

Impactos das atividades portuárias sobre a poluição atmosférica na cidade de Santos (Brasil)

The impacts of port activities on atmospheric pollution in the city of Santos (Brazil)

Sheila Regina Sarra^{1*}, Roberta Consentino Kronka Mülfarth¹

RESUMO

A Ponta da Praia é uma região de Santos afetada pela emissão de particulados MP10 pelos terminais portuários de granel sólido vegetal. No período de abril a agosto de 2020 houve crescimento das concentrações de particulados MP10 em relação ao mesmo período de 2019. Não houve relação com mudanças meteorológicas, nem com frequência de inversões térmicas, mas houve correspondência com o crescimento do embarque de grãos de soja. No mesmo período de 2020, houve redução das concentrações de particulados MP2,5, dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio, possivelmente pela menor circulação de veículos. Pelos riscos à saúde, esta situação demanda medidas que evitem a poluição urbana por particulados MP10.

Palavras-chave: Porto de Santos; Particulados; Saúde.

ABSTRACT

Ponta da Praia, in Santos, is a region affected by the emissions of particulates PM10 from the port terminals of solid vegetable bulk. There was an increase in particulate PM10 concentrations from April to August of 2020 in relation to the same period in 2019. This increase cannot be attributed to meteorological conditions, nor to thermal inversions, but it was correlated to the increase in the shipping of soybeans. In the same period of 2020, there was a reduction in the levels of particulates PM 2,5, sulphur dioxide and nitrogen oxides, possibly for the lower vehicle circulation. Because there are health risks, this situation demands solutions to avoid urban pollution with particulates PM 10.

Keywords: Port of Santos; Particulates; Health.

¹ Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia.

*E-mail: sheila_sarra@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Inaugurado em 1892, o Complexo Portuário de Santos está localizado no litoral do Estado de São Paulo, nas margens do estuário delimitado pelo continente (Santos) e pela ilha de Santo Amaro (Guarujá). A Figura 1 mostra a situação geográfica do estuário do Porto de Santos e sua proximidade com a região da Ponta da Praia em Santos. Pode-se ver também a divisão por setores de acordo com o tipo de produto movimentado.

Figura 1 – Mapa 3D do Porto de Santos



Fonte: Autores a partir do Google Maps (2021)

Os terminais de granel sólido vegetal estão situados próximo à região da Ponta da Praia em Santos. São terminais que operam cargas de soja, trigo, milho, açúcar, cevada e farelos, todos movimentados sem um acondicionamento específico, isto é, de forma solta. Segundo Alvarez (2017), o carregamento dos navios com granéis sólidos vegetais tem causado problemas de poluição atmosférica pela geração de material particulado do tipo MP10 (diâmetro até 10 μm). Segundo Pinheiro et al. (2014), o aumento da concentração atmosférica de MP10 está associado a aumento da mortalidade cardiovascular e respiratória. Estudo de Medina-Ramón et al (2006) também demonstra aumento das admissões hospitalares por patologias respiratórias pelo aumento na concentração atmosférica de MP10. A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005) descreve os prejuízos à saúde provocados por níveis elevados de MP10, incluindo doenças cardiocirculatórias e respiratórias. São, também, muito discutidos os impactos das mortes prematuras causados por níveis elevados desses poluentes (WHO, 2016). Segundo Mukherjee e Agrawal (2017), o aumento dos níveis de MP10 nos ambientes urbanos pode

provocar impactos negativos sobre a saúde, aumentando a mortalidade por causas respiratórias e cardiocirculatórias.

O monitoramento da qualidade do ar em Santos é feito pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Desde 2011, o Município de Santos conta com duas estações automáticas, localizadas no Bairro do Boqueirão (Estação Santos) e na Ponta da Praia (Estação Santos-Ponta da Praia). A primeira monitora os poluentes na região central da cidade de Santos, originados basicamente dos veículos motorizados e das atividades urbanas. A segunda monitora a região da ponta da praia e tem por objetivo avaliar as emissões de poluentes pelas atividades portuárias. A Figura 1 mostra a localização das duas estações automáticas.

Segundo Relatório CETESB (2015), realizado em atendimento à solicitação do Ministério Público, as médias anuais do material particulado MP10 evoluíram de forma estável nos anos de 2011, 2012, 2013 e 2014. O relatório também mostra a existência de uma variação cíclica dessas concentrações, sendo maiores de maio a setembro. As concentrações de MP10 são maiores na Estação Santos-Ponta da Praia em relação à Estação Santos durante todo o ano. Ainda segundo o Relatório, as principais contribuições para os altos níveis de MP10 na região da Ponta da Praia são o transporte, a manipulação e a transferência de grãos (principalmente milho e soja). Em relação às partículas MP2,5 (diâmetro até 2,5 μm), o Relatório CETESB aponta que se originam, principalmente, de veículos motorizados ou de reações de gases precursores presentes na atmosfera e que as concentrações costumam aumentar no período do inverno. A relação MP2,5/MP10 é de 0,6 na região urbana de Santos e de 0,4 na região da Ponta da Praia. Nos dias em que as movimentações de grãos são maiores, a relação MP2,5/MP10 fica menor, aproximando-se de 0,2.

Considerando a importância deste tema para a saúde pública, este estudo procura avaliar como se comportaram as concentrações de particulados e de outros poluentes em Santos durante o ano de 2020, frente à atuação de diversos fatores como movimentação portuária, condições meteorológicas e medidas de distanciamento social pela epidemia de COVID-19.

METODOLOGIA

Foi realizado um estudo comparativo das concentrações de poluentes atmosféricos nas Estações de Santos e Santos-Ponta da Praia durante os anos de 2019 e 2020, com foco

nos níveis de particulados MP10 (diâmetro até 10 µm) e sua comparação com os níveis de MP2,5 (diâmetro até 2,5 µm) e de outros poluentes. Os resultados foram confrontados com as condições meteorológicas, dados sobre a movimentação portuária de cargas de grãos e dados sobre a circulação de veículos na cidade de Santos.

Os resultados do estudo estão apresentados na seguinte ordem: 1) Movimentação de cargas no Porto de Santos, 2) Concentrações de particulados MP10 nas Estações Santos e Santos-Ponta da Praia, 3) Concentrações de particulados MP2,5 na Estação Santos-Ponta da Praia, 4) Relação das concentrações MP2,5/MP10 na Estação Santos-Ponta da Praia, 5) Concentrações de outros poluentes (dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio), 6) Parâmetros meteorológicos, 7) Dados sobre circulação de veículos na cidade de Santos; 8) Discussão dos resultados e conclusão.

Os dados sobre a movimentação de cargas no Porto de Santos foram obtidos no Mensário Estatístico do Porto de Santos². São apresentados dados de cargas gerais e de cargas de granel sólido vegetal (soja em grãos, açúcar, milho e farelo de soja). As concentrações dos poluentes particulados nas Estações Santos-Ponta da Praia (realiza medições de MP10 e MP2,5) e Santos. (só realiza medições de MP10) foram obtidas no site da CETESB-QUALAR³. As concentrações de dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio e os parâmetros meteorológicos (velocidade e direção dos ventos e frequência de episódios de inversão térmica) foram obtidos no site da CETESB-QUALAR. Ao final, são apresentados dados sobre a circulação de veículos na cidade de Santos durante o ano de 2020 a partir de monitoramento realizado pela FIOCRUZ⁴ por meio do Waze.

RESULTADOS DO ESTUDO

Iniciaremos com os dados sobre a movimentação de cargas no Porto de Santos.

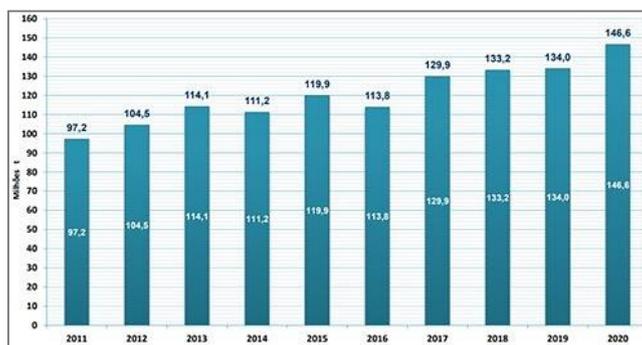
A evolução do movimento de cargas no Porto de Santos de 2011 até 2020 pode ser vista na Figura 2. Nota-se que, apesar da pandemia, as atividades operacionais aumentaram 9,4% de 2019 para 2020.

² PORTO DE SANTOS. Mensário Estatístico. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>.

³ COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB-QUALAR. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>.

⁴ FIOCRUZ. Projeto Monitora COVID-19. Disponível em: <https://bigdata-covid19.icict.fiocruz.br/>.

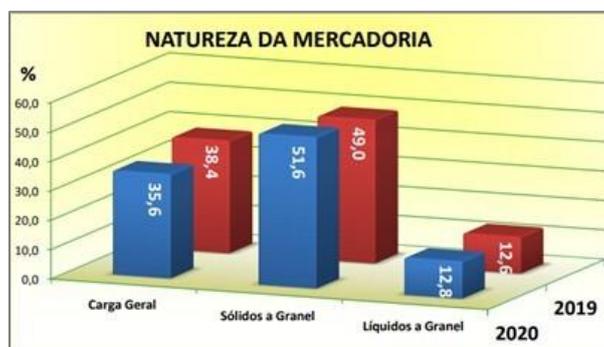
Figura 2 – Movimentação geral de cargas no Porto de Santos



Fonte: Porto de Santos - Mensário Estatístico (dezembro de 2020)

Quanto ao tipo de carga, a Figura 3 mostra aumento da proporção de granel sólido vegetal de 2019 para 2020, passando de 49% em 2019 para 51,6% em 2020.

Figura 3 – Natureza da mercadoria movimentada no Porto de Santos em 2019 e 2020



Fonte: Porto de Santos - Mensário Estatístico (dezembro de 2020)

A Figura 4 mostra a movimentação de sólidos a granel durante o ano de 2020. A movimentação de soja se concentra de março a julho. As movimentações de milho e açúcar aumentam a partir de junho e a de farelo de soja está distribuída durante o ano.

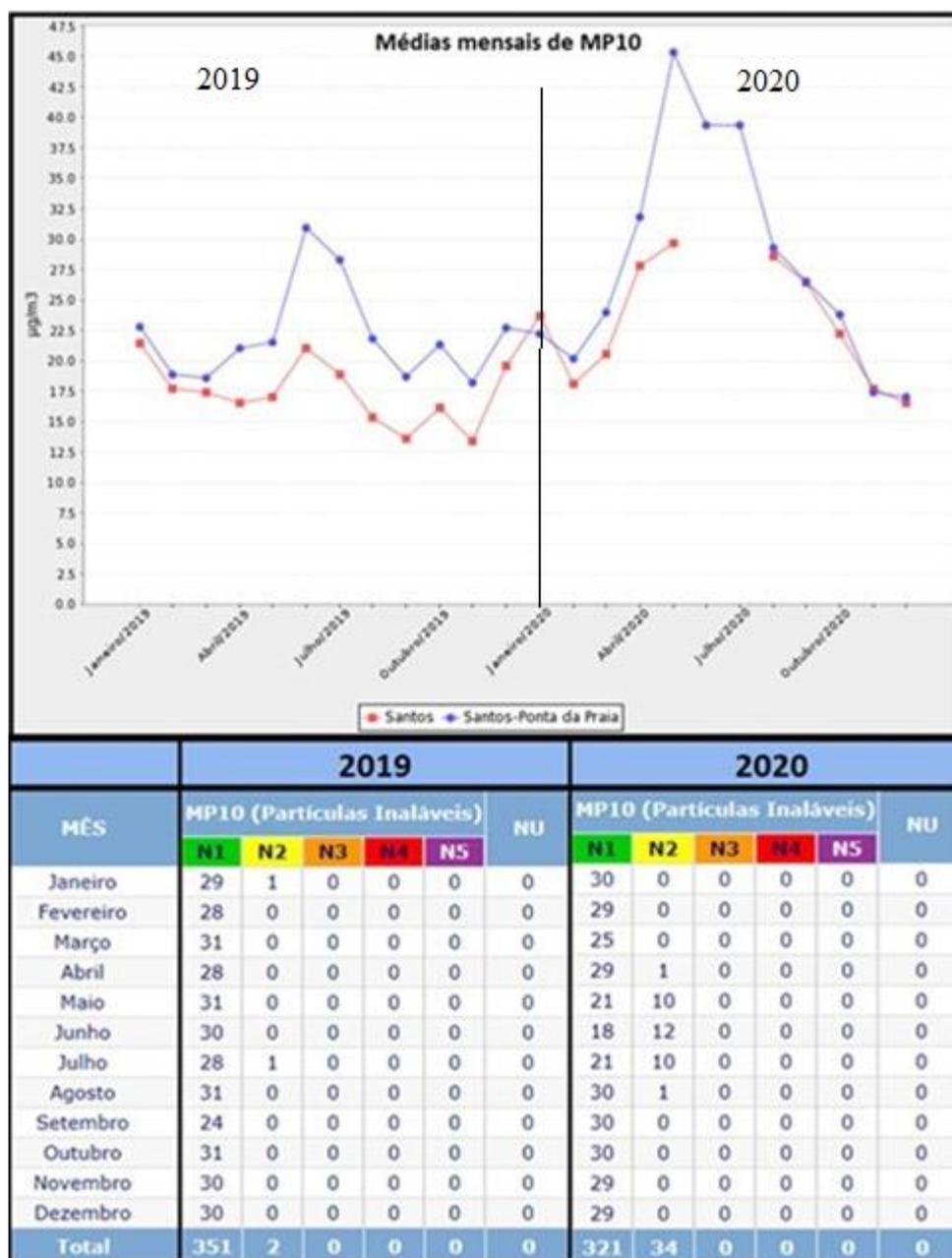
Figura 4 – Movimentação de sólidos a granel no Porto de Santos em 2020



Fonte: Porto de Santos - Mensário Estatístico (dezembro de 2020)

Em, seguida são fornecidos os dados sobre a concentração de Materiais Particulados MP10. A Figura 5 mostra as médias mensais e a qualidade do ar para MP10 nos anos de 2019 e 2020 nas Estações Santos e Santos Ponta da Praia. Observando a evolução na Estação Santos-Ponta da Praia, nota-se que houve um aumento das médias mensais de MP10 no período de abril a agosto de 2020 em relação aos mesmos meses de 2019. Na Estação Santos, houve falhas nas medições em 2020.

Figura 5 – MP10 – Médias mensais e classificação da qualidade do ar



Fonte: CETESB-QUALAR (2019 e 2020)

Em relação à qualidade do ar para MP10, a CETESB considera a seguinte classificação: Qualidade Boa (N1): 0 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Qualidade Moderada (N2): >50 - 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Qualidade Ruim (N3): >100 - 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Qualidade Muito Ruim (N4): >150 - 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Qualidade Péssima (N5): >250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O limite máximo de exposição diária a MP10 é de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas (PQAR). O número de ultrapassagens é designado NU. Seguindo esta classificação, a Figura 5 mostra a qualidade do ar em relação a MP10 na Estação Ponta da Praia nos anos de 2019 e de 2020. O ano de 2019 teve 351 dias com qualidade boa e 2 dias com qualidade moderada. O ano de 2020 teve 321 dias com qualidade boa e 34 dias com qualidade moderada (concentrados nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto). Nota-se, portanto, uma piora da qualidade do ar para MP10 em 2020 quando comparado ao ano de 2019. Não houve ultrapassagens do limite máximo de exposição.

Em seguida são fornecidos os dados sobre a concentração de Materiais Particulados MP2,5 em 2019 e 2020.

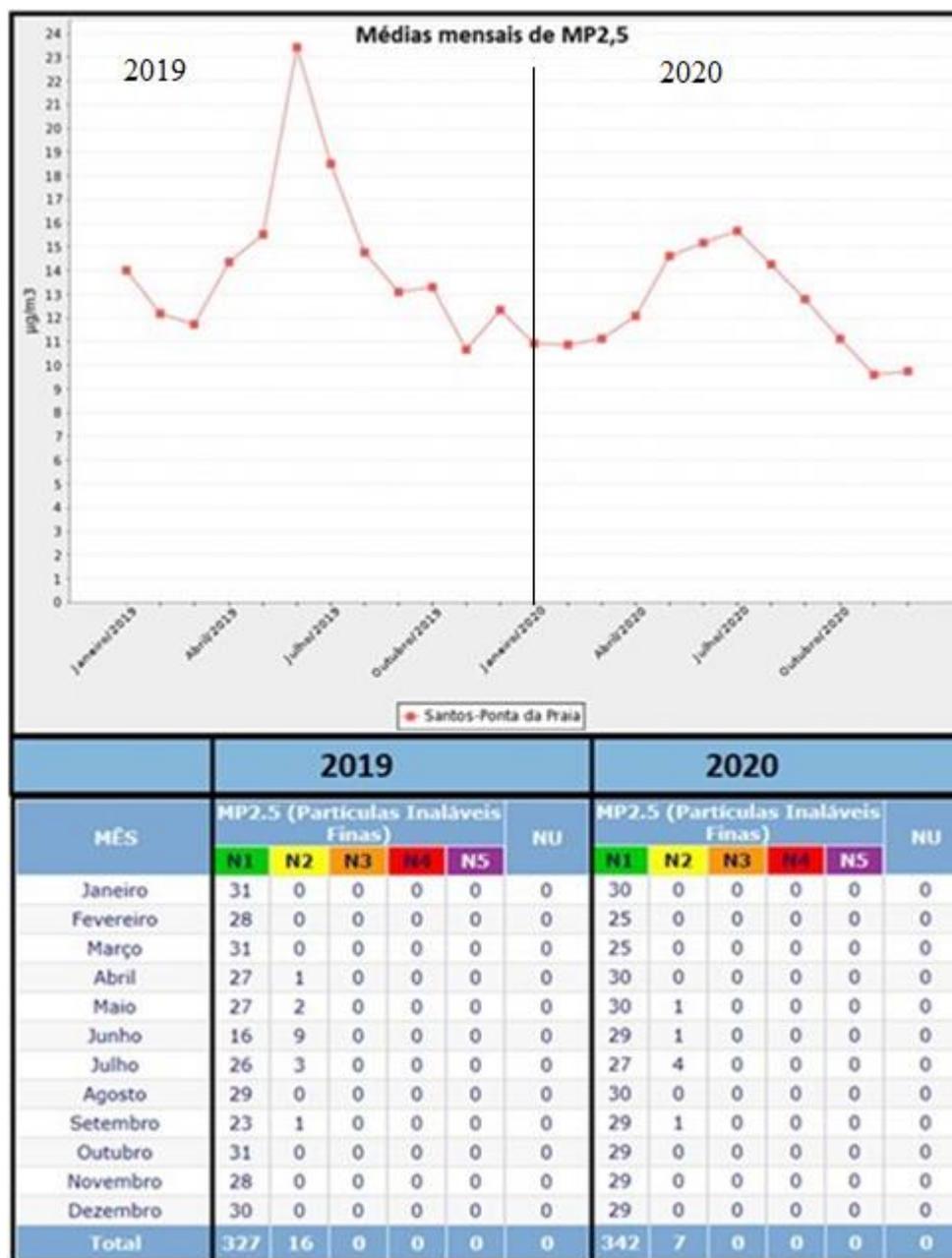
A Figura 6 mostra a evolução das médias mensais de MP2,5 na Estação Santos-Ponta da Praia. A Estação Santos não realiza dosagem de MP2,5.

Observa-se menores concentrações de MP2,5 nos meses de inverno de 2020 em relação aos meses de inverno de 2019. Ao contrário do que ocorreu com MP10, os níveis de MP2,5 diminuíram em 2020.

Em relação à qualidade do ar para MP2,5, a CETESB considera a seguinte classificação: Qualidade Boa: 0 - 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Qualidade Moderada: >25 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Qualidade Ruim: >50 - 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Qualidade Muito Ruim: >75 - 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Qualidade Péssima: >125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. O limite máximo de exposição diária a MP2,5 é de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas (PQAR). O número de ultrapassagens é designado NU. Seguindo esta classificação, a Figura 6 mostra a qualidade do ar em relação a MP2,5 na Estação Ponta da Praia nos anos de 2019 e de 2020. O ano de 2019 teve 327 dias com qualidade boa e 16 dias com qualidade moderada. O ano de 2020 teve 342 dias com qualidade boa e 7 dias com qualidade moderada (concentrados nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto).

Conclui-se que houve uma melhora da qualidade do ar para MP2,5 em 2020 quando comparado ao ano de 2019. Não houve ultrapassagem do limite máximo de exposição nas medições em 2020.

Figura 6 – MP2,5 – Médias mensais e classificação da qualidade do ar



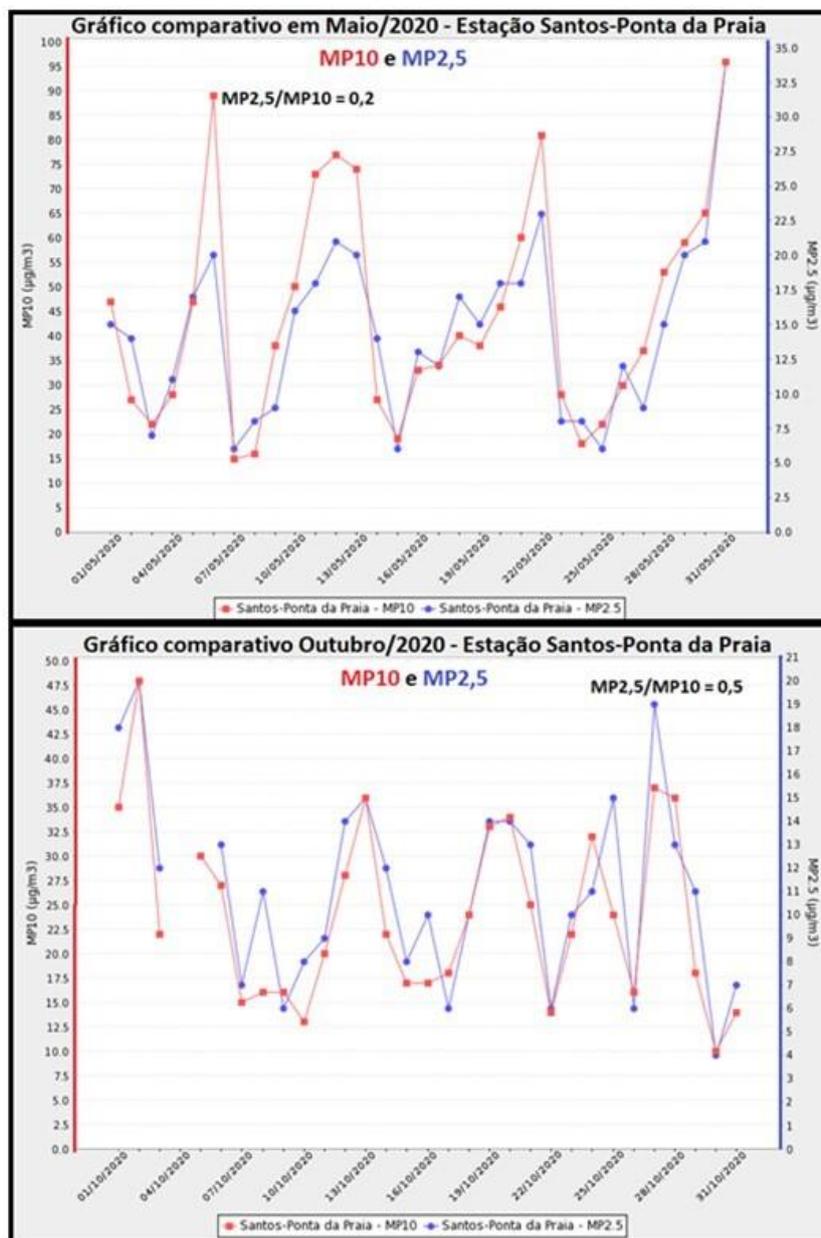
Fonte: CETESB-QUALAR (2019 e 2020)

Em seguida, é feito um acompanhamento da relação MP2,5/MP10. O material particulado inalável presente na atmosfera costuma ser classificado em MP10 (partículas com diâmetro até 10 µm) e MP2,5 (partículas com diâmetro até 2,5 µm). Nota-se que o total das partículas MP10 inclui a fração MP2,5 e as partículas entre 2,5 µm e 10 µm. A proporção entre MP2,5 e MP10 varia dependendo das emissões de poluentes. No caso do

Porto de Santos, uma das importantes fontes de partículas MP10 com tamanho entre 2,5 μm e 10 μm é a movimentação da carga de grãos a granel na operação de embarque.

A relação MP2,5/MP10 funciona como indicador da poluição proveniente da movimentação de cargas de granel sólido vegetal, principalmente em relação aos particulados gerados no embarque de grãos de soja. Quanto maior a movimentação de granel sólido vegetal, menor tende a ser a relação MP2,5/MP10 devido à maior geração de partículas MP10 com diâmetro entre 2,5 μm e 10 μm . A Figura 7 mostra as relações dessas partículas nos meses de maio e outubro de 2020 (Estação Santos - Ponta da Praia).

Figura 7 – Médias diárias de MP10 e MP2,5 em maio e outubro de 2020 (Ponta da Praia)

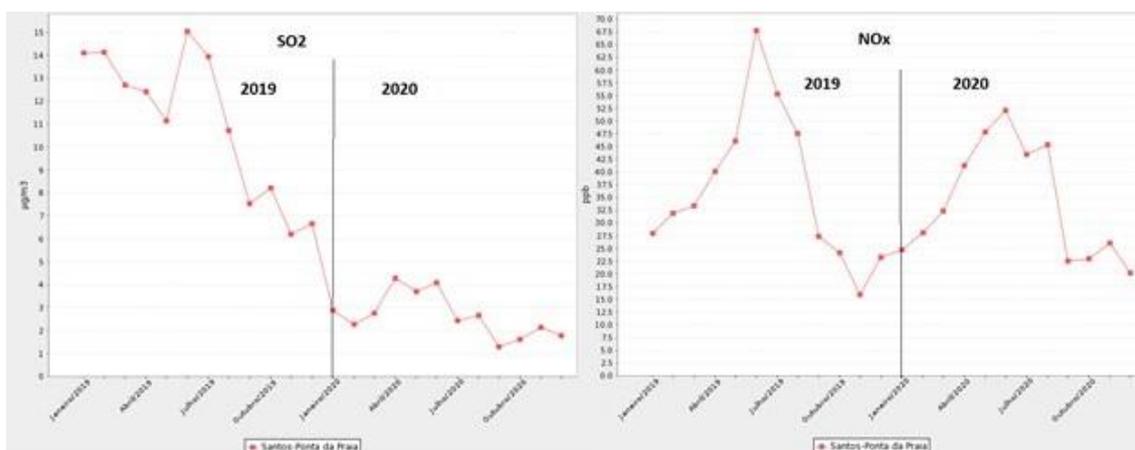


Fonte: CETESB-QUALAR (2020)

No mês de maio de 2020 houve elevada exportação de grãos de soja pelo Porto de Santos. Nota-se que a relação MP2,5/MP10 chegou a 0,2, com concentração de MP10 de 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e concentração de MP2,5 de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No mês de outubro de 2020, não houve exportação de grãos de soja e a relação MP2,5/MP10 atingiu 0,5 com MP10 de 37,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e MP2,5 de 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Em relação às concentrações de outros poluentes, a Figura 8 mostra as concentrações médias mensais de Dióxido de Enxofre (SO_2) e Óxidos de Nitrogênio (NO_x) durante os anos de 2019 e 2020 na Estação Santos - Ponta da Praia. A Estação Santos não realiza essas medições. Percebe-se que os dois poluentes tiveram médias mensais menores no ano de 2020 em relação ao ano de 2019.

Figura 8 – Médias mensais de SO_2 e NO_x em 2019 e 2020



Fonte: CETESB-QUALAR (2019 e 2020)

Em relação aos parâmetros meteorológicos, o estudo do comportamento dos ventos tem grande importância por afetar as condições de dispersão dos poluentes.

A Figura 9 mostra que existe um padrão de variação da velocidade do vento ao longo do ano nas Estações Santos e Santos-Ponta da Praia. Os menores valores costumam ocorrer nos meses de maio, junho e julho, seguindo-se de aumento a partir de agosto. Este padrão esteve presente em 2019 e 2020. Comparando as estações, percebe-se que as médias mensais de velocidade do vento são maiores na Estação Santos-Ponta da Praia durante o ano inteiro. Trata-se de uma região em que predominam ventos Sul-Sudoeste, facilitando a dispersão de poluentes. Comparando aos anos de 2019 e 2020, o padrão se manteve e o valor mínimo atingido foi semelhante. Conclui-se que, apesar das melhores

condições de dispersão, os níveis de MP10 são maiores na Estação Santos-Ponta da Praia em decorrência da maior geração de material particulado pelas atividades locais.

Figura 9 – Médias mensais de velocidade do vento em 2019 e 2020 (Estações Santos e Santos-Ponta da Praia)

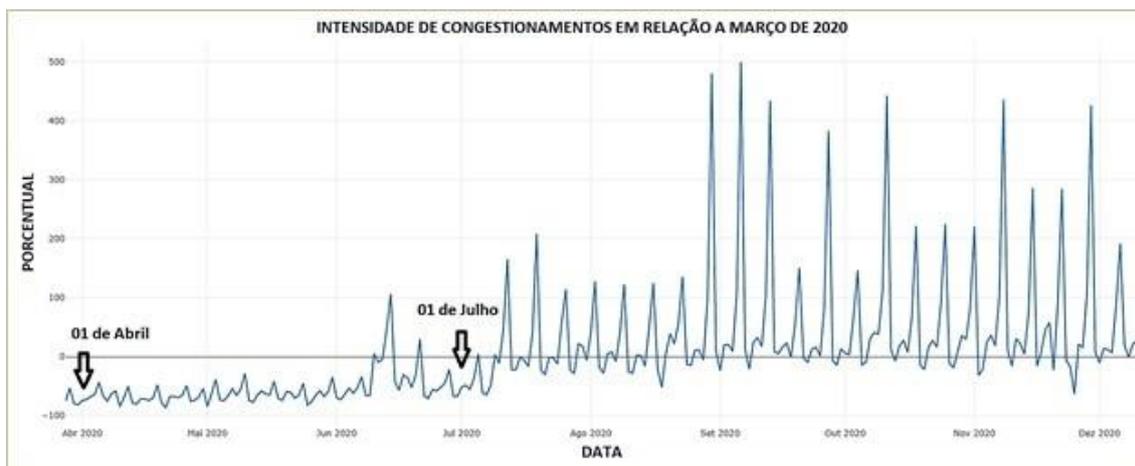


Fonte: CETESB-QUALAR (2019 e 2020)

Com relação às inversões térmicas (até 200m de altitude), no ano de 2020, houve 1 inversão térmica no horário das 0:00 hs e 27 inversões térmicas no horário das 12:00 horas. No ano de 2019, houve 70 inversões térmicas no horário das 0:00 e 34 inversões térmicas no horário das 12:00 horas. Conclui-se que a maior frequência de inversões térmicas em 2019 pode ter contribuído para os maiores níveis de MP2,5 e de outros poluentes como SO₂ e NO_x verificados em 2019 em relação a 2020. Não há, porém, relação com as maiores concentrações de MP10 encontradas durante o ano de 2020, principalmente na Estação Santos-Ponta da Praia.

Em relação à circulação de veículos, as medidas de distanciamento social impostas durante a epidemia de COVID-19 causaram impactos sobre os congestionamentos na cidade de Santos durante o ano de 2020. A Figura 10 mostra a intensidade de congestionamentos em Santos no período de abril de 2020 a dezembro de 2020. Nota-se que houve redução expressiva dos congestionamentos no período de abril até julho de 2020.

Figura 10 – Intensidade de congestionamentos em Santos em 2020



Fonte: FIOCRUZ (2020)

Comparando a circulação de veículos em Santos com as concentrações de particulados MP10 é possível perceber que o crescimento dos níveis de MP10 em Abril, Maio e Junho de 2020 não tem relação com um eventual aumento na circulação de veículos. Pelo contrário, houve redução média de 65% nos congestionamentos em relação à primeira semana de março.

Em relação às concentrações de particulados MP2,5 e de outros poluentes como SO₂ e NO_x, as reduções verificadas em 2020 em comparação com 2019 podem ser relacionadas à queda na circulação de veículos.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÃO

O ano de 2020 foi marcado pela epidemia de COVID-19, com repercussões sobre diversas atividades econômicas. No caso do Porto de Santos, entretanto, não foram observados impactos negativos sobre a atividade portuária. Pelo contrário, houve aumento de 9,4% nas atividades operacionais do Porto de Santos de 2019 para 2020. Para esse aumento, as maiores contribuições foram das movimentações de mercadorias do tipo granel sólido vegetal, especialmente grãos de soja, açúcar e farelo de soja.

O estudo da movimentação portuária por mercadoria mostra que as exportações de soja se concentram nos meses de Março a Julho. Esse fato tem relação com a época de plantio e da colheita da soja, realizados respectivamente na Primavera e no final do Verão e início do Outono. Com relação ao transporte dos grãos de soja, ele costuma ser feito a granel, isto é, sem ensacamento.

O aumento da movimentação das cargas de soja no Porto de Santos coincide com o aumento das concentrações de partículas MP10 na região da Ponta da Praia em Santos. Trata-se de uma região residencial localizada muito próximo dos terminais de granel sólido vegetal. O acompanhamento das médias mensais de concentração de MP10 mostra que ano de 2020 caracterizou-se por um acentuado aumento nos níveis de MP10 na região da Ponta da Praia em comparação com o ano anterior. Em relação aos níveis de qualidade do ar para MP10, o ano de 2020 teve 321 dias com qualidade boa do ar e 34 dias com qualidade moderada, todos no período de Abril a Agosto. O ano de 2019 teve 351 dias com qualidade boa e apenas 2 dias com qualidade moderada. A busca de uma explicação desta diferença passa por diversas análises.

Comparando as condições meteorológicas de 2020 em relação a 2019, não se verificou nenhuma justificativa para a piora da qualidade do ar em 2020. Na região da Ponta da Praia, as velocidades dos ventos em 2020 seguiram um padrão semelhante ao de 2019. Quanto às inversões térmicas, o ano de 2020 teve menor número de episódios em relação ao ano de 2019.

Nota-se, também, que o aumento das concentrações de MP10 na Ponta da Praia em 2020 não se acompanhou de aumento nos níveis de outros poluentes. Comparando-se as concentrações de MP2,5, Dióxido de Enxofre (SO₂) e Óxidos de Nitrogênio (Nox) em 2020 em relação às concentrações em 2019, nota-se que houve uma redução. A relação MP2,5/MP10 mostrou diminuição em 2020 em relação a 2019.

A explicação para a redução das concentrações de MP2,5, SO₂ e NO_x em 2020 pode estar nas medidas restritivas adotadas para contenção da epidemia do novo coronavírus. Houve queda acentuada na circulação de veículos no período de Abril a Julho, reduzindo as emissões de poluentes pelos veículos motorizados.

Para explicar o expressivo aumento nas concentrações de MP10 em 2020 resta o crescimento das atividades portuárias, particularmente a exportação de grãos de soja no período de Março a Julho. Trata-se de uma questão de grande relevância pelos seus impactos sobre uma área urbana de Santos e sobre a saúde de seus habitantes. Além dos impactos sobre o ambiente urbano, existe um problema capaz de afetar a saúde pública e reduzir a expectativa de vida da população.

A discussão sobre a necessária integração entre os projetos de desenvolvimento e expansão portuária e a política de sustentabilidade traz à tona diversas questões. Entre elas, é possível citar o problema da localização dos terminais de grãos muito próximo das

áreas urbanas da Ponta da Praia e a questão da implementação de medidas de modernização do embarque de grãos. Também estão surgindo novas perspectivas para o escoamento da produção de grãos por meio de ferrovias e outros portos situados na região Norte do Brasil.

Espera-se, também, que os conflitos inerentes à gestão ambiental portuária possam trazer recomendações para os futuros projetos de ampliação dos portos que passarão a receber cargas de grãos

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Marcos de Carvalho. Análise da qualidade do ar nos bairros periféricos ao Porto de Santos (SP). **Revista de Empreendedorismo e Inovação Sustentáveis**, v.2, n.1, p. 56-363, 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Avaliação da qualidade do ar no município de Santos - 2011 a 2014**. CETESB, .2015.

MEDINA-RAMÓN, M. et al. The Effect of Ozone and PM10 on Hospital Admissions for Pneumonia and Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A National Multicity Study. **American Journal of Epidemiology**, v. 163, n. 6, p. 579–588, 2006.

MUKHERJEE, A.; AGRAWAL, M. World air particulate matter: sources, distribution and health effects. **Environmental Chemistry Letters**, v. 15, n. 2, p. 283–309, 2017.

PINHEIRO, S. et al. Efeitos isolados e sinérgicos do MP10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias. **Rev. Saúde Pública**, v. 48, n.6, p. 881-888, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Air Quality Guidelines: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide**. WHO, 2005. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1. Acesso em: 20 dez. 2021.

_____. **Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease**. WHO, 2016. Disponível em: <https://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/>. Acesso em: 20 dez. 2021.

Recebido em: 20/01/2022

Aprovado em: 21/02/2022

Publicado em: 24/02/2022