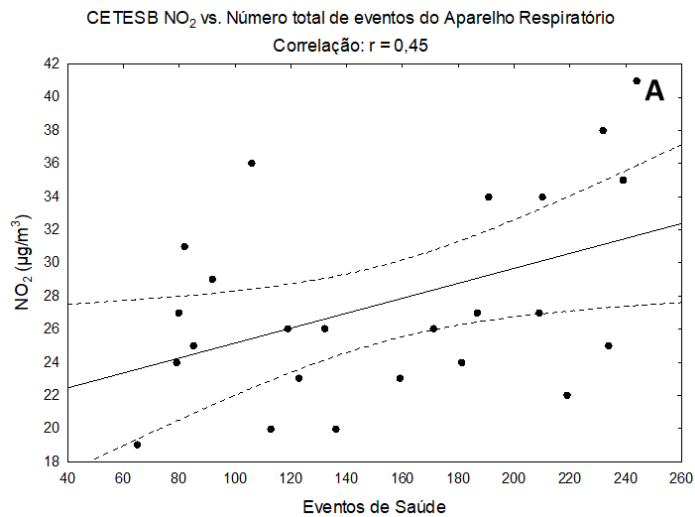


Figura 23 – Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO₂ (µg/m³) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares de (A) doenças do aparelho respiratório, (B) pneumonia e (C) bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas segundo classificação do CID-10 na cidade de Santos.

A análise de correlação de Pearson mostrou que houve associação moderada e estatisticamente significativa ($p < 0,05$) da emissão de NO_2 no ar com o número total de eventos respiratórios no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022 na população até 19 anos de idade ($r = 0,45$) (Figura 24).

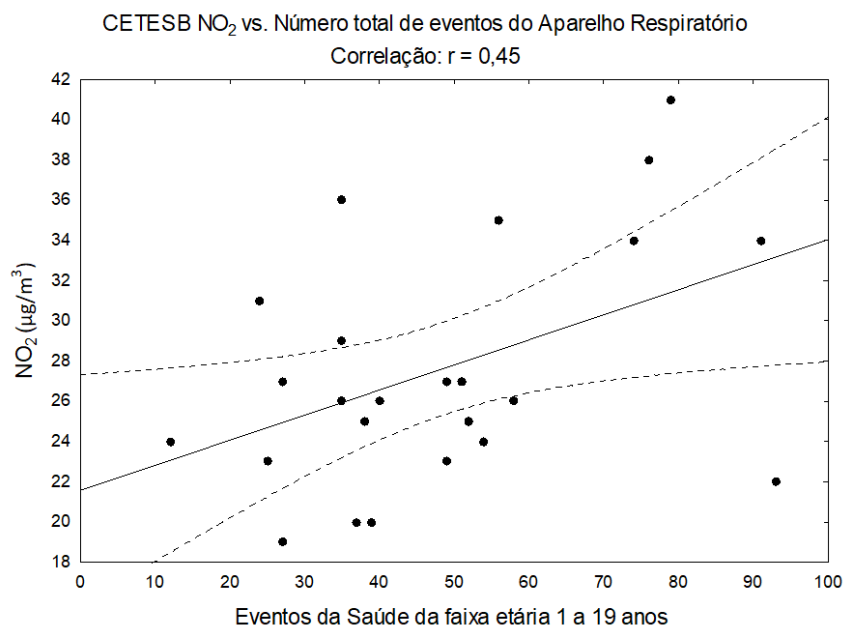


Figura 24 - Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares na faixa etária de <1 a 19 anos.

6. DISCUSSÃO

O desenvolvimento da economia mundial está intimamente relacionado à indústria marítima, sendo o transporte marítimo o modo de transporte de carga mais eficiente em termos energéticos^{24,25}. Considerando que mais de 80% do comércio mundial é transportado pelo mar e que os navios emitem gases poluidores do ar²⁶, esta pesquisa, que verifica a relação entre os poluentes atmosféricos ambientais emitidos pelos navios e os eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias na população que trabalha e vive próximo aos portos, é relevante e atual.

Sarra e Mülfarth, no artigo que avaliou a poluição atmosférica no município de Santos, identificaram a deterioração da qualidade do ar nos bairros próximos ao Porto. Essa situação é muito importante, pois o Porto apresenta muita proximidade com a área urbana do município de Santos, que contempla idosos, jovens, crianças e um número muito grande de turistas nos finais de semana, feriados e férias⁷.

Foi identificado que a emissão de MP₁₀ na região da Ponta da Praia está relacionada a manipulação, transferência e transporte de grãos²³. Além disso, não se pode deixar de considerar a emissão de MP₁₀ proveniente de fontes terrestres, como caminhões, ferrovias, equipamentos de manuseio de carga e armazenamento em ambiente portuário^{36,37}.

Nesse sentido, vale enfatizar que os resultados dessa pesquisa de mestrado identificaram que as maiores emissões de poluentes atmosféricos acompanharam os meses com maior número de atracções de navios. Sendo o Porto de Santos um dos maiores transportadores de grãos, principalmente soja, milho e trigo, é esperado que o volume de granel sólido contribua consideravelmente com a emissão de poluentes. Os resultados verificados corroboram esse raciocínio, pois considerando os PQA_r nacionais e estaduais (Res. nº 4/2021 do CONSEMA) para as metas vigentes (MI3), os valores médios mensais de MP_{2,5} apresentaram ultrapassagens em julho de 2021 e de 2022, sendo julho de 2022 o mês com maior número de atracções de navios. Em relação aos valores médios mensais de MP₁₀, os limites foram ultrapassados em maio, junho e julho de 2021 e julho de 2022. Destaca-se que a qualidade do ar foi moderada em julho e agosto de 2021 e maio a setembro de 2022 para MP_{2,5}, e maio a setembro de 2021 e 2022 para MP₁₀. Em setembro de 2022, a qualidade do ar foi classificada como ruim com base em MP₁₀.

Destaca-se que os poluentes atmosféricos avaliados pelo cálculo do TRL foram NO_x, SO_x, CO, COV, MP e CO₂; e, portanto, estes são os indicadores que podem ser avaliados a partir

do mensário estatístico do Porto de Santos. Já pela estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” é possível verificar os poluentes atmosféricos MP_{2,5}, MP₁₀, SO₂, NO, NO_x e NO₂ por serem indicadores que avaliam, particularmente, a poluição veicular. Ressalta-se que, segundo a recomendação da OMS, os poluentes monitorados pela CETESB são de maior interesse para a saúde pública, com o monitoramento de MP_{2,5}, MP₁₀ e NO₂^{55,56}. Nessa pesquisa, focou-se mais em NO_x por ser o único poluente mensurado tanto pelo método TRL como pela estação CETESB “Santos – Ponta da Praia”, representando a poluição emitida pelos navios que trafegam pelo Porto de Santos.

Evidenciou-se, nessa pesquisa, que a maior emissão acumulada do poluente NO_x por navios correspondeu aos meses com maior transporte de grãos. Particularmente, observou-se uma associação forte e estatisticamente significativa entre o NO_x emitido por navios que transportavam granel sólido e o valor acumulado dos navios com as mensurações de NO_x da CETESB no período de fevereiro de 2021 a fevereiro de 2022. Ou seja, o transporte de grãos gerou maior emissão de NO_x. Segundo Deniz e colaboradores, navios do porto de Ambarli (Turquia) que transportam graneis sólidos apresentam maiores emissões por tonelagem e passam mais tempo atracados⁴⁵, portanto, contribuem consideravelmente com a piora da qualidade do ar. Segundo Sarra e Mülfarth, o manejo do granel sólido emite MP₁₀, que aumenta a suscetibilidade a infecções respiratórias e incidência de pneumonia²³. Na análise da emissão calculada de NO_x de navios de carga geral e de granel líquido não foram encontradas associações entre essas variáveis e a concentração de NO_x obtida pela CETESB.

Em relação às emissões do poluente NO_x monitorados pela CETESB e a ocorrência de eventos respiratórios relatados no DATASUS destaca-se, de antemão, que foi observada uma associação moderada e estatisticamente significativa entre a concentração de NO_x no ar e os eventos de doenças respiratórias, como bronquite aguda, bronquiolite aguda, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas. Ou seja, a maior emissão do poluente NO_x pelos navios no Porto de Santos foi identificada pela estação CETESB “Santos – Ponta da Praia” e houve maior número de eventos respiratórios em pacientes atendidos nos hospitais do município de Santos. Também foi identificada uma associação moderada e estatisticamente significativa entre o poluente NO detectado pela estação da CETESB e a ocorrência dos eventos de saúde bronquite aguda e bronquiolite aguda reportados pelo DATASUS. Esses dados são muito relevantes porque alertam para a necessidade de mais atenção à poluição gerada pelos navios nos portos, considerando-se tanto a exposição da população de trabalhadores portuários como a da

população do município em seu entorno. Isso será melhor discutido posteriormente ao longo do texto.

O levantamento de dados no DATASUS para o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022 da classificação do CID-10 para doenças do aparelho respiratório, excluindo-se gripe por *Influenza* e COVID-19, identificou maior número de eventos de saúde em dezembro de 2021 e janeiro, maio, julho, agosto, setembro e outubro de 2022. Além disso, o número de eventos de saúde foi maior em crianças, adolescentes e idosos do que o ocorrido na população adulta. Ressalta-se a maior vulnerabilidade e, conseqüentemente, a necessidade de mais atenção, para a ocorrência de quaisquer eventos de saúde em crianças e idosos. Uma análise realizada na Turquia, que corrobora os dados dessa dissertação, relacionou poluentes do ar e doenças respiratórias, identificando que os sintomas de asma em crianças estão correlacionados às concentrações de SO₂ e MP₁₀, que por sua vez também estão associados a quadros de doença pulmonar obstrutiva crônica na população idosa^{40, 15}.

Foi descrito que o acúmulo de MP₁₀ pode causar problemas de saúde nas pessoas nos portos de Copenhague e Elsinor. Os autores concluíram que medidas para diminuir a emissão de NO_x e MP₁₀ dos navios, assim como o monitoramento das concentrações desses poluentes nas regiões próximas ao porto, devem ser consideradas⁴³.

Destaca-se que as emissões globais de poluentes por navios contribuem com cerca de 60 mil mortes prematuras por ano devido a causas cardiorrespiratórias e câncer pulmonar. Um estudo realizado na região do Delta do Rio das Pérolas (China) demonstrou o impacto negativo das emissões de embarcações marítimas à saúde humana. Foram estimados os impactos potenciais na saúde usando riscos relativos de mortalidade e hospitalização. Os resultados demonstraram a influência dos poluentes SO₂, NO₂, O₃ e MP₁₀ combinados em regiões próximas ao porto com um possível aumento do número de mortes e outros eventos de saúde quando comparados a pontos mais distantes do porto. Os autores sugerem que a aderência às normas da MARPOL contribuiria com o controle das emissões e, conseqüentemente, com os eventos de saúde⁷⁹.

O crescimento do comércio internacional, especialmente do comércio marítimo de transporte de mercadorias, durante anos ficou isolado das preocupações com a proteção ao meio ambiente. Porém, as emissões dos navios nas regiões portuárias sempre foram alvo de questões, pois o aumento progressivo do movimento marítimo e a conseqüente emissão de poluentes

atmosféricos têm chamado a atenção. Deve-se considerar que as atividades marítimas são uma das principais fontes de poluição do ar, pois os navios com motores de alta potência muitas vezes usam combustíveis pesados como o diesel e o óleo – mais de 95% da frota marítima mundial é alimentada por esses tipos de motor^{24,25}.

Considerando que (i) segundo o ICCT mais de 80% do comércio mundial é transportado pelo mar em termos de toneladas²⁶; (ii) a frota marítima mundial aumentou, aproximadamente, 284% entre 1970 e 2005 de acordo com a UNCTAD^{28,29}; e (iii) a evolução lenta das adequações normativas internacionais, há necessidade de atenção jurídica para que normativas específicas sejam elaboradas protegendo o meio ambiente e a população, como a portuária e do entorno, da poluição gerada pelos navios.

Nesse sentido, é importante ressaltar, mais uma vez, que a proximidade física do Porto de Santos com a população aumenta a responsabilidade socioambiental do Complexo Portuário, sua regulamentação e fiscalização²¹. Deve-se lembrar que tanto a população de trabalhadores portuários como a do entorno estão permanentemente em contato com os poluentes gerados pela atividade portuária e, portanto, sujeitas as consequências do contato com esses poluentes.

Tomando por base a vocação agrícola e pecuária do Brasil e as projeções da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Brasil deverá produzir a maior safra histórica de grãos no ciclo de 2022/2023 (317,6 milhões de toneladas), o que possivelmente acarretará um aumento do volume de transporte de granel sólido para esse ciclo e, conseqüentemente, aumentará a movimentação nos portos e emissão de poluentes atmosféricos⁸⁷. Para compreender melhor as relações entre o número de atracções e sua sazonalidade e a emissão de poluentes é importante que mais pesquisas sejam executadas para subsidiar, tecnicamente, as normativas a serem elaboradas.

Alguns pontos a seguir são apresentados, acompanhados de sugestões para minimizar o impacto negativo dos poluentes gerados pelos navios no trânsito portuário. Considerando a associação identificada entre a ocorrência de eventos de saúde e a emissão de poluentes pelos navios, sugere-se, a partir dos dados identificados nessa pesquisa, que se instale uma estação de monitoramento da CETESB no Porto de Santos ou se desloque a estação “Santos – Ponta da Praia” para dentro da área do porto. Isso se justifica, como já mencionado anteriormente, porque existe uma população de trabalhadores portuários permanentemente exposto à poluição gerada

pelas ações do porto. Seria importante, ainda, que a estação de monitoramento da CETESB localizada no Porto de Santos mensurasse também os poluentes emitidos pelos navios.

Como os indicativos de poluição atmosférica resultantes dos cálculos do TRL e os registros da estação “Santos – Ponta da Praia” não são os mesmos, não é possível realizar uma análise comparativa mais detalhada da emissão de poluentes pelos navios. Além disso, as estações de monitoramento também aferem os poluentes atmosféricos emitidos por outras fontes, como caminhões, ferrovias e equipamentos de manuseio de carga, todos movidos por combustíveis fósseis^{36,37}.

Sarra e Mülfarth, em sua análise de poluentes mensurados pelas estações da CETESB do município de Santos, não encontraram nenhuma relação entre fatores meteorológicos e o aumento do número de poluentes emitidos na região do Porto. No entanto, MP corresponde a partículas facilmente dispersas que podem percorrer longos trajetos e serem influenciadas pela ação do vento. Adicionalmente, o manejo de grãos pode aumentar as concentrações de MP do ar²³. Desta forma, não é possível relacionar diretamente a emissão de MP aos navios. Tampouco os dados encontrados se correlacionam diretamente com os períodos de maior atracação ou carga sólida. Com os resultados presentes, não se pode afirmar com segurança quais as causas deste aumento no período majoritariamente de inverno.

Apesar de o Porto de Santos estar constantemente em processo de modernização e adequação por meio de seu Plano de Desenvolvimento e Zoneamento, ainda há limitações que prejudicam seu melhor aproveitamento e sustentabilidade. Por exemplo, a profundidade do canal não é compatível com os navios maiores e mais modernos de transporte de cargas. Por isso, apenas navios de pequeno porte (até 999 TEU), que consomem mais combustível e são duas vezes mais poluidores do que embarcações grandes, conseguem transitar no Porto de Santos³⁶.

Os navios mais modernos, com mais de 300 metros de comprimento e um grande calado, não consegue transitar no Porto de Santos. Para isso, seria necessário a dragagem, o aprofundamento e o alargamento do canal de navegação. A maior profundidade do canal permitiria que esses navios de maior porte, com maior volume de carga e, conseqüentemente maior aproveitamento, atracassem no fundo do estuário. Melhores condições de navegação no canal proporcionariam mais agilidade e rapidez nas manobras, diminuindo o tempo de funcionamento dos motores dos navios, o que se refletiria em menor quantidade de consumo de combustível, reduzindo a emissão de poluentes atmosféricos^{36,37}. Segundo Corbett, na

Europa, navios atracados contribuem com mais de 50% do NOx aferido em estações de monitoramento³⁷.

Todas essas questões devem ser consideradas com atenção e agilidade. Como mais de 80% dos produtos são transportados por uma frota marítima de cerca de cem mil navios comerciais, a transição para um cenário mais sustentável é cada vez mais urgente. As metas da OMI de redução da intensidade de emissão de poluentes dos navios são ambiciosas e se pautam na eficiência energética das novas embarcações, na redução das emissões de carbono e na adoção de tecnologias, combustíveis ou fontes de energia com emissão zero ou quase zero, como navios movidos a hidrogênio líquido ou híbridos^{11,34,35}. O Brasil, como estado-membro da OMI, deve acompanhar e assumir as mesmas responsabilidades não somente em sua frota, mas na infraestrutura oferecida pelos portos. O controle e a fiscalização das convenções são de responsabilidade governamental; entretanto, essas diretrizes são orientadoras e não têm o poder legal para obrigar a sua implementação.

Em 1970, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNDM) declarou que os fundos marinhos e oceânicos e seu subsolo não se limitam à jurisdição nacional, sendo seus recursos patrimônio comum da humanidade e sua exploração em benefício dela^{3,12}. Em 1982, a CNDM delimitou o mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e da plataforma continental, assim como as cotas de captura na zona econômica exclusiva. Sua maior contribuição, no entanto, foi a criação de medidas destinadas a prevenir prejuízos ambientais, sejam eles operacionais como acidentais. No dia 12 de março de 1990, após a aprovação do Congresso Nacional, o Presidente José Sarney promulgou decreto ratificando a CNDM¹². Portanto, no Brasil, há recursos legais suficientes para instituir normativas que regulamentem e protejam a população portuária e de seu entorno frente a emissão de poluentes oriundos dos navios.

7. CONCLUSÕES

As atividades dos navios no Porto de Santos emitem poluentes atmosféricos relevantes para a saúde da população de entorno e para o meio ambiente.

Os poluentes calculados pelo método do TRL são diferentes dos aferidos pela estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia”, localizada na região do Porto de Santos. NO_x é o único poluente em comum entre os dois métodos.

O número de atracções está associado com a maior emissão de NO_x, apresentando uma forte correlação estatística com cargas de granel sólido, o que é respaldado pelo perfil de alto manejo de grãos do Porto de Santos.

Os dados de emissão de poluentes da estação “Santos – Ponta da Praia” apresentaram algumas ultrapassagens para MP segundo as metas de PQAr. No entanto, em geral a qualidade do ar foi considerada boa e não foi encontrada uma correlação estatisticamente consistente entre a emissão de MP e a ocorrência de eventos respiratórios.

Os eventos de saúde associados a doenças respiratórias nos grupos do capítulo X do CID-10 bronquite, bronquite aguda e bronquiolite aguda, e enfisema e outras doenças pulmonares crônicas, registrados no município de Santos no período estudado, têm correlação moderada e estatisticamente significativa com a concentração de NO_x aferida pela estação da CETESB.

Foi encontrada uma correlação moderada e estatisticamente significativa entre a emissão de NO₂ e eventos respiratórios na população suscetível de até 19 anos de idade.

Os achados encontrados são significativos para a relação entre doenças do aparelho respiratório e poluição atmosférica na região do Porto de Santos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil. Decreto nº 4.333, de 12 de agosto de 2002. Regulamenta a delimitação das áreas do Porto Organizado de Fortaleza, Santos e Vitória, suas instalações, infra-estrutura e planta geográfica. Diário Oficial da União. 13 Ago 2002.; 155(1):73-74.
2. Gonçalves A, Nunes LAP. O Grande Porto – A modernização no Porto de Santos. Edição 1. Santos: Realejo; 2008.
3. Zempulski TL. Direito Marítimo e Portuário. Edição 1. Curitiba: Intersaberes; 2022.
4. Santos Port Authority. Fatos e Dados. Santos. 2023 [internet]. [Acesso em 01 de ago. 2023]. Disponível em <https://www.portodesantos.com.br/fatos-e-dados/>.
5. Brasil. Lei nº 12.815, de 05 de junho de 2013. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários. Diário Oficial da União. 05 Jun 2013; 106-A(1):1-8.
6. Brasil. Decreto nº 11.354, de 1º de janeiro de 2023. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério de Portos e Aeroportos e remaneja cargos em comissão e funções de confiança. Diário Oficial da União. 01 Jan 2023.; Ed. especial: 240.
7. Santos Port Authority. Relatório anual de 2022. Santos. 2023 [internet]. [Acesso em 01 de ago. 2023]. Disponível em <https://www.portodesantos.com.br/informacoes-financeiras/relatorios-anuais/>.
8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [Internet]. Panorama de Santos. [Acesso em 07 de jul. 2022]. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santos/panorama>.
9. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Ranking do Índice de Desempenho Ambiental de 2021 [internet]. [Acesso em 01 de ago. 2023]. Disponível em <http://web.antaq.gov.br/ResultadosIda/>.
10. Marpol 73/78 – Anexo VI: Regras para a prevenção da poluição do ar por navios [Internet]. 50 pp. [Acesso em 07 de jul.2022] Disponível em: https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/sites/default/files/marpol_anexo6-12fev_0.pdf.
11. International Maritime Organization [internet]. [Acesso em 7 de jul. de 2022]. Disponível em: <https://www.imo.org/en>.
12. Mattos AM. Os novos limites dos espaços marítimos nos trinta anos da convenção das nações unidas sobre o direito do mar. In: Beirão AP, Pereira ACA, organizadores. Reflexões sobre a Convenção do Direito do Mar. Brasília: FUNAG, 2014. p. 21-66.
13. Sorte S, Arunachalam S, Naess B, Seppanen C, Rodrigues V, Valencia A et al. Assessment of source contribution to air quality in an urban area close to a harbor: Case-study in Porto, Portugal. Sci Total Environ. 2019 Apr 20;662:347–360.

14. Nunes R, Alvim-Ferraz MCM, Martins F, Sousa S. Assessment of shipping emissions on four ports of Portugal. *Environmental Pollution*. 2017;1-17.
15. Arslan H, Baltaci H, Sahin UA, Onat B. The relationship between air pollutants and respiratory diseases for the western Turkey. *Atmos Pollut Res*. 2022;13(2):101322.
16. Canepa C, Cunha IA, Kolhy LMM, Neves MFB, Almeida PAPS. *Agenda Ambiental do Porto de Santos*. Edição 1. Santos: Editora Universitária Leopoldianum; 2012.
17. Santos Port Authority. Mensário estatístico de junho de 2023. Santos. 2023 [internet]. [Acesso em 01 de ago. 2023]. Disponível em <https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>.
18. Brasil. Portaria nº 1.366, de 07 de outubro de 2022. Define a área do Porto Organizado de Santos, no Estado de São Paulo. *Diário Oficial da União*. 11 Out 2012.; 194(1): 56-102.
19. Santos Port Authority. 2023 [internet]. Conheça o Porto. [Acesso em 06 de jun. 2022]. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/conheca-o-porto/o-porto-de-santos/>.
20. Lloyd's List. One Hundred Ports. 2023 [internet]. [Acesso em: 01 ago.2023 01 de ago.2023]. Disponível em: <https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/one-hundred-container-ports-2023>.
21. Santos THD. Relação porto-cidade: sustentabilidade Porto de Santos. Santos, SP. Dissertação [Mestrado]. Universidade Católica de Santos; 2020. 107p.
22. Pimenta MV e Martins MM. Combustíveis marítimos alternativos: relevância e viabilidade. *Revista de Direito e Negócios Internacionais da Maritime Law Academy*.2021. 2021;1(2):32-53.
23. Sarra SR, Mülfarth RCK. A poluição atmosférica na cidade de santos (Estado de São Paulo - Brasil) e suas repercussões para a saúde / Atmospheric pollution in the city of santos (State of São Paulo - Brasil) and its impacts on health. *Braz. J. Develop*. 2021 Nov 4;7(11):101963-101981.
24. Corbett JJ, Fischbeck PS, Pandis SN. Global nitrogen and sulfur inventories for oceangoing ships. *J Geophys Res Atmos*. 1999;104(D3):3457–3470.
25. Deniz C, Kilic A, Cıvkaroglu G. Estimation of shipping emissions in Candarli Gulf, Turkey. *Environ Monit Assess*. 2010;171:219–228.
26. The International Council on Clean Transportation [Internet], Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Oceangoing Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. 2007. [Acesso em 20 de julho de 2022]. Disponível em: https://theicct.org/sites/default/files/publications/oceangoing_ships_2007.pdf.
27. United Nations Conference on Trade and Development [Internet]. Review of Maritime Transport. 2010. 213 pp. [Acesso em 20 de julho de 2022]. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2010_en.pdf.
28. Hulskotte JHJ, Denier van der Gon HAC. Fuel consumption and associated emissions from seagoing ships at berth derived from an on-board survey. *Atmos Environ*.2010;44(9):1229–1236.

29. Bijwaard GE, Knapp S. Analysis of ship life cycles – The impact of economic cycles and ship inspections. *Mar Policy*. 2009; 33(2):350–369
30. Cofala J, Amann M, Heyes C, Wagner F, Klimont Z, Posch M et al. Analysis of policy measures to reduce ship emissions in the context of the revision of the National Emissions Ceilings Directive – Final Report [Internet]. Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. 2007. 74pp. [Acesso em 20 de julho de 2022]. Disponível em: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/8299/1/Analysis%20of%20Policy%20Measures%20to%20reduce%20ship%20emissions.pdf>.
31. Bailey D, Solomon G. Pollution prevention at ports: clearing the air. *Environ Impact Assess Rev*. 2004;24(7-8):749–774.
32. Li QB, Jacob DJ, Bey IB, Palmer PI. Transatlantic transport of pollution and its effects on surface ozone in Europe and North America. *J Geophys Res Atmos*. 2002;107(13):ACH 4-1-ACH 4-21.
33. Mota CR. Contratos marítimos de transporte de mercadorias, na navegação liner, e a responsabilidade por dano ao meio ambiente marinho. Fortaleza, CE. Dissertação [Mestrado]. Faculdade de Direito da Universidade Federal do Ceará; 2017. 144p.
34. International Marine Organization [Internet]. Second IMO GHG Study. 2009. [Acesso em 22 de julho de 2022.] Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/SecondIMOGHGStudy2009.pdf>.
35. Bailey B, Plenys T, Solomon GM, Campbell TR, Feuer GR, Masters J et al. Harboring Pollution: Strategies to Clean Up U.S. Ports [Internet]. 2004. 97pp. [Acesso em 20 de julho de 2022]. Disponível em: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/ports2.pdf>.
36. Hui-Huang T, Wang YM. Influence of vessel upsizing on pollution emissions along Far East-Europe trunk routes. *Environ Sci Poll Res*. 2022;29:65322–65333.
37. Corbett, J.J. and Koehler, H.W. Updated Emissions from Ocean Shipping. *Journal of Geophysics Research*. 2003;108(D20):4650.
38. Endresen Ø, Sørgård E, Sundet JK, Dalsøren SB, Isaksen ISA, Berglen TF et al. Emission from international sea transportation and environmental impact. *J Geophys Res Atmos*. 2003;108(D17):14–22.
39. Saraçoğlu H, Deniz C, Kılıç A. An Investigation on the Effects of Ship Source Emissions in Izmir Port, Turkey. *ScientificWorldJournal*. 2013:218324. 8pp.
40. Deniz C, Durmuşoğlu Y. Estimating shipping emissions in the region of the Sea of Marmara, Turkey. *Sci Total Environ*. 2008 Feb 1;390(1):255–261, 2008.
41. Zhao M, Zhang Y, Ma W, Fu. Characteristics and ship traffic source identification of air pollutants in China’s largest port. *Atmos Environ*. 2013 Jan;64:277–286.

42. Tzannatos E. Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus – Greece. *Atmos Environ*. 2010 Jan;44(3):400–407.
43. Saxe H, Larsen T. Air pollution from ships in three Danish ports. *Atmos Environ*. 2004; 38(24):4057–4067.
44. Kılıç A, Deniz C. Inventory of shipping emissions in Izmit Gulf, Turkey. *Environ Prog Sustain Energy*. 2010 Jun 10;29(2):221–232.
45. Deniz C, Kilic A. Estimation and assessment of shipping emissions in the region of Ambarlı Port, Turkey. *Environ Prog Sustain Energy*. 2010 Mar 8;29(1):107–115.
46. Ballini F, Bozzo R. Air pollution from ships in ports: The socio-economic benefit of cold-ironing technology. *Research in Transportation Business & Management*. 2015 Dec; 17: 92–98.
47. Petrobras [Internet]. Combustíveis Marítimos Informações Técnicas. Assistência Técnica. 2021. 10pp. [Acesso em 24 de agosto de 2022]. Disponível em: https://petrobras.com.br/data/files/02/83/FA/2C/5A39C710E2EF93B7B8E99EA8/Manual_Combustiv_eis_Maritimos_2021.pdf.
48. Brasil. Agência Nacional de Petróleo. Resolução ANP nº 903, de 18 de novembro de 2022. *Diário Oficial da União*. 23 Nov 2022.; 220(1):68-70.
49. Guia Marítimo [Internet]. Um novo navio de carga movida a Hidrogênio líquido. 2022. [Acesso em: 20 de agosto de 2022]. Disponível em: <https://www.guiamaritimo.com.br/noticias/embarcacoes/um-novo-navio-de-carga-movida-a-hidrogenio-liquido>.
50. Evensen ME. Safety and security of autonomous vessels. Bergen, Noruega. Dissertação [Mestrado]. Universidade de Bergen; 2020. 52p.
51. Skrepperberget, A. The first ever zero emission, autonomous ship [Internet]. Yara Birkeland. [Acesso em 03 setembro de 2022]. Disponível em: <https://www.yara.com/knowledge-grows/game-changer-for-the-environment/>.
52. Mont’Alverne TF, Cavalcante MM. Gestão dos espaços marinhos no contexto das energias marinhas renováveis. *Dossiê Especial: Políticas Públicas e Boas Práticas para o Sistema Penal*. 2018;8(1):726-744.
53. Vallero D. *Fundamentals of Air Pollution*. Fourth Edition. EUA: Academic Press; 2008.
54. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. [internet]. [Acesso em 01 de ago. 2023]. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>.
55. World Health Organization Regional Office for Europe. *Air Quality Guidelines – Global Update 2005. Particulate Matter Ozone Nitrogen Dioxide and Sulphur Dioxide*. Copenhagen: World Health Organization Europe. 2008.

56. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneve: World Health Organization. 2021.
57. São Paulo. Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. São Paulo: Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.
58. São Paulo. Secretaria de Estrutura e Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente. Deliberação CONSEMA nº 04, de 19 de maio de 2021. São Paulo: Conselho Estadual do Meio Ambiente.
59. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [Internet]. Qualidade do ar no estado de São Paulo 2022. São Paulo: CETESB. 2023. [Acesso em 01 de ago.2023]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/>.
60. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo [Internet]. Qualidade do ar: redes de monitoramento. [Acesso em 17 de setembro de 2022]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/redes-de-monitoramento/>.
61. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar. Brasília: MMA, 2020.
62. American Thoracic Society. What Constitutes an Adverse Health Effect of Air Pollution? *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:665–673.
63. Nel AE, Diaz-Sanchez D, Ng D, Hiura T, Saxon A. Enhancement of allergic inflammation by the interaction between diesel exhaust particles and the immune system. *J Allergy Clin Immunol*. 1998 Oct;102(4 Pt 1):539-554.
64. Ghio AJ, Devlin RB. Inflammatory lung injury after bronchial instillation of air pollution particles. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001 Aug 15;164(4):704-708.
65. Harrod H, Jaramillo RJ, Berger JA, Gigliotti AP, Seilkop SK, Reed MD. Inhaled Diesel Engine Emissions Reduce Bacterial Clearance and Exacerbate Lung Disease to *Pseudomonas aeruginosa* Infection In Vivo. *Toxicol Sci*. 2005 Jan;83(1):155–165.
66. Peters A, Perz S, Döring A, Stieber J, Koenig W, Wichmann HE. Increases in heart rate during an air pollution episode. *Am J Epidemiol*. 1999 Nov 15;150(10):1094-1098.
67. Gavett SH, Haykal-Coates N, Copeland LB, Heinrich J, Gilmour MI. Metal composition of ambient PM_{2.5} influences severity of allergic airways disease in mice. *Environ Health Perspect*. 2003 Sep;111(12):1471-1477.
68. West JB. Fisiopatologia pulmonar. 8th ed. Porto Alegre: Artmed: Grupo A; 2015.
69. Gent JF, Triche EW, Holford TR, Belanger K, Bracken MB, Beckett WS, Leaderer BP. Association of low-level ozone and fine particles with respiratory symptoms in children with asthma. *JAMA*. 2003 Oct 8;290(14):1859-1867.

70. Fusco D, Forastiere F, Michelozzi P, Spadea T, Ostro B, Arcà M et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory conditions in Rome, Italy. *Eur Respir J*. 2001 Jun;17(6):1143-1150.
71. Anderson HR, Spix C, Medina S, Schouten JP, Castellsague J, Rossi G et al. Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project. *Eur Respir J*. 1997 May;10(5):1064-1071.
72. Burnett RT, Brook JR, Yung WT, Dales RE, Krewski D. Association between ozone and hospitalization for respiratory diseases in 16 Canadian cities. *Environ Res*. 1997 Jan;72(1):24-31.
73. Hussain I, Jain VV, O'Shaughnessy P, Businga TR, Kline J. Effect of nitrogen dioxide exposure on allergic asthma in a murine model. *Chest*. 2004 Jul;126(1):198-204. doi: 10.1378/chest.126.1.198. PMID: 15249463.
74. Bauer MA, Utell MJ, Morrow PE, Speers DM, Gibb FR. Inhalation of 0.30 ppm nitrogen dioxide potentiates exercise-induced bronchospasm in asthmatics. *Am Rev Respir Dis*. 1986 Dec;134(6):1203-1208.
75. McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Molitor J, Thomas D, Lurmann F et al. Prospective study of air pollution and bronchitic symptoms in children with asthma. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003 Oct 1;168(7):790-797.
76. Stieb DM, Judek S, Burnett RT. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: effects of gases and particles and the influence of cause of death, age, and season. *J Air Waste Manag Assoc*. 2002 Apr;52(4):470-484.
77. Horstman DH, Seal E Jr, Folinsbee LJ, Ives P, Roger LJ. The relationship between exposure duration and sulfur dioxide-induced bronchoconstriction in asthmatic subjects. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1988 Jan;49(1):38-47.
78. Sheppard D, Saisho A, Nadel JA, Boushey HA. Exercise increases sulfur dioxide-induced bronchoconstriction in asthmatic subjects. *Am Rev Respir Dis*. 1981 May;123(5):486-91.
79. Lai HK, Tsang H, Chau J, Lee CH, McGhee SM, Hedley AJ et al. Health impact assessment of marine emissions in Pearl River Delta region. *Mar Pollut Bull*. 2013 Jan 15;66(1-2):158-163.
80. Hickman J, Hassel D, Joumard R, Samaras Z, Sorenson S. Methodology for calculating transport emissions and energy consumption: Part C. Ship Transport. [Internet]. 1999:235–262. [Acesso em 01 de jun. de 2023]; Disponível em: <https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/meet.pdf>.
81. U.S. Coast Guard [Internet]. Simplified Measurement: Tonnage Guide. United States: Marine Safety Center; 2009. [Acesso em 23 de junho de 2022]. Disponível em: <https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/Marine%20Safety%20Center/Tonnage/Tonnage%20Guide%201%20-%20Simplified%20Measurement.pdf?ver=2017-06-09-123757-680>.

82. Santos Port Authority. Áreas de fundeio [internet]. [Acesso em 01 de ago. 2023]. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/operacoes-portuarias/areas-de-fundeio/>.
83. Woodyard D. Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines. 8th ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann; 2004.
84. DATASUS [Internet]. [Acesso em 17 setembro de 2022]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/niSP.def>.
85. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Second edition. New York: Routledge; 1988.
86. Tai, HH., Wang, YM. Influence of vessel upsizing on pollution emissions along Far East–Europe trunk routes. Environ Sci Pollut Res. 2022;29:65322–65333.
87. Companhia Nacional de Abastecimento [Internet]. Boletim da Safra de Grãos. Brasília: Conab.2023. [Acesso em 14 de ago.2023]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.

9. ANEXOS

ANEXO 1 – PRODUTO TÉCNICO: BANNERS

Banners apresentados no V EPIC – UNIMES de 2023



ANÁLISE DOS DADOS DE POLUENTES REGISTRADOS PELA CETESB NO MUNICÍPIO DE SANTOS: DADOS PARCIAIS

Gerson Bauer¹, Ricardo H. de Ponte Ramires², Elizabeth B. Oliveira-Sales³, Edgar Maquiguissa³, Paula A. S. Bastos³

1Mestrando em Saúde e Meio Ambiente, UNIMES. 2 Aluno de Iniciação científica, Faculdades de Medicina, UNIMES. 3 Profs. do Mestrado em Saúde e Meio Ambiente, UNIMES.



Introdução

- O Porto de Santos, localizado nos municípios de Santos, Guarujá e Cubatão, é considerado um dos maiores portos do Brasil e do mundo^{1,2,5}
- Apresenta tecnologias especializadas para contêineres, carga geral, granéis sólidos e líquidos^{1,2,3}
- A poluição do ar associada à poluição gerada pelos navios pode influenciar na qualidade do ar da região, e causar malefícios à saúde da população⁴

Objetivo

- Levantar os dados dos poluentes registrados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) em Santos.



Figura 1 - Porto de Santos na década de 80. Foto: Google/Petrolio de Santos, 2022.

Tabela 4 Relatório média mensal 21/22 - Parâmetro: NOx (Óxido de Nitrogênio) ug/m3.

Local de amostragem	Jan/22	Fev/22	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Jan/23
Santos-Ponta da Praia	20	31	29	31	43	38	52	35	25	10	18	26	31

Tabela 5 Relatório média mensal 21/22 - Parâmetro: MP2.5 (Partículas Inaláveis Finas) ug/m3.

Local de amostragem	Jan/22	Fev/22	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Jan/23
Santos-Ponta da Praia	12	11	11	9	14	12	18	14	13	8	9	9	11

- As 376 aferições das MP2,5 da estação da Ponta da Praia, mostraram 13 ultrapassagens dos níveis para moderado nos meses de maio, julho, agosto e setembro (valores máximos com 36/32/30/30, respectivamente), conforme a Tabela 5.
- A avaliação dos níveis de MP10 no ar é de grande importância pois essas partículas são, suficientemente, pequenas para penetrar no trato respiratório.
- Estes dados podem ser indicativos de que com o aumento de atracções, aumenta a liberação de gases proveniente de cargas, a manipulação e a transferência de grãos assim como a circulação de caminhões nas proximidades, e isso tudo, pode ser potencialmente indutor de afeições respiratórias nos municípios santistas.

Metodologia

- Foi realizado levantamento da quantidade de poluentes no ar de acordo com a CETESB – QUALAR⁹, no período janeiro de 2021 à janeiro de 2022 nos pontos de leitura no município de Santos.
- Dados da qualidade do ar foram coletados de duas estações automáticas, uma localizada no Boqueirão (estação Santos), e a estação localizada na Ponta da Praia⁶.
- Foram analisados os itens: Partículas inaláveis (MP10), Monóxido de Nitrogênio (NO), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Óxido Nítrico (No_x) e Partículas inaláveis finas (MP2,5).

Resultados

- Nas tabelas 1 a 5, são apresentadas as médias dos resultados do monitoramento de partículas inaláveis. Em relação às MP10 os 165 de dias aferidos pela estação Santos não apresentaram representatividade e foram descartados. A estação Ponta da Praia apresentou 364 aferições, com 17 dias em que houve ultrapassagem dos níveis de concentração para níveis moderados nos meses de maio, julho, agosto e setembro (valores máximos com 86/79/76/72, respectivamente), apresentados na Tabela1.

Tabela 1 Relatório média mensal 21/22 - Parâmetro: MP10 (Partículas Inaláveis) ug/m3.

Local de amostragem	Jan/22	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Jan/23
Santos-Ponta da Praia	16	21	24	23	37	37	28	28	21	21	19	22	

Tabela 2 Relatório média mensal 21/22 - Parâmetro: NO2 (Dióxido de nitrogênio) ug/m3.

Local de amostragem	Jan/22	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Jan/23
Santos-Ponta da Praia	18	25	23	24	31	27	36	29	26	20	20	22	25

Tabela 3 Relatório média mensal 21/22 - Parâmetro: NO (Monóxido de nitrogênio) ug/m3.

Local de amostragem	Jan/22	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Jan/23
Santos-Ponta da Praia	12	22	21	23	32	29	40	34	14	10	11	17	21

Conclusão

- Esse trabalho ainda em fase de desenvolvimento poderá evidenciar se há a necessidade de se implementar medidas mais eficientes para o controle e medição da poluição em Santos, em vários pontos da região de maneira uniforme, para uma aferição mais precisa.
- A Poluição causada por navios, devido ao combustível e a liberação de partículas tóxicas sólidas e inaláveis de suas cargas são prejudiciais à saúde, principalmente ao sistema respiratório. Estas partículas podem ser facilmente dispersas nas cidades do entorno.

Referências

1. Complexo Portuário de Santos. [Acesso em 06 de jun. 2022]. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/rocheca-o-porto-o-porto-de-santos/>
2. Porto Líder. Ranking Nacional, Regional e Global. Pg 14-15 [Acesso em 07 de jun.2022]. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/wp-content/uploads/Facts-and-figures-2021.pdf>
3. Porto de Santos. G1 Santos 17/08/2020. [Acesso em 07 de jul. 2022]. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-suzano/portos-mar/noticia/2020/08/17/porto-de-santos-copula-de-paises-na-criacao-de-desenvolvimento-ambiental-portuario.ghtml>
4. Sustentabilidade. [Acesso em 07 de jul. 2022]. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/comunidades/sustentabilidade/sustentabilidade>
5. Exportações de Santos. [Acesso em 07 de jul. 2022]. Disponível em: <https://www.fazomex.com.br/blog/exportacoes-de-santos/>
6. IBGE [Acesso em 07 de jul. 2022]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/mulher/santos/populacao>
7. DATASUS Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/cep.cgi?e=2&i=1&m=jun.def>
8. CETESB /QUALAR Disponível em: <https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/mostrarDadosMensal.do?method=aportRelatorio>
9. Avaliação da qualidade do ar no município de Santos 2011 a 2014 Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/26/2013/12/Relat%C3%B3rio_Santos-2015.pdf

Introdução

- O Porto de Santos é protagonista na economia da cidade, porém suas atividades geram conflitos com o espaço residencial urbano;
- A emissão de materiais particulados, poluição sonora, convivência com a movimentação de cargas perigosas e circulação intensa de veículos de carga nas vias próximas às áreas retroportuárias são alguns desses problemas;
- Não obstante, a qualidade do ar é um dos principais determinantes da saúde humana;
- Concentrações elevadas de poluentes atmosféricos também podem causar degradação da flora e fauna assim como a deterioração de bens materiais¹.

Metodologia

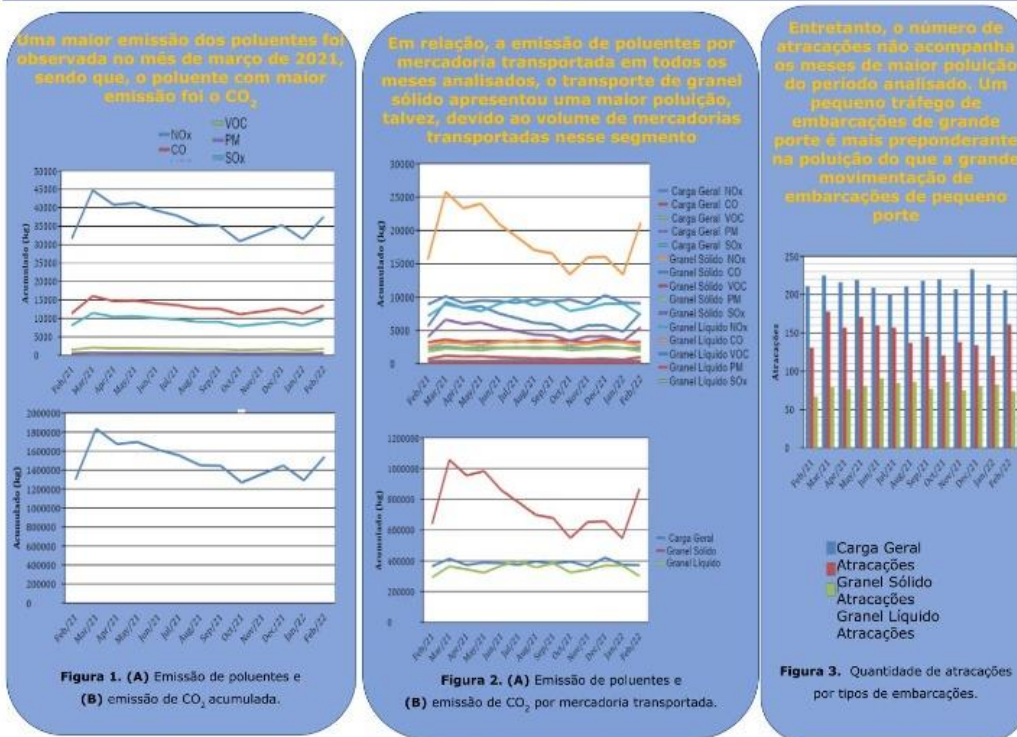
- Para isso foi aplicada uma metodologia de conversão do volume de cargas transportadas em frações dos poluentes atmosféricos, levando em consideração os portes dos navios e seus trajetos de navegação da entrada do canal do porto até o ponto de atracação. Essa metodologia foi desenvolvida pelo TRL (Transport Research Laboratory)², de conversão simplificada de tonelagem³, do mensário estatístico do Porto de Santos⁴ e da publicação de fatos e dados do Porto de Santos⁵.

Objetivo

- Quantificar e categorizar a poluição do ar por navios no Porto de Santos, SP, para orientar os órgãos públicos sobre a importância dessa problemática em Toxicologia Ambiental, bem como promover a melhora da saúde e qualidade de vida da população da região.



Resultados



Conclusão

- Os resultados sugerem a presença de uma grande quantidade de fontes poluidoras atmosféricas na região portuária de Santos, principalmente CO₂, sendo o transporte de granel sólido o principal responsável no período analisado;
- Além disso, o teor de enxofre encontrado foi acima do permitido;
- A predominância de ventos é oriunda de leste-nordeste, o que causa uma descarga da massa de ar atmosférico direcionada para sudoeste. Considerando que a maior extensão do canal do porto encontra-se a nordeste da região insular do município de Santos, conclui-se que a descarga de poluentes ocorre prioritariamente sobre a cidade em estudo nessa pesquisa;
- O trabalho encontra-se em fase de desenvolvimento, espera-se com isso gerar subsídios e dados conclusivos sobre a temática supracitada e iniciar um estudo secundário de correlação de doenças respiratórias mais frequentes na região.

Referências

- Prefeitura Municipal de Santos. Diagnóstico de revisão. Plano diretor de desenvolvimento e expansão urbana do município de Santos [Internet]. 2021 [acesso em 2022 Jun 23]. Disponível em: https://www.santos.sp.gov.br/estatisticas/arquivos/granel_files/hoz/renovasantos/oficinas_pd_juic_2022_virtual-ite_1.pdf
- Hicman AJ. Methodology for calculating transport emissions and energy consumption: Part C. Ship Transport. Transport research laboratory [Internet]. 1999 [acesso em 2022 Jun 23]. Disponível em: <https://trinis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/moot.pdf>
- U.S. Coast Guard. Simplified Measurement: Tonnage Guide 1 [Internet]. United States: Marine Safety Center; 2009 [acesso em 2022 Jun 23]. Disponível em: <https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/Marine%20Safety%20Center/Tonnage/Tonnage%20Guide%201%20-%20Simplified%20Measurement.pdf?ver=2017-06-09-123757-680>
- Santos Port Authority. Mensários Estatísticos. Porto de Santos [Internet]. 2022 [acesso em 2022 Jun 23]. Disponível em: <https://www.portdesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>
- Santos Port Authority. Fatos e Dados. Porto de Santos [Internet]. 2022 [acesso em 2022 Jun 23]. Disponível em: <https://www.portdesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>
- Fonseca MM. Arte Naval I e II. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil; 1954.
- Woodward D. Marine Diesel Engines and Gas Turbines [Internet]. Bth ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann; 2004 [acesso em 2022 Jun 23]. Disponível em: <https://maritime-press.com/resources/marine-diesel-eng-gas-turbines-2nd-ed.pdf>
- MARPOL 73/78. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships.
- Ficha de Informação Toxicológica. Dióxido de enxofre. CETESB [Internet]. 2022 [acesso em 2022 Set 17]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Di%C3%8Dxido-de-enxofre.pdf>

Auxílio Financeiro

- Bolsa PIC - UNIMES 2022.

ANEXO 2 – PRODUTO TÉCNICO: PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO

Procedimento Operacional Padrão

Assunto: QUANTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS NO PORTO DE SANTOS, SP		
Substitui: -		PoluentesNavios01
Data de Operacionalização: 23/08/2022		Nº de Páginas: 4
Distribuição: Toda a comunidade científica da área de saúde da Universidade Metropolitana de Santos.		
Elaborado por: Ricardo Henrique de Ponte Ramires		Data: 13/07/2022
Revisado por: Gerson Bauer, Paula Andrea Bastos, Edgar Maquigussa		Data: 13/08/2022
Aprovado por: Elizabeth Barbosa de Oliveira Sales		Data: 14/08/2022
Obsoleto em: ___/___/___ Motivo:		

1. Objetivo

Quantificar e categorizar a poluição do ar por navios no Porto de Santos, SP, para orientar os órgãos públicos sobre a importância dessa problemática em Toxicologia Ambiental, bem como promover a melhora da saúde e qualidade de vida da população da região.

2. Abrangência

Toda a comunidade científica da área de saúde da Universidade Metropolitana de Santos.

3. Importância

O Porto de Santos é protagonista na economia da cidade, porém suas atividades geram conflitos com o espaço residencial urbano. A emissão de materiais particulados, poluição sonora, convivência com a movimentação de cargas perigosas e circulação intensa de veículos de carga nas vias próximas às áreas retroportuárias são alguns desses problemas. Não obstante, a qualidade do ar é um dos principais determinantes da saúde humana. Concentrações elevadas de poluentes atmosféricos podem causar degradação da flora e fauna assim como a deterioração de bens materiais.

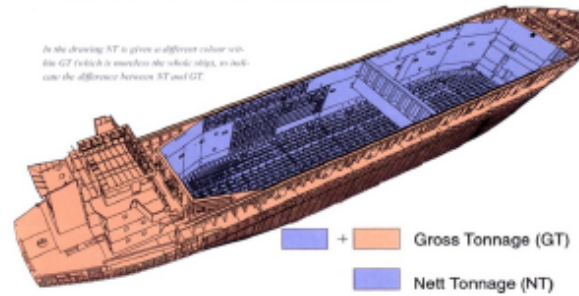
4. Descrição dos Procedimentos

Para isso será aplicada uma metodologia de conversão do volume de cargas transportadas em frações dos poluentes atmosféricos, levando em consideração os portes dos navios e seus trajetos de navegação da entrada do canal do porto até o ponto de atracação.

Para a execução da metodologia, será necessária a determinação dos seguintes coeficientes: FATOR OPERACIONAL, DURAÇÃO DE VIAGEM e MACHINERY FACTOR, conforme passos descritos a seguir.

Procedimento Operacional Padrão

- 4.1. Em primeiro lugar é necessário registrar o fluxo de mercadorias movimentadas mês a mês, por exemplo de fevereiro 2021 a fevereiro 2022, dos segmentos de Carga Geral, Granel Sólido e Granel Líquido por meio do Mensário Estatístico do Santos Port Authority;
- 4.2. Para validar a metodologia desenvolvida pelo TRL, o NET TONNAGE (volume das cargas) deverá ser convertido em GROSS TONNAGE (arqueação bruta da embarcação), mediante o uso do MACHINERY FACTOR, demonstrado na Figura 1 a seguir;



15. NET TONNAGE FORMULATION

The Simplified tonnage formula for net register tons for any vessel is:

$$NRT = M \times GRT$$

The machinery factor (M) is as follows:

- M = 1.0 for non-self-propelled vessels or propulsion machinery outside the hull
- M = 0.9 for vessels designed for sailing with propulsion machinery inside the hull
- M = 0.8 for vessels not designed for sailing with propulsion machinery inside the hull

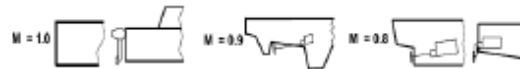


Figura 1 – Net Tonnage e Gross Tonnage

Exemplo 1

Índices de movimentação no Porto de Santos

2021		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tonagem	Carga Geral	4.354.030	4.605.714	5.230.019	4.718.233	4.912.548	4.982.939	4.735.894	5.004.190	4.030.451	4.994.774	4.608.662	5.332.401
Movimentada (Net Tonnage)	Granel Sólido	3.318.482	5.048.230	5.343.220	7.540.603	7.785.737	6.787.426	6.157.270	5.508.318	5.347.921	4.321.409	5.147.310	5.184.064
	Granel Líquido	1.476.969	1.272.990	1.584.316	1.590.351	1.484.268	1.600.638	1.734.067	1.553.167	1.672.927	1.411.171	1.485.423	1.898.015

Conversão para Gross Tonnage

2021		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tonagem	Carga Geral	3.515.230	3.694.571	4.190.415	3.774.596	3.930.038	3.990.351	3.788.715	4.003.344	3.964.361	3.995.819	3.696.946	4.265.921
Movimentada (Gross Tonnage)	Granel Sólido	2.894.770	4.038.594	4.674.576	6.032.536	6.212.590	5.429.941	4.925.816	4.408.650	4.278.337	3.497.127	4.117.848	4.147.251
	Granel Líquido	1.183.665	1.018.392	1.267.453	1.200.281	1.123.413	1.280.510	1.387.270	1.242.534	1.338.342	1.128.937	1.188.338	1.284.812

- 4.3. Uma vez obtidos os valores de GROSS TONNAGE mensais dos segmentos de Carga Geral, Granel Sólido e Granel Líquido, prossegue-se para o cálculo do consumo de diesel em toneladas necessário para o transporte dessas mercadorias ao longo de um período de 24h, conforme Tabela 1 a seguir;

Tabela 1 – Consumo na potência máxima (t/dia) em função do GROSS TONNAGE

Procedimento Operacional Padrão

Tipo do navio	Consumo médio (t/dia)	Consumo na potência máxima (t/dia) em função do GROSS TONNAGE
Granel Sólido	33.80	$C = 20.186 + 0,00049 \times GT$
Granel Líquido	41.15	$C = 14.685 + 0,00079 \times GT$
Carga Geral	21.27	$C = 9.8197 + 0,00143 \times GT$

Exemplo 2

2021		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tonelagem	Carga Geral	4.394.038	4.605.714	5.238.019	4.710.233	4.912.548	4.862.909	4.735.894	5.904.190	4.830.451	4.994.774	4.808.602	5.332.401
	Movimentada (Gross Tonnage)	3.318.482	5.048.230	8.343.220	7.540.863	7.705.737	6.787.428	6.157.270	5.508.318	5.347.921	4.321.409	5.147.310	5.184.094
	Granel Sólido	1.475.589	1.271.960	1.594.318	1.500.351	1.404.268	1.600.628	1.734.007	1.903.187	1.672.927	1.411.171	1.485.423	1.606.015

Consumo médio de diesel "toneladas/dia" por tipo de embarcação na carga máxima

Equação Carga Geral $C = 20,186 + 0,00049 \times GT$

Equação Granel Sólido $C = 14,685 + 0,00079 \times GT$

Equação Granel Líquido $C = 9,8197 + 0,00143 \times GT$

2021		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Consumo de Diesel (toneladas/dia)	Carga Geral	2173,285	2278,968	2598,815	2332,120	2427,335	2403,026	2340,774	2472,234	2387,107	2487,625	2278,446	2633,062
	Granel Sólido	2636,270	4002,787	6605,829	5971,809	6149,617	5376,752	4878,928	4366,255	4239,543	3428,598	4081,080	4110,096
	Granel Líquido	2125,8034	1836,1954	2275,362	2155,322	2017,82	2296,732	2489,564	2230,849	2402,10531	2027,79423	2133,97459	2306,42115

4.4. Uma vez obtidos os valores consumo de diesel em toneladas / dia dos segmentos de Carga Geral, Granel Sólido e Granel Líquido, prossegue-se para o cálculo da quantidade de diesel efetivamente consumida, tendo em vista qual a fração das 24h em que a embarcação esteve de fato em funcionamento, para o seguinte trecho: da área de fundeadouro, entrada do canal do Porto de Santos, até atracação e da desatracação até a saída do canal. Além da DURAÇÃO DA VIAGEM, define-se qual a potência da embarcação utilizada em manobra, o FATOR OPERACIONAL;

Exemplo 3

2021		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Consumo de Diesel (toneladas/dia)	Carga Geral	2173,285	2278,968	2598,815	2332,120	2427,335	2403,026	2340,774	2472,234	2387,107	2487,625	2278,446	2633,062
	Granel Sólido	2636,270	4002,787	6605,829	5971,809	6149,617	5376,752	4878,928	4366,255	4239,543	3428,598	4081,080	4110,096
	Granel Líquido	2125,8034	1836,1954	2275,362	2155,322	2017,82	2296,732	2489,564	2230,849	2402,10531	2027,79423	2133,97459	2306,42115

Consumo de diesel em regime de manobra		Fator operacional 0,4											
2021		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Consumo de Diesel (toneladas/dia)	Carga Geral	869,30555	910,794364	1034,726	932,8481	970,9338	961,2104	936,3096	988,8937	954,842756	987,050154	911,376072	1053,224996
	Granel Sólido	1054,508	1601,11460	2642,332	2368,724	2459,847	2150,701	1951,571	1748,502	1655,817006	1371,43904	1632,47396	1664,026224
	Granel Líquido	850,24135	732,07916	910,1566	862,1287	807,168	919,4926	995,8296	892,3364	960,842124	811,117692	853,96836	922,56846

Tempo de viagem de 3h conforme distância e velocidade de entrada/saída do canal do Porto de Santos		Duração da viagem (% dia) 0,125											
2021		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Consumo de Diesel (toneladas/dia)	Carga Geral	108,66323	113,849263	129,3408	116,606	121,3967	120,1513	117,0387	123,6117	116,300485	123,381263	113,923092	131,653245
	Granel Sólido	131,8135	200,139335	330,2914	296,5904	307,4809	268,8376	243,8496	218,3127	211,8771295	171,429906	204,052995	205,264778

Procedimento Operacional Padrão

(toneladas)	Granel Líquido	106,28017	91,50277	113,7696	107,7661	100,896	114,2396	124,4762	111,5424	120,1052655	101,389712	106,6967295	115,3210575
-------------	----------------	-----------	----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	-------------	------------	-------------	-------------

4.5. Os cálculos realizados poderão quantificar e categorizar a poluição proveniente do fluxo de mercadorias no Porto de Santos nas seguintes frações listadas na **Tabela 2** a seguir:

Tabela 2 – Códigos de identificação de poluentes	
Código	Nome
NOx	Óxidos de nitrogênio
SOx	Óxidos de enxofre
CO	Monóxido de carbono
VOC	Compostos orgânicos voláteis
PM	Material particulado
CO ₂	Dióxido de carbono

4.6. Para cada tonelada de diesel efetivamente consumida, foram determinadas em laboratório as frações de poluentes lançadas à atmosfera. Sabe-se que os motores marítimos de grande porte são majoritariamente de baixa rotação (80-120 rpm), escolhidos da **Tabela 3** a seguir:

Tabela 3 - Fatores de emissão de manobra (kg/ton de diesel) para uso na metodologia detalhada

Tipo do motor	NOx	CO	CO ₂	VOC	PM	SOx
Motor diesel de baixa rotação	78	28	3200	3.6	1.2	20S

4.7. A partir de informações meteorológicas regionais, será verificada a tendência de dispersão de poluentes para identificar as regiões urbanas possivelmente mais afetadas pela poluição oriunda de navios;

Exemplo 4

VENTOS E NEBULOSIDADE | WINDS AND CLOUDINESS



Ventos predominantes | Prevailing winds: E-NE;

Máxima intensidade | Extreme intensities: (20 nós | knots);

Outros | Others: NW (20 nós | knots); SW (28 nós | knots).

Procedimento Operacional Padrão



Controle de Revisão

Data	Versão	Revisor	Alteração

Procedimento Operacional Padrão

ANEXO 3 - PRODUTO TÉCNICO: CAPÍTULO DE LIVRO DIGITAL

SAÚDE E MEIO AMBIENTE EM REGIÕES PORTUÁRIAS



ORGANIZADORES:

PROFA. DRA. ANA LUIZA CABRERA MARTIMBIANCO
PROFA. DRA. ELAINE MARCÍLIO SANTOS
PROF. DR. GUSTAVO DUARTE MENDES

2ª EDIÇÃO - ISBN: 978-65-00-60065-0

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL DE SAÚDE E MEIO AMBIENTE
NA ÁREA DE MEDICINA II PELA CAPES – UNIVERSIDADE
METROPOLITANA DE SANTOS – UNIMES

SANTOS
2022



SAÚDE E MEIO AMBIENTE EM REGIÕES PORTUÁRIAS

ORGANIZADORES:

PROFA. DRA. ANA LUIZA CABRERA MARTIMBIANCO
PROFA. DRA. ELAINE MARCÍLIO SANTOS
PROF. DR. GUSTAVO DUARTE MENDES

2ª EDIÇÃO

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL DE SAÚDE E MEIO AMBIENTE
NA ÁREA DE MEDICINA II PELA CAPES – UNIVERSIDADE
METROPOLITANA DE SANTOS – UNIMES

SANTOS
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Saúde e meio ambiente em regiões portuárias [livro eletrônico] : mestrado saúde e meio ambiente / organização Elaine Marcílio Santos , Gustavo Duarte Mendes , Ana Luiza Cabrera Martimbianco. -- 2. ed. -- Santos, SP : Ed. dos Autores, 2022. PDF.

Bibliografia.
ISBN 978-65-00-60065-0

1. Áreas portuárias - Aspectos de saúde
2. Epidemiologia 3. Meio ambiente 4. Saúde e higiene
5. Portos - Brasil - Medidas de segurança I. Santos, Elaine Marcílio. II. Mendes, Gustavo Duarte.
- III. Martimbianco, Ana Luiza Cabrera.

23-141153

CDD-610.730981

Índices para catálogo sistemático:

1. Brasil : Portos : Terminais marítimos : Saúde ocupacional 610.730981

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129



LISTA DE AUTORES

Docentes

Profa. Dra. Ana Luiza Cabrera Marfimbiano

Graduação em Fisioterapia. Mestrado, Doutorado e Pós-doutorado em Saúde Baseada em Evidências, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Docente do curso de Medicina e do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES). Pesquisadora no Núcleo de Tecnologias em Saúde do Hospital Sírio-Libanês.

Profa. Dra. Ana Paula Taboada Sobral

Graduação em Odontologia. Mestrado em Administração pelo Programa de Mestrado Profissional em Administração - Gestão em Sistemas da Saúde (PMPA-GSS), Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Doutorado em Biofotônica Aplicada às Ciências da Saúde pela Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Docente do Curso de Odontologia e do Programa de Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente na Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Profa. Dra. Angelina ZanESCO

Graduação em Enfermagem. Mestrado em Farmacologia, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Doutorado em Ciências Biológicas (Fisiologia), Universidade Estadual de Campinas e Louisiana State University Medical Center, New Orleans, LA. Pós-doutorado, Imperial College London, National Heart and Lung Institute. Docente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Prof. Dr. Edgar Maquigussa

Graduação em Biomedicina. Doutorado e Pós-doutorado em Medicina (Nefrologia), Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Docente do curso de Medicina e do

Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES). Docente na Universidade Nove de Julho.

Profa. Dra. Elaine Marcílio Santos

Graduação em Odontologia. Mestrado em Patologia Bucal, Universidade de São Paulo (USP). Doutorado em Odontopediatria pela Universidade de São Paulo (USP). Pró-reitora Acadêmica da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES). Docente do Curso de Odontologia e do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Profa. Dra. Elizabeth Barbosa de Oliveira-Sales

Graduação em Biomedicina. Mestrado e Doutorado em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação de Farmacologia (área de concentração Fisiologia), Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Pós-Doutorado, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) e University of Texas Health Science Center of San Antonio. Docente do curso de Medicina e do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Profa. Dra. Gabriela Traldi Zaffalon

Graduação em Odontologia. Mestrado em Periodontia, Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic. Doutora em Clínicas Odontológicas, Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic. Docente do Curso de Odontologia e do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Prof. Dr. Gustavo Duarte Mendes

Graduação em Odontologia. Mestre em Farmacologia, Faculdade de Medicina da Universidade Estadual de Campinas. Doutor em Clínica Médica, Faculdade de Medicina da Universidade Estadual de Campinas. Diretor Acadêmico e Coordenador do Programa de Saúde e Meio Ambiente da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES). Membro da Academia Brasileira de Medicina Militar.

Prof. Dr. José Cássio de Almeida Magalhães

Graduação em Odontologia. Mestrado e Doutorado em Odontologia, Universidade de São Paulo (USP). Docente do Curso de Graduação em Odontologia e do Programa de Saúde e Meio Ambiente da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Profa. Ms. Kylze Ikegami Sakiyama

Possui graduação em Odontologia pela Universidade Federal do Pará (1999). Atualmente é professora mestre da Universidade Metropolitana de Santos e professora auxiliar da Universidade Brasil.

Profa. Dra. Marcela Leticia Leal Gonçalves

Graduação em Odontologia. Mestrado e Doutorado em Biofotônica Aplicada às Ciências da Saúde, Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Docente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Profa. Dra. Mileny Esbravatti Stephano Colovati

Graduação em Biomedicina. Mestrado e Doutorado em Ciências, Programa de Pós-graduação em Biologia Estrutural e Funcional, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Docente do curso de Medicina e no Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Profa. Dra. Mirian Aparecida Boim

Graduação em Biomedicina. Mestrado, Doutorado e Livre-Docência em Biologia Molecular – Fisiologia, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Pós-Doutorado, Harvard Medical School. Docente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Profa. Dra. Paula Andrea de Santis Bastos

Graduação em Medicina Veterinária. Mestrado e doutorado em Medicina Veterinária pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo (USP).

Docente da Faculdade de Medicina Veterinária e do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Profa. Dra. Sandra Kalil Bussadori

Possui graduação em Odontologia pela Universidade Santo Amaro (1988), Especialização em Odontopediatria pela UNISA (1992), mestrado em Odontologia (Materiais Dentários) pela Universidade de São Paulo (1997) e doutorado em Ciências Odontológicas pela Universidade de São Paulo (2001) e Pós-Doutorado em Pediatria pela UNIFESP/SP. Atualmente, é professora dos Programas de Mestrado e Doutorado e Pós-Doutorado em Biofotônica aplicada à Ciências da Saúde e em Ciências da Reabilitação. É professora titular-UNINOVE, professora titular da Universidade Metropolitana de Santos.

Profa. Dra. Yára Dadalti Fragoso (*In memoriam*)

Graduação em Medicina. Neurologista. Mestrado e doutorado em medicina pela Universidade de Aberdeen, Escócia. Professora do curso de Medicina e do Programa Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Discentes

Amanda Rodriguez Tafo Gama Custódio

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Danielle Cristine Ginsicke

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Fernanda Daroz Colombo-Barbosa

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Gerson Bauer

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Giovanna Marcílio Santos

Discente da graduação de Medicina, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Giullia Carvalho Mangas Lopes

Discente da graduação de Medicina, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES)

Isabella T. Wintruff

Discente da graduação de Medicina, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES)

Julliana F. Camara

Discente da graduação de Medicina, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES)

Kamilla Mayr Martins Sá

Discente da graduação de Medicina, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES)

Larissa Gomes Peres Bomfim

Discente da graduação de Medicina, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES)

Lizandra Catharine Perrett Martins

Discente da graduação de Medicina, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES)

Maria Carolina Martins Mynssen Miranda de Freitas

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Maria Claudia Colombo Barboza M Francisco

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Maristela Freitas dos Santos Datogvia

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Pérsio P. de Torre

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Ricardo H. de Ponte Ramires

Discente da graduação de Medicina, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES)

Sandro Roberto Mastellari Francisco

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Thiago Z. Lima

Discente Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES)

Thalita Nascimento Colombo Barboza

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Vania Lucia Ferreira de Oliveira

Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Vinícius Lúcio de Barros

Discente da graduação de Medicina, Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES)

Willians Santos Baracho Junior

Discente de odontologia da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

Agradecimento

Sra. Magda Aparecida Cadinelli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - FATORES DE RISCO PARA A PRESENÇA DE HALITOSE EM PESCADORES	11
CAPÍTULO 2 - LEVANTAMENTO DAS JURISPRUDÊNCIAS DE PROCESSOS DE RESPONSABILIDADE CIVIL CONTRA CIRURGIÕES DENTISTAS NA REGIÃO PORTUÁRIA DA BAIXADA SANTISTA, CONSIDERANDO O TIPO DE OBRIGAÇÃO NO PERÍODO DE 2015 À 2021	15
CAPÍTULO 3 - TRABALHADORES PORTUÁRIOS E PANDEMIA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	37
CAPÍTULO 4 - TABAGISMO E FUNÇÃO COGNITIVA DOS IDOSOS	45
DA BAIXADA SANTISTA	45
CAPÍTULO 5 - MÉTODO DE QUANTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS NO PORTO DE SANTOS, SP	54
CAPÍTULO 6 - POLÍTICAS PÚBLICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE SANTOS .	69
CAPÍTULO 7 - PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DA SAÚDE OCULAR DOS TRABALHADORES DO PORTO DE SANTOS	81
CAPÍTULO 8 - USO DA ESPIRONOLACTONA NO TRATAMENTO DA ACNE EM MULHERES ADULTAS	88
CAPÍTULO 9 - EFEITO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA SOBRE AS DOENÇAS RESPIRATÓRIAS	95
CAPÍTULO 10 - IMPACTO DA PANDEMIA DE COVID-19 NAS ATIVIDADES PORTUÁRIAS E SEUS EFEITOS NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE DA POPULAÇÃO	104
CAPÍTULO 11 - PREVALÊNCIA DE TRANSTORNOS MENTAIS EM TRABALHADORES PORTUÁRIOS	109
CAPÍTULO 12 - AUTONOMIA E INDEPENDÊNCIA DAS MULHERES DE BAIXA RENDA NA REGIÃO PORTUÁRIA DE SANTOS	116



CAPÍTULO 5 - MÉTODO DE QUANTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS NO PORTO DE SANTOS, SP

Ricardo H. de Ponte Ramires, Gerson Bauer, Edgar Maquigussa, Paula
A. S. Bastos, Elizabeth B. Oliveira-Sales

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável e de práticas de produção denominadas "verdes" são temas de muita relevância atualmente. Tais práticas resultam em maior eficiência energética e menor produção de resíduos, tais como os gases do efeito estufa (GEE), que têm preocupado a comunidade internacional. Em 2018, a Organização Marítima Internacional (IMO) entrou em um acordo para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 50% até 2050, comparado com os níveis de 2008. Ambos o Acordo de Paris e o Protocolo de Kyoto, que não estabeleceram diretamente nenhum objetivo de redução de emissões, também já trouxeram à tona as emissões de transporte marítimo nas discussões^{1,2}.

Ilustrando o impacto do setor de transportes na emissão de poluentes, comparou-se as emissões de CO₂ para os anos de 2015 e 2018, dos quinze maiores emissores do mundo. O setor de transportes por si só foi o oitavo maior emissor de CO₂ do mundo. Além disso, o setor também teve o sétimo maior aumento (mais de 6%) de 2015 para 2018 como mostra a Figura 1 a seguir⁴.

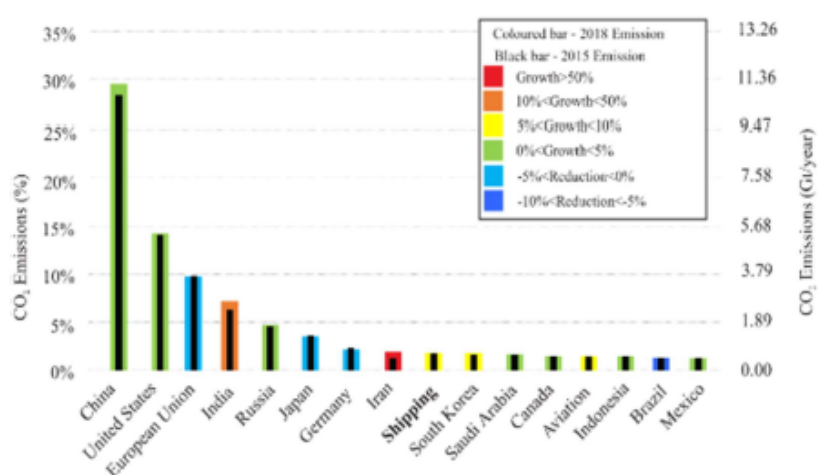


Figura 1 - Comparação entre as emissões de CO₂ para os anos de 2015 e 2018, dos quinze maiores emissores do mundo.

O transporte marítimo internacional contribuiu em torno de 2,89% do total mundial das emissões de gases do efeito estufa de origem antropogênica em 2018, de acordo com a IMO⁵. Além disso, se forem analisados os regulamentos e acordos sobre as emissões de gases de efeito estufa oriundos de navios, verifica-se que: "pelo menos até o outono de 2020, a única ação regulatória obrigatória que limita as emissões de gases do efeito estufa oriundos de navios tem sido a adoção do chamado Fator de Eficiência Energética de Projeto (EEDI) pela IMO,

que é um índice que mede as emissões de CO₂ por tonelada-milha"⁶. Uma meta intermediária (em termos de ambição) proposta na estratégia inicial da IMO, é reduzir essas emissões em pelo menos 40% até 2030 (ou seja, retornar aos níveis de 2008). Neste contexto, é evidente que desenvolver soluções para reduzir o consumo de combustível dos navios é essencial para cumprir esta meta⁷.

O transporte rodoviário está liderando a transição para a descarbonização. Existem muitos caminhos possíveis para alcançar este objetivo, incluindo estratégias como melhorias na aerodinâmica, melhorias na eficiência da combustão, recuperação de calor residual, combustíveis e fontes de energia alternativas (hidrogênio, biocombustíveis, etc.)⁸.

Embora a eletrificação do sistema de transporte enfrente, sem dúvida, sérios desafios, as tecnologias atualmente disponíveis estão maduras (por exemplo, veículos híbridos e veículos elétricos), não obstante, os desenvolvimentos na eletrificação do transporte rodoviário estão atraindo atenção em outros setores, como o transporte marítimo. A hibridização, por exemplo, é considerada um passo viável e transitório para a eletrificação completa da propulsão, com potencial significativo de economia de energia em navios. Os sistemas de propulsão híbrida permitem operar os motores de combustão dentro de pontos de operação de alta eficiência (evitando pontos de operação de baixa eficiência usando a bateria), resultando em economia de energia, dependendo das características do ciclo de condução e do tipo de navio (por exemplo, uma faixa de 9–13% de redução do consumo de energia no caso de navios de transporte terrestre e 2,91–7,48% de redução do consumo de combustível em balsas "roll on – roll off" de curta distância). O primeiro passo em direção à mudança da matriz energética do transporte marítimo já foi dado, conforme ilustrado na Figura 2 a seguir^{9,10,11,12}.



Figura 2 - O primeiro navio-cargueiro elétrico e autônomo do mundo, "Yara Birkeland", atracado em Langkaia, Oslo, em 19 de novembro de 202.

A hibridização de navios requer um projeto apropriado de integração de sistemas de propulsão elétrica e a presença de um complexo sistema de automação, tornando-se um obstáculo para a grande maioria das empresas a sua implantação. Enquanto não se efetiva a mudança da matriz energética do transporte marítimo, é fundamental o estudo dos poluentes emitidos pelos navios movidos a combustível de origem fóssil¹⁰.

A Ecotoxicologia é a ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes das interações das substâncias químicas ou misturas de substâncias de origem antropogênica que afetam o meio ambiente. Logo, a Ecotoxicologia é o estudo dos efeitos tóxicos de substâncias químicas e efluentes industriais em uma população, na comunidade e também no ecossistema, bem como das medidas necessárias para prever, conter ou tratar os danos causados¹³.

A Toxicologia Ambiental é uma das grandes áreas da Toxicologia e é de caráter multidisciplinar, abrangendo profissionais da Biologia, Química (orgânica, analítica e bioquímica), Anatomia, Genética, Fisiologia, Hidrologia, Microbiologia, Ecologia, Geologia, Botânica, Epidemiologia, Estatística e Direito. Esta área estuda os efeitos tóxicos de contaminantes ambientais sobre organismos vivos e, embora

seja comum relacionar efeitos tóxicos com a saúde humana, todos os organismos vivos são relevantes para o equilíbrio dos ecossistemas. Portanto, a Toxicologia Ambiental se fundamenta em dois princípios básicos¹⁴:

1. A sobrevivência da espécie humana depende do bem-estar dos organismos e da disponibilidade de ar, água e alimentos de qualidade¹⁴;
2. Tanto os agentes tóxicos de fontes antropogênicas, como os de origem natural podem causar danos aos organismos¹⁴.

No contexto da Toxicologia Ambiental, trata-se da Poluição Atmosférica, que pode ser definida como uma alteração nos níveis dos gases da troposfera, camada inferior da atmosfera, responsável pelo clima e onde ocorre o efeito estufa. A troposfera representa a maior parte da atmosfera e se estende por 20 km a partir do solo. O ar é o mais denso nessa camada, sendo formado por nitrogênio (78,08%), oxigênio (20,95%), argônio (0,93%), dióxido de carbono (0,035%), vapor de água e outros gases¹⁴.

Em virtude de fenômenos naturais e processos antropogênicos, os níveis de gases do ar estão sendo constantemente alterados. Conforme a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), "poluente atmosférico é toda forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características, em desacordo com os níveis estabelecidos em legislação, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade às atividades normais da comunidade"¹⁴.

O Porto de Santos é o maior complexo portuário da América Latina, composto por terminais públicos e privados, dedicados à armazenagem e movimentação de cargas e passageiros. É evidente que o Porto de Santos é protagonista na economia da cidade, seja na geração de empregos, ou seja para o turismo local e regional, entre outros. Contudo as atividades retroportuárias precisam estar bem

regulamentadas e localizadas para conviver em sinergia com o meio urbano. A distribuição e a operação dessas atividades, sobretudo na área insular, em Santos, gera conflitos, por conta de sua proximidade com áreas residenciais¹⁵.

O Complexo Portuário de Santos é o conjunto de terminais voltados à armazenagem e movimentação de cargas e passageiros instalados ao longo do estuário de Santos, limite natural entre os municípios de Santos, Guarujá e Cubatão – constituindo o maior porto da América Latina – retratado na Figura 3 a seguir¹⁵.



Figura 3 - Complexo Portuário de Santos.

Além das emissões de poluentes ao ar por navios, a presença de algumas atividades de armazenagem, principalmente com relação aos granéis sólidos, sejam vegetais ou minerais, trazem problemas como emissão de materiais particulados, poluição sonora, além da convivência com a movimentação de cargas perigosas, que apesar dos planos e investimentos para contenção e mitigação, não deixam de causar insegurança ao perigo eminente. Outro problema recorrente é a circulação e estacionamento irregular de veículos de carga nas vias próximas às áreas retroportuárias¹⁵.

A qualidade do ar é um dos principais determinantes da saúde humana. Recentes estimativas indicam que anualmente dezenas de milhares de mortes

prematuras podem estar relacionadas à exposição a poluentes atmosféricos. Por isso, a Organização Mundial de Saúde (OMS) considera ar limpo um importante requisito para manutenção da saúde humana. Concentrações elevadas de poluentes atmosféricos podem também causar degradação da flora e fauna e deterioração de monumentos históricos e construções modernas¹⁴.

Os poluentes do ar podem ser separados em dois grupos. Os poluentes prioritários tradicionais que compreendem SO₂, NO₂, CO, material particulado e chumbo (Pb) e o poluente secundário, O₃, todos legislados na maioria dos países. Existe outra definição que são os poluentes perigosos do ar, que compreendem compostos químicos e agentes físicos e biológicos de diferentes tipos, presentes na atmosfera em concentrações muito menores que os poluentes prioritários tradicionais e que não estão necessariamente previstos nas legislações ambientais. Tendo as definições de poluentes em mente, vale ressaltar que os grupos mais susceptíveis à ação dos mesmos são idosos, crianças, gestantes e portadores de deficiências cardíacas ou respiratórias¹⁵.

Estudos epidemiológicos realizados em gestantes de vários países relacionam elevados níveis de poluentes do ar com efeitos sobre a gestação e sobre os neonatos, como nascimento prematuro, baixo peso ao nascer e retardo intra-uterino¹⁴. Outros trabalhos científicos demonstram a associação positiva entre a mortalidade e a morbidade por problemas respiratórios em crianças: a poluição atmosférica tem sido associada a decréscimo na função pulmonar, faltas à escola, redução da capacidade respiratória em crianças normais e aumento do uso de medicamentos por crianças com asma¹⁴.

Não obstante, já foram relatadas alterações no sistema imunológico de pessoas normais, com redução da interação do epitélio ciliado com as propriedades do muco, assim como aumento do uso de medicamentos por adultos asmáticos. Por outro lado, os idosos apresentam os maiores índices de doenças cardiovasculares relacionadas à poluição do ar¹⁴.

Diante do exposto acima, quantificar e categorizar a poluição do ar por navios no Porto de Santos, SP, para orientar os órgãos públicos sobre a importância dessa problemática em Toxicologia Ambiental, bem como promover a melhora da saúde e qualidade de vida da população da região torna-se altamente imprescindível.

METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida pelo TRL (Transport Research Laboratory)¹⁶, a conversão simplificada de tonelagem¹⁷, o mensário estatístico do Porto de Santos¹⁸ e a publicação de fatos e dados do Porto de Santos¹⁹;

Para a execução da metodologia, é necessário a determinação dos seguintes coeficientes: FATOR OPERACIONAL¹⁶, DURAÇÃO DE VIAGEM¹⁶ e MACHINERY FACTOR¹⁷, conforme passos descritos a seguir:

1. Registrar o fluxo de mercadorias movimentadas mês a mês no período determinado dos segmentos de Carga Geral, Granel Sólido e Granel Líquido;
2. Para validar a metodologia desenvolvida pelo TRL¹⁶, o NET TONNAGE¹⁷ (volume das cargas) deverá ser convertido em GROSS TONNAGE¹⁷ (arqueação bruta da embarcação), mediante o uso do MACHINERY FACTOR, demonstrado na Figura 4 a seguir¹⁷;

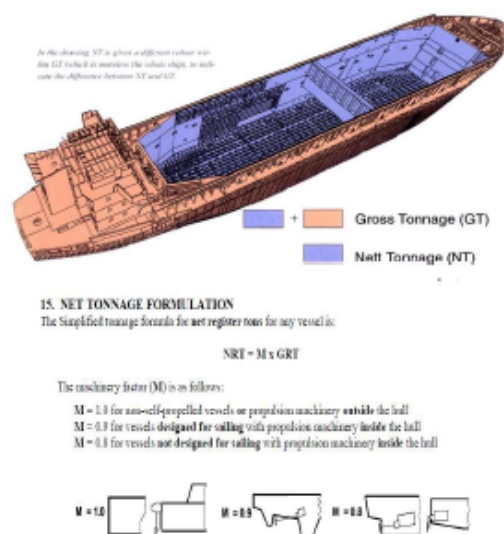


Figura 4 – Net Tonnage e Gross Tonnage

3. Uma vez obtidos os valores de GROSS TONNAGE¹⁷ mensais dos segmentos de Carga Geral, Granel Sólido e Granel Líquido, prossegue-se para o cálculo do consumo de diesel em toneladas necessário para o transporte dessas mercadorias ao longo de um período de 24h, conforme Tabela 1 a seguir¹⁶.

Tabela 1 – Consumo na potência máxima (t/dia) em função do GROSS TONNAGE

Tipo do navio	Consumo médio (t/dia)	Consumo na potência máxima (t/dia) em função do GROSS TONNAGE
Granel Sólido	33.80	$C = 20.186 + 0,00049 \times GT$
Granel Líquido	41.15	$C = 14.685 + 0,00079 \times GT$
Carga Geral	21.27	$C = 9.8197 + 0,00143 \times GT$

4. Uma vez obtidos os valores consumo de diesel em toneladas / dia dos segmentos de Carga Geral, Granel Sólido e Granel Líquido, prossegue-se para o cálculo da quantidade de diesel efetivamente consumida, tendo em vista qual a fração das 24h em que a embarcação esteve de fato em funcionamento, para o seguinte trecho: da área de fundeadouro, entrada do canal do Porto de Santos, até atracação e da desatracação até a saída do canal²⁰. Além da DURAÇÃO DA VIAGEM¹⁶, define-se qual a potência da embarcação utilizada em manobra, o FATOR OPERACIONAL¹⁶;

5. Para cada tonelada de diesel efetivamente consumida, serão determinadas em laboratório as frações de poluentes lançadas à atmosfera¹⁶. Sabe-se que os motores marítimos de grande porte são majoritariamente de baixa rotação (80-120 rpm), escolhidos da Tabela 2 a seguir²¹.

Tabela 2 - Fatores de emissão de manobra (kg/ton de diesel) para uso na metodologia detalhada

Tipo do motor	NOx	CO	CO ₂	VOC	PM	SOx
Motor diesel de baixa rotação	78	28	3200	3,6	1,2	20S

6. Os cálculos realizados poderão quantificar e categorizar a poluição proveniente do fluxo de mercadorias no Porto de Santos nas seguintes frações listadas na Tabela 3 a seguir¹⁶.

Tabela 3 – Códigos de identificação de poluentes

Códig	Nome
o	
NOx	Óxidos de nitrogênio

SOx	Óxidos de enxofre
CO	Monóxido de carbono
VOC	Compostos orgânicos voláteis
PM	Material particulado
CO ₂	Dióxido de carbono

7. A partir de informações meteorológicas regionais, é importante verificar a tendência de dispersão de poluentes para identificar as regiões urbanas possivelmente mais afetadas pela poluição oriunda de navios;

8. Os navios de passageiros no estudo não devem ser considerados nesse método de avaliação.

CONCLUSÕES

Esse método de quantificação e categorização da poluição do ar por navios no Porto de Santos, SP é essencial para auxiliar na execução de relatórios técnicos para orientar os órgãos públicos sobre a importância dessa problemática em Toxicologia Ambiental, bem como promover a melhora da saúde e qualidade de vida da população da região.

REFERÊNCIAS

1. Cushman Jr. JH. World Agrees to Cut Shipping Emissions 50 Percent by 2050. Inside Climate News [Internet]. 2018 Apr 13 [acesso em 2022 Jun 22]; Disponível em: <https://insideclimatenews.org/news/13042018/ocean-shipping-imo-agreement-reduce-climate-change-emissions-fuel-oil-zero-carbon-clean-energy-technology/>.
2. Timperley J. In-depth: Will countries finally agree a climate deal for shipping?. Carbon Brief [Internet]. 2018 Apr 06 [acesso em 2022 Jun 22]; Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/in-depth-will-countries-finally-agree-climate-deal-for-shipping/>.
3. European Commission. CO2 Time Series 1990–2015 Per Region/Country. EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research [Internet]. 2016 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/emissions_reports.
- 4.
5. European Commission. Fossil CO2 emissions of all world countries. EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research [Internet]. 2018 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/emissions_reports
6. International Maritime Organization. Greenhouse Gas Study. Fourth IMO GHG Study: Executive Summary [Internet]. 2020 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20Executive-Summary.pdf>

7. Psaraffis HN, Kontovas CA. Decarbonization of Maritime Transport: Is There Light at the End of the Tunnel?. MDPI: Sustainability [Internet]. 2021 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em: <file:///F:/sustainability-13-00237.pdf>
8. International Maritime Organization. Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emission from Ships. Resolution MEPC.304(72) [Internet]. 2018 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.304\(72\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.304(72).pdf)
9. Balcombe P, Brierley J, Lewis C, Skatvedt L, Speirs J, Hawkes A, et al. How to decarbonise international shipping: Options for fuels, technologies and policies. Energy Convers [Internet]. 2019 [acesso em 2022 Jun 22]; Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/330308528_How_to_decarbonise_international_shipping_Options_for_fuels_technologies_and_policies
10. Zhuang W, Li SE, Zhang X, Kum D, Song Z, Yin G, et al. A survey of powertrain configuration studies on hybrid electric vehicles [Internet]. 2020 [acesso em 2022 Jun 22]; Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343500825_A_survey_of_powertrain_configuration_studies_on_hybrid_electric_vehicles
11. Xing H, Spence S, Chen, H. A comprehensive review on countermeasures for CO₂ emissions from ships [Internet]. 2020 [acesso em 2022 Jun 22]; Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347627879_A_comprehensive_review_on_countermeasures_for_CO2_emissions_from_ships

12. Łebkowski A. Reduction of Fuel Consumption and Pollution Emissions in InlandWater Transport by Application of Hybrid Powertrain [Internet]. 2018 [acesso em 2022 Jun 22]; Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/8/1981>
13. Al-Falahi MD, Nimma KS, Jayasinghe SD, Enshaei H, Guerrero JM. Power management optimization of hybrid power systems in electric ferries [Internet]. 2018 [acesso em 2022 Jun 22]; Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890418307362>
14. Oga S, Camargo MM, Batistuzzo JA. Fundamentos de Toxicologia: Ecotoxicologia. São Paulo: Grupo Zanini - Oga; 2008.
15. Oga S, Camargo MM, Batistuzzo JA. Fundamentos de Toxicologia: Poluentes da Atmosfera. São Paulo: Grupo Zanini - Oga; 2008.
16. Prefeitura Municipal de Santos. Diagnóstico de revisão. Plano diretor de desenvolvimento e expansão urbana do município de Santos [Internet]. 2021 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em: https://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/files/portal_files/hotsites/renovasantos/oficinas_planos_2021_virtual-site_1.pdf
17. Hickman AJ. Methodology for calculating transport emissions and energy consumption: Part C. Ship Transport. Transport research laboratory [Internet]. 1999 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em: <https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/meet.pdf>

18. U.S. Coast Guard. Simplified Measurement: Tonnage Guide 1 [Internet]. United States: Marine Safety Center; 2009 [acesso em 2022 Jun 23]. Disponível em:
<https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/Marine%20Safety%20Center/Tonnage/Tonnage%20Guide%201%20-%20Simplified%20Measurement.pdf?ver=2017-06-09-123757-680>

19. Santos Port Authority. Mensários Estatísticos. Porto de Santos [Internet]. 2022 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em:
<https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>.

20. Santos Port Authority. Fatos e Dados. Porto de Santos [Internet]. 2022 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em:
<https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>.

21. Fonseca MM. Arte Naval I e II. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil; 1954.

22. Woodyard D. Marine Diesel Engines and Gas Turbines [Internet]. 8th ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann; 2004 [acesso em 2022 Jun 23]. Disponível em: <https://maritimeexpert.files.wordpress.com/2016/08/pounders-marine-diesel-engines-gas-turbines.pdf>

ANEXO 4 - RELATÓRIO DE PESQUISA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: A POLUIÇÃO DO AR GERADA PELOS NAVIOS E A OCORRÊNCIA DE EVENTOS DE SAÚDE RELACIONADOS A DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE SANTOS

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL SAÚDE E MEIO AMBIENTE, UNIVERSIDADE METROPOLITANA DE SANTOS, UNIMES

COMENTÁRIOS INICIAIS

Este relatório se propõe a apresentar parte dos dados presentes na dissertação de mestrado intitulada “A Poluição do ar gerada pelos navios e a ocorrência de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias no município de Santos”. A dissertação na íntegra pode ser obtida no sítio eletrônico do Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente ([Mestrado Saúde e Meio Ambiente – Unimes](#)).

INTRODUÇÃO

Em 2022, 29% das trocas comerciais brasileiras passaram pelo Porto de Santos, mantendo-o na liderança entre os portos nacionais em termos de valor movimentado (US\$ 174,6 bilhões)¹. O Porto de Santos figura anualmente no ranking dos 100 maiores portos de acordo com a publicação britânica *Lloyd's List* (que leva em conta apenas a movimentação de contêineres), uma referência das indústrias de portos e navegação².

O tráfego de navios, assim como as atividades portuárias (carga, descarga, transporte e manejo), gera poluentes que podem afetar a qualidade do ar e de todo ecossistema do entorno. Altas concentrações de poluentes como SO_x, NO_x e MP vêm recebendo atenção mundial em virtude de seu potencial de gerar e complicar doenças do aparelho respiratório, problemas cardíacos e relacionados à hipertensão e até mesmo doenças neoplásicas e a morte prematura das populações^{3,4}

O Porto de Santos apresenta muita proximidade com a população de Santos, que contempla idosos, jovens, crianças e um número muito grande de turistas de final de semana, feriados e férias¹. A proximidade física do Porto com a população eleva a responsabilidade socioambiental do Complexo Portuário, sua regulamentação e fiscalização⁵.

Os navios emitem poluentes tanto em navegação quanto atracados, e essas emissões afetam consideravelmente a qualidade do ar. Navios que transportam bens têm grande impacto no oceano e no planeta; um estudo da OMI de 2020 demonstrou que entre 250 e 300 milhões de toneladas de combustíveis são consumidos por ano, além de uma emissão anual de 1.076 milhões de toneladas de CO₂, o que equivale a 2,9% de suas emissões globais⁶.

Medidas simples e de baixo custo, como o uso de combustíveis mais limpos (com menor concentração de enxofre) e adequação do manejo das cargas podem, em curto prazo, diminuir estas emissões, resultando em uma possível melhora da qualidade do ar e levando, conseqüentemente, à diminuição de doenças do aparelho respiratório⁷.

As emissões de navios têm impactos adversos globais, regionais e locais na qualidade do ar, poluição do mar e da terra. Os mais importantes poluentes emitidos por navios são NO_x, SO₂, dióxido de carbono CO₂, hidrocarbonetos (HC) e MP. As emissões marítimas são facilmente transferidas a longas distâncias na atmosfera, no mar, na terra e entre os continentes^{8,9}.

Sarra e Mülfarth, no artigo que avaliou a poluição atmosférica no município de Santos, identificaram a deterioração da qualidade do ar nos bairros próximos ao Porto. Essa situação é muito importante, pois o Porto apresenta muita proximidade com a área urbana do município de Santos, que contempla idosos, jovens, crianças e um número muito grande de turistas nos finais de semana, feriados e férias¹.

Foi identificado que a emissão de MP10 na região da Ponta da Praia está relacionada a manipulação, transferência e transporte de grãos¹⁰. Além disso, não se pode deixar de considerar a emissão de MP10 proveniente de fontes terrestres, como caminhões, ferrovias, equipamentos de manuseio de carga e armazenamento em ambiente portuário^{11,12}.

2 JUSTIFICATIVA

As justificativas para avaliação da emissão de poluentes pelos navios que trafegam no porto de Santos e a número de pacientes com doenças respiratórias são, a saber:

- ✓ Proximidade do porto as áreas urbanas residenciais;
- ✓ Alta densidade populacional no município de Santos;
- ✓ Grande população de idosos, que são indivíduos vulneráveis fisicamente;

- ✓ O sentido dos ventos a região de Santos ocorre do mar para o continente, carregando os poluentes presentes no ar para os municípios;
- ✓ Afluxo grande de turistas de veraneio que estarão em contato com os poluentes atmosféricos, aumentando, assim, o número de indivíduo que podem ser afetados.

3 OBJETIVOS

Foram apresentados aqui todos os objetivos para que se tenha ideia do conteúdo da dissertação na íntegra.

Objetivo geral:

- Analisar se existe uma possível relação entre os poluentes atmosféricos ambientais, emitidos pelos navios no município de Santos (SP), e o número de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias.

Objetivos específicos:

- Quantificar a emissão de poluentes do ar proveniente do tráfego dos navios no Porto de Santos;
- Analisar se os poluentes emitidos pelos navios são detectados na estação de análise da qualidade do ar da CETESB localizada na Ponta da Praia, no município de Santos (SP);
- Analisar a ocorrência de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias no município de Santos (SP).

4 PARTE DOS RESULTADOS IDENTIFICADOS

O cálculo da quantidade de diesel consumido pelos navios com base no TRL foi usado para a determinação mensal acumulada da emissão de poluentes no período estudado. Os resultados dos cálculos referentes ao período de janeiro de 2021 a fevereiro de 2022 estão apresentados na Figura 1A (NO_x acumulado), 1B (CO, SO_x, COV e MP acumulados) e 1C (CO₂ acumulado).

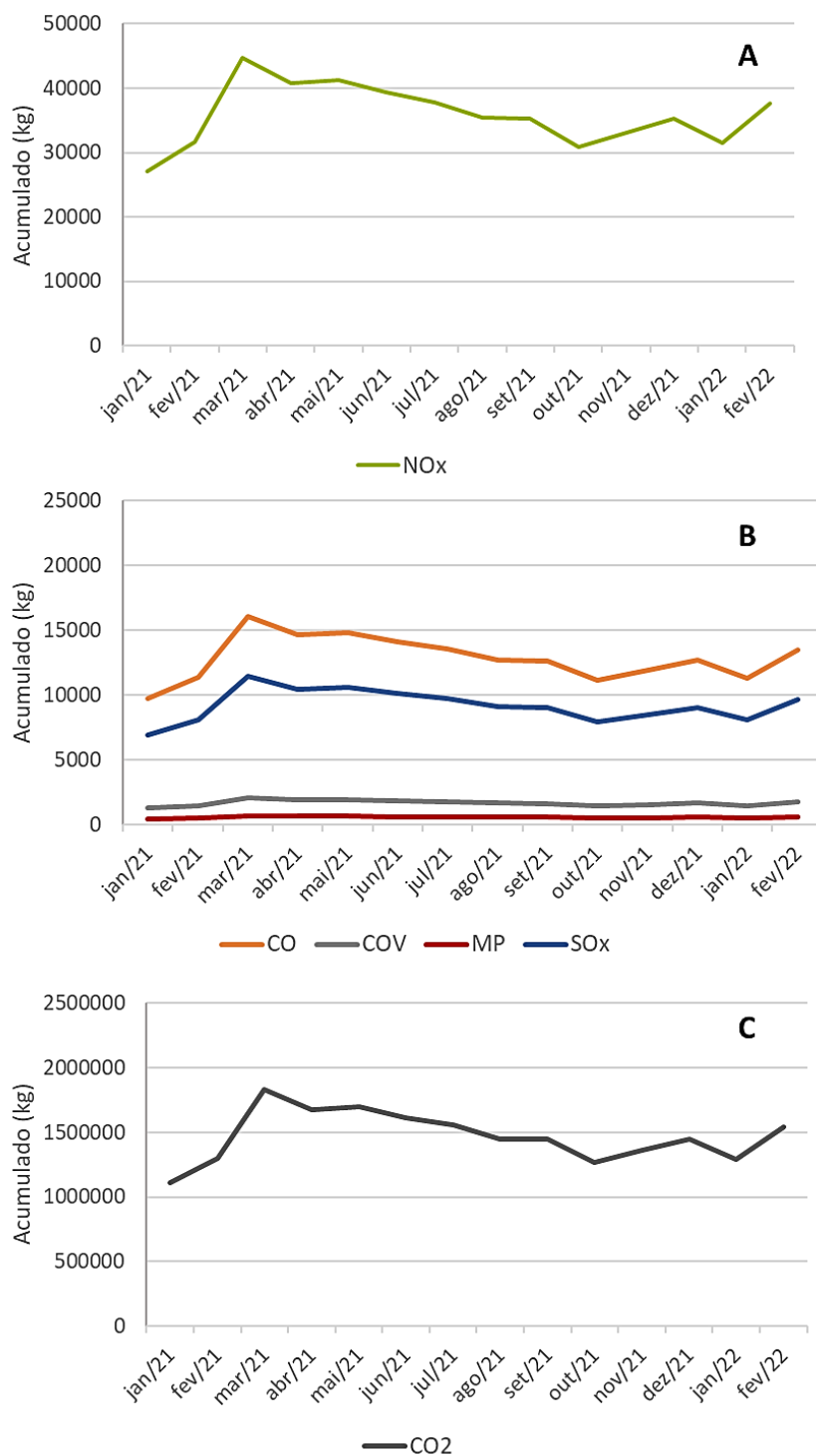


Figura 1 – Emissão acumulada mensal dos poluentes (A) NOx; (B) SOx, CO, COV e MP; e (C) CO₂ calculados a partir do TRL nos períodos de janeiro de 2021 a fevereiro de 2022.

O gráfico da Figura 2 apresenta valores mensais dos poluentes MP_{2,5}, MP₁₀, SO₂, NO, NOx e NO₂ monitorados pela estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” desde janeiro de 2021 até dezembro de 2022. De acordo com os PQAr nacionais (Res. nº

491/2018 do CONAMA) e estaduais (Res. nº 4/2021 do CONSEMA) para a metas vigentes (MI3), as médias mensais de SO₂ e NO₂ não apresentaram ultrapassagens. Já os valores médios mensais de MP_{2,5} apresentaram duas ultrapassagens, em julho de 2021 e 2022; houve quatro ultrapassagens dos valores médios mensais de MP₁₀, sendo eles em maio, junho e julho de 2021 e julho de 2022. Os PQAr de NO_x e NO não são regulamentados. Os valores das médias mensais dos poluentes monitorados na Estação da CETESB “Santos –Ponta da Praia” no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022 são apresentados na Tabela 1 e as ultrapassagens estão indicadas em vermelho.

Tabela 1 – Valores das médias mensais (µg/m³) dos poluentes monitorados na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

	JAN 21	FEV 21	MAR 21	ABR 21	MAI 21	JUN 21	JUL 21	AGO 21	SET 21	OUT 21	NOV 21	DEZ 21
MP ₁₀	16	21	24	23	37	34	37	28	28	21	21	19
NO ₂	19	25	23	24	31	27	36	29	26	20	20	22
NO	12	22	21	23	32	29	40	24	14	10	11	17
NO _x	20	31	29	31	43	38	52	35	25	19	19	26
MP _{2,5}	12	11	11	9	14	12	18	14	13	8	9	9
SO ₂	1	2	2	2	3	2	3	2	1	1	2	2

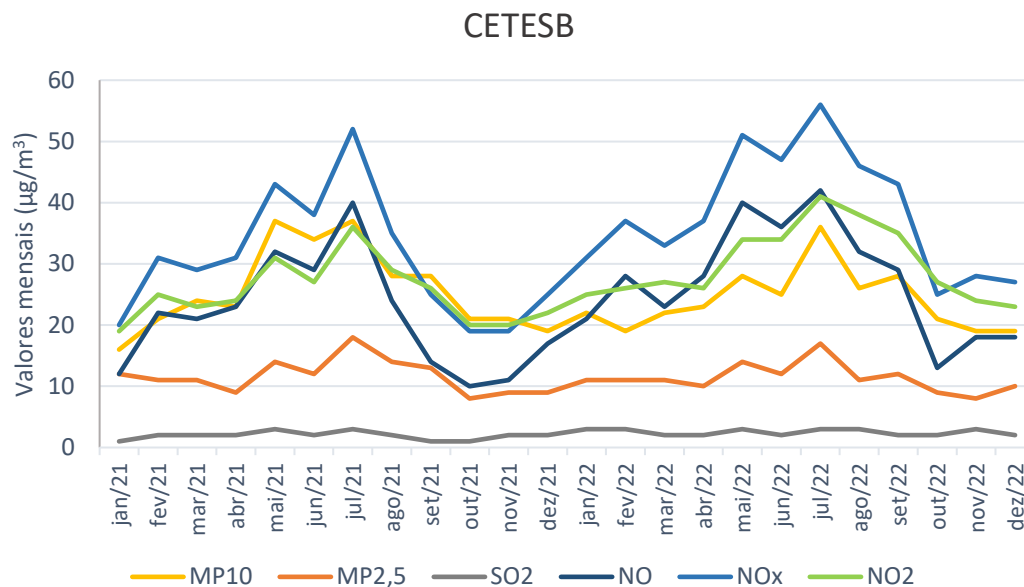
	JAN 22	FEV 22	MAR 22	ABR 22	MAI 22	JUN 22	JUL 22	AGO 22	SET 22	OUT 22	NOV 22	DEZ 22
MP ₁₀	22	19	22	23	28	25	36	26	28	21	19	19
NO ₂	25	26	27	26	34	34	41	38	35	27	24	23
NO	21	28	23	28	40	36	42	32	29	13	18	18
NO _x	31	37	33	37	51	47	56	46	43	25	28	27
MP _{2,5}	11	11	11	10	14	12	17	11	12	9	8	10
SO ₂	3	3	2	2	3	2	3	3	2	2	3	2

Fonte: CETESB; Sistema de informações da qualidade do ar – QUALAR.

Obs.: as ultrapassagens segundo as metas vigentes estão indicadas em vermelho.

Considerando o relatório de distribuição da qualidade do ar da CETESB, que é uma avaliação de curto prazo, as medições se encontraram majoritariamente dentro da classificação boa (N1) para todos os poluentes analisados. Apenas MP_{2,5} e MP₁₀ apresentaram algumas medições com qualidade do ar moderada (N2): julho e agosto de 2021 e maio a setembro de 2022 para MP_{2,5}, e maio a setembro de 2021 e 2022 para MP₁₀. Em setembro de 2022, MP₁₀ foi classificado como ruim (N3).

Conforme mencionado, as aferições de NO₂, NO, NO_x e SO₂ no período analisado se mantiveram em N1. Vale ressaltar que os maiores valores médios mensais de NO₂ (n = 712) foram observados entre maio e setembro de 2021 e 2022.



Fonte: CETESB; Sistema de informações da qualidade do ar – QUALAR.

Figura 2 – Valores médios mensais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos poluentes monitorados pela Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

A Tabela 2 resume o levantamento de dados no DATASUS para o período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022 da classificação do CID-10 para doenças do aparelho respiratório (Capítulo X, J00-J99). No período analisado, foram registrados 3688 eventos relacionados a doenças respiratórias em geral, excluindo gripe por *Influenza* e COVID-19. Os meses com maior número de eventos de saúde ($>200/\text{mês}$) foram dezembro de 2021 ($n = 219$), janeiro ($n = 234$), maio ($n = 210$), julho ($n = 244$), agosto ($n = 232$), setembro ($n = 239$) e outubro de 2022 ($n = 209$).

Tabela 2 – Número de eventos de saúde registrados no SUS para doenças do aparelho respiratório (Cap. X do CID-10) no município de Santos (SP) no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

Lista CID-10	2021 Jan	2021 Fev	2021 Mar	2021 Abr	2021 Mai	2021 Jun	2021 Jul	2021 Ago	2021 Set	2021 Out	2021 Nov	2021 Dez	TOTAL
Outras doenças do aparelho respiratório	34	44	46	47	46	43	48	41	55	59	74	96	633
Pneumonia	16	23	48	20	18	16	34	26	28	38	37	79	383
Bronquite, enfisema e outras DPOC	4	6	9	5	2	5	13	6	12	6	9	14	91
Bronquite aguda e bronquiolite aguda	3	10	15	3	6	6	8	12	5	1	6	17	92
Asma	-	-	4	2	5	7	1	4	14	5	10	7	59
Outras infecções agudas das vias aéreas superiores	-	-	1	-	1	-	-	-	1	1	-	1	5
Outras doenças do nariz e dos seios paranasais	3	1	-	-	1	1	1	2	-	1	-	-	10
Outras doenças do trato respiratório superior	3	1	-	-	2	2	-	-	1	-	-	3	12
Bronquiectasia	-	-	-	2	1	-	-	-	-	1	-	-	4
Laringite e traqueíte agudas	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	3
Doenças crônicas das amígdalas e das adenóides	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	4
Faringite aguda e amigdalite aguda	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2
Pneumoconiose	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Doenças do aparelho respiratório (CID: J00-99)	65	85	123	79	82	80	106	92	119	113	136	219	1299

Lista CID-10	2022 Jan	2022 Fev	2022 Mar	2022 Abr	2022 Mai	2022 Jun	2022 Jul	2022 Ago	2022 Set	2022 Out	2022 Nov	2022 Dez	TOTAL
Outras doenças do aparelho respiratório	86	58	79	74	69	66	87	77	103	85	63	66	913
Pneumonia	110	52	73	68	86	88	98	91	98	75	82	66	987
Bronquite, enfisema e outras DPOC	17	8	16	15	18	16	24	26	19	21	14	11	205
Bronquite aguda e bronquiolite aguda	14	12	12	11	27	9	20	10	3	7	12	10	147
Asma	1	-	5	2	9	9	7	17	10	15	9	4	88
Outras infecções agudas das vias aéreas superiores	1	1	-	-	-	1	5	5	4	2	-	2	21
Outras doenças do nariz e dos seios paranasais	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	4
Outras doenças do trato respiratório superior	1	-	-	-	-	1	-	2	1	-	-	-	5
Bronquiectasia	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
Laringite e traqueíte agudas	1	-	-	-	1	-	1	1	1	-	-	-	5
Doenças crônicas das amígdalas e das adenóides	-	1	1	1	-	1	1	-	-	1	1	-	7
Faringite aguda e amigdalite aguda	1	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	5
Pneumoconiose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Doenças do aparelho respiratório (CID: J00-99)	234	132	187	171	210	191	244	232	239	209	181	159	2389

Obs.: Os meses com mais de 200 eventos de saúde estão destacados em negrito.

A evolução do número de eventos durante o período analisado é apresentada na Figura 3

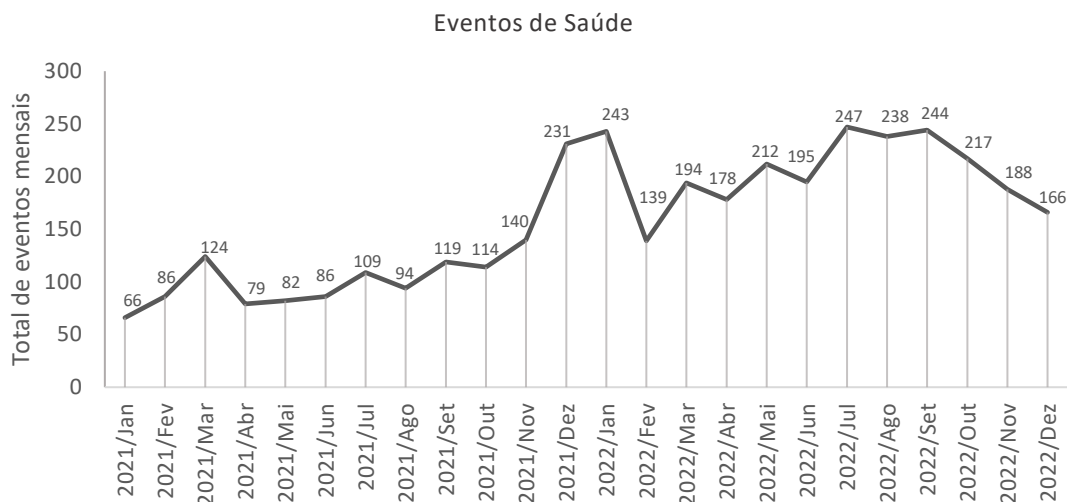


Figura 3 – Evolução do número de eventos de saúde registrados no SUS para doenças do aparelho respiratório (Cap. X do CID-10) no município de Santos (SP) no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

Os dados levantados de eventos do aparelho respiratório separados por faixa etária estão apresentados na Tabela 3. Os registros de eventos de saúde do aparelho respiratório foram maiores nas crianças e adolescentes (<1-19 anos, n = 1156) e na população idosa (+60 anos; n = 1549) em comparação à população adulta (20-59 anos; n = 925).

Tabela 3 – Número de eventos de saúde registrados no SUS por faixa etária para doenças do aparelho respiratório (Cap. X do CID-10) no município de Santos (SP) no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022.

CID-10: Doenças do aparelho respiratório (J00-99)

IDADE	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1 a 19 anos	27	38	49	12	24	27	35	35	35	37	39	93
20 a 59 anos	24	31	22	27	36	34	39	46	28	39	33	57
60 anos ou mais	30	33	46	36	36	26	36	64	71	69	70	85

IDADE	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022	2022
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1 a 19 anos	52	58	49	40	91	74	79	76	56	51	54	25
20 a 59 anos	49	32	64	40	40	34	42	55	55	50	38	10
60 anos ou mais	98	60	76	78	93	93	88	90	80	93	64	34

Em relação às emissões do poluente NOx monitorados pela CETESB, foi observada uma associação moderada e estatisticamente significativa com a concentração de NOx no ar e eventos de doenças respiratórias, como a bronquite aguda e bronquiolite aguda ($r = 0,43$; $p < 0,05$; Figura 4A) e bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas ($r = 0,44$; $p < 0,05$; Figura 4B).

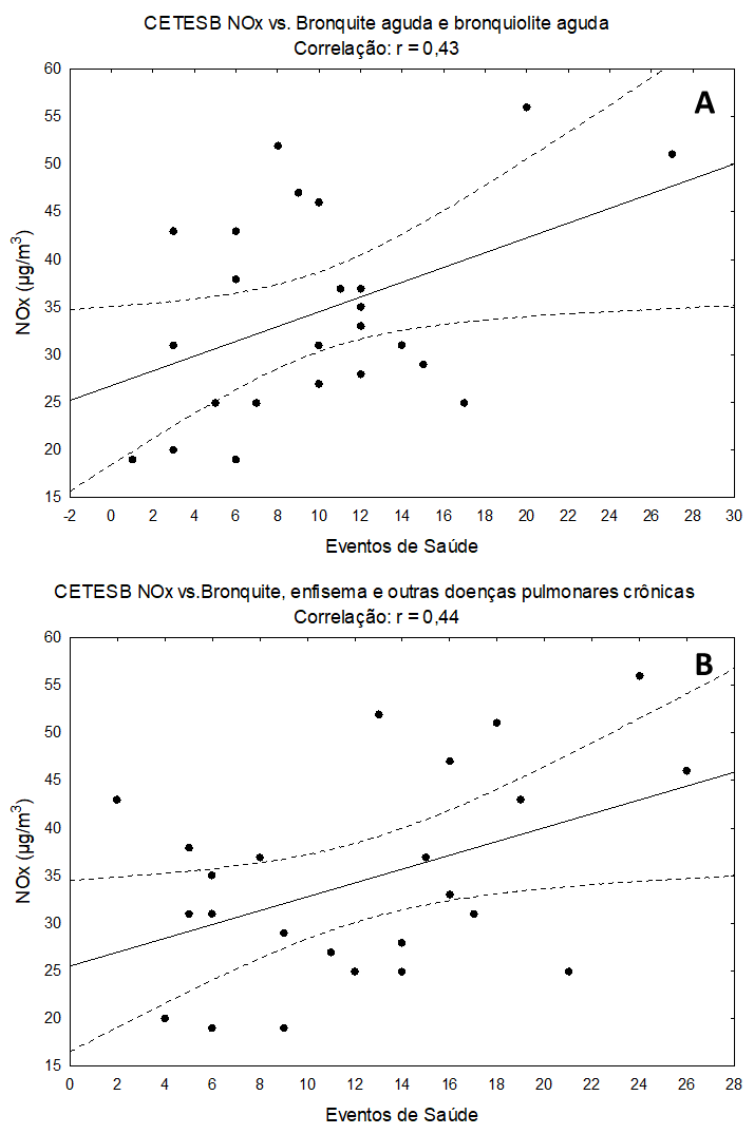


Figura 4 – Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares de (A) bronquite aguda e bronquiolite aguda e (B) bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas *segundo classificação do CID-10* para doenças do aparelho respiratório na cidade de Santos.

A Figura 5 ilustra a associação moderada e estatisticamente significativa das emissões do poluente NO monitorado pela CETESB e dos eventos de bronquite aguda e bronquiolite aguda ($r = 0,43$; $p < 0,05$).

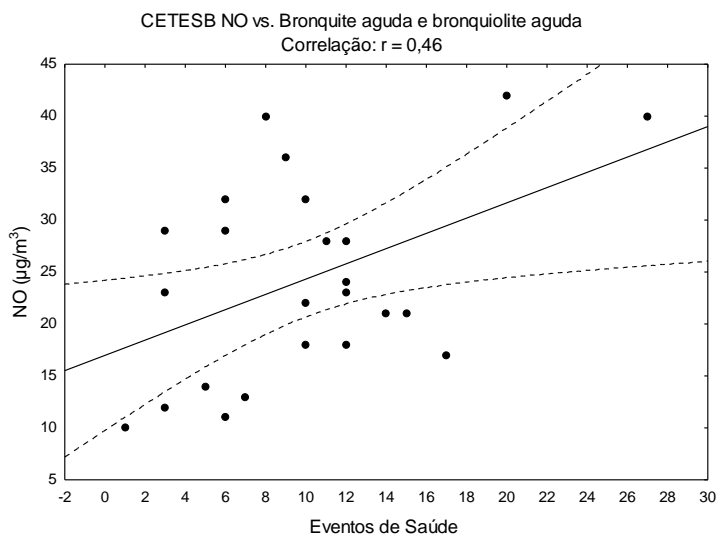


Figura 5 – Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares de bronquite aguda e bronquiolite aguda segundo classificação do CID-10 na cidade de Santos.

As variáveis dos eventos de saúde classificados no Capítulo X do CID-10 (1) pneumonia e bronquite; (2) enfisema e outras doenças pulmonares crônicas; e (3) número total de doenças do aparelho respiratório mostraram associação significativa com emissões de NO₂ ($p < 0,05$; Figura 6A, Figura 6B e Figura 6C). Os resultados revelam que os valores do poluente do ar NO₂ e o número de eventos de bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas apresentam uma associação forte ($r = 0,61$) e estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

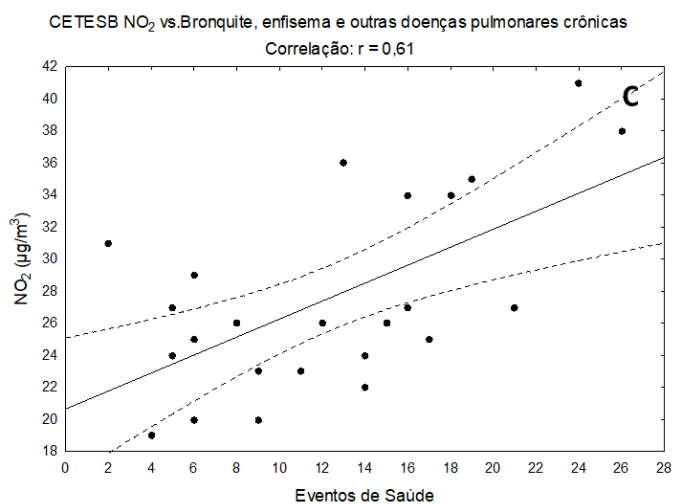
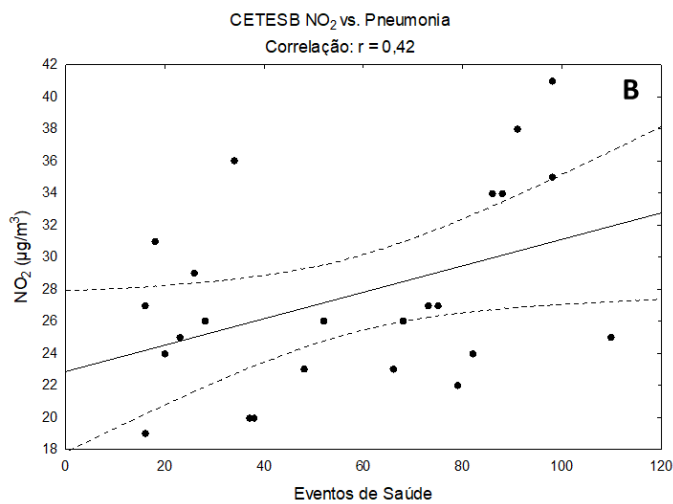
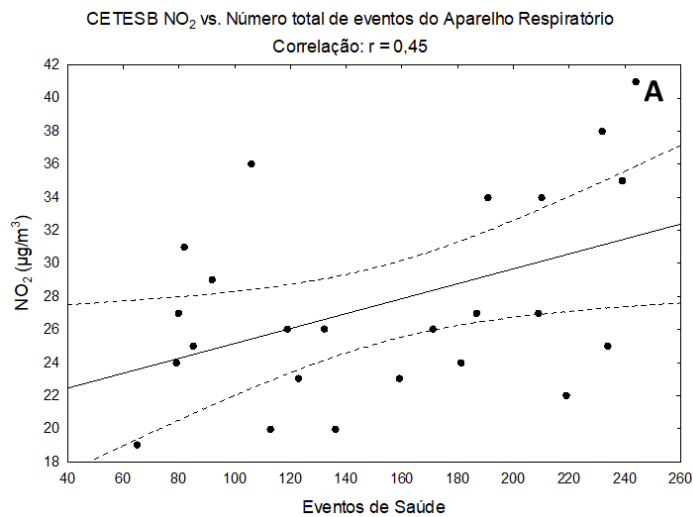


Figura 6 – Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO₂ (µg/m³) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares de (A) doenças do aparelho respiratório, (B) pneumonia e (C) bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas segundo classificação do CID-10 na cidade de Santos.

A análise de correlação de Pearson mostrou que houve associação moderada e estatisticamente significativa ($p < 0,05$) da emissão de NO_2 no ar com o número total de eventos respiratórios no período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022 na população até 19 anos de idade ($r = 0,45$) (Figura 7).

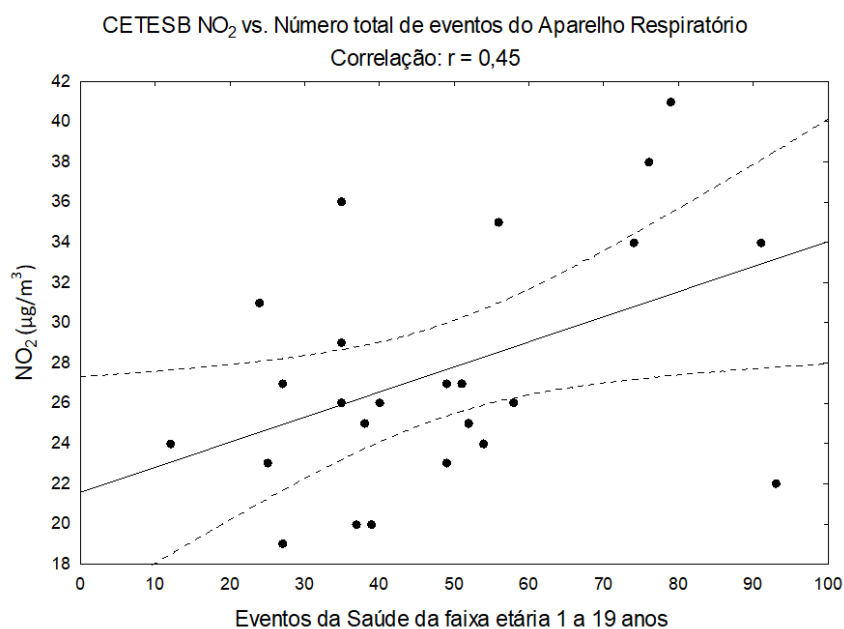


Figura 7 - Correlação de Pearson (r) entre valores mensais de NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) monitorado na Estação da CETESB “Santos – Ponta da Praia” com os eventos de saúde hospitalares na faixa etária de <1 a 19 anos.

5 PROPOSTAS

Considerando que:

- ✓ Mais de 80% do comércio mundial é transportado pelo mar em termos de toneladas¹³;
- ✓ A frota marítima mundial aumentou, aproximadamente, 284% entre 1970 e 2005 de acordo com a UNCTAD^{14,15};
- ✓ A evolução lenta das adequações normativas internacionais, há necessidade de atenção jurídica para que normativas específicas sejam elaboradas protegendo o meio ambiente e a população, como a portuária e do entorno, da poluição gerada pelos navios.
- ✓ Existe associação entre a ocorrência de eventos de saúde e a emissão de poluentes pelos navios.

Sugere-se que:

- ✓ Se instale uma estação de monitoramento da CETESB no Porto de Santos ou se desloque a estação “Santos – Ponta da Praia” para dentro da área do porto. Isso se justifica porque existe uma população de trabalhadores portuários permanentemente exposto à poluição gerada pelas ações do porto.
- ✓ A estação de monitoramento da CETESB, localizada no Porto de Santos, mensure também os poluentes emitidos pelos navios. Isso se justifica porque os indicativos de poluição atmosférica resultantes dos cálculos dos poluentes atmosféricos emitidos pelos navios (TRL) e os registros da estação “Santos – Ponta da Praia” não são os mesmos. E, assim, não é possível realizar uma análise comparativa mais detalhada da emissão de poluentes pelos navios. Além disso, as estações de monitoramento também aferem os poluentes atmosféricos emitidos por outras fontes, como caminhões, ferrovias e equipamentos de manuseio de carga, todos movidos por combustíveis fósseis^{11,12}.

6 COMENTÁRIOS FINAIS

É importante ressaltar, mais uma vez, que a proximidade física do Porto de Santos com a população aumenta a responsabilidade socioambiental do Complexo Portuário, sua regulamentação e fiscalização⁵. Deve-se lembrar que tanto a população de trabalhadores portuários como a do entorno estão permanentemente em contato com os poluentes gerados pela atividade portuária e, portanto, sujeitas as consequências do contato com esses poluentes.

REFERÊNCIAS

- 1 Santos Port Authority. Relatório anual de 2022. Santos. 2023 [internet]. [Acesso em 01 de ago. 2023]. Disponível em <https://www.portodesantos.com.br/informacoes-financeiras/relatorios-anuais/>.
- 2 Lloyd’s List. One Hundred Ports. 2023 [internet]. [Acesso em: 01 ago.2023 01 de ago.2023]. Disponível em: <https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/one-hundred-container-ports-2023>.
- 3 Mattos AM. Os novos limites dos espaços marítimos nos trinta anos da convenção das nações unidas sobre o direito do mar. In: Beirão AP, Pereira ACA, organizadores. Reflexões sobre a Convenção do Direito do Mar. Brasília: FUNAG, 2014. p. 21-66.

- 4 Sorte S, Arunachalam S, Naess B, Seppanen C, Rodrigues V, Valencia A et al. Assessment of source contribution to air quality in an urban area close to a harbor: Case-study in Porto, Portugal. *Sci Total Environ*. 2019 Apr 20;662:347–360.
- 5 Santos THD. Relação porto-cidade: sustentabilidade Porto de Santos. Santos, SP. Dissertação [Mestrado]. Universidade Católica de Santos; 2020. 107p.
- 6 International Marine Organization [Internet]. Second IMO GHG Study. 2009. [Acesso em 22 de julho de 2022.] Disponível em: <https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/SecondIMOGHGStudy2009.pdf>.
- 7 Sorte S, Arunachalam S, Naess B, Seppanen C, Rodrigues V, Valencia A et al. Assessment of source contribution to air quality in an urban area close to a harbor: Case-study in Porto, Portugal. *Sci Total Environ*. 2019 Apr 20;662:347–360.
- 8 Mota CR. Contratos marítimos de transporte de mercadorias, na navegação liner, e a responsabilidade por dano ao meio ambiente marinho. Fortaleza, CE. Dissertação [Mestrado]. Faculdade de Direito da Universidade Federal do Ceará; 2017. 144p.
- 9 Bailey B, Plenys T, Solomon GM, Campbell TR, Feuer GR, Masters J et al. Harboring Pollution: Strategies to Clean Up U.S. Ports [Internet]. 2004. 97pp. [Acesso em 20 de julho de 2022]. Disponível em: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/ports2.pdf>.
- 10 Sarra SR, Mülfarth RCK. A poluição atmosférica na cidade de Santos (Estado de São Paulo - Brasil) e suas repercussões para a saúde / Atmospheric pollution in the city of Santos (State of São Paulo - Brasil) and its impacts on health. *Braz. J. Develop*. 2021 Nov 4;7(11):101963-101981.
- 11 Hui-Huang T, Wang YM. Influence of vessel upsizing on pollution emissions along Far East-Europe trunk routes. *Environ Sci Poll Res*. 2022;29:65322–65333.
- 12 Corbett, J.J. and Koehler, H.W. Updated Emissions from Ocean Shipping. *Journal of Geophysics Research*. 2003;108(D20):4650.
- 13 The International Council on Clean Transportation [Internet], Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Oceangoing Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. 2007. [Acesso em 20 de julho de 2022]. Disponível em: https://theicct.org/sites/default/files/publications/oceangoing_ships_2007.pdf.
- 14 Hulskotte JHJ, Denier van der Gon HAC. Fuel consumption and associated emissions from seagoing ships at berth derived from an on-board survey. *Atmos Environ*. 2010;44(9):1229–1236.
- 15 Bijwaard GE, Knapp S. Analysis of ship life cycles – The impact of economic cycles and ship inspections. *Mar Policy*. 2009; 33(2):350–369.

ANEXO 5 – PRODUTO TÉCNICO: ESTAÇÃO DE ANÁLISE DE QUALIDADE DO AR DA CETESB A SER IMPLANTADA NO PORTO DE SANTOS E QUE IRÁ AFERIR POLUENTES EMITIDOS PELOS NAVIOS: FASE DE DISCUSSÃO TÉCNICA E ENTENDIMENTO COM A CETESB

(Á seguir estão apresentadas mensagens trocadas, por e-mail, para a viabilização do produto técnico citado. Conversas pelo telefone também têm sido realizadas e estamos em entendimento com a Sra. Maria Helena Martins, gerente do Departamento de Qualidade Ambiental).



Paula A S Bastos <paulaasbastos@gmail.com>

Relatório: Poluição Gerada pelos Navio no Porto de Santos e Doenças Respiratórias

Paula A S Bastos <paulaasbastos@gmail.com>
Para: Antonio Luiz Queiroz <alqueiroz@sp.gov.br>

4 de março de 2024 às 17:00

Ao Assistente Executivo da Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental da CETESB

Dr. Antonio Luiz Queiroz

Prezado Assistente Executivo,

O mestrado em Saúde e Meio Ambiente, da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES), tem por função precípua identificar ocorrência/problemas locais; e, propor soluções.

A dissertação de mestrado "*A Poluição do ar gerada pelos navios e a ocorrência de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias no município de Santos*", sob nossa orientação, identificou relação estatística significativa entre a poluição gerada pelos navios no Porto de Santos, os poluentes mensurados pela estação de monitoramento da CETESB e o aumento de casos de eventos respiratórios em Santos.

Para melhores esclarecimentos e justificativas, encaminhamos, em anexo, (i) a dissertação referida acima, na íntegra e (ii) o Relatório Técnico: Poluição dos Navios e Eventos Respiratórios, que é um resumo dos principais resultados e as sugestões propostas, frutos da pesquisa.

Mas, de antemão, diante dos dados identificados, sugere-se que:

- se instale uma estação de monitoramento da CETESB no Porto de Santos ou se desloque a estação, "Santos – Ponta da Praia", para dentro da área do porto.
- a estação de monitoramento da CETESB, localizada no Porto de Santos, mensure, também, os poluentes específicos emitidos pelos navios.



Estamos à disposição para maiores esclarecimentos.

Cordialmente,

Paula Bastos

Paula A. S. Bastos, médica veterinária, PhD
Faculdade de Medicina Veterinária, Mestrado em Saúde e Meio Ambiente
Universidade Metropolitana de Santos - UNIMES
lattes.cnpq.br/7381032816787074

2 anexos

-  Relatório Técnico Poluição dos Navios e Eventos Respiratórios em Santos.pdf
708K
-  Dissertação_final_Gerson_Bauer.pdf
4654K



Paula A S Bastos <paulaasbastos@gmail.com>

Relatório: Poluição Gerada pelos Navio no Porto de Santos e Doenças Respiratórias

Antonio Luiz Lima de Queiroz <alqueiroz@sp.gov.br>
Para: Paula A S Bastos <paulaasbastos@gmail.com>

4 de março de 2024 às 18:09





Prezada Paula, boa tarde.

O trabalho encaminhado parece bem interessante e pode servir de subsídio para futuras alterações na metodologia de monitoramento da qualidade do ar.

Irei encaminhar a dissertação para o setor responsável pelo monitoramento da poluição do ar, e entrarei em contato posteriormente para avaliarmos as próximas ações possíveis relacionadas com essa questão.

Atenciosamente



Antonio L L Queiroz
Assistente Executivo
Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
alqueiroz@sp.gov.br | 11 3133-3640
Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345, Pinheiros - São Paulo - SP
    /@cetesbsp

De: Paula A S Bastos <paulaasbastos@gmail.com>

Enviado: segunda-feira, 4 de março de 2024 17:00

Para: Antonio Luiz Lima de Queiroz <alqueiroz@sp.gov.br>

Assunto: Relatório: Poluição Gerada pelos Navio no Porto de Santos e Doenças Respiratórias

[Texto das mensagens anteriores oculto]



Paula A S Bastos <paulaasbastos@gmail.com>

Relatório: Poluição Gerada pelos Navio no Porto de Santos e Doenças RespiratóriasAntonio Luiz Lima de Queiroz <alqueiroz@sp.gov.br>
Para: Paula A S Bastos <paulaasbastos@gmail.com>

12 de abril de 2024 às 16:28

Prezada Dra Paula, boa tarde.

Conversei com a Maria Helena, gerente do Departamento de Qualidade Ambiental, que se dispôs a conversar com você a respeito de suas sugestões.

Entretanto ela me pediu que você a procurasse apenas na quinta ou sexta feira da semana que vem, por conta de compromissos que ela tem no começo da semana.

O e-mail da Maria Helena é mhmartins@sp.gov.br, e seu telefone 3133-3068

Atenciosamente

**Antonio L L Queiroz**

Assistente Executivo

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

alqueiroz@sp.gov.br | 11 3133-3640

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345, Pinheiros - São Paulo - SP

/@cetesbsp

De: Paula A S Bastos <paulaasbastos@gmail.com>**Enviado:** segunda-feira, 4 de março de 2024 17:00**Para:** Antonio Luiz Lima de Queiroz <alqueiroz@sp.gov.br>**Assunto:** Relatório: Poluição Gerada pelos Navio no Porto de Santos e Doenças Respiratórias

Ao Assistente Executivo da Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental da CETESB
[Texto das mensagens anteriores oculto]

2 anexos Relatório Tecnico Poluicao dos Navios e Eventos Respiratorios em Santos.pdf
708K Dissertação_final_Gerson_Bauer.pdf
4654K