



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

FRANCISCO FONSECA MORAES

ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO PORTO DE VILA DO CONDE

BELÉM/PA
2026

FRANCISCO FONSECA MORAES

ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO PORTO DE VILA DO CONDE

Trabalho de Conclusão de Curso de apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, do Instituto de Tecnologia, da Universidade Federal do Pará, como requisito necessário para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Dra. Rita de Cássia Monteiro de Moraes

BELÉM/PA
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M827a Moraes, Francisco Fonseca.
 Análise das emissões atmosféricas no porto de Vila do Conde /
Francisco Fonseca Moraes. — 2026.
 35 f. : il. color.

 Orientador(a): Prof^a. Dra. Rita de Cássia Monteiro de Moraes
 Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Faculdade de Engenharia Civil, Belém,
2026.

 1. Gases do efeito estufa. 2. Dióxido de carbono. 3.
Impactos ambientais. 4. Aquaviário. 5. Vila do Conde. I.
 Título.

CDD 387.1098115

FRANCISCO FONSECA MORAES

ANÁLISE DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS NO PORTO DE VILA DO CONDE

Trabalho de Conclusão de Curso de apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, do Instituto de Tecnologia, da Universidade Federal do Pará, como requisito necessário para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Belém, 09/07/2026

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 RITA DE CASSIA MONTEIRO DE MORAES
Data: 09/07/2026 13:40:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Rita de Cássia Monteiro de Moraes - UFPA
Orientadora – Presidente da Banca

Documento assinado digitalmente
 HITO BRAGA DE MORAES
Data: 09/07/2026 13:51:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Hito Braga de Moraes - UFPA
Membro da Banca

Documento assinado digitalmente
 MARCUS VINICIUS GUERRA SERAPHICO DE ASSI
Data: 11/07/2026 11:24:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Marcus Vinicius Guerra Seraphico de Assis Carvalho - UFPA
Membro da Banca

CONCEITO: E (excelente)

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho, primeiramente, a **Deus**, por me conceder força, sabedoria e perseverança para superar os desafios encontrados ao longo desta caminhada acadêmica.*

*À minha esposa, **Lú Cravo**, pelo amor, companheirismo, compreensão e apoio incondicional em todos os momentos, especialmente durante os períodos de dedicação intensa aos estudos.*

*Ao meu filho, **Luccas Fernando**, que é inspiração e motivação para buscar crescimento pessoal e profissional, dando sentido a cada conquista alcançada.*

Dedico também aos meus familiares, que sempre acreditaram em meu potencial e incentivaram meus sonhos, contribuindo para que este momento se tornasse realidade.

Por fim, dedico este trabalho a todos os profissionais e estudantes da área de engenharia civil que, por meio do conhecimento e da dedicação, contribuem diariamente para a promoção da sociedade e da qualidade de vida da população.

.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua infinita bondade, por iluminar meus caminhos, fortalecer minha fé e conceder saúde e sabedoria para enfrentar os desafios desta trajetória acadêmica.

À minha esposa, **Lú Cravo**, por seu amor, paciência, incentivo e compreensão durante os momentos de ausência e dedicação aos estudos. Seu apoio foi fundamental para a concretização deste sonho.

Ao meu filho, **Luccas Fernando** pela alegria que proporcionam à minha vida e por ser a principal motivação para buscar novos conhecimentos e conquistas.

Aos meus pais e familiares, pelo apoio, carinho, confiança e incentivo constantes ao longo de toda a minha formação.

À minha orientadora, **Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Monteiro de Moraes**, pela dedicação, disponibilidade, orientação segura e valiosas contribuições que enriqueceram este trabalho. Sua competência e comprometimento foram essenciais para a realização desta pesquisa.

Aos professores , **Dr. Marcus Vinicius Guerra Seraphico de Assis Carvalho, Dr. Hito Braga de Moraes** e demais docentes do curso, pelos ensinamentos compartilhados, pela inspiração profissional e pela contribuição para minha formação acadêmica e humana.

Aos colegas de curso, pelo companheirismo, pelas experiências compartilhadas e pelo apoio mútuo durante esta jornada.

Aos participantes da pesquisa e a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste estudo, meu sincero agradecimento.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Pará - UFPA e a todos os profissionais que fizeram parte desta trajetória, contribuindo para o meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional. Muito obrigado!

RESUMO

As mudanças climáticas representam um dos principais desafios para o cumprimento das metas estabelecidas pela Política Nacional sobre Mudança do Clima, tendo em vista a contribuição dos diferentes modais de transporte para a emissão de gases na atmosfera. O transporte aquaviário destaca-se por sua relevância econômica, sendo responsável por cerca de 80% do comércio internacional, porém sua dependência de combustíveis fósseis contribui para a emissão de aproximadamente 2,7% a 3% do dióxido de carbono (CO₂) global. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar as emissões atmosféricas no Porto de Vila do Conde, no estado do Pará. A pesquisa foi fundamentada em levantamentos bibliográficos e documentais realizado em bases da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), da International Maritime Organization (IMO) e do International Council on Clean Transportation (ICCT), Companhia Docas do Pará (CDP). Os resultados evidenciaram intensa movimentação de embarcações, com registro de 2.253 embarcações em 2024, 2.177 em 2025 e 454 em 2026, considerando que este último período corresponde a uma análise parcial do ano. Conclui-se que as atividades portuárias contribuem significativamente para as emissões de CO₂, reforçando a necessidade de monitoramento ambiental e da adoção de estratégias de mitigação, embora o transporte aquaviário apresente menor potencial poluidor quando comparado a outros modais de transporte.

Palavras-chaves: Gases do Efeito Estufa; Dióxido de Carbono; Impactos Ambientais; Aquaviário; Vila do Conde.

ABSTRACT

Climate change represents one of the main challenges to achieving the goals established by the National Policy on Climate Change, considering the contribution of different modes of transport to greenhouse gas emissions. Waterborne transport stands out for its economic relevance, being responsible for approximately 80% of international trade; however, its dependence on fossil fuels contributes to the emission of approximately 2.7% to 3% of global carbon dioxide (CO₂). In this context, the present study aimed to analyze the contribution of waterborne transport to CO₂ emissions in the Port of Vila do Conde, in the state of Pará. This is a quantitative, descriptive, and exploratory research, based on a bibliographic and documentary survey carried out in databases of the National Agency for Waterway Transportation (ANTAQ), the International Maritime Organization (IMO), and the International Council on Clean Transportation (ICCT). The results showed intense vessel traffic, with 2,253 vessels recorded in 2024, 2,177 in 2025, and 454 in 2026, considering that the latter period corresponds to a partial analysis of the year. It is concluded that port activities contribute significantly to CO₂ emissions, reinforcing the need for environmental monitoring and the adoption of mitigation strategies, although waterborne transport presents a lower polluting potential when compared to other modes of transport.

Keywords: Greenhouse Gases; Carbon Dioxide; Environmental Impacts; Waterway Transport; Vila do Conde.

LISTA DE TABELAS, GRÁFICOS e IMAGENS

Tabela 1	Número de embarcações por tipo registradas no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026.....	23
Gráfico 1	Número de embarcações por tipo registradas no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026.....	24
Tabela 2	Movimentação de cargas no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026...	25
Gráfico 2	Movimentação de cargas no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026...	25
Tabela 3	Carga bruta movimentada no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026..	26
Gráfico 3	Carga bruta movimentada no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026.	25
Tabela 4	Frequência relativa (%) dos tipos de embarcação no Porto de Vila do Conde em 2024 e 2025.	27
Gráfico 4	Frequência relativa (%) dos tipos de embarcação no Porto de Vila do Conde em 2024 e 2025.....	28
Tabela 5	Concentração dos gases poluentes monitorados no Porto de Vila do Conde, Barcarena-PA, janeiro de 2025.	28
Tabela 6	Concentração de Material Particulado monitorado no Porto de Vila do Conde, Barcarena-PA, janeiro de 2025.	29
Tabela 7	Potencial de contribuição das atividades portuárias para emissões de gases de efeito estufa(GEE) no Porto de Vila do Conde.	30
Figura 1	Porto de Vila do Conde.....	20
Figura 2	Porto de Vila do Conde.....	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ACP	Análise de Componentes Principais
CDP	Companhia Docas do Pará
CO ₂	Dióxido de Carbono CO ₂
EEDI	Energy Efficiency Design Index
GEE	Gases de Efeito Estufa
IEPA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
PTS	partículas totais em suspensão
SO _x	Óxidos de Enxofre
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan
SO ₂	Ozônio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Contextualização.....	10
1.2	Justificativa e Relevância.....	11
1.3	Objetivo Geral.....	12
1.4	Objetivos Específicos.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Transporte Aquaviário e sua Importância na Logística Portuária.....	13
2.2	Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Marítimo e Aquaviário	14
2.3	Impactos Ambientais e Estratégias de Mitigação de Emissões em Portos.	16
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	Tipo de estudo.....	19
3.2	Análise Descritiva.....	19
3.3	Aquisição de dados.....	21
3.4	Processamento dos dados.....	21
3.5	Tratamento estatístico.....	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5	CONCLUSÃO.....	34
	REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O transporte aquaviário ocupa posição estratégica na economia global, sendo responsável por cerca de 80% do volume do comércio internacional. Esse protagonismo está diretamente relacionado à sua elevada eficiência logística e à capacidade de movimentação de grandes volumes de carga, especialmente no transporte de commodities. Contudo, a expansão dessas atividades tem sido acompanhada por crescentes pressões ambientais, sobretudo no que se refere às emissões de gases de efeito estufa (GEE), inserindo o setor marítimo no centro das discussões sobre mudanças climáticas e sustentabilidade (UNCTAD, 2023; IMO, 2020).

Estimativas recentes indicam que o transporte marítimo responde por aproximadamente 2,7% a 3% das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂), liberando cerca de 1 gigatonelada por ano (IMO, 2020; ICCT, 2025). Esse volume posiciona o setor entre os principais emissores no sistema de transporte mundial, com tendência de crescimento diante da intensificação do comércio internacional. Projeções sugerem que, na ausência de medidas de mitigação, essas emissões podem aumentar entre 150% e 250% até 2050, evidenciando a urgência da adoção de estratégias voltadas à descarbonização (IMO, 2023).

No âmbito portuário, a análise das emissões torna-se ainda mais complexa, uma vez que esses espaços concentram múltiplas fontes emissoras associadas tanto às operações marítimas quanto às atividades terrestres de suporte. Dessa forma, os portos não se configuram apenas como nós logísticos, mas também como importantes polos emissores de carbono. Essas emissões estão relacionadas às diferentes fases operacionais das embarcações como navegação, manobra e atracação, além do funcionamento de equipamentos e infraestrutura em terra (Souza et al., 2024).

Evidências empíricas indicam que as embarcações constituem fontes relevantes de poluentes atmosféricos, incluindo CO₂, óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x), com impactos significativos na qualidade do ar e no meio ambiente local (Souza et al., 2024). Além disso, estudos baseados em inventários de emissões demonstram que diferentes tipos de navios e condições operacionais apresentam padrões distintos de emissão, sendo navios de carga e petroleiros frequentemente associados aos maiores volumes emitidos. Esses achados reforçam a importância de abordagens metodológicas que considerem variáveis operacionais específicas, de modo a aprimorar a precisão das estimativas.

No campo científico, observa-se avanço significativo na mensuração das emissões no transporte aquaviário, especialmente com a utilização de dados operacionais e sistemas de

rastreamento. Essas ferramentas permitem estimativas mais detalhadas e espacialmente explícitas, possibilitando compreender não apenas a magnitude das emissões, mas também sua distribuição espacial e temporal, o que contribui para análises mais robustas em áreas portuárias e zonas costeiras (ICCT, 2025).

No contexto brasileiro, apesar dos avanços institucionais na quantificação das emissões do setor aquaviário, ainda são limitados os estudos que analisam de forma detalhada a contribuição dessas atividades em portos específicos, especialmente na região amazônica. Destaca-se, nesse cenário, a atuação da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), responsável pela elaboração de inventários nacionais de emissões que contemplam a navegação interior e a cabotagem. Dados recentes apontam emissões da ordem de 2,99 milhões de toneladas em 2021, com redução para aproximadamente 2,76 milhões de toneladas em 2023, evidenciando a relevância ambiental dessas atividades no país. Ainda assim, a ampliação de análises com maior detalhamento espacial mostra-se necessária para identificar fontes emissoras específicas e subsidiar estratégias mais eficazes de mitigação (ANTAQ, 2023).

Diante desse cenário, o Porto de Vila do Conde destaca-se como um importante polo logístico da Amazônia, caracterizado pela intensa atividade aquaviária e expressiva movimentação de cargas. Considerando essa dinâmica, torna-se fundamental investigar as emissões atmosféricas de suas operações, com o objetivo de preencher lacunas na literatura e subsidiar a formulação de políticas públicas voltadas à sustentabilidade do setor portuário na região.

1.2 Justificativa e Relevância

O transporte aquaviário constitui um elemento central da logística brasileira, assumindo papel ainda mais relevante na região amazônica, onde as hidrovias são essenciais para o escoamento da produção (IPEA, 2022). Nesse contexto, o Porto de Vila do Conde destaca-se pela elevada circulação de embarcações e pelo significativo volume de cargas movimentadas, consolidando-se como um dos principais polos logísticos da região.

Apesar de sua importância econômica, o setor aquaviário também contribui de forma significativa para as emissões de gases de efeito estufa, especialmente de dióxido de carbono (CO₂), em função do uso predominante de combustíveis fósseis. Relatórios de organismos internacionais, como a *International Maritime Organization* e o *Intergovernmental Panel on Climate Change*, reconhecem o transporte marítimo como uma fonte relevante de emissões

globais, o que reforça a necessidade de análises mais detalhadas em escala local (IMO, 2020; ICCT, 2025).

No Brasil, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários tem avançado na mensuração dessas emissões por meio da elaboração de inventários nacionais (ANTAQ, 2023). Entretanto, ainda são escassos os estudos voltados a portos específicos, sobretudo na região amazônica, o que limita a compreensão dos impactos ambientais em contextos regionais.

Diante disso, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de analisar as emissões atmosféricas do transporte aquaviário no Porto de Vila do Conde, considerando suas atividades operacionais. Ao abordar essa lacuna, o estudo busca oferecer subsídios técnicos para a formulação de estratégias de mitigação e para o fortalecimento da gestão ambiental no setor portuário, contribuindo para a adoção de práticas mais sustentáveis.

1.3 Objetivo Geral

Analisar as emissões atmosféricas no Porto de Vila do Conde.

1.4 Objetivos Específicos

- A)** Analisar a frequência e a distribuição dos tipos de embarcações no Porto de Vila do Conde;
- B)** Caracterizar a movimentação de cargas e a dinâmica operacional do Porto de Vila do Conde;
- C)** Avaliar os indicadores de qualidade do ar na área de influência do porto;
- D)** Identificar as principais fontes potenciais de emissão de gases de efeito estufa associadas às atividades portuárias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Transporte Aquaviário e sua Importância na Logística Portuária.

O transporte aquaviário configura-se como um dos principais eixos estruturantes da logística global contemporânea, sendo responsável por grande parte da movimentação de mercadorias em escala internacional. Estima-se que entre 80% e 90% do comércio mundial, em volume, seja realizado por via marítima, evidenciando sua centralidade na organização das cadeias globais de suprimentos (UNCTAD, 2023). Tal protagonismo está associado à capacidade de transporte em larga escala, aliada a custos relativamente reduzidos, especialmente em operações de longa distância.

A consolidação desse modal como componente estratégico da logística global encontra-se diretamente vinculada ao desenvolvimento dos sistemas portuários. Ao longo do tempo, os portos deixaram de exercer funções estritamente operacionais, relacionadas ao embarque e desembarque de cargas, passando a assumir papel ativo na articulação logística. Atualmente, essas estruturas integram diferentes modais e coordenam fluxos de produção, distribuição e consumo, refletindo transformações mais amplas nas cadeias produtivas, marcadas pela intensificação das trocas comerciais e pela crescente exigência de eficiência e previsibilidade (Rodrigue, 2020).

Nessa perspectiva, os portos contemporâneos podem ser compreendidos como plataformas logísticas multifuncionais, nas quais se concentram atividades que vão além da movimentação física de mercadorias. Serviços de armazenagem, consolidação e gestão da informação logística passam a compor esse ambiente, ampliando sua relevância no funcionamento das cadeias de suprimentos. A noção de regionalização portuária, proposta por Notteboom e Rodrigue (2005), reforça esse entendimento ao evidenciar a expansão das funções portuárias para além de seus limites físicos, articulando-se a redes logísticas mais amplas.

A eficiência do transporte aquaviário, entretanto, está diretamente condicionada ao desempenho das operações portuárias. Elementos como capacidade de infraestrutura, nível de mecanização, tempo de permanência das embarcações e grau de integração intermodal influenciam de forma decisiva a fluidez dos fluxos logísticos. Eventuais limitações nesses sistemas tendem a gerar impactos em cadeia, afetando custos, prazos e a própria competitividade das atividades econômicas.

No contexto brasileiro, essa dinâmica assume contornos particulares. A presença de uma extensa rede hidrográfica, somada às limitações históricas da infraestrutura terrestre, reforça o papel estratégico do transporte aquaviário na articulação do território. Nesse cenário,

os portos desempenham função essencial ao conectar regiões produtoras e mercados consumidores, além de viabilizar a inserção do país no comércio internacional (IPEA, 2022).

Na região amazônica, essa dependência torna-se ainda mais evidente. Os rios estruturam a mobilidade regional, sendo amplamente utilizados para o transporte de cargas e o deslocamento de populações. Diante da baixa capilaridade da malha rodoviária e das especificidades ambientais, o transporte aquaviário não se apresenta apenas como alternativa logística, mas como elemento estruturante da organização territorial. Assim, os portos e terminais hidroviários assumem papel que ultrapassa a dimensão econômica, contribuindo para o acesso a bens e serviços essenciais.

Do ponto de vista energético, o transporte aquaviário apresenta vantagens comparativas relevantes. Quando analisado em termos de tonelada-quilômetro transportada, esse modal tende a apresentar menor consumo de combustível e, conseqüentemente, menor intensidade de emissão de gases de efeito estufa em relação a outros modais, como o rodoviário (OECD, 2023). Esse atributo tem sido frequentemente mobilizado em debates sobre sustentabilidade no setor de transportes.

Ainda assim, é importante considerar que essa vantagem relativa não elimina os desafios ambientais associados ao setor. O crescimento contínuo dos fluxos comerciais tem implicado aumento absoluto das emissões e maior pressão sobre os sistemas logísticos. Dessa forma, a eficiência energética do transporte aquaviário deve ser analisada em conjunto com seus impactos, especialmente no contexto das mudanças climáticas.

Por fim, observa-se que a evolução do transporte aquaviário e da logística portuária acompanha transformações mais amplas nos sistemas produtivos e nas dinâmicas do comércio internacional. A incorporação de inovações tecnológicas, a digitalização das operações e a crescente demanda por sustentabilidade indicam um processo contínuo de reconfiguração do setor, no qual eficiência logística e responsabilidade ambiental passam a ocupar posição central.

2.2 Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Marítimo e Aquaviário

A expansão do transporte marítimo nas últimas décadas tem sido acompanhada pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa, refletindo tanto a intensificação das trocas comerciais quanto a dependência estrutural do setor em relação a combustíveis fósseis. Estimativas apontam que o transporte marítimo é responsável por cerca de 2% a 3% das emissões globais de dióxido de carbono, sendo este o principal gás associado às atividades de navegação (IMO, 2020; ICCT, 2025).

A magnitude dessas emissões está relacionada a um conjunto de fatores técnicos e operacionais. O porte das embarcações, a potência dos motores, o tipo de combustível utilizado e as condições de operação influenciam diretamente o consumo energético. Em termos relativos, navios de grande porte tendem a apresentar maior eficiência por tonelada transportada; no entanto, o volume absoluto de combustível consumido em trajetos extensos contribui de forma significativa para o total de emissões do setor.

Outro aspecto relevante diz respeito às práticas operacionais adotadas pelas empresas de navegação. Estratégias como a redução da velocidade das embarcações (*slow steaming*) têm sido utilizadas com o objetivo de diminuir o consumo de combustível e, consequentemente, as emissões. Ainda assim, tais medidas apresentam limitações, especialmente diante da crescente demanda por rapidez e regularidade nas cadeias logísticas globais.

No que se refere à matriz energética, observa-se a predominância histórica de combustíveis fósseis de alta intensidade de carbono, como o óleo combustível pesado. Embora alternativas como o gás natural liquefeito e os biocombustíveis venham sendo progressivamente incorporadas, sua adoção ainda ocorre de forma gradual, condicionada por fatores econômicos, tecnológicos e regulatórios. Esse cenário evidencia a complexidade da transição energética no setor marítimo.

Além do dióxido de carbono, o transporte aquaviário contribui para a emissão de poluentes atmosféricos como óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre e material particulado. Tais substâncias possuem impactos diretos sobre a qualidade do ar e estão associadas a efeitos adversos à saúde, especialmente em regiões costeiras e áreas portuárias. Dessa forma, esses poluentes apresentam impactos diretos sobre a qualidade do ar e estão associados a efeitos adversos à saúde humana, especialmente em regiões costeiras e áreas portuárias (Souza et al., 2024).

Em síntese, o transporte de cargas desempenha papel estratégico no desenvolvimento econômico, porém representa uma importante fonte de emissões de gases de efeito estufa (GEE), especialmente em países cuja matriz logística é predominantemente rodoviária. No Brasil, aproximadamente 52% da carga é transportada por rodovias, enquanto apenas 5% utiliza o modal hidroviário, evidenciando um desequilíbrio na distribuição dos modos de transporte. Nesse contexto, o fortalecimento das hidrovias tem sido apontado como uma alternativa capaz de aumentar a eficiência logística e reduzir os impactos ambientais, sobretudo no transporte de commodities agrícolas, que se caracterizam pelo grande volume e baixo valor agregado. Estudo realizado no Corredor Norte – Eixo Tocantins demonstrou que a substituição do transporte rodoviário pelo hidroviário no escoamento da soja poderia reduzir as emissões de dióxido de

carbono (CO₂) em 67,32%, em razão da elevada capacidade de carga dos comboios fluviais, que demandam menor consumo de combustível por tonelada transportada. Além da mitigação das emissões, a ampliação da participação do modal hidroviário pode contribuir para diversificar a matriz de transportes brasileira, reduzir custos logísticos e favorecer o cumprimento das metas nacionais de redução de emissões estabelecidas no Acordo de Paris (Barros et al., 2018).

Cabe destacar que, embora o transporte aquaviário apresente menor intensidade de emissão por unidade transportada em comparação a outros modais, seu volume absoluto de emissões o posiciona como ator relevante no contexto das mudanças climáticas. Essa condição evidencia a necessidade de estratégias que conciliem a expansão do comércio internacional com a redução da intensidade de carbono das operações logísticas.

Adicionalmente, fatores externos às embarcações, como condições meteorológicas, rotas de navegação e eficiência dos portos, também influenciam o nível de emissões. Tempos prolongados de espera para atracação, por exemplo, resultam em consumo adicional de combustível, evidenciando a interdependência entre operações marítimas e portuárias.

Diante desse cenário, iniciativas internacionais têm buscado estabelecer diretrizes para o monitoramento e a redução das emissões no setor. A atuação da Organização Marítima Internacional tem sido central nesse processo, ao propor metas e instrumentos voltados à melhoria da eficiência energética ainda assim, a efetividade dessas ações depende da articulação entre diferentes atores e da capacidade de implementação de políticas consistentes.

2.3. Impactos Ambientais e Estratégias de Mitigação de Emissões em Portos

Os impactos ambientais associados às atividades portuárias constituem uma dimensão relevante das dinâmicas do transporte aquaviário, manifestando-se de forma concentrada nas áreas de operação logística. A intensa movimentação de embarcações, cargas e equipamentos transforma os portos em pontos críticos de emissão de poluentes atmosféricos, além de contribuir para outros tipos de degradação ambiental, como contaminação hídrica, ruído e alterações nos ecossistemas locais (Souza et al., 2024).

No que se refere às emissões atmosféricas, uma parcela significativa dos poluentes está relacionada às atividades realizadas durante a permanência das embarcações nos portos. Mesmo atracados, os navios mantêm em funcionamento sistemas auxiliares que demandam energia, resultando na queima contínua de combustíveis. Paralelamente, equipamentos portuários e

veículos de apoio contribuem para a intensificação das emissões, ampliando a concentração de dióxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e material particulado.

A concentração dessas fontes emissoras em áreas delimitadas acentua os impactos sobre a qualidade do ar, sobretudo em portos localizados próximos a centros urbanos. Nesses contextos, os efeitos ambientais passam a se articular diretamente com questões de saúde pública, uma vez que a exposição prolongada a poluentes atmosféricos está associada ao aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares.

Diante desse quadro, observa-se a crescente incorporação de estratégias voltadas à mitigação das emissões no ambiente portuário. Entre as principais medidas, destaca-se a eletrificação das operações, que permite a substituição de equipamentos movidos a combustíveis fósseis por alternativas elétricas, reduzindo emissões locais e contribuindo para maior eficiência energética.

Outra estratégia relevante consiste na implementação de sistemas de fornecimento de energia elétrica para embarcações atracadas (cold ironing), possibilitando o desligamento dos motores auxiliares durante a permanência no porto. Embora essa tecnologia apresente benefícios significativos, sua adoção ainda enfrenta desafios relacionados a custos e à necessidade de adequação da infraestrutura portuária.

A utilização de combustíveis alternativos também desponta como alternativa promissora, ainda que sua implementação em larga escala seja limitada. Opções como gás natural liquefeito, hidrogênio e biocombustíveis têm potencial para reduzir a intensidade de carbono, mas dependem de avanços tecnológicos e de maior consolidação regulatória.

No âmbito institucional, a atuação da Organização Marítima Internacional tem contribuído para a incorporação de critérios ambientais nas operações do setor. Instrumentos como o *Energy Efficiency Design Index* (EEDI) e o *Ship Energy Efficiency Management Plan* (SEEMP) estabelecem parâmetros e orientações voltadas à melhoria do desempenho energético das embarcações (IMO, 2018; IMO, 2023).

Apesar dos avanços, a efetividade dessas estratégias está condicionada à articulação entre inovação tecnológica, regulação e investimentos em infraestrutura. A transição para modelos portuários mais sustentáveis exige não apenas a adoção de tecnologias mais limpas, mas também a reconfiguração das práticas logísticas, de modo a reduzir ineficiências e otimizar o uso de recursos.

Nesse sentido, a sustentabilidade portuária deve ser compreendida como um processo contínuo, que envolve múltiplas dimensões e requer a participação coordenada de diferentes atores. A incorporação de critérios ambientais nas decisões estratégicas tende a influenciar a

competitividade dos portos, indicando que a sustentabilidade se consolida como elemento central na reorganização do setor.

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de estudo

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de abordagem quantitativa e descritiva. A pesquisa fundamentou-se em levantamento bibliográfico realizado em bases e documentos institucionais da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), da *International Maritime Organization* (IMO) e do *International Council on Clean Transportation* (ICCT) e Companhia Docas do Pará (CDP), visando reunir informações acerca das emissões atmosféricas provenientes do transporte aquaviário, das metodologias de inventário de emissões e das estratégias de mitigação ambiental aplicadas ao setor portuário.

Além da revisão bibliográfica, o estudo utilizou dados secundários referentes à movimentação portuária, tráfego de embarcações e estimativas de emissões atmosféricas relacionadas às operações aquaviárias no Porto de Vila do Conde, entre os anos de 2021 e 2025.

3.2 Análise Descritiva

A análise descritiva consistiu na caracterização das atividades operacionais do Porto de Vila do Conde (Figura 1, 2), considerando aspectos relacionados ao fluxo de embarcações, tipos de cargas transportadas, frequência operacional e dinâmica logística do porto.

Foram identificadas as principais fontes potenciais de emissão de dióxido de carbono (CO₂), associadas às operações de navegação, manobra, atracação e permanência das embarcações no porto. Também foram considerados os diferentes tipos de embarcações atuantes no porto, como navios graneleiros, petroleiros e embarcações de apoio logístico.

A análise permitiu compreender a relação entre a intensidade das atividades aquaviárias e os potenciais impactos ambientais decorrentes das emissões atmosféricas no ambiente portuário.

Figura 1. Porto de Vila do conde.



Fonte: Aescom/MPort, Brasil, 2025.

Figura 2. Porto de Vila do conde



Fonte: Aescom/MPort, Brasil, 2025.

3.3 Aquisição de dados

Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos por meio de informações disponibilizadas em relatórios institucionais, inventários ambientais e bases de dados oficiais da Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Companhia Docas do Pará (CDP), *International Maritime Organization* e demais órgãos relacionados ao setor portuário e marítimo.

Foram coletadas informações referentes ao número de embarcações, movimentação de cargas, tipos de navios, consumo estimado de combustível e dados operacionais relacionados ao transporte aquaviário no Porto de Vila do Conde.

Adicionalmente, foram utilizados dados secundários provenientes de estudos científicos e relatórios técnicos que abordam metodologias de estimativa de emissões atmosféricas no setor marítimo, especialmente relacionadas às emissões de dióxido de carbono.

As informações coletadas compreenderam o período entre 2021 e 2025, permitindo uma análise temporal das atividades portuárias e de sua contribuição para as emissões atmosféricas.

3.4 Processamento dos dados

Os dados obtidos foram organizados e tabulados no programa *Microsoft Excel®*, visando à sistematização das informações e ao refinamento preliminar dos dados coletados.

Posteriormente, foram realizadas etapas de tratamento dos dados, incluindo verificação de inconsistências, organização das variáveis e padronização das informações referentes às emissões de CO₂ e às atividades operacionais do porto.

As estimativas de emissões atmosféricas foram analisadas considerando variáveis como quantidade de embarcações, intensidade operacional, tempo de permanência no porto e consumo estimado de combustível fóssil, permitindo estabelecer relações entre as atividades aquaviárias e os níveis de emissão de dióxido de carbono.

Para facilitar a interpretação dos resultados e permitir a comparação direta com os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506/2024, as concentrações dos poluentes atmosféricos monitorados foram convertidas em percentuais do limite máximo permitido pela legislação. O cálculo foi realizado por meio da razão entre a concentração medida em cada ponto de monitoramento e o respectivo valor de referência estabelecido pela resolução, multiplicada por 100, conforme a Equação 1.

$$\text{Percentual do limite (\%)} = (\text{Concentração medida} \div \text{Limite CONAMA}) \times 100$$

Dessa forma, valores inferiores a 100% indicam conformidade com os padrões de qualidade do ar, enquanto valores iguais ou superiores a 100% representam o atingimento ou a ultrapassagem do limite legal.

Os dados organizados possibilitaram a elaboração de tabelas, gráficos e representações visuais voltadas à interpretação dos padrões operacionais e ambientais observados no porto.

3.5 Tratamento estatístico

Inicialmente, quando necessário foram calculadas medidas estatísticas descritivas, incluindo média, valores máximos e mínimos e frequência relativa, permitindo a caracterização quantitativa dos dados referentes às emissões de gases estufas e do CO₂ no Porto de Vila do Conde.

A utilização da análise estatística permitiu sintetizar um amplo conjunto de dados, facilitando a interpretação dos resultados e contribuindo para a identificação dos fatores que mais influenciam as emissões de gases estufas e dióxido de carbono no contexto do transporte aquaviário portuário.

Por fim, os resultados obtidos subsidiaram a discussão sobre os impactos ambientais das atividades aquaviárias no Porto de Vila do Conde, além de contribuir para a proposição de estratégias voltadas à mitigação das emissões atmosféricas e ao fortalecimento da sustentabilidade portuária.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que o porto de Vila do Conde apresentou intensa movimentação de embarcações durante o período analisado. Em 2024 foram registradas 2.253 embarcações, reduzindo para 2.177 em 2025.

As embarcações do tipo balsa constituíram a categoria mais frequente em todos os anos avaliados, representando 583 registros em 2024 e 564 em 2025. Em seguida destacaram-se as balsas tanque, com 402 e 343 registros, respectivamente, evidenciando a importância das operações de transporte de combustíveis e cargas líquidas na dinâmica portuária (Tabela 1; Gráfico 1).

Os graneleiros apresentaram aumento de 256 embarcações em 2024 para 289 em 2025, indicando ampliação das atividades relacionadas ao transporte de granéis. Os cargueiros também demonstraram crescimento, passando de 237 para 263 embarcações no mesmo período.

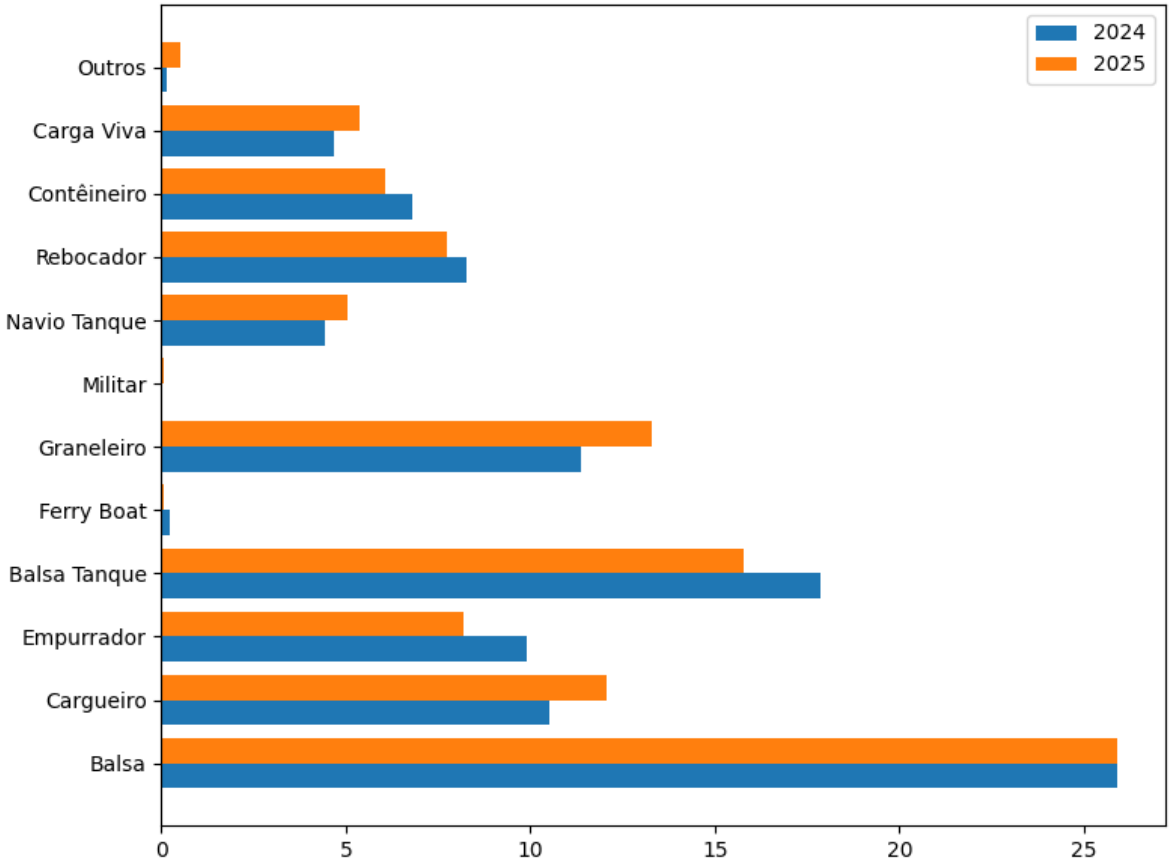
Tabela 1. Número de embarcações por tipo registradas no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2025.

Tipo de Embarcação	2024	2025
Balsa	583	564
Cargueiro	237	263
Empurrador	223	178
Balsa Tanque	402	343
Ferry Boat	5	1
Graneleiro	256	289
Lancha	0	0
Militar	0	1
Misto	0	0
Navio Tanque	100	110
Passageiro	0	0
Pesquisa	0	0
Rebocador	186	168
Contêineiro	153	132

Carga Viva	105	117
Outros	3	11
Total	2.253	2.177

Fonte: Adaptado de CDP (2026).

Gráfico 1. Número de embarcações por tipo registradas no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026.



Fonte: Adaptado de CDP (2026).

A predominância de embarcações destinadas ao transporte de cargas sugere elevada demanda logística no Porto, aspecto diretamente relacionado ao consumo de combustíveis fósseis e, consequentemente, ao potencial de emissão de dióxido de carbono (CO₂).

Os dados de movimentação de cargas evidenciam elevado volume operacional no Porto de Vila do Conde. O carregamento total passou de 9,58 milhões de toneladas em 2024 para 9,96 milhões de toneladas em 2025, representando crescimento aproximado de 4% (Tabela 2; Gráfico 2).

A movimentação total de cargas também apresentou aumento, passando de 20,99 milhões para 21,43 milhões de toneladas entre 2024 e 2025. Esses resultados demonstram

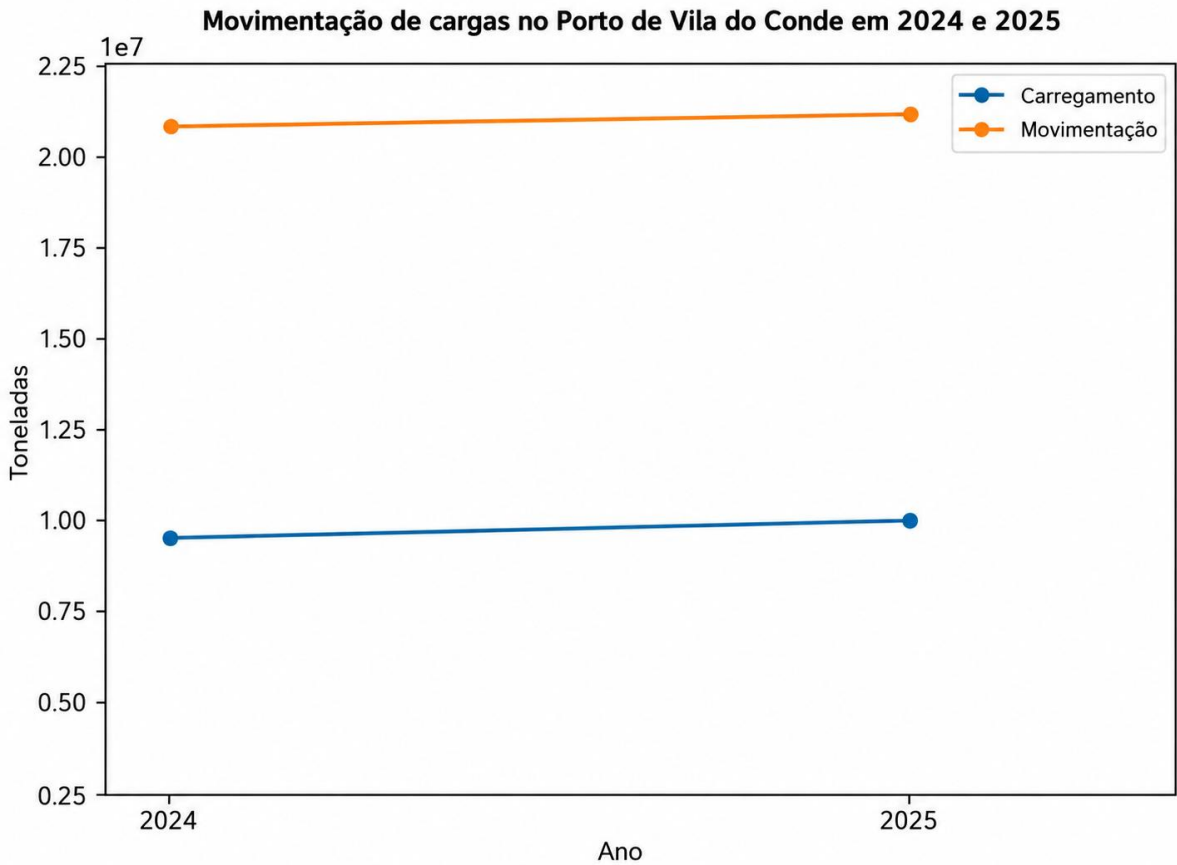
intensificação das atividades logísticas e maior utilização da infraestrutura portuária durante o período (Tabela 2; Gráfico 2).

Tabela 2. Movimentação de cargas no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026.

Atividade	2024 (t)	2025 (t)
Carregamento Total	9.582.236,84	9.962.266,11
Movimentação Total	20.992.671,65	21.431.696,31

Fonte: Adaptado de CDP (2026).

Gráfico 2. Movimentação de cargas no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026.



Fonte: Adaptado de CDP (2026).

O aumento da movimentação de cargas entre 2024 e 2025 sugere maior demanda por operações de transporte aquaviário, fator que tende a elevar o consumo de combustível e, consequentemente, as emissões atmosféricas associadas às atividades portuárias.

A carga bruta movimentada no Porto de Vila do Conde totalizou 5,0 milhões de toneladas no período estudado. O maior volume foi observado em 2024, com 3,2 milhões de

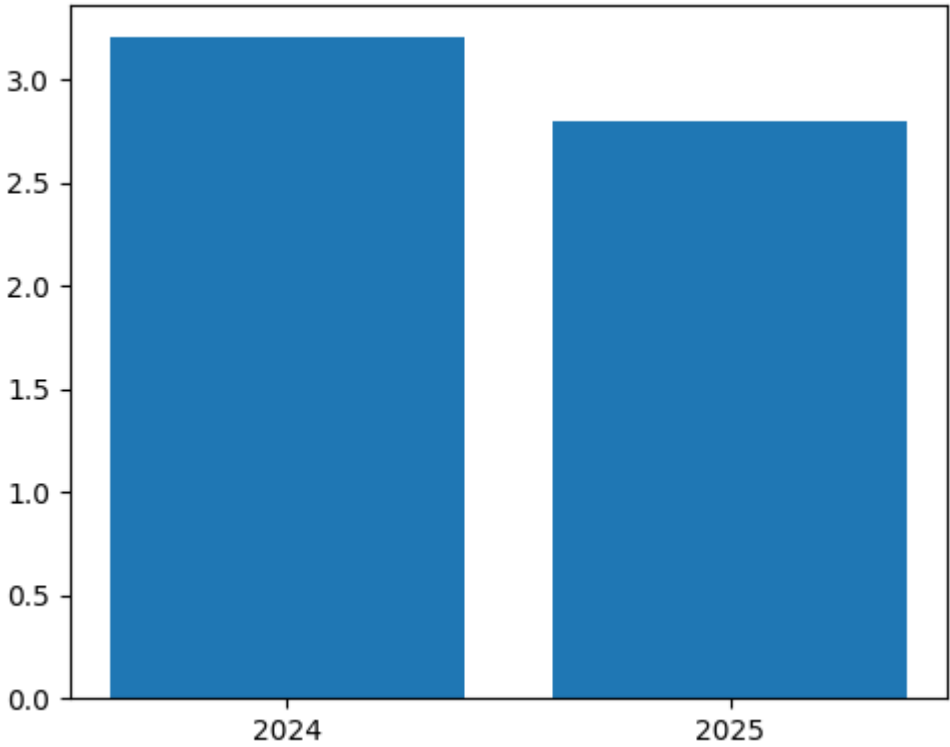
toneladas. Em 2025 registou-se o menor valor, correspondente a 2,8 milhões de toneladas. Apesar das oscilações observadas entre os anos, os resultados demonstram manutenção de elevados volumes de carga movimentada no porto, reforçando sua relevância para a logística regional e nacional (Tabela 3; Gráfico 3).

Tabela 3. Carga bruta movimentada no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026.

Ano	Carga Bruta (milhões t)
2024	3,2
2025	2,8
Total	5,0

Fonte: Adaptado de Estatísticas ANTAQ (2026).

Gráfico 3. Carga bruta movimentada no Porto de Vila do Conde entre 2024 e 2026.



Fonte: Adaptado de Estatísticas ANTAQ (2026).

Considerando que o transporte aquaviário depende predominantemente de combustíveis fósseis, os elevados volumes de carga observados sugerem importante contribuição das atividades portuárias para as emissões de dióxido de carbono, justificando a necessidade de

monitoramento ambiental e adoção de estratégias de mitigação voltadas à sustentabilidade do setor.

A análise da frequência relativa demonstra que as balsas constituíram a principal categoria de embarcação operando no Porto de Vila do Conde, representando aproximadamente 26% do total de embarcações registradas tanto em 2024 quanto em 2025. Em seguida, destacaram-se as balsas tanque, com participações de 17,84% e 15,76%, respectivamente (Tabela 4; Gráfico 4).

Observou-se aumento da participação dos graneleiros, que passaram de 11,36% em 2024 para 13,28% em 2025, assim como dos cargueiros, cuja frequência relativa aumentou de 10,52% para 12,08%. Esses resultados sugerem ampliação das operações voltadas ao transporte de cargas no porto (Tabela 4).

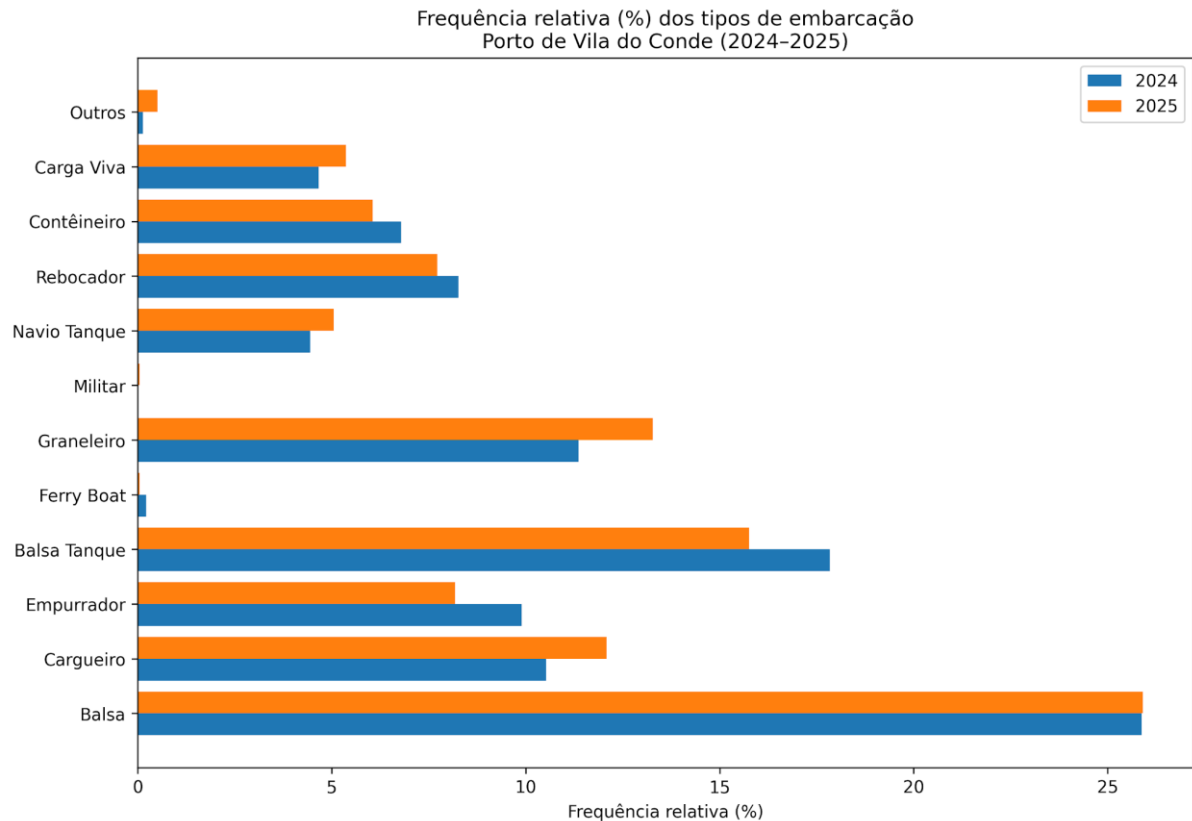
Por outro lado, verificou-se redução da participação relativa dos empurradores (9,90% para 8,18%), dos rebocadores (8,26% para 7,72%) e das balsas tanque (17,84% para 15,76%). As demais categorias apresentaram participação inferior a 7% do total de embarcações em ambos os anos analisados (Tabela 4).

Tabela 4. Frequência relativa (%) dos tipos de embarcação no Porto de Vila do Conde em 2024 e 2025.

Tipo de Embarcação	2024 (%)	2025 (%)
Balsa	25,88	25,91
Cargueiro	10,52	12,08
Empurrador	9,90	8,18
Balsa Tanque	17,84	15,76
Ferry Boat	0,22	0,05
Graneleiro	11,36	13,28
Militar	0,00	0,05
Navio Tanque	4,44	5,05
Rebocador	8,26	7,72
Contêineiro	6,79	6,06
Carga Viva	4,66	5,37
Outros	0,13	0,51
Total	100,00	100,00

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Gráfico 4. Frequência relativa (%) dos tipos de embarcação no Porto de Vila do Conde em 2024 e 2025.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Quando os resultados são analisados em relação aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506/2024, observa-se ampla margem de conformidade em todos os pontos monitorados. As concentrações de ozônio corresponderam a aproximadamente 14,7% a 19,8% do limite legal, enquanto os valores de dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre permaneceram abaixo de 12,4% e 26,4% dos respectivos padrões (Tabela 5).

Tabela 5 – Concentração dos gases poluentes monitorados no Porto de Vila do Conde, Barcarena-PA, janeiro de 2025.

Ponto de Monitoramento	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)
P01 – Píer 100	< 12.4%	< 26.4%	16,8%
P02 – Píer 300	< 12.4%	< 26.4%	18.9%
P03 – Retroárea A88	< 12.4%	< 26.4%	14.7%
P04 – Retroárea Rua D	Não monitorado*	Não monitorado*	Não monitorado*
P05 – Vila do Conde	< 12.4%	< 26.4%	19.8%

Nota: O monitoramento no ponto P04 não foi realizado devido a problemas no fornecimento de energia elétrica na região do ponto de amostragem.

Fonte: Adaptado de EnvEx Engenharia e Consultoria (2025).

As concentrações de partículas totais em suspensão (PTS), material particulado inalável (MP10) e material particulado fino (MP2,5) permaneceram abaixo dos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506/2024 em todos os pontos monitorados. Para o material particulado, o ponto P01 apresentou os maiores percentuais observados, atingindo 78,5% do limite para PTS e 77,2% para MP2,5. Apesar de representar a área de maior influência operacional, os valores permaneceram abaixo dos padrões legais, indicando que as atividades portuárias não ocasionaram ultrapassagens dos limites de qualidade do ar durante o período monitorado. Entretanto, os percentuais mais elevados observados nesse ponto sugerem a necessidade de atenção especial em futuras campanhas de monitoramento ambiental. (Tabela 6).

Tabela 6 – Concentração de Material Particulado monitorado no Porto de Vila do Conde, Barcarena-PA, janeiro de 2025.

Ponto de Monitoramento	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
P01 – Pier 100	78.5%	46,30%	77.2%
P02 – Pier 300	18.8%	21,58%	33.3%
P03 – Retroárea A88	27,6%	34,55%	23.8%
P04 – Retroárea Rua D	Não monitorado*	Não monitorado*	Não monitorado*
P05 – Vila do Conde	19,01%	26%	33.8%%

Nota: O monitoramento no ponto P04 não foi realizado devido a problemas no fornecimento de energia elétrica na região do ponto de amostragem.

Fonte: Adaptado de EnvEx Engenharia e Consultoria (2025).

Embora o monitoramento realizado no Porto de Vila do Conde tenha demonstrado concentrações de poluentes atmosféricos abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506/2024, a atividade portuária permanece como uma fonte potencial de emissão de gases de efeito estufa. O Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Setor Aquaviário destaca que as operações portuárias e marítimas contribuem para as emissões de

carbono principalmente por meio da queima de combustíveis fósseis em embarcações, equipamentos de movimentação de cargas e transporte terrestre associado às atividades logísticas (Tabela 7).

Tabela 7 – Potencial de contribuição das atividades portuárias para emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Porto de Vila do Conde, Barcarena (PA).

Fonte potencial de emissão	Relação com as operações portuárias	Potencial de emissão de carbono
Navios atracados	Consumo de combustível fóssil durante manobras e permanência no porto	Alto
Equipamentos portuários	Guindastes, empilhadeiras e máquinas movidas a diesel	Moderado a alto
Transporte rodoviário de cargas	Fluxo de caminhões para abastecimento e escoamento de produtos	Alto
Geração de energia	Consumo de eletricidade e combustíveis nas instalações	Moderado
Armazenamento e movimentação de grãos	Operações logísticas associadas ao uso de equipamentos motorizados	Moderado

Fonte: Adaptado de ANTAQ (2025) e EnvEx Engenharia e Consultoria (2025).

A intensa movimentação de embarcações e o elevado volume de cargas registrados no Porto de Vila do Conde evidenciam a importância estratégica desse empreendimento para a logística e para o desenvolvimento econômico da região amazônica. O predomínio de balsas, balsas-tanque, cargueiros e graneleiros demonstra a forte vocação do porto para o transporte de combustíveis, minérios e demais commodities, atividades que historicamente estão associadas ao aumento do consumo energético e à emissão de poluentes atmosféricos (ANTAQ, 2025; CNT, 2024).

O crescimento da participação relativa de cargueiros e graneleiros entre 2024 e 2025 sugere a ampliação das operações de exportação e movimentação de cargas, acompanhando a expansão das atividades econômicas vinculadas ao porto. Esse comportamento é compatível com a tendência observada nos principais portos brasileiros, nos quais o aumento da movimentação de cargas está diretamente relacionado ao crescimento da atividade econômica

e da demanda por exportações de commodities minerais e agrícolas (ANTAQ, 2024; IPEA, 2023).

Embora tenha sido observada uma redução no número total de embarcações entre 2024 e 2025, verificou-se aumento da movimentação de cargas no mesmo período. Esse comportamento sugere ganho de eficiência operacional no porto, possivelmente associado à utilização de embarcações com maior capacidade de transporte e ao aumento da participação relativa de cargueiros e graneleiros. Os resultados demonstram crescimento dessas categorias entre os anos analisados, indicando que um menor número de viagens foi capaz de movimentar maior volume de cargas. Esse padrão é frequentemente observado em portos que passam por processos de otimização logística e ampliação da capacidade operacional, contribuindo para maior produtividade das operações portuárias (ANTAQ, 2024; RODRIGUE, 2020).

Apesar desse cenário de elevada atividade operacional, os resultados do monitoramento ambiental indicaram concentrações de dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, ozônio, partículas totais em suspensão, material particulado inalável (MP10) e material particulado fino (MP2,5) abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506/2024. Esses achados sugerem que, durante o período avaliado, as emissões geradas pelas operações portuárias não foram suficientes para comprometer a qualidade do ar local (Brasil, 2024).

Tal resultado pode estar relacionado tanto às características meteorológicas da região, que favorecem a dispersão dos poluentes, quanto à adoção de medidas de controle ambiental nas operações de movimentação e armazenamento de cargas. Estudos apontam que fatores meteorológicos, como velocidade dos ventos, precipitação e umidade relativa do ar, exercem influência significativa sobre a dispersão e a concentração de poluentes atmosféricos em áreas portuárias (CETESB, 2023; SEINFRA, 2022).

Entretanto, a conformidade observada não elimina a necessidade de monitoramento contínuo. O ponto P01 (Pier 100) apresentou as maiores concentrações de material particulado entre os locais avaliados, indicando que áreas com maior intensidade operacional podem estar mais suscetíveis à geração de emissões atmosféricas. Embora os valores permaneçam dentro dos padrões legais, esse comportamento evidencia a importância da manutenção de programas de gestão ambiental capazes de identificar precocemente possíveis alterações na qualidade do ar decorrentes da expansão das atividades portuárias (WHO, 2021; Brasil, 2024).

De modo geral, os dados analisados demonstram que o Porto de Vila do Conde desempenha papel fundamental na dinâmica econômica regional, operando com elevados volumes de cargas e embarcações sem apresentar, no período estudado, impactos significativos

sobre os parâmetros de qualidade do ar monitorados. Contudo, considerando o potencial de crescimento das operações portuárias e a crescente preocupação mundial com as emissões atmosféricas e as mudanças climáticas, torna-se indispensável o fortalecimento das ações de monitoramento ambiental e a adoção de estratégias voltadas à sustentabilidade do setor (ONU, 2023; IMO, 2024).

Dessa forma, será possível conciliar o desenvolvimento econômico proporcionado pelo porto com a preservação ambiental e a proteção da saúde das populações do entorno. Considerando que o Porto de Vila do Conde constitui um dos principais complexos portuários da Amazônia Oriental, com intensa movimentação de cargas minerais, combustíveis e produtos industriais, é razoável supor que suas operações apresentem potencial de contribuição para as emissões de dióxido de carbono (CO₂). Entretanto, a ausência de inventários corporativos específicos e de medições diretas de gases de efeito estufa impossibilita a quantificação precisa dessas emissões (GHG PROTOCOL, 2024; ANTAQ, 2025).

Nesse contexto, os resultados obtidos neste estudo podem servir como linha de base para futuras pesquisas voltadas à elaboração de inventários locais de carbono, alinhando-se às recomendações da Agência Nacional de Transportes Aquaviários para a descarbonização do setor portuário brasileiro. A adoção de práticas de monitoramento contínuo, eletrificação de equipamentos, utilização de combustíveis de menor intensidade carbônica e implementação de estratégias de eficiência energética pode contribuir para a redução das emissões e para o fortalecimento da sustentabilidade ambiental do Porto de Vila do Conde (ANTAQ, 2025; IMO, 2023).

5 CONCLUSÃO

O estudo permitiu analisar as emissões atmosféricas no Porto de Vila do Conde, evidenciando a relevância desse empreendimento para a dinâmica logística e econômica da região amazônica. Apesar da elevada intensidade operacional observada, os indicadores de qualidade do ar avaliados permaneceram em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente. As concentrações de dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), ozônio (O₃), partículas totais em suspensão (PTS), material particulado inalável (MP10) e material particulado fino (MP2,5) apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 506/2024, indicando que, durante o período monitorado, as operações portuárias não comprometeram significativamente a qualidade do ar na área de influência do porto.

Entretanto, os resultados também evidenciaram que áreas de maior intensidade operacional, como o Pier 100, apresentaram concentrações mais elevadas de material particulado quando comparadas aos demais pontos monitorados. Conclui-se, portanto, que o Porto de Vila do Conde exerce papel fundamental no desenvolvimento econômico regional, conciliando elevada atividade logística com indicadores ambientais compatíveis com os padrões regulatórios atualmente estabelecidos. Os resultados indicam que, nas condições avaliadas, o Porto de Vila do Conde apresenta baixo potencial de poluição atmosférica quando comparado a grandes complexos portuários brasileiros, como o Porto de Santos, onde a elevada intensidade de movimentação de cargas e embarcações está associada a maiores emissões de poluentes atmosféricos. Esse cenário evidencia que o Porto de Vila do Conde possui potencial para expandir suas operações de forma ambientalmente sustentável, desde que sejam mantidas e aprimoradas as estratégias de monitoramento e gestão ambiental.

Além disso, os resultados indicam que o porto possui significativo potencial de expansão de suas operações sem comprometer a qualidade ambiental, desde que sejam mantidas e aprimoradas as atuais estratégias de gestão ambiental. Contudo, considerando os desafios globais relacionados às mudanças climáticas e à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), torna-se essencial fortalecer essas estratégias, uma vez que o estudo evidenciou a potencialidade de emissões atmosféricas, principalmente de GEE, bem como incentivar a adoção de tecnologias mais eficientes e ampliar estudos voltados à quantificação direta das emissões de CO₂ provenientes das operações aquaviárias.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). Inventário de emissões atmosféricas do transporte aquaviário. Brasília: ANTAQ, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/antag>. Acesso em: 27 mar. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). Anuário Estatístico Aquaviário 2024. Brasília: ANTAQ, 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 506, de 5 de julho de 2024. Dispõe sobre padrões nacionais de qualidade do ar. Brasília: CONAMA, 2024.

CETESB. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2023. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2023.

BARROS, BRC de et al. Comparação de emissão de CO₂ entre os modos rodoviário e hidroviário—ensaio sobre o Corredor Norte/Eixo Tocantins. In: **XXXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (XXXII ANPET). Gramado/RS. Anais... Rio de Janeiro: ANPET**. 2018. p. 530-541.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Transporte e Economia 2024. Brasília: CNT, 2024.

GHG PROTOCOL. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa. 2. ed. São Paulo: FGV, 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Infraestrutura portuária e desenvolvimento econômico no Brasil. Brasília: IPEA, 2023.

INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION (ICCT). Greenhouse gas emissions and air pollution from global shipping (2016–2023). Washington, DC: ICCT, 2025. Disponível em: <https://theicct.org>. Acesso em: 27 mar. 2026.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). Fourth IMO greenhouse gas study 2020. London: IMO, 2020. Disponível em: <https://www.imo.org>. Acesso em: 27 mar. 2026.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). Initial IMO strategy on reduction of greenhouse gas emissions from ships. London: IMO, 2018. Disponível em: <https://www.imo.org>. Acesso em: 27 mar. 2026.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships (revised 2023). London: IMO, 2023. Disponível em: <https://www.imo.org>. Acesso em: 28 mar. 2026.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Logística no Brasil: transporte e infraestrutura. Brasília: IPEA, 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 28 mar. 2026.

NOTTEBOOM, Theo; RODRIGUE, Jean-Paul. Port regionalization: towards a new phase in port development. *Maritime Policy & Management*, v. 32, n. 3, p. 297–313, 2005. DOI: 10.1080/03088830500139867.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *Maritime transport*. Paris: OECD Publishing, 2023. Disponível em: <https://www.oecd.org>. Acesso em: 28 mar. 2026.

RODRIGUE, Jean-Paul. *The geography of transport systems*. 5. ed. New York: Routledge, 2020.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA. *Monitoramento ambiental em áreas portuárias brasileiras*. Brasília: SEINFRA, 2022.

SOUZA, L. M. et al. Environmental impacts of port activities and mitigation strategies: a systematic review. *Marine Policy*, v. 158, 2024. DOI: 10.1016/j.marpol.2023.105901.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). *Review of maritime transport 2023*. Geneva: United Nations, 2023. Disponível em: <https://unctad.org>. Acesso em: 30 mar. 2026.

World Health Organization. *WHO Global Air Quality Guidelines*. Geneva: WHO, 2021.