

## **CATEGORIZAÇÃO DA POLUIÇÃO DO AR POR NAVIOS NO PORTO DE SANTOS (SANTOS, BRASIL)**

## **CATEGORIZATION OF AIR POLLUTION BY SHIPS IN THE PORT OF SANTOS (SANTOS, BRAZIL)**

Ricardo Henrique de Ponte Ramires<sup>1</sup>  
Gerson Bauer<sup>2</sup>  
Paula Andrea de Santis Bastos<sup>3</sup>  
Edgar Maquigussa<sup>4</sup>  
Elizabeth Barbosa de Oliveira-Sales<sup>5</sup>

### **RESUMO**

O Porto de Santos (Santos, SP) é protagonista na economia da cidade, porém suas atividades geram conflitos com o espaço residencial urbano. O objetivo foi mensurar a poluição do ar oriunda de navios no Porto de Santos, para demonstrar aos órgãos públicos a importância dessa problemática, visando promover a melhora da saúde e da qualidade de vida da população da região. A metodologia empregada foi a 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 durante FEV/2021 a FEV/2022. O dióxido de carbono foi o poluente com maior emissão no período analisado, seguido de óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, óxidos de enxofre, compostos orgânicos voláteis e material particulado. O aumento do volume de mercadorias transportadas e a maior frequência de movimentação teve relação direta com as quantidades de poluentes. O tempo de funcionamento dos motores das embarcações, tanto na entrada quanto na saída do Porto, impactou na quantidade de poluentes, assim como a velocidade de navegação, já que velocidade reduzida na entrada no canal do Porto proporciona maior economia de combustível e conseqüente menor poluição. Portanto, os resultados sugerem a presença de uma grande quantidade de fontes poluidoras atmosféricas na região portuária de Santos,

---

<sup>1</sup>Graduando do Curso de Medicina. Universidade Metropolitana de Santos-UNIMES. Santos. São Paulo. Brasil. E-mail: [md.ricardoponte@outlook.com](mailto:md.ricardoponte@outlook.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2594-7420>.

<sup>2</sup>Mestrando da Pós-Graduação Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente. Universidade Metropolitana de Santos-UNIMES. Santos. São Paulo. Brasil. E-mail: [gersonbauer1@gmail.com](mailto:gersonbauer1@gmail.com). ORCID: 0000-0002-2690-9269.

<sup>3</sup>Docente do Curso de Medicina Veterinária e Pós-Graduação Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente. Universidade Metropolitana de Santos-UNIMES. Santos. São Paulo. Brasil. E-mail: [paulaasbastos@gmail.com](mailto:paulaasbastos@gmail.com). ORCID: 0000-0002-7582-5563.

<sup>4</sup>Docente do Curso de Medicina e Pós-Graduação Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente. Universidade Metropolitana de Santos-UNIMES. Santos. São Paulo. Brasil. E-mail: [edgarmaquigussa@gmail.com](mailto:edgarmaquigussa@gmail.com). ORCID: 0000-0003-1756-1579.

<sup>5</sup>Docente do Curso de Medicina e Pós-Graduação Mestrado Profissional em Saúde e Meio Ambiente. Universidade Metropolitana de Santos-UNIMES. Santos. São Paulo. Brasil. E-mail: [betholiveira@gmail.com](mailto:betholiveira@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4129-8643>.

principalmente CO<sub>2</sub>, sendo o transporte de granel sólido o principal responsável no período analisado.

**Palavras-chave:** ecotoxicologia; poluição atmosférica; navios.

### ABSTRACT

The Port of Santos (Santos, SP) is a protagonist in the city's economy, but its activities generate conflicts with urban residential space. The objective was to measure air pollution from ships in the Port of Santos, to demonstrate to public bodies the importance of this problem, aiming to promote improvements in the health and quality of life of the region's population. The methodology used was the conversion of the volume of cargo transported into fractions of atmospheric pollutants, considering the size of the ships and their navigation paths from the entrance to the port channel to the docking point during FEB/2021 to FEB/2022. Carbon dioxide was the pollutant with the highest emission in the analyzed period, followed by nitrogen oxides, carbon monoxide, sulfur oxides, volatile organic compounds, and particulate matter. The increase in the volume of transported goods associated with their greater frequency of movements had a direct relationship with the quantities of pollutants. The operating time of the vessels' engines both when entering and leaving the Port impacted the number of pollutants, as well as their navigation speed, since reduced speed when entering the Port channel provides greater fuel savings and, consequently, less pollution. Therefore, the results suggest the presence of many atmospheric polluting sources in the port region of Santos, mainly CO<sub>2</sub>, with solid bulk transport being the main responsible in the analyzed period.

**Key words:** ecotoxicology; atmospheric pollution; ships.

**Artigo recebido em:** 22/11/2023

**Artigo aprovado em:** 17/06/2024

**Artigo publicado em:** 21/06/2024

Doi: <https://doi.org/10.24302/sma.v.13.5104>

### 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<sup>1,2</sup>.

De acordo com a IMO, 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. 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 de 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 dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por tonelada-milha”. Uma meta intermediária (em termos de ambição) proposta na estratégia inicial da IMO, é reduzir essas emissões, em pelo menos 40% até 2030. Neste contexto, é evidente que desenvolver soluções para reduzir o consumo de combustível dos navios é essencial para cumprir esta meta<sup>3,4,5</sup>.

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 retro portuárias 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 residenciais<sup>6</sup>.

Além das emissões de poluentes do ar por navios, a presença de algumas atividades de armazenamento, principalmente com relação aos granéis sólidos, sejam vegetais ou minerais, trazem problemas como emissão de materiais particulados, poluição sonora. Ressalta-se que a 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 retroportuárias<sup>6</sup>.

A poluição do ar proveniente da queima de combustíveis fósseis é responsável pela emissão diária de toneladas de substâncias sólidas e gasosas. Essas emissões têm aumentado progressivamente nos últimos anos, sendo caracterizada como uma ameaça global que tem elevados impactos na saúde humana e nos ecossistemas<sup>7</sup>.

Sabe-se que a qualidade do ar é um dos principais determinantes da saúde humana. Os poluentes do ar podem ser separados em dois grupos. Os poluentes prioritários tradicionais que compreendem: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP) e chumbo (Pb) e o poluente secundário, ozônio (O<sub>3</sub>), todos legislados na maioria dos países. Existe os poluentes perigosos do ar - que não estão relacionados acima - 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<sup>8</sup>.

Os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana incluem principalmente mortes prematuras por doenças cardiovasculares, incluindo doenças cardíacas isquêmicas e doenças cerebrovasculares, seguidas de mortes devido a doenças

respiratórias e ao cancro do pulmão. Além disso, tanto a exposição, a curto como a longo prazo, à poluição atmosférica pode levar à redução da função pulmonar, ao aumento da susceptibilidade individual a infecções respiratórias e ao agravamento da asma brônquica. Por outro lado, a exposição a poluentes ambientais está associada a impactos negativos na fertilidade, na gravidez, nos recém-nascidos e nas crianças<sup>9</sup>. Por isso, a Organização Mundial de Saúde (OMS) considera ar limpo um importante requisito para a manutenção da saúde humana. Concentrações elevadas de poluentes atmosféricos podem, também, causar degradação da flora e fauna e deterioração de monumentos históricos e construções modernas<sup>8</sup>.

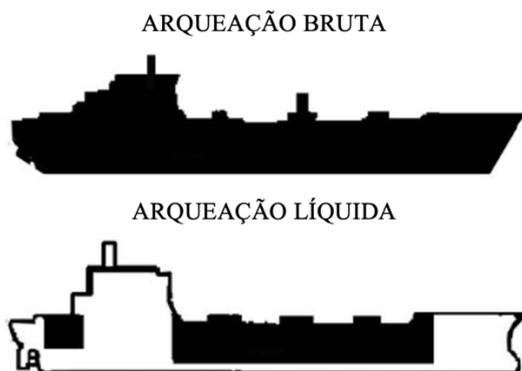
Diante disso, o objetivo do projeto foi mensurar a poluição do ar oriunda de navios no Porto de Santos, para demonstrar aos órgãos públicos a importância dessa problemática, visando promover a melhora da saúde e qualidade de vida da população da região.

## **METODOLOGIA**

Para mensurar a poluição do ar oriunda de navios foram utilizadas: (i) o método desenvolvido pelo TRL (Transport Research Laboratory)<sup>10</sup>, (ii) a conversão simplificada de tonelagem<sup>11</sup>, (iii) o mensário estatístico do Porto de Santos<sup>12</sup> e (iv) a publicação de fatos e dados do Porto de Santos<sup>13</sup>.

No método desenvolvido pelo TRL faz-se a conversão do volume de cargas transportadas em frações dos poluentes atmosféricos, levando-se em conta o porte dos navios e seus trajetos de navegação, desde a entrada do canal do porto, até o ponto de atracação. Para tanto, foi necessária a determinação dos seguintes coeficientes: fator operacional, duração de viagem e fator de maquinário<sup>10</sup>. Foi realizada a verificação do fluxo de mercadorias movimentadas mês a mês no período de fevereiro 2021 a fevereiro 2022, dos segmentos de carga geral, granel sólido e granel líquido. Posteriormente, para validar o método desenvolvido pelo TRL, a arqueação líquida (volume das cargas) foi convertida em arqueação bruta (arqueação bruta da embarcação), mediante o uso do fator de maquinário, demonstrado na Figura 1, a seguir.

Figura 1 – Representação gráfica de uma arqueação bruta e outra arqueação líquida. Fonte: elaboração própria.



Uma vez obtidos os valores de arqueação bruta mensais dos segmentos de carga geral, granel sólido e granel líquido, realizou-se 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. Cerca de 6113 atracções foram realizadas durante o período estudado, segundo o mensário estatístico do Porto de Santos.<sup>12</sup>

Tabela 1 – Consumo de diesel, na potência máxima (t/dia), em função da arqueação bruta dos navios do Porto de Santos, SP

| Tipo do navio      | Consumo médio (t/dia) | Consumo na potência máxima (t/dia) em função da arqueação bruta (AB) |
|--------------------|-----------------------|--|
| Granel Sólido      | 33.80                 | $C = 20.186 + 0,00049 \times AB$                                     |
| Granel Líquido     | 41.15                 | $C = 14.685 + 0,00079 \times AB$                                     |
| <b>Carga Geral</b> | <b>21.27</b>          | <b><math>C = 9.8197 + 0,00143 \times AB</math></b>                   |

Posteriormente, o cálculo da quantidade de diesel, efetivamente consumida, foi realizado tendo-se em vista a fração das 24h em que a embarcação esteve de fato em funcionamento, para os seguintes trechos: da área de fundeadouro a entrada do canal do Porto de Santos até atracção e da desatracção até a saída do canal<sup>14</sup>. Além da duração da viagem, definiu-se a potência da embarcação utilizada em manobra, chamada de fator operacional.

Os cálculos realizados para quantificar a poluição proveniente do fluxo de mercadorias no Porto de Santos foram realizados nos seguintes poluentes óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>); óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>); CO; compostos orgânicos voláteis (VOC) e MP.

Para cada tonelada de diesel efetivamente consumida foram determinadas, em laboratório, as frações de poluentes lançadas à atmosfera (Tabela 2). Sabe-se que os motores marítimos de grande porte são, majoritariamente, de baixa rotação (80-120 rpm).<sup>15</sup>

Tabela 2 - Poluentes emitidos, em kg/ton de diesel, na manobra de navios no porto de Santos, SP.

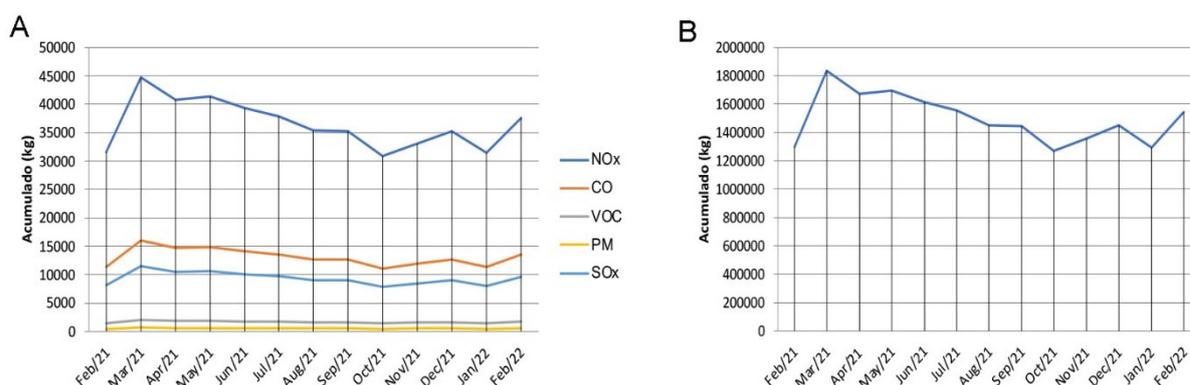
| Tipo do motor                 | NO <sub>x</sub> | CO | CO <sub>2</sub> | VOC | PM  | SO <sub>x</sub> |
|-------------------------------|-----------------|----|-----------------|-----|-----|-----------------|
| Motor diesel de baixa rotação | 78              | 28 | 3200            | 3.6 | 1.2 | 20S             |

A partir de informações meteorológicas regionais, foi verificada a tendência de dispersão de poluentes para identificar as regiões urbanas, possivelmente, mais afetadas pela poluição oriunda de navios. Ressalta-se que, no cálculo acima descrito, não foram considerados os navios de passageiros que trafegaram no porto de Santos.

## RESULTADOS

A maior emissão dos poluentes foi observada no mês de março de 2021, sendo que, o poluente com maior emissão foi o CO<sub>2</sub> com valor aproximado de 1.800.000kg seguido de NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, VOC e MP (Figura 2).

Figura 2 - (A) Emissão de poluentes e (B) emissão de CO<sub>2</sub> acumulada.

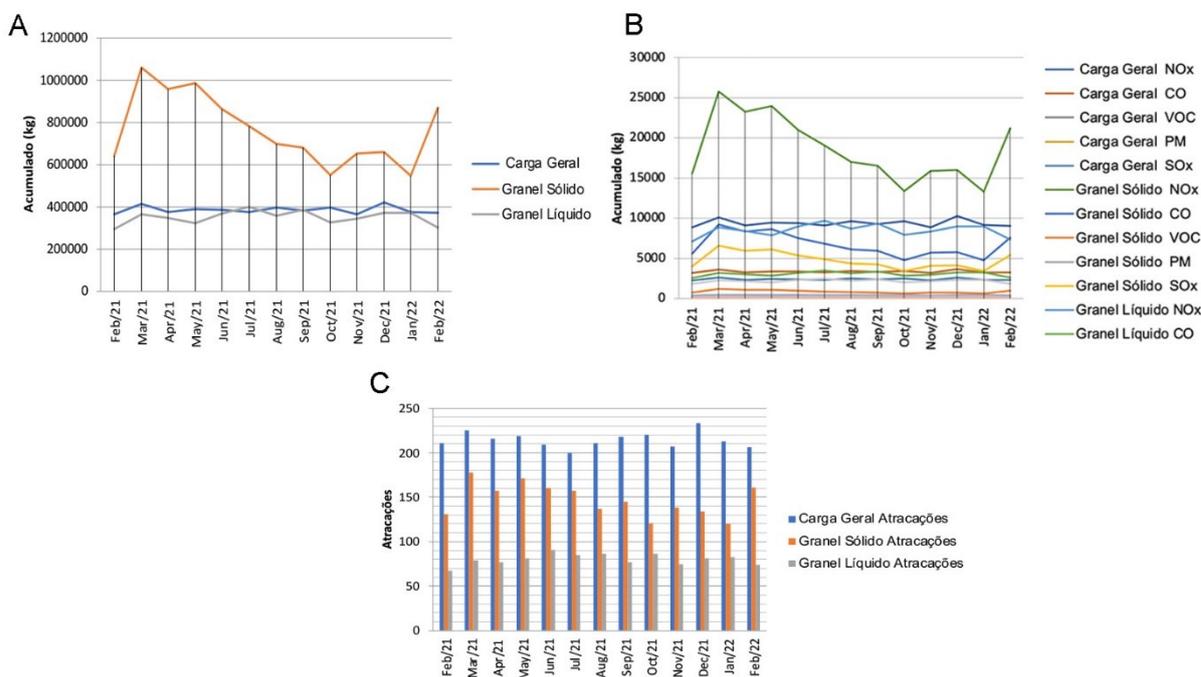


Em relação, a emissão de poluentes por mercadoria transportada em todos os meses analisados, o transporte de granel sólido apresentou maior poluição (Figura 3A).

Dentre as frações de poluentes dos segmentos carga geral, granel sólido e granel líquido, o NO<sub>x</sub> representou a maior fração de poluentes, com valores máximos aproximados de 10.000kg/mensal para carga geral e granel líquido e 25.000kg/mensal para granel sólido. O MP representou a menor fração de poluentes com valores máximos aproximados de 150kg/mensal para carga geral e granel líquido e 350kg/mensal para granel sólido (Figura 3B).

Entretanto, o número de atracções não acompanha os meses de maior poluição do período analisado (Figura 3C).

Figura 3 - (A) Emissão de poluentes total dos segmentos de carga geral, de granel sólido, de granel líquido, (B) emissão de poluentes específicos de carga geral, de granel sólido, de granel líquido e (C) quantidade de atracções por tipos de embarcações



## DISCUSSÃO

O presente trabalho demonstrou a presença de uma grande quantidade de poluentes atmosféricos na região portuária de Santos, provenientes dos navios de carga no período analisado.

Os resultados demonstraram altos níveis de emissão de NOx. Na presença da luz solar, NOx reage com hidrocarbonetos e forma O<sub>3</sub>, sendo um dos principais precursores deste poluente na troposfera. Quando inalado, atinge as porções mais externas do pulmão devido à sua baixa solubilidade em água<sup>16</sup>. Seu efeito tóxico está relacionado ao fato de ele ser um agente oxidante. A exposição aguda ao NO<sub>x</sub> aumenta a capacidade de resposta brônquica e o chiado no peito e exacerba a asma brônquica. Podem ocorrer também doença pulmonar obstrutiva e cardiovascular crônicas que podem aumentar a suscetibilidade a infecções<sup>17</sup>.

O MP também emitido pelos navios, é uma fonte poluidora muito preocupante, pois dados na literatura demonstram que ele provoca danos à saúde humana em escala mundial, tanto em países desenvolvidos como nos em desenvolvimento<sup>18</sup>. O MP, especialmente o MP<sub>2,5</sub>, é capaz de penetrar profundamente nos pulmões e entrar na corrente sanguínea, causando impactos cardiovasculares, cerebrovasculares (AVC) e respiratórios. Há evidências emergentes de que o MP afeta outros órgãos e causa outras doenças. Em um estudo internacional, envolvendo mais de 600 cidades em todo o mundo, demonstrou que a exposição acima de 10 µg de MP foi associada, a curto prazo, ao um aumento na mortalidade geral, por problemas cardiovasculares

e respiratórios<sup>19</sup>. Além disso, a Agência Europeia do Ambiente, quantificou as mortes prematuras anuais na União Europeia devido à exposição às MP em 374.000<sup>20</sup>.

O transporte de granel sólido foi o principal responsável dessa emissão de poluentes no período analisado, talvez, devido ao volume de mercadorias transportadas nesse segmento. Foi identificado que a emissão de MP<sub>10</sub> na região da Ponta da Praia - bairro do município de Santos próximo ao porto - está relacionada a manipulação, transferência e transporte de grãos. MP corresponde a partículas facilmente dispersas que podem percorrer longos trajetos e serem influenciadas pela ação do vento. Portanto, o manejo de grãos pode aumentar as concentrações de MP do ar<sup>21</sup>. Para compreender melhor as relações entre o número de atracções de navios, sua sazonalidade e a emissão de poluentes são importantes que mais pesquisas sejam executadas<sup>22</sup>. Entretanto, não se pode deixar de considerar a emissão de MP<sub>10</sub> proveniente de fontes terrestres, como caminhões, ferrovias, equipamentos de manuseio de carga e armazenamento em ambiente portuário<sup>23, 24</sup>

O Porto de Santos é o principal porto exportador de açúcar, soja e milho, e o segundo maior importador de trigo no Brasil. Sendo que 51% de toda a carga transportada caracteriza granel sólido<sup>25</sup>. Estudos demonstram que os navios que transportam graneis sólidos apresentam maiores emissões por tonelagem e passam mais tempo atracados em relação às demais embarcações<sup>26</sup>.

Os efeitos desses poluentes sofrem influência de outros fatores, como ação dos ventos, umidade do ar, temperatura e tempo de permanência na atmosfera. Sabe-se que os poluentes são potencialmente prejudiciais em ambientes com dispersão de ar inadequada. A predominância de ventos da região de Santos 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.

Adicionalmente, foi constatado que um pequeno tráfego de embarcações de grande porte é mais preponderante na poluição do que a grande movimentação de embarcações de pequeno porte. Entretanto, estudos anteriores revelaram que navios de pequeno porte (que carregam até 999 TEU) são duas vezes mais poluidores que os grandes, portanto, adequar o combustível, a velocidade e realizar atualizações de tamanho dos navios (*upsizing*) para aumento e otimização do volume de transporte de carga são imprescindíveis<sup>27</sup>.

Também foi evidenciado que o aumento do volume de mercadorias transportadas associadas à sua maior frequência de movimentações (embarque e desembarque de mercadorias) teve relação direta com as quantidades de poluentes. O tempo de funcionamento dos motores das embarcações, tanto na entrada quanto na saída do Porto, impactou na quantidade de poluentes, assim como sua velocidade de navegação, já que velocidade reduzida na entrada no canal do Porto proporciona maior economia de combustível e conseqüente menor poluição. Estudos evidenciam que a velocidade de navegação interfere na quantidade de poluentes emitidos na atmosfera<sup>28</sup>.

A zona de influência (hinterlândia) primária do Porto de Santos compreende o maior centro industrial, comercial, financeiro e de consumo do Brasil. O bom desempenho de diversos segmentos da economia carrega o prejuízo à qualidade do ar, caso não sejam adotadas medidas de controle da emissão de poluentes. Não obstante, este trabalho objetivou gerar subsídios e dados norteadores sobre a temática supracitada, como a implementação de novas tecnologias relacionadas à propulsão de navios, a instalação de mais pontos de monitoramento da qualidade do ar e a fiscalização ambiental do trânsito de navios no canal do Porto, haja vista que já existem normas para limitação de poluentes, basta que sejam devidamente seguidas. A ação regulatória obrigatória que limita as emissões de gases de efeito estufa, oriundos de navios, tem sido a adoção do chamado Fator de Eficiência Energética de Projeto (EEDI); entretanto, o referido fator não está sendo, pelo menos até então, adequadamente adotado<sup>3,4,5</sup>.

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<sup>29</sup>. Além disso, os sistemas de propulsão híbrida (elétrico-mecânico) de navios que permitem operar os motores de combustão dentro de pontos de operação de alta eficiência, resultando em economia de energia e redução de poluição, dependendo das características da condução e do tipo de navio, deveriam ser considerados. O surgimento de novas tecnologias de propulsão certamente será um benefício à qualidade do ar e à saúde respiratória da população.

Além disso, os padrões de qualidade do ar no Brasil são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. Essa resolução define os padrões de qualidade do ar, os métodos de monitoramento da qualidade do ar e os critérios para a avaliação dos resultados obtidos, com o objetivo de proteger a saúde da população e o meio ambiente contra os efeitos prejudiciais da poluição atmosférica. Esses padrões incluem limites específicos para substâncias como dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), partículas inaláveis (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO) e chumbo (Pb), entre outras. É fundamental que órgãos ambientais e instituições responsáveis pelo monitoramento da qualidade do ar observem e façam cumprir os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491 para garantir a preservação da qualidade do ar e a saúde da população.

## **CONCLUSÃO**

O presente estudo revelou que o número de atracções está associado a maior emissão de NOx, 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.

A poluição do ar originada pelos navios no Porto de Santos, a qual é altamente preocupante para saúde da população de entorno e para o meio ambiente. A implementação de medidas de monitoramento e controle da emissão de poluentes

atmosféricos, além de fiscalização e cumprimento das normas e convenções vigentes no Porto de Santos, se fazem imprescindíveis.

É fundamental que estudos futuros investiguem e desenvolvam tecnologias de eficiência energética que visem o uso de fontes de energia com emissão zero, ou quase zero, de poluentes pelos navios.

## 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. 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>
4. Psaraftis 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>
5. 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)
6. 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\\_pd\\_luos\\_2021\\_virtual-site\\_1.pdf](https://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/files/portal_files/hotsites/renovasantos/oficinas_pd_luos_2021_virtual-site_1.pdf)
7. Liu C, Chen R, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Guo Y, Tong S, et al. Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. N Engl J Med. 2019;381(8):705-15. Doi:10.1056/NEJMoa1817364.
8. WHO global air quality guidelines. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide an carbon monoxide; 2021.

9. Bouza E, Vargas F, Alcázar B, Álvarez T, Asensio A, Cruceta G, et al. Air pollution and health prevention: A document of reflection. *Rev Esp Quimioter.* 2022; 35(4):307-332. doi: 10.37201/req/171.2021.
10. 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>
11. 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>
12. 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/>.
13. 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/>.
14. Fonseca MM. Arte Naval I e II. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil; 1954.
15. 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>
16. Karr C, Lumley T, Schreuder A, Davis R, Larson T, Ritz B, Kaufman J. Effects of subchronic and chronic exposure to ambient air pollutants on infant bronchiolitis. *Am J Epidemiol* 2007; 165(5):553-560.
17. Arbex MA, Cançado JED, Pereira LAA, Braga ALF, Saldiva PHN. Biomass burning and effects on health. *J Bras Pneumol* 2004; 30(2):158-175.
18. Fernandes JS, Carvalho AM, Campos JF, Costal LO, Brasileiro Filho G. Poluição atmosférica e efeitos respiratórios, cardiovasculares e reprodutivos na saúde humana. *Rev Med Minas Gerais.* 2010; 20(1): 92-101.
19. Beelen R, Raaschou-Nielsen O, Stafoggia M, Andersen ZJ, Weinmayr G, Hoffmann B, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet.* 2014;383(9919):785-95. Doi: 10.1016/s0140-6736(13)62158-3
20. European Environment Agency. Air quality in Europe — 2020. Report 09/2020. 164 pp. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>

21. 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; 7(11):101963-101981
22. Bauer, G. A poluição do ar gerada pelos navios e a ocorrência de eventos de saúde relacionados a doenças respiratórias no município de Santos. 124 f. Dissertação. Mestrado em Saúde e Meio Ambiente, Universidade Metropolitana de Santos, Santos.
23. Corbett, J.J. and Koehler, H.W. Updated Emissions from Ocean Shipping. *Journal of Geophysics Research.* 2003;108(D20):4650.
24. 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.
25. Santos Port Authority. Fatos e Dados. Porto de Santos [Internet]. 2023 [acesso em 2022 Jun 23]; Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/wp-content/uploads/Fatos-e-Dados-2023-FF.pdf>
26. Deniz C, Kilic A. Estimation and assessment of shipping emissions in the region of Ambarlı Port, Turkey. *Environ Prog Sustain Energy.* 2010;29(1):107–115.
27. 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;662:347–360.
28. 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.
29. Kılıç A, Deniz C. Inventory of shipping emissions in Izmit Gulf, Turkey. *Environ Prog Sustain Energy.* 2010;29(2):221–232.
30. Resolução Concelho nacional do Meio Ambiente - CONAMA Nº 491 (BR), DE 19 de novembro de 2018 Publicado no DOU nº 223, de 21/11/2018, pág. 155.