

UMA DÉCADA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA: RESULTADOS PRELIMINARES DAS CONCENTRAÇÕES DE MATERIAIS PARTICULADOS

Bruno Martins Gurgatz¹; Camila Arielle Bufato Moreira²; Liliani Marilia Tiepolo³; Eduardo Vedor de Paula⁴

GT: 1 – Análise Ambiental, Sustentabilidade e Conservação

Resumo

Este trabalho analisa os dados da primeira década do Programa de Gestão de Emissões Atmosféricas dos Portos de Paranaguá e Antonina, no litoral do Paraná, com foco na poluição por material particulado (PTS, MP₁₀, MP_{2,5} e fumaça), visando também avaliar a eficácia do monitoramento e sua possibilidade de uso para a gestão ambiental do território. O monitoramento passou a ser executado de forma regular a partir de 2016, atendendo de maneira satisfatória ao Termo de Referência. A análise dos resultados revela concentrações elevadas de partículas, com destaque para o MP_{2,5}, que apresentou tendência de crescimento e foi o principal responsável por episódios de baixa qualidade do ar. Em ambos os municípios, os dados indicam ultrapassagem dos limites diários vigentes (PI-1 Resolução CONAMA n° 506/2024), especialmente para MP_{2,5}. Os dados também indicam a influência das atividades portuárias e rodoviárias sobre a distribuição espacial dos poluentes. Os resultados reforçam a necessidade de priorizar o controle da poluição atmosférica na região e apontam para a importância de um monitoramento contínuo com melhoria da cobertura amostral.

Palavras-chave: Poluição atmosférica; Licenciamento Ambiental; Monitoramento portuário.

¹ Doutor em Sistemas Costeiros e Oceânicos - UFPR; Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais da UFPR; Matinhos, Paraná, Brasil. brunogurgatz@ufpr.br: ORCID: 0000-0001-7059-7533.

² Doutora em Engenharia Ambiental - UFPR; Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável; Matinhos, Paraná, Brasil. camilabufato@gmail.com: ORCID: 0000-0001-6355-9168.

³ Doutora em Zoologia - UFRJ; Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável; Matinhos, Paraná, Brasil. lilianitiepola@gmail.com: ORCID: 0000-0002-4488-2768.

⁴ Doutor em Geografia - UFPR; Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais da UFPR; Curitiba, Paraná, Brasil. edugeo@ufpr.br: ORCID: 0000-0002-1847-0161

1 INTRODUÇÃO

Os portos desempenham papel central no comércio internacional de *commodities*, atividade que sustenta o modelo de desenvolvimento hegemônico, pautado na busca a expansão dos mercados e aumento contínuo da produção e do consumo. Nesse contexto, operam como soluções espaciais, ou seja, respostas temporárias para crises de superacumulação do capital global. Dada a magnitude das operações realizadas e o volume de capital envolvido, os portos possuem capacidade de reconfigurar o ambiente e o espaço geográfico dos territórios onde se inserem, muitas vezes em função de interesses econômicos de atores externos e geograficamente distantes (HARVEY, 1981; WILMSMEIER & MONIOS, 2015).

Os portos de Paranaguá e Antonina remontam ao século XIX e foram determinantes para a conformação socioespacial do litoral paranaense (ABRAHÃO, 2022). Historicamente, as duas cidades portuárias disputaram a centralidade econômica da região, e Antonina chegou a ocupar posição de destaque nacional entre as décadas de 1930 e 1950. No entanto, a partir da década de 1970, com a expansão do agronegócio nacional, Paranaguá passou a concentrar a maior parte das operações portuárias do estado (ESTADES, 2003). Hoje, o Porto de Paranaguá constitui um componente essencial do complexo soja-carne Brasil-China (ESCHER & WILKINSON, 2019).

O processo de licenciamento ambiental dos Portos de Paranaguá e Antonina foi efetivado em 2013, resultando na implementação de programas ambientais organizados nos componentes físico, biótico e socioeconômico. Entre as ações previstas no componente físico, está o Programa de Gestão de Emissões Atmosféricas, responsável pelo monitoramento da qualidade do ar. A metodologia adotada utiliza amostradores de alto volume que percorrem mensalmente 12 pontos fixos, com coletas realizadas durante 24 horas.

Considerando que a poluição atmosférica é um dos principais riscos ambientais da atualidade, e que os materiais particulados estão entre os poluentes mais perigosos para a saúde humana (HEI, 2020; LI *et al.*, 2023), este trabalho tem como objetivo analisar os dados da primeira década do monitoramento da qualidade do ar nos Portos de Paranaguá e Antonina, buscando avaliar a situação atual da poluição atmosférica por materiais particulados na região, a efetividade do programa para apoiar a gestão ambiental portuária e identificar potenciais melhorias para o monitoramento e a mitigação dos impactos ambientais.

2 METODOLOGIA

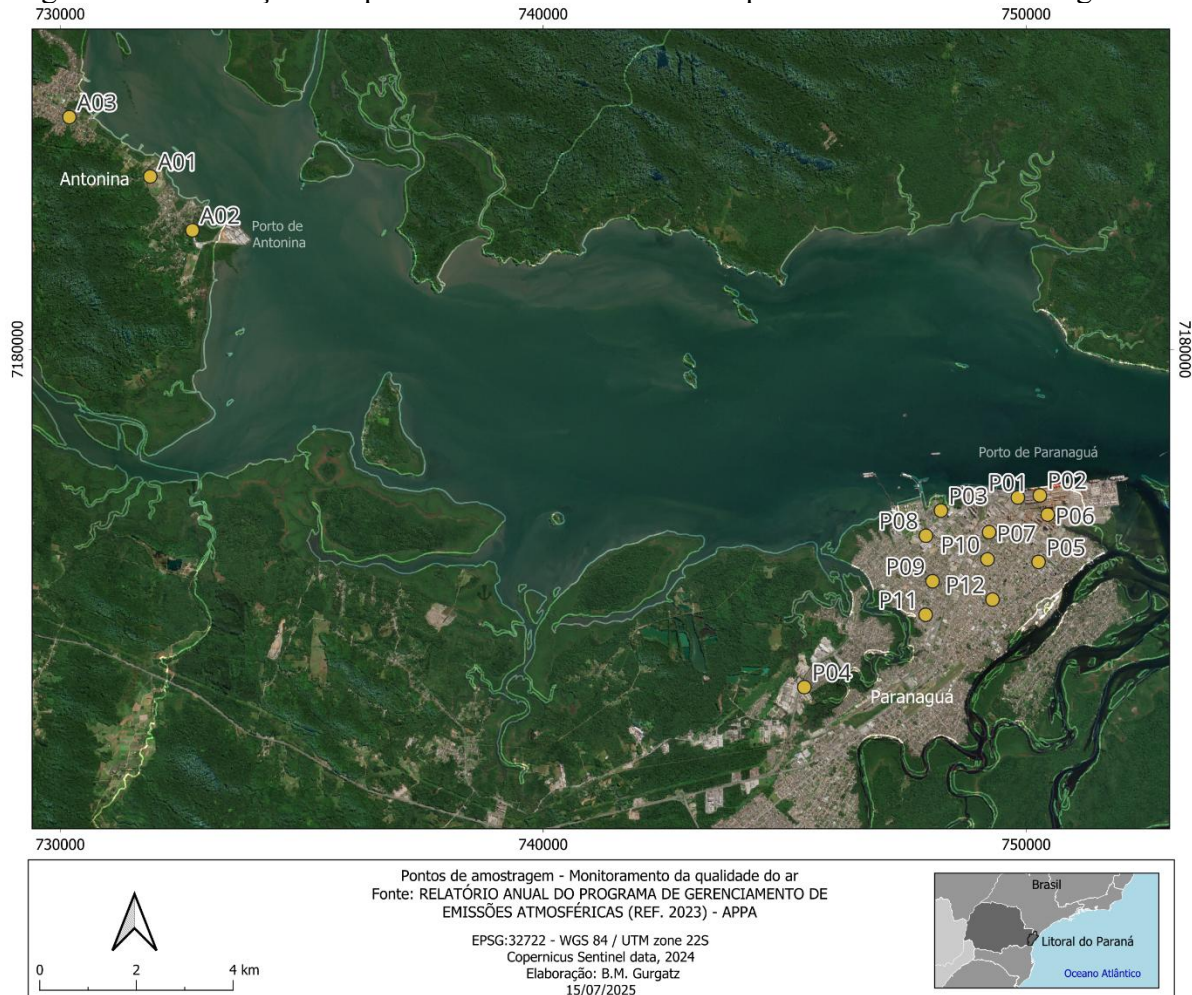
Os dados utilizados neste estudo foram obtidos por meio de uma solicitação formal realizada através da plataforma de acesso à informação pública dos Portos do Paraná (<https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Pagina/Ouvidoria>). Foram solicitados dados referentes ao Programa de Gestão de Emissões Atmosféricas, executado pela Diretoria de Meio Ambiente da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (DMA/APPA). Após a verificação da natureza acadêmica e legitimidade da solicitação, os materiais requisitados foram disponibilizados via e-mail. Os documentos incluíram um banco de dados no formato .xlsx e o Relatório Anual de 2023, que forneceu informações complementares sobre as metodologias de monitoramento empregadas.

Os métodos de amostragem, os locais de monitoramento e os períodos de coleta do programa foram estabelecidos no Termo de Referência inicial. Esse documento foi formalmente acordado entre o órgão licenciador (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA), a contratante (APPA) e o executor do monitoramento. Desde sua implementação, o monitoramento permaneceu em grande parte inalterado, com apenas pequenos ajustes realizados ao longo do tempo para incorporar atualizações nas normas nacionais de qualidade do ar e modificações nos pontos de acesso e energia dos equipamentos.

Em Paranaguá, a qualidade do ar é monitorada mensalmente em doze pontos de amostragem (figura 1). Cada ponto é amostrado em um único dia por mês durante 24 horas, com as datas variando entre os diferentes pontos. Em Antonina, o monitoramento ocorre trimestralmente em três pontos de amostragem, seguindo o mesmo procedimento de coleta em um único dia. A amostragem diária tem início na manhã do dia de referência e se estende até a manhã do dia seguinte. Nessas estações de monitoramento, são medidas as concentrações dos oito parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA nº 491/2018: Material Particulado Total em Suspensão (PTS); Material Particulado com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 μm (PM_{10}); Material Particulado com diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5 μm ($\text{MP}_{2,5}$); dióxido de enxofre (SO_2); dióxido de nitrogênio (NO_2); fumaça; ozônio (O_3); e monóxido de carbono (CO). O monitoramento de $\text{MP}_{2,5}$ foi implementado apenas em 2020, após sua inclusão como poluente regulado por essa resolução. O conjunto de dados fornecido também incluiu colunas com informações sobre precipitação e o Índice de Qualidade do Ar (IQA), calculado conforme as Diretrizes de Qualidade do Ar da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005). Neste trabalho os

poluentes gasosos não são explorados, mas estão descritos devido a sua utilização para determinação do IQA.

Figura 1 - Localização dos pontos de monitoramento da qualidade do ar em Paranaguá.



Fonte: Elaboração própria, com informações do Relatório Anual do Programa de Gerenciamento de Emissões Atmosféricas (Ref. 2023) – APPA.

As partículas totais em suspensão (PTS), MP_{10} e $MP_{2,5}$ foram coletadas utilizando amostradores de alto volume, conforme as normas técnicas brasileiras ABNT NBR 9547:1997 e 13412:1995. Para os poluentes gasosos, as amostras de SO_2 , NO_2 e fumaça foram coletadas com amostradores de baixo volume do tipo TRIGÁS. As concentrações de SO_2 foram determinadas pelo método do equivalente de peróxido de hidrogênio (ABNT NBR 12979:1993), enquanto as concentrações de NO_2 foram medidas pelo método do equivalente de arsenito de sódio (EPA-EQN-1277-026), conforme recomendação de resolução estadual local. As concentrações de fumaça foram quantificadas pelo método padrão de refletância. O monitoramento do ozônio foi

realizado com analisador automático fotométrico de UV, baseado na absorção ultravioleta. As concentrações de monóxido de carbono foram medidas por espectrofotometria infravermelha não dispersiva (NDIR), em conformidade com a norma ABNT NBR 13157:1994. Foram fornecidos certificados de calibração para as vazões dos amostradores e para as balanças analíticas. Os dados recebidos foram tratados com padronização de entradas nulas e períodos não amostrados. Valores abaixo do limite de detecção (<LD) foram substituídos por metade do limite de detecção (LD/2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COBERTURA DOS DADOS E ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR (AQI)

Os conjuntos de dados abrangem períodos distintos para cada localidade portuária. Em Paranaguá, os dados cobrem o período de 03/2014 a 12/2023, mas apresentam lacunas significativas nos primeiros anos (ausência de registros entre 01–02/2014, 02–12/2015 e 01/2016). Para garantir a consistência das análises, foram considerados os dados de 02/2016 a 12/2023, período a partir do qual o programa passou a apresentar regularidade satisfatória, conforme os critérios estabelecidos nos Termos de Referência. Em Antonina, o monitoramento disponibilizou uma série mais curta, porém contínua, entre 02/2018 e 11/2023.

Entre os poluentes monitorados, apenas o dióxido de enxofre (SO₂) apresentou recorrência significativa de medições abaixo do limite de detecção (<LD), o que exige cautela na interpretação dos dados. Em Paranaguá, 97,9% das amostras de SO₂ (1.117 de 1.140) estiveram abaixo do LD, sugerindo concentrações atmosféricas sistematicamente muito baixas ou próximas ao limite analítico da metodologia utilizada. Em Antonina, o padrão foi semelhante, com 98,6% das amostras (71 de 72) <LD. O dióxido de nitrogênio (NO₂) apresentou 11,8% das amostras em Paranaguá e 19,4% em Antonina abaixo do LD. Nenhum dos demais poluentes monitorados (PTS, MP₁₀, MP_{2,5}, O₃, CO e Fumaça) apresentou registros abaixo do limite de detecção.

Em Paranaguá, 86,5% de todos os dias monitorados tiveram seu índice de qualidade do ar determinado por material particulado — especialmente MP_{2,5} (42,8%), PTS (26,7%) e MP₁₀ (17,0%). Analisando somente episódios com classificação “Não saudável” ou pior, essa predominância fica ainda mais evidente: 99,7% desses casos foram atribuídos a partículas, principalmente MP_{2,5} (53,5%) e PTS (31,9%). Em Antonina foram registrados menos episódios críticos, porém 100% dos dias com qualidade do ar

ruim foram causados por material particulado, com o $PM_{2,5}$ respondendo sozinho por 81,8% dos casos. Esses resultados evidenciam as partículas em suspensão como os principais poluentes atmosféricos que impactam Paranaguá e Antonina.

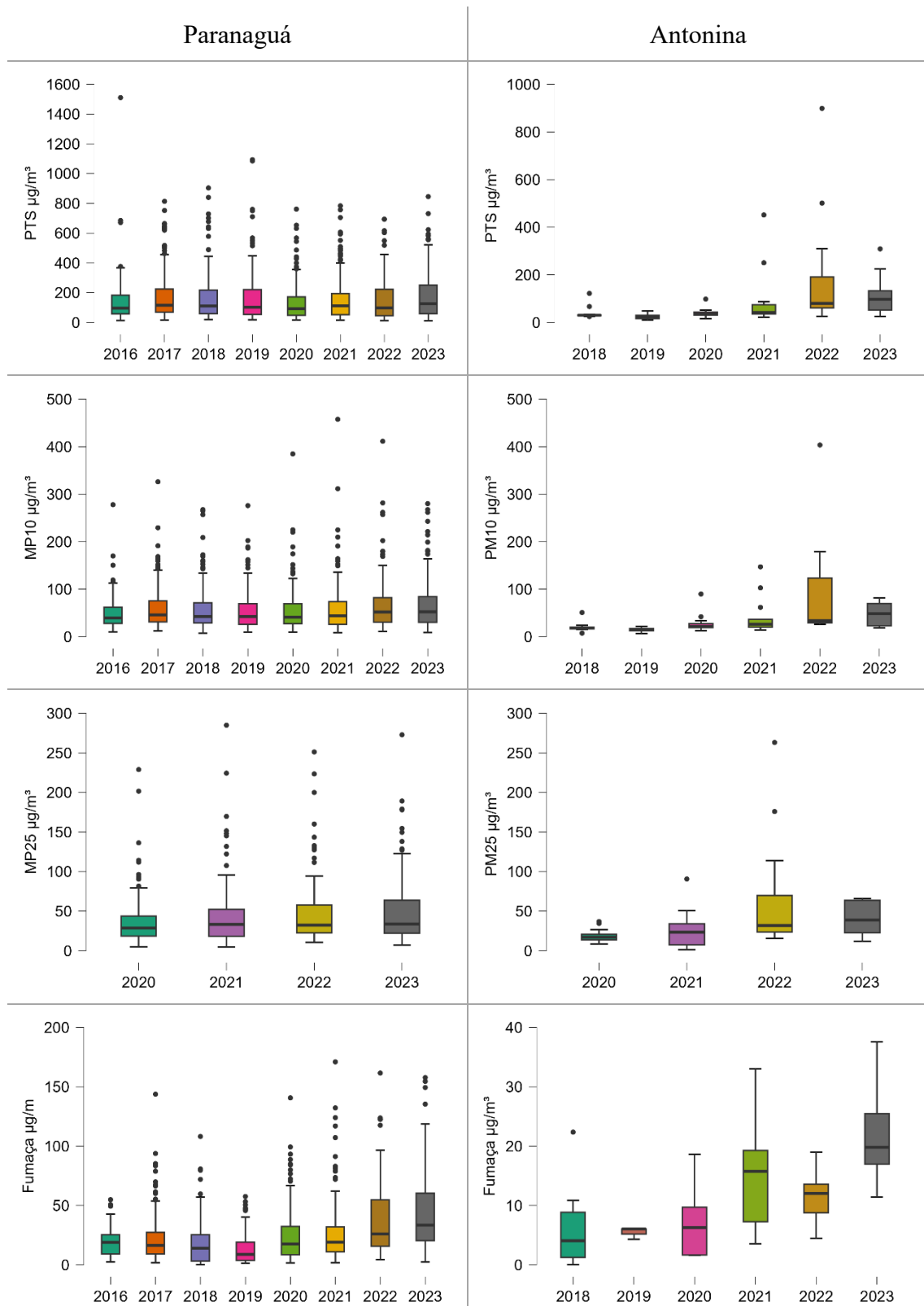
3.2 MATERIAIS PARTICULADOS

Durante o período do estudo, as concentrações médias de material particulado em Paranaguá foram de $162,9 \pm 163,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PTS, $60,0 \pm 50,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para MP_{10} , $45,1 \pm 39,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $MP_{2,5}$ e $26,9 \pm 26,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para fumaça. Em Antonina, os níveis foram mais baixos, mas ainda expressivos, com médias de $85,1 \pm 133,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PTS, $40,8 \pm 55,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para MP_{10} , $38,5 \pm 45,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $MP_{2,5}$ e $12,1 \pm 9,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para fumaça.

Neste estudo, não foi possível comparar diretamente as concentrações médias anuais com os padrões estabelecidos na legislação brasileira (CONAMA, 2024) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2021). O conjunto de dados disponível não atende ao critério mínimo de cobertura, que exige $\geq 75\%$ das medições diárias ao longo de um ano. Além disso, as médias anuais de cada cidade foram calculadas a partir da agregação dos dados de todos os pontos de monitoramento do respectivo município, uma estratégia adotada para garantir tamanho amostral suficiente para análise estatística, mas que se mostra inadequada para comparação com padrões regulatórios.

A figura 2 apresenta a distribuição anual das concentrações médias de PTS, MP_{10} , $MP_{2,5}$ e fumaça nos municípios de Paranaguá e Antonina ao longo do período analisado. Em Paranaguá, observa-se uma tendência de crescimento gradual nas concentrações médias de $MP_{2,5}$ e fumaça, especialmente a partir de 2020. Esses aumentos indicam uma intensificação nas emissões de partículas finas associados a fontes de combustão; Por outro lado, as concentrações de PTS e MP_{10} mantiveram-se relativamente estáveis durante os primeiros anos do estudo, mas apresentam um aparente incremento a partir de 2020, o que pode estar relacionado à retomada de atividades econômicas e operacionais após o período mais restritivo da pandemia de COVID-19. Em Antonina, todos os poluentes analisados apresentaram acréscimos significativos em suas concentrações médias anuais a partir de 2021. Essa elevação simultânea sugere mudanças relevantes no padrão de emissões, o que pode estar relacionado a um aumento na atividade portuária no município.

Figura 2 – Distribuição anual das concentrações de PTS, MP₁₀, MP_{2,5} e fumaça em Paranaguá e Antonina



Fonte: Elaboração própria.

A tabela 1 apresenta o número absoluto e o percentual de amostras que excederam os limites diários estabelecidos tanto pela Resolução CONAMA nº 506/2024, segmentados por ano para cada um dos municípios estudados. Esses limites de concentração são baseados em evidências científicas sobre os efeitos adversos dos diferentes poluentes atmosféricos na saúde humana, especialmente no sistema respiratório e cardiovascular. As ultrapassagens diárias podem ser avaliadas isoladamente, já que esse tipo de análise não exige séries contínuas de dados. No caso da legislação brasileira, os valores utilizados para comparação correspondem ao Padrão Intermediário 1 (PI-1), parâmetro normativo de referência adotado no período do estudo. Para PTS, a legislação nacional estabelece um único valor máximo diário ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sem previsão de progressividade, e não há parâmetro correspondente nas diretrizes internacionais da OMS. Os Padrões Finais (PF) estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506/2024 foram definidos com base nas diretrizes da (OMS) e sua adoção está prevista ao fim de um período de transição com 4 padrões intermediários. Considerando que o Padrão Intermediário 4 (PI-4) está previsto para ser implementado apenas em 2044, o Brasil ainda se encontra em um longo período de transição regulatória até alcançar os Padrões Finais. Considerando que nenhum dos documentos normativos, estabelece um número máximo de ultrapassagens diárias aceitáveis, entende-se que a mera ocorrência de uma ultrapassagem já representa um risco claro e inequívoco à saúde da população exposta. A análise dos dados de monitoramento mostra que esses episódios críticos não são pontuais e podem estar significativamente subrepresentados.

Tabela 1: Totais e percentuais de ultrapassagens aos limites diários estabelecidos Resolução CONAMA nº 506/2024.

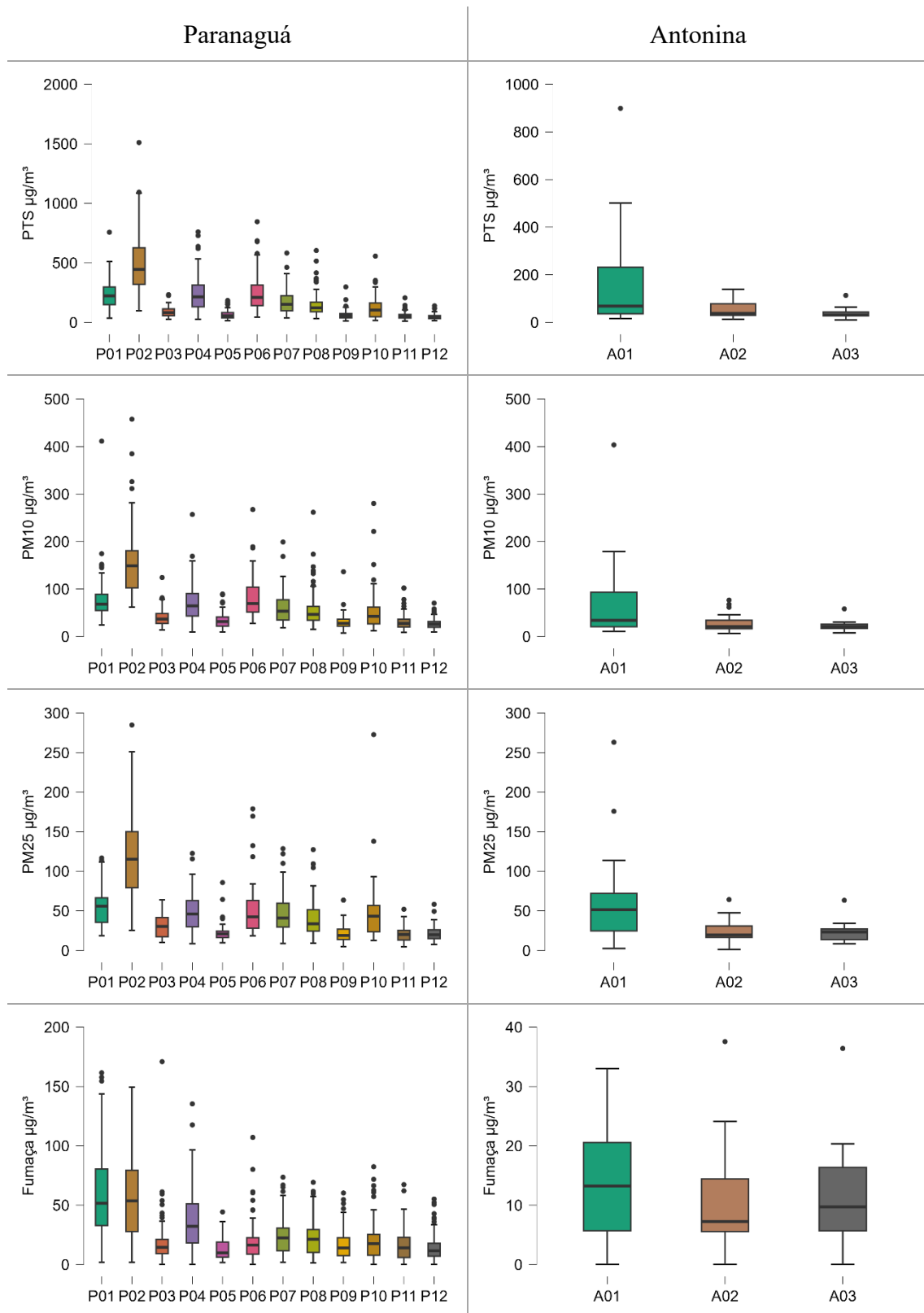
City	Year	Samples	MP ₁₀ > CONAMA PI-1 (120 µg/m ³)	MP _{2,5} > CONAMA PI-1 (60 µg/m ³)	Smoke > CONAMA PI-1 (120 µg/m ³)	PTS > CONAMA PF (240 µg/m ³)	MP ₁₀ > CONAMA PF/OMS (45 µg/m ³)	MP _{2,5} > CONAMA PF/OMS (15 µg/m ³)
Antonina	2018	12	0 (0%)	-	0 (0%)	0 (0%)	1 (8,3%)	-
Antonina	2019	12	0 (0%)	-	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-
Antonina	2020	12	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (8,3%)	7 (58,3%)
Antonina	2021	12	1 (8,3%)	1 (8,3%)	0 (0%)	2 (16,7%)	3 (25,0%)	8 (66,7%)
Antonina	2022	12	3 (25,0%)	3 (25,0%)	0 (0%)	3 (25,0%)	5 (41,7%)	12 (100%)
Antonina	2023	12	0 (0%)	4 (33,3%)	0 (0%)	1 (8,3%)	6 (50,0%)	11 (91,7%)
Paranaguá	2016	132	3 (2,3%)	-	0 (0%)	27 (20,5%)	56 (42,4%)	-
Paranaguá	2017	144	17 (11,8%)	-	1 (0,7%)	33 (22,9%)	73 (50,7%)	-
Paranaguá	2018	144	19 (13,2%)	-	0 (0%)	32 (22,2%)	70 (48,6%)	-
Paranaguá	2019	144	12 (8,3%)	-	0 (0%)	32 (22,2%)	66 (45,8%)	-
Paranaguá	2020	144	13 (9,0%)	20 (13,9%)	1 (0,7%)	23 (16,0%)	64 (44,4%)	117 (81,3%)
Paranaguá	2021	144	13 (9,0%)	29 (20,1%)	3 (2,1%)	24 (16,7%)	70 (48,6%)	120 (83,3%)
Paranaguá	2022	144	18 (12,5%)	35 (24,3%)	5 (3,5%)	31 (21,5%)	83 (57,6%)	137 (95,1%)
Paranaguá	2023	144	19 (13,2%)	40 (27,8%)	4 (2,8%)	39 (27,1%)	78 (54,2%)	130 (90,3%)

Fonte: Elaboração própria.

A figura 3 apresenta a distribuição dos resultados por ponto de amostragem. Os pontos P01, P02 e P06, todos localizados nas imediações do Porto de Paranaguá, concentram os maiores valores médios de material particulado, especialmente para MP_{10} e $MP_{2,5}$. Essa distribuição espacial sugere a existência de um gradiente de poluição no sentido porto-cidade, com as concentrações diminuindo à medida que se afasta da área portuária. Dentre esses, o ponto P02 se destaca como um dos mais críticos, com médias elevadas para todos os poluentes analisados, o que evidencia sua exposição direta às emissões provenientes das operações portuárias, como a carga e descarga de grãos e fertilizantes, bem como o tráfego intenso de veículos pesados. Uma exceção importante ao padrão portuário é o ponto P04, localizado na região do pátio de triagem. Esse local apresenta altas concentrações, especialmente de $MP_{2,5}$ e fumaça, indicando a significativa contribuição da atividade rodoviária para a poluição atmosférica local.

A análise dos dados dos pontos monitorados em Antonina revela um gradiente de concentração de poluentes, associado à proximidade das atividades portuárias e rodoviárias. O ponto A01, localizado no pátio de triagem, apresenta as maiores concentrações de todos os poluentes, evidenciando o impacto direto da permanência e movimentação de caminhões. O ponto A02, junto ao portão de acesso dos terminais, apresenta níveis intermediários, refletindo a influência do tráfego de entrada e saída. Já o ponto A03, situado em uma escola próxima à via de acesso ao porto, apresenta os menores valores médios, embora ainda influenciado por emissões veiculares, especialmente de fumaça. Esses resultados confirmam o papel central da atividade rodoviária nas emissões atmosféricas locais.

Figura 3 - Distribuição das concentrações de PTS, MP₁₀, MP_{2,5} e fumaça em Paranaguá e Antonina por ponto de amostragem.



Fonte: Elaboração própria.

4 CONCLUSÕES

O monitoramento da qualidade do ar nos Portos de Paranaguá e Antonina, implementado no âmbito do Programa de Gestão de Emissões Atmosféricas, passou por um período inicial de implementação. A partir de 2016, o programa passou a apresentar regularidade e cobertura amostral satisfatória, conforme os critérios definidos no Termo de Referência acordado com o órgão licenciador. Desde então, o monitoramento vem sendo executado de maneira consistente, respeitando os parâmetros técnicos estabelecidos e produzindo uma base de dados importante para avaliação ambiental da região.

Em relação aos materiais particulados, os dados indicam níveis de concentração elevados em ambos os municípios, com destaque para Paranaguá. O $MP_{2,5}$, em particular, mostrou tendência de crescimento ao longo da década, configurando-se como o principal responsável pelos episódios críticos de qualidade do ar. A fumaça também apresentou aumento nas concentrações, indicando a influência crescente de fontes de combustão. Em Antonina, as concentrações de todos os poluentes particulados aumentaram a partir de 2021, o que pode estar relacionado à intensificação das atividades portuárias e logísticas.

A análise das ultrapassagens aos limites diários indica um impacto significativo sobre a qualidade do ar, especialmente considerando que a legislação brasileira não estabelece um número aceitável de ultrapassagens, e que tais ocorrências representam um risco à saúde da população.

Esses resultados evidenciam que a poluição atmosférica por partículas na região portuária de Paranaguá deve ser tratada como um problema ambiental prioritário, com impactos potenciais à saúde pública e à sustentabilidade local. Ressalta-se que os dados apresentados podem estar subrepresentando a real magnitude da poluição atmosférica na região, uma vez que a cobertura amostral do programa de monitoramento é limitada a um número reduzido de dias por ano. Essa baixa frequência de amostragem compromete a detecção de episódios críticos de curta duração e pode mascarar índices ainda mais elevados de concentração de poluentes, especialmente em períodos com maior intensidade das atividades portuárias e logísticas. Assim, os resultados observados devem ser interpretados como uma estimativa mínima da exposição da população local à poluição do ar.

A continuidade dos estudos com análises das tendências temporais e inclusão dos outros poluentes atmosféricos contribuirá para uma melhor compreensão da situação

da poluição atmosférica na região, bem como poderá contribuir para a gestão ambiental no contexto portuário.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Diretoria de Meio Ambiente da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) pela disponibilização dos dados do Programa de Gestão de Emissões Atmosféricas e pela confiança depositada nos pesquisadores locais para a análise crítica das informações geradas no âmbito do licenciamento ambiental. Estendemos nosso agradecimento às empresas responsáveis pela condução do monitoramento ambiental, cuja atuação técnica possibilitou a formação de uma base de dados robusta. O monitoramento e o acesso transparente a esses dados são fundamentais para o fortalecimento da pesquisa aplicada, da gestão ambiental baseada em evidências e do compromisso com a melhoria contínua das políticas públicas voltadas à sustentabilidade portuária.

Referências

ABRAHÃO, Cinthia Maria de Sena. Porto de Paranaguá: papel histórico e centralidade no complexo portuário do Paraná. *Em: Complexo Portuário do Paraná: tensões e perspectivas em desenvolvimento, território e sustentabilidade*. Curitiba: Brazil Publishing, 2022.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 506, de 6 de junho de 2024**. [S. l.]: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, jun. 2024. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&view=atonormativo&id=756.

ESCHER, Fabiano; WILKINSON, John. A economia política do complexo Soja-Carne Brasil-China. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, [s. l.], v. 57, p. 656–678, 28 nov. 2019. ISSN 0103-2003, 1806-9479. DOI <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.191017>.

ESTADES, Naína Pierri. O litoral do Paraná: entre a riqueza natural e a pobreza social. *Desenvolvimento e meio ambiente*, [s. l.], v. 8, 2003. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/made/article/viewArticle/22047>. Acesso em: 17 ago. 2015.

HARVEY, David. The Spatial Fix – Hegel, Von Thunen, and Marx. *Antipode*, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 1–12, 1981. ISSN 1467-8330. DOI 10.1111/j.1467-8330.1981.tb00312.x.

HEI, Health Effects Institute. **State of Global Air 2020. Special Report**. Boston: Health Effects Institute, 2020.

LI, Chi et al. Reversal of trends in global fine particulate matter air pollution. **Nature Communications**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 5349, 2 set. 2023. ISSN 2041-1723. DOI 10.1038/s41467-023-41086-z.

WHO, World Health Organization. WHO | Air quality guidelines - global update 2005. **WHO**. [S. l.: s. n.], 2005. Disponível em: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/. Acesso em: 9 jan. 2017.

WHO, World Health Organization. **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide**. [S. l.]: World Health Organization, 2021. ISBN 978-92-4-003422-8. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. Acesso em: 19 maio 2022.

WILMSMEIER, Gordon; MONIOS, Jason. The production of capitalist “smooth” space in global port operations. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 47, p. 59–69, 1 jul. 2015. ISSN 0966-6923. DOI 10.1016/j.jtrangeo.2015.06.016.