

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Objetivo da consultoria: Elaborar e implementar a metodologia para realização de um inventário de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) para os portos do Rio de Janeiro (RJ) e de Itaguaí

Consultor: Eduardo Baltar de Souza Leão

Contratante: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO

Produto: Produto 4: Documento técnico contendo a metodologia de inventariação de emissões de GEE para o território do Porto de Itaguaí.

Data: 16 de outubro de 2025

Assinatura:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Lista de Figuras

Figura 1: Área do porto de Itaguaí.....	13
Figura 2: Limites geográficos marítimos para o inventário do porto de Itaguaí.	21

Lista de Tabelas

Tabela 1: Fontes de emissão consideradas para atividade portuária	22
Tabela 2: Fontes de emissão de GEE que não ocorrem nos inventários do Porto de Itaguaí	27
Tabela 3: Emissões totais do Porto de Itaguaí, por escopo e fonte de emissão	32
Tabela 4: Emissões de escopos 1 e 2 do Porto de Itaguaí, por fonte de emissão	33
Tabela 5: Emissões totais de Escopo 1, por fonte de emissão	34
Tabela 6: Emissões totais de Escopo 3, por fonte de emissão	35
Tabela 7: Dados reportados pelas empresas arrendatárias	36
Tabela 8: Emissões totais das empresas arrendatárias	37
Tabela 9: Emissões totais provenientes de Embarcações oceânicas e portuárias para o ano de 2024	38
Tabela 10: Emissões totais provenientes de embarcações oceânicas, por tipo de embarcação e etapa durante estadia no porto.	39
Tabela 11: Emissões totais provenientes de embarcações portuárias, por tipo de embarcação	40
Tabela 12: Emissões totais do Porto de Itaguaí, por GEE, escopo e fonte de emissão	41
Tabela 13: Emissões Biogênicas, por fonte de emissão.....	42

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Tabela A.1: Média anual do percentual de biocombustíveis misturados nos combustíveis comercializados.	54
Tabela A.2: Fatores de emissão dos combustíveis, em fontes móveis.	54
Tabela A.3: Fatores de emissão dos combustíveis, em fontes estacionárias.	55
Tabela A.4: Fatores de emissão para efluentes tratados em fossas sépticas.	56
Tabela A.5: Fator de Emissão do SIN, para o ano de 2024.	57
Tabela A.6: Fator de Emissão para ônibus municipais.	59
Tabela A.7: Fator de Emissão do ciclo de vida dos combustíveis, no ano de 2024. ..	60
Tabela A.8: Fatores de Emissão associados a resíduos destinados a aterros, no ano de 2024.	63
Tabela A.9: consumo específico e fatores de emissão para CH ₄ e N ₂ O para os motores auxiliares e caldeira.	70
Tabela A.10: Quantidade recomendada de rebocadores por porte de embarcação; entrada e saída de embarcações oceânicas por porte, e tempo total de manobra por porte da embarcação.	74
Tabela A.11: Fatores de emissão do CO ₂ , CH ₄ , e N ₂ O, também para embarcações portuárias.	75

Sumário

1.	Introdução	7
2.	Contexto	9
3.	O Porto de Itaguaí	12
4.	Metodologias utilizadas para o Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí	14
4.1.	Princípios	16
4.2.	Período de análise	17
4.3.	Gases considerados	18
4.4.	Limites Organizacionais	19
4.5.	Limites Geográficos	19
4.6.	Limites Operacionais e Fontes de Emissões	21
4.7.	Fontes Excluídas ou não contabilizadas	25
5.	Resultados	32
5.1.	Emissões de Escopo 1	33
5.2.	Emissões de Escopo 2	34
5.3.	Emissões de Escopo 3	35
5.3.1.	Bens arrendados – Downstream	36
5.3.2.	Embarcações	37
5.4.	Emissões por GEE	40
5.5.	Emissões Biogênicas	42
6.	Conclusões	43
6.1.	Recomendações para a coleta de dados	43

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

6.2.	Ações e estratégias para descarbonização	44
6.2.1.	Ações relacionadas a Embarcações fundeadas e atracadas	44
6.2.2.	Ações relacionadas às empresas arrendatárias	45
6.2.3.	Ações relacionadas a Equipamentos de Refrigeração.....	45
6.2.4.	Ações relacionadas a Veículos Próprios	45
6.2.5.	Ações relacionadas a Consumo de Energia	46
6.2.6.	Ações de compensação	46
	Referências.....	47
	ANEXO I – PREMISSAS E METODOLOGIAS DE CÁLCULO	52
A.1.	Escopo 1	52
A.1.1.	Emissões Fugitivas.....	52
A.1.2.	Combustão Móvel.....	53
A.1.3.	Combustão Estacionária.....	54
A.1.4.	Efluentes	55
A.2.	Escopo 2	56
A.3.	Escopo 3	57
A.3.1.	Bens arrendados – Downstream	57
A.3.2.	Deslocamento de Funcionários	58
A.3.3.	Ativos Relacionados com combustíveis e energia não inclusos nos escopos 1 e 2	59
A.3.3.1.	Emissões relacionadas à extração, produção e transporte de combustíveis consumidos pelo Porto.....	59
A.3.3.2.	Emissões relacionadas à extração, produção e transporte de combustíveis consumidos na geração de eletricidade adquirida pelo Porto.....	60

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

A.3.3.3.	Perdas na transmissão e distribuição (T&D) de eletricidade – relatados pelo usuário final.....	61
A.3.4.	Resíduos Sólidos.....	62
A.3.5.	Metodologia para cálculo das emissões das embarcações	64
A.3.5.1.	Embarcações oceânicas.....	64
A.3.5.2.	Embarcações portuárias.....	72

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

1. Introdução

Em março de 2025, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) contratou o consultor Eduardo Baltar de Souza Leão (de agora em diante referido como “Consultor”) com a finalidade de elaborar e implementar a metodologia para realização de um inventário de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) para os portos do Rio de Janeiro (RJ) e de Itaguaí, administrados pela Autoridade Portuária PortosRio.

O contrato prevê a entrega dos seguintes produtos:

- **Produto 1:** Documento técnico com plano de trabalho para elaboração da metodologia de inventariação das emissões de GEE para os Portos do Rio de Janeiro e Itaguaí.
- **Produto 2:** Documento técnico com o levantamento de boas práticas internacionais no que se refere a metodologias de inventariação de emissões de GEE para os Portos do Rio de Janeiro e Itaguaí e seu entorno.
- **Produto 3:** Documento técnico contendo a metodologia de inventariação de emissões de GEE para o território do Porto do Rio de Janeiro.
- **Produto 4:** Documento técnico contendo a metodologia de inventariação de emissões de GEE para o território do Porto de Itaguaí.

Para a entrega desses produtos, as seguintes atividades estão previstas:

Produto 1

- Atividade 1: Definir os objetivos e âmbito de estudo para os produtos 2 e 3;
- Atividade 2: Reunir com equipe técnica do projeto;
- Atividade 3: Apresentar plano de trabalho para elaboração da metodologia de inventariação das emissões de GEE para os Portos do Rio de Janeiro e Itaguaí.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Produto 2

- Atividade 1: Realizar o levantamento de documentos relacionados com os diferentes contextos mundiais;
- Atividade 2: Realizar pesquisa bibliográfica sobre os Portos do Rio de Janeiro e Itaguaí e seu entorno;
- Atividade 3: Apresentar conteúdos, recolhidos das atividades anteriores, em reuniões de alinhamento com a equipe técnica do projeto e da UNESCO.

Produto 3

- Atividade 1: Participar de reuniões de alinhamento com a equipe técnica do projeto e da PortosRio, quando solicitado;
- Atividade 2: Realização de visita técnica ao Porto do Rio de Janeiro.
- Atividade 3: Apresentar um documento técnico contendo a metodologia de inventariação de emissões de GEE para o território do Porto do Rio de Janeiro.

Produto 4

- Atividade 1: Participar de reuniões de alinhamento com a equipe técnica do projeto e da PortosRio, quando solicitado;
- Atividade 2: Realização de visita técnica ao Porto de Itaguaí.
- Atividade 3: Apresentar um documento técnico contendo a metodologia de inventariação de emissões de GEE para o território do Porto de Itaguaí.

O contrato prevê as seguintes datas limites para entrega dos produtos:

- Produto 1: até 12/04/2025
- Produto 2: até 11/06/2025;
- Produto 3: até 08/11/2025;
- Produto 4: até 26/12/2025.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Este documento, elaborado pela Consultor, tem como finalidade apresentar um documento técnico contendo os resultados do inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) do Porto de Itaguaí e a metodologia de inventariação de emissões de GEE para o território do Porto de Itaguaí, que constitui o Produto 04 desse contrato.

2. Contexto

O Porto de Itaguaí possui importância para a navegação de longo curso¹, sendo, juntamente com o Porto do Rio de Janeiro, responsável por cerca de 6% da movimentação portuária brasileira em 2024 (ANTAQ, 2025^a). O porto de Itaguaí apresentou uma movimentação de carga fortemente calcada no transporte de minério de ferro, que representou cerca de 95% da movimentação do terminal no ano de 2024.

No contexto do transporte marítimo, tanto o modal quanto a cadeia logística portuária representam uma parcela significativa em termos de demanda energética. Essa demanda é majoritariamente suprida por vetores energéticos cuja matéria prima é de origem fóssil (FABER, HANAYAMA, *et al.*, 2020), e que por consequência, geram emissões de gases de efeito estufa.

Como destacado no Produto 2, a Organização Marítima Internacional (IMO, do inglês *International Maritime Organization*) estima que o setor marítimo seja responsável pela emissão de cerca de 1 bilhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente² (CO_{2e}) por ano, o que representa cerca de 2% das emissões mundiais (WORLD ECONOMIC FORUM, 2024). Nesse sentido, a comunidade naval tem empreendido esforços para reduzir as emissões relacionadas ao setor, e por conta disso, a demanda por ações de descarbonização dos portos também tem crescido. Para definição dessas ações, a primeira grande medida inicial que deve ser adotada é a quantificação de emissões por parte do ambiente portuário, através dos chamados inventários de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

¹ A navegação de longo curso é realizada entre portos brasileiros e estrangeiros (LOPES DA SILVA, 2020).

² CO₂ equivalente (CO_{2e}) é a unidade de medida para o potencial de aquecimento global (GWP, do inglês *Global Warming Potential*).

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Como detalhado no Produto 2, a metodologia GHG Protocol para quantificação e reporte de emissões (GHG PROTOCOL INITIATIVE, 2011, 2015), desenvolvida pelo WRI (*World Research Institute*) e pelo WBCSD (*World Business Council Sustainability Development*), é a recomendada para o desenvolvimento do inventário de emissões de GEE do Porto de Itaguaí, com os cálculos de emissões de embarcações oceânicas e portuárias aplicando as recomendações da EPA (2022).

A metodologia GHG Protocol classifica as emissões em três escopos distintos. Essa diferenciação é realizada para facilitar a delimitação de fontes diretas e indiretas, conforme segue:

- As emissões de escopo 1 se referem às emissões diretas de gases de efeito estufa geradas por fontes de propriedade ou de controle operacional da empresa. Exemplos são embarcações portuárias, automóveis, empilhadeiras, geradores, fornos, caldeiras ou processos industriais próprios;
- As emissões de escopo 2 estão relacionadas ao consumo de eletricidade comprado pela empresa, ou seja, emissões indiretas por consumo de eletricidade. É importante ressaltar que apesar da emissão da geração de eletricidade não ocorrer no local de consumo, essas emissões são contabilizadas pela empresa que adquire a energia;
- As emissões de escopo 3 consideram as demais emissões indiretas que não são contabilizadas no escopo 2. Para a contabilização das emissões desse escopo, são consideradas as emissões das fontes de emissões envolvidas na cadeia de negócio da organização, mas que não são de posse ou do controle da empresa.

Esse documento tem o objetivo de apresentar os resultados do inventário de emissões de GEE do Porto de Itaguaí e descrever a aplicação da metodologia utilizada para esse inventário, a qual foi explicitada no Produto 2

Para atender a esse objetivo, ele está estruturado apresentando primeiramente uma contextualização do porto de Itaguaí. Posteriormente, recuperando conceitos

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

expostos no Produto 2, onde aspectos obrigatórios da metodologia aplicada são discutidos e os dados coletados junto à equipe da PortosRio são expostos, destacando-se as fontes de emissões que puderam ser calculadas e as que não tiveram dados coletados pela equipe da PortosRio e que, por conseguinte, não serão estimadas nesse exercício do inventário. Por fim, os resultados do inventário são apresentados e discutidos para uma seguinte conclusão. O Anexo I descreve a metodologia de cálculo aplicada a cada fonte mensurada.

3. O Porto de Itaguaí

O Porto de Itaguaí é um porto de uso público situado na costa norte de Sepetiba, município de Itaguaí, sendo de responsabilidade da Companhia Docas do Rio de Janeiro (PortosRio). O porto está localizado a cerca de 90 km, na direção oeste, do município do Rio de Janeiro, conforme a Figura 1 apresenta.

O porto foi inaugurado em 1982, e inicialmente era chamado de porto de Sepetiba, porém em 2005 passou a ser denominado oficialmente como porto de Itaguaí. É conhecido pela propensão para movimentação de granéis e carga geral, dada a sua proximidade com um parque siderúrgico e a boa condição para integração com os modais ferroviário e rodoviário.

O porto possui uma área operacional de 1,8 milhões de metros quadrados, cais acostável de 2,2 km, 8 berços, 12 armazéns (PLANAVE, 2025, PORTOSRIO, 2025). Possui um canal de acesso principal com 35,4 km de extensão, variando entre 180 e 300 m de largura e profundidade mínima de 19,5 m. Conta com uma bacia de evolução de 640 m de diâmetro e 20 m de profundidade, além de seis fundeadouros com 14 áreas de ancoragem (PLANAVE, 2025, PORTOSRIO, 2025).

O porto possui 4 terminais arrendados: Sepetiba Tecon, que é um terminal de contêineres, o terminal da Companhia Siderúrgica Nacional, focado em produtos siderúrgicos e minérios e o terminal da Companhia Portuária Baía de Sepetiba (CPBS), focado na movimentação de minério de ferro. Os armadores que operam no porto são Aliança, Hamburg Sud, Login, CSAV, Libra, CMA CGM, Hapag Lloyd, MSC e Maersk.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

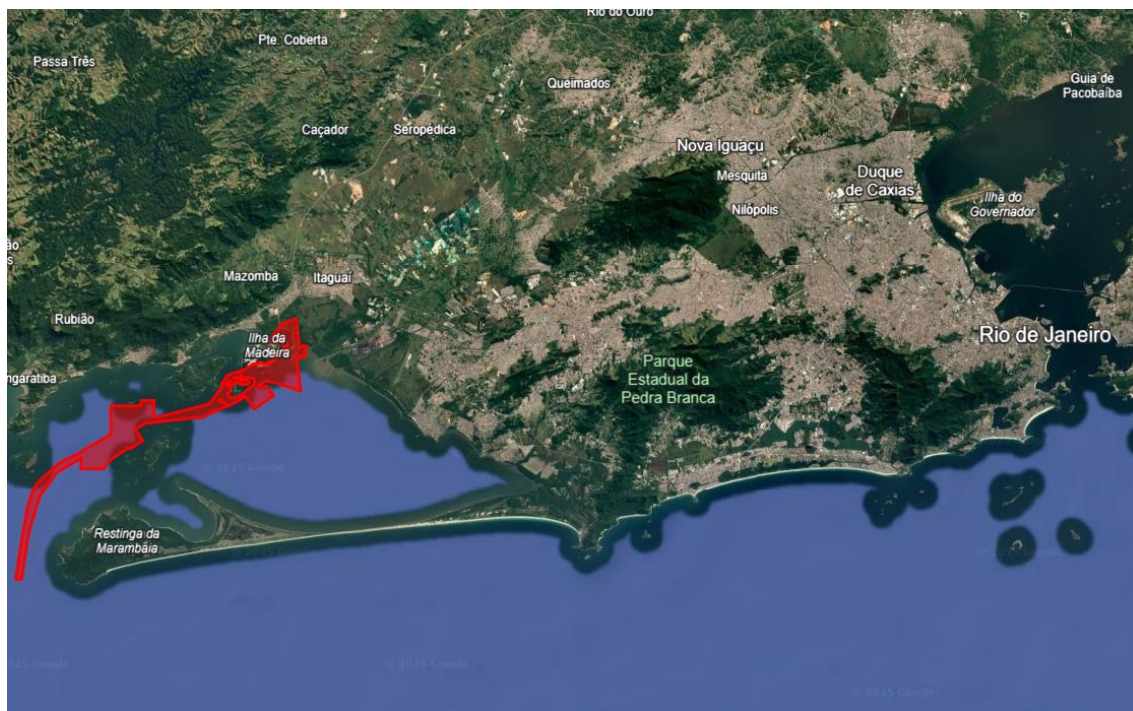


Figura 1: Área do porto de Itaguaí. Fonte: GOOGLE (2025).

Entre os anos de 2010 e 2024, o porto movimentou, em média, 107 milhões de toneladas de carga por ano, com grande destaque para granéis sólidos, que representaram 94% do total da carga movimentada (ANTAQ, 2025a). Ainda em relação à movimentação de cargas, o porto opera com a importação de carvão, coque de hulha, carga em contêineres, alumina e produtos siderúrgicos, e com a exportação de minério de ferro e carga containerizada.

4. Metodologias utilizadas para o Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

As seguintes metodologias foram consideradas para o desenvolvimento do inventário de emissões de GEE do Porto de Itaguaí:

- Guia nacional de contabilização de GEE da FGV e WRI (MARIO MONZONI, PANKAJ BHATIA, *et al.*, 2008);
- Norma para contabilização das emissões de GEE desenvolvida pela *GHG Protocol Initiative* (GHG PROTOCOL INITIATIVE, 2015) (GHG PROTOCOL INITIATIVE, 2011);
- Guia de Inventário de Emissões Portuárias, desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental (EPA, do inglês *Environmental Protection Agency*) dos Estados Unidos (EPA, 2022);
- Guia de Avaliação de Emissões em Portos da IMO (GEF-UNDP-IMO GLOMEEP PROJECT, IAPH, 2018).

A metodologia GHG Protocol, lançada em 1998 e revisada em 2004, é atualmente a mais utilizada mundialmente pelas empresas e governos para entender, quantificar e gerenciar suas emissões (GHG PROTOCOL INITIATIVE, 2015).

Foi desenvolvida pelo World Resources Institute (WRI) em associação com o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), além de ter sido resultante de parcerias multi-stakeholder com empresas, organizações não governamentais (ONGs), governo e outras conveniadas ao WRI e ao WBCSD.

É compatível com as normas da International Organization for Standardization (ISO) e com as metodologias de quantificação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC). Sua aplicação no Brasil, a partir do início do Programa Brasileiro GHG Protocol, em 2008, acontece de modo adaptado ao contexto nacional.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

A metodologia GHG Protocol (GHG PROTOCOL INITIATIVE, 2011, 2015) orienta a contabilização de emissões de GEE em três escopos, classificando-as, por categorias, entre emissões diretas de escopo 1, emissões indiretas de escopo 2 por consumo e perdas de energia elétrica e emissões indiretas de escopo 3.

A análise das experiências nacionais e internacionais discutidas no Produto 2 evidenciou que a metodologia GHG Protocol vem sendo seguida no exercício de estimativa de emissões pelos Portos brasileiros. Contudo, notou-se que os portos internacionais não vêm adotando esse método de reporte, focando-se na estimativa de emissões de fontes específicas, sem considerar todas as categorias que a metodologia GHG Protocol prevê.

Foi observado que todos os portos internacionais estimam as emissões associadas especificamente à atividade operacional portuária, relacionada às embarcações oceânicas e portuárias, equipamentos de manuseio de carga e equipamentos móveis específicos utilizados para o transporte da carga transportada para embarcações no porto.

Porém, não consideram outras fontes de emissões importantes para a operação portuária, como o uso de geradores de energia e o consumo de energia elétrica, que são previstas pela metodologia GHG Protocol.

Além disso, a experiência dos portos internacionais mostra que os relatos que vem sendo atualmente divulgados não são relatórios de inventários de emissões de GEE, mas sim, relatórios de emissões atmosféricas que contemplam outros poluentes, além dos GEE. Provavelmente, por essa razão, não esteja sendo seguida a metodologia GHG Protocol.

Para o Porto de Itaguaí foi utilizada a metodologia GHG Protocol, em virtude da sua abrangência, bem como pelas possibilidades que sua aplicação possibilita à PortosRio, como: (I) comparativo de benchmarking com outros portos nacionais; (II) possibilidade de participação de iniciativas nacionais e internacionais, como RPE, Science-Based Target Initiatives (SBTI), Race to Zero, Carbon Disclosure Project,

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

dentre outras; (III) uso de estrutura de relato que contempla emissões de GEE de todas as fontes presentes no negócio, em detrimento de foco em fontes específicas.

Em relação à contabilização das emissões das embarcações oceânicas e portuárias em específico, o Guia de Inventário de Emissões Portuárias da EPA (2022) que é utilizado pelos portos internacionais e nacionais (no complexo de SUAPE foi utilizado, porém, para o Porto de Santos, não se tem transparência nessa informação), será também utilizado.

Essa seção apresentará as principais características e conceitos trazidos pela metodologia e sua aplicabilidade para o desenvolvimento do inventário de emissões de GEE dos Porto de Itaguaí e Itaguaí.

4.1. Princípios

O inventário de emissões de GEE deve seguir cinco princípios fundamentais, alinhados com a norma para a contabilização de emissões de GEE (GHG PROTOCOL INITIATIVE, 2015) e à norma ISO 14064-1, de forma a garantir que as emissões sejam representadas de forma justa e transparente:

- **Relevância:** o inventário deve refletir fielmente as emissões da empresa, além de atender às demandas da decisão dos usuários internos e externos da organização;
- **Integralidade:** as fontes e atividades emissoras dentro da área limitada no escopo do inventário devem ser integralmente incluídas, evitando assim a não inclusão de fontes por conta de fatores como tamanho ou grau de dificuldade de determinação das emissões;
- **Consistência:** a metodologia, limites e abordagens no cálculo devem ser utilizadas de maneira consistente ao longo do período analisado de maneira a garantir comparações e análise de desempenho;

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

- **Transparência:** os processos, pressupostos e limitações devem estar registrados de forma clara e acessível, assegurando que outros usuários possam utilizar os resultados e atestem a credibilidade das informações;
- **Exatidão:** as emissões devem ser calculadas com a maior precisão possível, reduzindo as incertezas e evitando vieses sistemáticos através da documentação dos passos adotados.

A coleta dos dados necessários ao inventário do Porto do Rio buscou abranger todas as fontes de emissões de GEE de escopos 1, 2 e 3 aplicáveis à realidade operacional do Porto de Itaguaí. Por se tratar do primeiro exercício do inventário de emissões do Porto de Itaguaí, a equipe da PortosRio apresentou dificuldade em coletar informações para algumas fontes de emissões, em especial de escopo 3 que não puderam ser contabilizadas nesse exercício.

Isso afetou o princípio da integralidade, uma vez que nem todas as fontes de emissões aplicáveis foram mensuradas. Porém, as fontes mais relevantes, e que usualmente são estimadas nos portos nacionais e internacionais foram estimadas nesse inventário, atendendo ao princípio da relevância.

As metodologias, premissas e pressupostos adotados para o desenvolvimento dos cálculos efetuados são nesse relatório apresentados em atendimento aos princípios de transparência e exatidão.

Buscou-se também se apoiar em experiências dos inventários de portos internacionais e nacionais para a escolha e aplicação metodológica, visando atender também ao princípio da consistência.

4.2. Período de análise

O inventário desenvolvido para o porto de Itaguaí considerou como período de análise **o ano de 2024**, permitindo um acesso mais facilitado aos dados necessários à

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

estimativa de emissões de GEE, sendo este o ano base para futuros inventários, dada a indisponibilidade de inventários para anos anteriores.

4.3. Gases considerados

O inventário considera as emissões dos principais gases causadores do efeito estufa presentes nas atividades portuária, conforme segue:

- Dióxido de carbono (CO₂);
- Metano (CH₄);
- Óxido nitroso (N₂O);
- Hidrofluorcarbonos (HFCs)

A contribuição de cada um dos gases para o efeito estufa são estimados através do potencial de aquecimento global (GWP, do inglês *Global Warming Potential*) de cada um, sendo os resultados expressos de forma consolidada em unidade de CO₂ equivalente.

O GWP mede o impacto radiativo após a emissão de uma massa unitária das principais substâncias causadoras do efeito estufa, acumuladas durante um período escolhido, em relação ao da substância de referência, dióxido de carbono. Para GWP de 100 anos do CO₂, CH₄ e N₂O, 1 grama emitido de CH₄ e 1 grama de N₂O são considerados equivalentes a 28 gramas de CO₂ e 265 gramas de CO₂, respectivamente (IPCC, 2014). Os hidrofluorcarbonos apresentam diferentes GWP, mediante a sua formulação química.

4.4. Limites Organizacionais

Este relatório de inventário contempla exclusivamente as emissões de GEE do Porto de Itaguaí. A PortosRio como concessionária administra outros portos que não são objetivo desse relatório.

4.5. Limites Geográficos

O Programa Brasileiro GHG Protocol, determina que um inventário de uma empresa deve incluir em seu inventário todas as fontes de emissões localizadas em território brasileiro. As emissões internacionais poderão ser relatadas adicionalmente às emissões nacionais de maneira opcional e separada.

Conforme a EPA (2022), os limites geográficos para um inventário de emissões portuárias devem cobrir todas as fontes de emissão de interesse, bem como as áreas nos quais essas fontes operam, compreendendo o porto organizado e o tráfego relacionado às suas atividades.

O escopo geográfico recomendado pela EPA (2022) visa garantir uma cobertura abrangente para auxiliar decisões estratégicas. Normalmente, abrange toda a área sob jurisdição da autoridade portuária e o primeiro ponto intermodal de transporte.

Quanto à determinação dos limites terrestres, o inventário deve incluir terminais de carga, áreas de acesso e espera, como portões, filas e estacionamentos de veículos de carga, pátios ferroviários, vias internas e áreas de armazenamento de cargas e contêineres. Além disso, corredores logísticos externos, como rotas de caminhões, linhas férreas e instalações intermodais associadas às operações portuárias também devem ser considerados, dada a importâncias deles na avaliação de impactos nas comunidades do entorno e nas estratégias de redução de emissões.

Em relação os limites marítimos, as áreas inclusas devem incluir: (I) zonas de trânsito, locais nos quais as embarcações velejam em velocidade normal; (II) zonas de velocidade restrita, geralmente próximas ao porto e delimitadas por questões de

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

segurança; (III) áreas de manobra, onde a movimentação de embarcações depende do auxílio de rebocadores ou outras embarcações de apoio portuário; (IV) terminais de atracação, locais nos quais a carga e descarga de mercadorias ou passageiros ocorrem; e (V) zonas de fundeio, locais de ancoragem para espera da atracação.

Dessa forma, o escopo geográfico para as embarcações oceânicas pode se estender até o limite internacional em portos costeiros, com as embarcações portuárias seguindo a mesma abrangência. Para auxiliar a definição dos limites geográficos marítimos, o exemplo de outros portos foi analisado, conforme Produto 2.

O escopo geográfico marítimo do porto de Itaguaí a ser considerado para o inventário pode ser visto na Figura 2, e engloba a área do poligonal do porto, em vermelho, acrescida de um raio de 3 quilômetros, referente a Área de Influência Direta estabelecida pela autoridade portuária (assim como foi determinado para os limites geográficos do porto do Rio de Janeiro) em amarelo:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

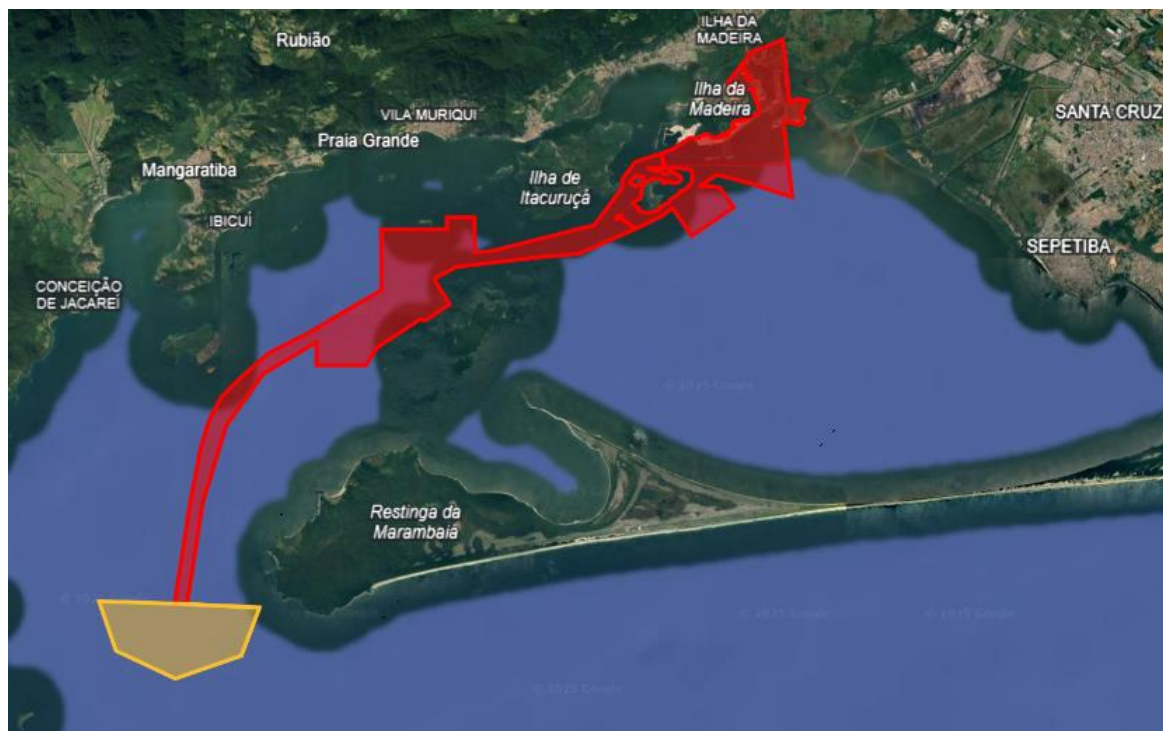


Figura 2: limites geográficos marítimos para o inventário do porto de Itaguaí. Fonte GOOGLE (2025), PLANAVE (2025).

4.6. Limites Operacionais e Fontes de Emissões

No contexto da atividade portuária, de acordo com a metodologia GHG Protocol (PBGHGP, 2008), foram avaliadas a presença das seguintes fontes de emissão nas atividades dos Portos de Itaguaí para o ano inventariado.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Tabela 1: Fontes de emissão consideradas para atividade portuária

Escopo	Fonte de emissão	Definição
Escopo 1	Combustão estacionária	Combustão estacionária para geração de eletricidade, vapor, calor ou energia com o uso de equipamento em um local fixo de propriedade ou controle da organização.
	Combustão móvel	Combustão móvel gerada pelo uso de veículos automotores de propriedade ou controle da organização.
	Emissões fugitivas	Liberações não intencionais de substâncias como Dióxido de carbono (CO ₂), ocasionadas na reposição gás em extintores de incêndio e gases HFC em aparelhos de refrigeração.
	Atividades Agrícolas	Essa categoria agrupa, por exemplo, as emissões de: drenagem e preparo do solo (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O), adição de fertilizantes sintéticos (N ₂ O), resíduos de culturas deixados sobre o solo (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O), adição de ureia e calcário para solos (CO ₂), fermentação entérica (CH ₄), cultivo de arroz (CH ₄), queimada de resíduos de culturas deixados no terreno (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O), manejo florestal (CO ₂), oxidação de substratos suportes de cultura hortícola (CO ₂), entre outros.
Escopo 1	Mudança de Uso do Solo	Essa categoria considera mudança no uso do solo quando são realizadas conversões entre as diferentes categorias de uso e que, consequentemente, pode gerar fluxos de CO ₂ (emissões e remoções). Esta categoria agrupa por exemplo, as emissões relacionadas ao desmatamento de uma área florestal para construção de um galpão.
	Resíduos	Esta categoria considera as emissões do tratamento de resíduos de propriedade ou controle da organização.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Escopo	Fonte de emissão	Definição
	Efluentes	Considera as emissões associadas ao tratamento e/ou disposição final de efluentes líquidos operados ou de propriedade da organização inventariante.
Escopo 2	Compra de energia elétrica	Emissões decorrentes da aquisição de energia elétrica da rede. Deve ser avaliado se a PortosRio possui comprovação de compra de energia renovável para o período avaliado.
Escopo 3	Bens e Serviços Comprados	Extração, produção e transporte de bens e serviços adquiridos ou adquiridos pela PortosRio não considerado em outras fontes.
	Bens de Capital	Extração, produção e transporte de bens de capital adquiridos ou adquiridos pela empresa relatora no ano de referência.
	Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2	Essa categoria contempla as emissões associadas à: Extração, produção e transporte de combustíveis e energia consumidos ou adquiridos pela empresa relatora no ano de relato, ainda não contabilizados no escopo 1 ou escopo 2, incluindo: a. Emissões a montante de combustíveis adquiridos (extração, produção e transporte de combustíveis consumidos pela empresa relatora); b. Emissões a montante da eletricidade adquirida (extração, produção e transporte de combustíveis consumidos na geração de eletricidade, vapor, aquecimento e refrigeração consumidos pela empresa relatora); c. Perdas na transmissão e distribuição (T&D) (geração de eletricidade, vapor, aquecimento e resfriamento

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Escopo	Fonte de emissão	Definição
Escopo 3		que são consumidos (ou seja, perdidos) em um sistema de T&D) – relatados pelo usuário final; d. Geração de eletricidade comprada que é vendida a usuários finais (geração de eletricidade, vapor, aquecimento e refrigeração que é comprada pela empresa relatora e vendida a usuários finais) – relatada apenas pela concessionária ou revendedor de energia. Essa sub-categoria não é aplicável à PortosRio.
	Transporte e Distribuição Upstream	Essa categoria contempla transporte e distribuição de produtos adquiridos pela empresa que reporta no ano de referência entre os fornecedores de nível 1 da empresa e suas próprias operações (em veículos e instalações que não pertencem ou não são controladas pela empresa relatora). Serviços de transporte e distribuição adquiridos pela empresa relatora no ano de referência, incluindo logística de entrada, logística de saída (por exemplo, de produtos vendidos) e transporte e distribuição entre as próprias instalações da empresa (em veículos e instalações que não pertencem ou não são controladas pela empresa relatora)
	Resíduos sólidos da operação	Emissões provenientes da destinação de resíduos em aterros em locais de deposição não controlados pela organização.
	Viagens a Negócios	Transporte de funcionários para atividades comerciais durante o ano de referência (em veículos que não sejam de propriedade ou operados pela empresa relatora).

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Escopo	Fonte de emissão	Definição
	Deslocamento de funcionários ao trabalho	Emissões decorrentes do deslocamento de funcionários entre suas residências e o local de trabalho.
	Ativos arrendados Upstream	Operação de ativos arrendados pela empresa relatora (arrendatária) no ano do relatório e não incluídos no escopo 1 e escopo 2 – relatados pelo arrendatário.
	Ativos arrendados Downstream	Operação de ativos de propriedade da empresa relatora (locadora) e arrendados a outras entidades no ano de relato, não incluídos no escopo 1 e escopo 2 – relatados pela locadora. A Metodologia GHG Protocol prevê critérios específicos para contabilização dessa fonte.
	Emissões de Escopo 3 não classificáveis nas categorias anteriores	Outras emissões de escopo 3 não classificáveis nas categorias anteriores podem ser contabilizadas e reportadas aqui. Entende-se que as emissões proporcionadas pelas embarcações oceânicas de terceiros que utilizam a estrutura do Porto são emissões de escopo 3 não classificáveis nas categorias anteriores.

Fonte: Elaboração Própria

4.7. Fontes Excluídas ou não contabilizadas

Para a definição dos limites operacionais das emissões do Porto de Itaguaí, adotou-se o critério de buscar contabilizar todas as fontes de emissão controladas pelo Porto, e as categorias de emissões indiretas ligadas às suas atividades, mesmo não sendo estas de relato obrigatório perante o Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHGP, 2008).

Por dificuldades encontradas pela equipe da PortosRio em coletar dados necessários para a estimativa de fontes de emissões existentes nos limites operacionais

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

mapeados, algumas fontes de emissões não puderam ser estimadas. Mesmo sendo aplicáveis ao contexto operacional da PortosRio não foram contabilizadas nesse exercício do inventário, sendo necessária a evolução de controles internos de informação para viabilizar essa estimativa em futuros exercícios.

Com o intuito de identificar as limitações do inventário foram estabelecidas as seguintes notações:

- Emissões incluídas em outras fontes (*Included elsewhere*): IE;
- Emissões não estimadas (*Not estimated*): NE;
- Emissões que não ocorrem (*Not occurring*): NO;
- Emissões confidenciais (*Confidencial*): C.

Durante visita in loco e entrevistas com responsáveis da PortosRio, foram avaliadas todas as categorias aplicáveis ao inventário do Portos de Itaguaí. Serão identificadas as fontes que: (i) não puderam ser desagregadas e foram consideradas em outras categorias (IE), (ii) que tiveram indisponibilidade de dados e/ou baixa representatividade (NE); e (iii) atividades que não ocorrem no Porto (NO) no ano de referência. As seguintes categorias da metodologia GHG Protocol foram identificadas como não sendo aplicáveis ao contexto do Porto de Itaguaí.

A tabela a seguir apresenta notação das fontes de emissões não incluídas no inventário do Porto de Itaguaí.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Tabela 2: Fontes de emissão de GEE que não ocorrem nos inventários do Porto de Itaguaí

Escopo	Fonte de emissão	Definição/Avaliação	Notação
Escopo 1	Resíduos Sólidos:	Definição: Esta categoria considera as emissões do tratamento de resíduos de propriedade ou controle da organização. Avaliação: Atualmente, a PortosRio não controla nenhum processo de tratamento de resíduos. Todos os resíduos da área pública e administrativa do Porto de Itaguaí são retirados por empresa contratada (do Grupo Urbam) que realiza a disposição final, com geração de MTR (Manifesto de Transporte de Resíduos).	NO
	Atividades Agrícolas	Definição: Essa categoria agrupa, por exemplo, emissões associadas às atividades de drenagem, preparação do solo e aplicação de fertilizantes em áreas verdes e de conservação realizadas pela PortosRio. Avaliação: Foi identificado junto à equipe técnica que tais atividades não ocorrem no contexto da PortosRio.	NO

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Escopo	Fonte de emissão	Definição/Avaliação	Notação
	Processos industriais	Definição: Emissões não associadas à combustão de combustíveis fósseis ou não fósseis, resultantes de processos físicos ou químicos, existentes no processo da empresa. Avaliação: Para a gestão e atividades portuárias, são inexistentes as emissões associadas a processos físicos e químicos industriais. Desta forma, essas emissões não ocorrem no Porto de Itaguaí.	NO
	Mudança de Uso do Solo	Existem áreas de preservação permanente na área de controle do Porto de Itaguaí. Contudo, não houve alterações nessas áreas, não proporcionando emissões ou remoções biogênicas.	NO
Escopo 2	Compra de Energia Térmica	Definição: Emissões decorrentes da aquisição de energia térmica. Avaliação: Não há compra de energia térmica pelo Porto de Itaguaí.	NO
	Perdas por transmissão e distribuição	Definição: Emissões relacionadas à parcela de energia elétrica perdida nos sistemas de transmissão e distribuição. Aplicável a empresas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Avaliação: O porto de Itaguaí não executa atividades de transmissão e distribuição em	NO

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Escopo	Fonte de emissão	Definição/Avaliação	Notação
		suas operações. Portanto, essas emissões não ocorrem em suas atividades operacionais.	
Escopo 3	Transporte e Distribuição Downstream	Definição: Emissões de transporte e distribuição de produtos vendidos pela organização, por meio de veículos não contratados pela organização. Avaliação: O Porto de Itaguaí presta serviços portuários. Não há emissões de transporte e distribuição de produtos vendidos pela organização por veículos por ela contratados.	NO
	Processamento de produtos vendidos	Definição: Emissões do processamento de produtos intermediários, realizado por outra organização, após sua venda pela organização inventariante. Avaliação: Não há nas atividades de processamento de produtos intermediários, realizado por outra organização, após sua venda pela organização inventariante uma vez que o Porto de Itaguaí presta serviços portuários e não comercializa produtos.	NO
	Uso de bens e serviços vendidos	Definição: Emissões provenientes do uso final de bens e serviços vendidos pela organização inventariante no ano inventariado. São contabilizadas no ano inventariado todas as emissões ao longo da sua vida útil.	NO

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Escopo	Fonte de emissão	Definição/Avaliação	Notação
Escopo 3		Avaliação: Não há nos serviços prestados pelo Porto de Itaguaí uso final de serviços vendidos pela organização que não estejam considerados em outras categorias	
	Tratamento de fim de vida de produtos vendidos	Definição: Emissões provenientes da disposição final e tratamento dos produtos, vendidos no ano inventariado pela organização inventariante, ao final de sua vida útil. Avaliação: O Porto de Itaguaí não comercializa produtos. Dessa forma, não há disposição final e tratamento dos produtos vendidos no ano inventariado.	NO
	Franquias	Definição: Emissões das operações de franquias no ano inventariado, não inclusas nos Escopos 1 e 2 da organização inventariante. Avaliação: O Porto de Itaguaí não possui operações de franquias.	NO
	Investimentos	Definição: Emissões das operações de investimentos (incluindo investimentos de capital, investimento de dívida e financiamento de projetos) no ano inventariado, não incluídas nos Escopos 1 e 2. Avaliação: Não há investimentos de capital, investimento de dívida e financiamento de	NO

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Escopo	Fonte de emissão	Definição/Avaliação	Notação
		projetos, cujas emissões não estejam sendo consideradas em outras fontes.	

Fonte: Elaboração Própria

As seguintes categorias de emissões não tiveram as suas emissões estimadas (NE) por dificuldades encontradas pela equipe da PortosRio na coleta de dados:

- Bens e Serviços Comprados
- Bens de Capital
- Transporte e Distribuição Upstream
- Ativos arrendados Upstream

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

5. Resultados

Nesta seção, são apresentados os resultados da mensuração de emissões de GEE do Porto de Itaguaí, consolidadas por escopo. No ano de 2024, o Porto de Itaguaí emitiu um total de **67.077,67 tCO₂e**. A tabela abaixo apresenta a relevância de cada escopo e fonte de emissão para o total de emissões.

Tabela 3: Emissões totais do Porto de Itaguaí, por escopo e fonte de emissão

Fonte de Emissão	Total Geral	
	tCO ₂ e	%
Escopo 01	181,61	0,27%
Emissões Fugitivas	108,68	0,16%
Combustão Móvel	38,69	0,06%
Combustão Estacionária	31,08	0,05%
Efluentes	3,16	0,00%
Escopo 02	2,59	0,00%
Compra de Energia	2,59	0,00%
Escopo 03	66.893,48	99,73%
Emissões de Esc. 3 não classificáveis (Embarcações)	62.279,56	92,85%
Bens Arrendados Downstream	4.396,96	6,56%
Resíduos Sólidos	191,51	0,29%
Ativ. Rel com combustível e energia não inclusas no escopo 1 e 2	22,43	0,03%
Deslocamento de funcionários	3,02	0,00%
Total Geral	67.077,67	100%

Fonte: Elaboração Própria

Conforme observado na tabela, o escopo 3 foi o mais relevante em termos de emissões de GEE, concentrando 99,73% das emissões totais do Porto de Itaguaí, seguido pelos escopos 1 e 2 (0,27% e 0,004% das emissões totais, respectivamente).

Devido à diferença de grandeza entre as emissões de escopo 3 e as emissões de escopos 1 e 2 da empresa, é válido analisar as emissões de escopos 1 e 2, fontes obrigatórias de contabilização. Considerando somente essas fontes, o Porto de Itaguaí foi responsável pela emissão de 184,19 tCO₂e no ano de 2024.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Essas emissões concentram-se principalmente nas emissões fugitivas (59,0%). As emissões provenientes das fontes móveis do porto foram a segunda fonte mais representativa, concentrando 21,0% das emissões de escopos 1 e 2. As emissões dos escopos 1 e 2, e sua representatividade, são apresentadas na tabela a seguir:

Tabela 4: Emissões de escopos 1 e 2 do Porto de Itaguaí, por fonte de emissão

Fonte de Emissão	Total Geral	
	tCO ₂ e	%
Escopo 01	181,61	98,6%
Emissões Fugitivas	108,68	59,0%
Combustão Móvel	38,69	21,0%
Combustão Estacionária	31,08	16,9%
Efluentes	3,16	1,7%
Escopo 02	2,59	1,4%
Compra de Energia	2,59	1,4%
Total Geral	184,19	100%

Fonte: Elaboração Própria

5.1. Emissões de Escopo 1

No ano de 2024, as emissões de escopo 1 do Porto de Itaguaí, provenientes de fontes que pertencem e/ou são controladas pela organização, totalizaram 181,61 tCO₂e, representando 0,27% das emissões totais do Porto.

As emissões fugitivas foram a principal fonte do escopo 1, concentrando 59,8% das emissões diretas, devido à recarga do gás R-410A nos aparelhos de ar-condicionado do porto. A segunda fonte mais representativa do escopo 1 foi a combustão móvel, responsável por 21,3% das emissões diretas, decorrentes do uso de gasolina (15,7% das emissões de escopo 1) e óleo diesel em veículos próprios (5,6% das emissões diretas) ou de controle da empresa. A combustão estacionária totalizou 17,1% das emissões diretas do Porto de Itaguaí, tendo como fonte de emissão o Óleo Diesel utilizado nos geradores do porto. Por fim, as emissões provenientes das fossas

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

sépticas foram estimadas em 1,7% do total do escopo 1, sendo a fonte menos representativa nesse escopo.

Na tabela a seguir, são apresentadas as emissões de escopo 1 do Porto de Itaguaí, desagregadas por fonte de emissão:

Tabela 5: Emissões totais de Escopo 1, por fonte de emissão

Fonte de Emissão	Total Geral	
	tCO ₂ e	%
Emissões Fugitivas	108,68	59,8%
R-410a	108,68	59,8%
Combustão Móvel	38,69	21,3%
Gasolina	28,48	15,7%
Óleo Diesel	10,21	5,6%
Combustão Estacionária	31,08	17,1%
Óleo Diesel	31,08	17,1%
Efluentes	3,16	1,7%
Fossa séptica	3,16	1,7%
Escopo 01	181,61	100%

Fonte: Elaboração Própria

5.2. Emissões de Escopo 2

Segundo a metodologia GHG Protocol, as emissões de escopo 2 são constituídas pela **aquisição e consumo de energia elétrica utilizada nas operações da empresa**, o que gera emissões indiretas para as unidades de negócio. No ano de 2024, o Porto de Itaguaí reportou o consumo de **32,92 MWh**, que ocasionou na emissão de **2,59 tCO₂e**.

5.3. Emissões de Escopo 3

As emissões de escopo 3 decorrem das atividades do Porto, mas cujas fontes não são de controle da organização. Em 2024, as emissões indiretas do Porto de Itaguaí concentraram 66.893,48 tCO₂e, que representa 99,73% das emissões totais do Porto no ano de reporte. Na tabela a seguir, são apresentadas as emissões indiretas por fonte:

Tabela 6: Emissões totais de Escopo 3, por fonte de emissão

Fonte de Emissão	Total Geral	
	tCO ₂ e	%
Emissões de Esc. 3 não classificáveis (Embarcações)	62.279,56	93,1%
Embarcações Oceânicas	59.938,13	89,6%
Embarcações Portuárias	2.341,42	3,5%
Bens Arrendados Downstream	4.396,96	6,6%
Resíduos Sólidos	191,51	0,3%
Aterro	191,51	0,3%
Ativ. Rel com combustível e energia não inclusas no escopo 1 e 2	22,43	0,0%
Ciclo de vida de combustíveis comprados	21,21	0,0%
Ciclo de vida da eletricidade comprada	0,44	0,0%
Perdas em razão de transmissão e distribuição de eletricidade	0,78	0,0%
Deslocamento de funcionários	3,02	0,0%
Ônibus	3,02	0,0%
Escopo 03	66.893,48	100%

Fonte: Elaboração Própria

Conforme observado na tabela, as fontes mais relevantes para o escopo 3 do Porto foram as emissões associadas às Embarcações (93,1% das emissões do escopo) e às empresas arrendatárias (Bens Arrendados Downstream, 6,6% das emissões do

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

escopo). Os resíduos sólidos destinados à aterros concentraram 0,3% das emissões de escopo 3 (191,51 tCO₂e).

As emissões relacionadas à extração, produção e transporte de combustíveis e energia adquiridos (Ativ. Rel com combustível e energia não inclusas no escopo 1 e 2) totalizaram 0,03% das emissões de escopo 3 (22,43 tCO₂e), principalmente devido o ciclo de vida dos combustíveis consumidos. Já o deslocamento de funcionários no trajeto casa-trabalho, a fonte menos representativa para o escopo 3 do Porto de Itaguaí, totalizou 3,02 tCO₂e (0,005% do escopo 3), reportando somente dados dos funcionários que utilizam ônibus.

5.3.1. Bens arrendados – Downstream

No Porto de Itaguaí, existem 4 terminais arrendados. Um dos arrendamentos, à Cedro Porto do Meio Ltda, se deu no ano de 2025 e, conseqüentemente, não foi incluído na mensuração de emissões do ano de 2024. As emissões de Bens e Serviços Arrendados são emissões relativas às atividades das empresas arrendatárias, que ocorrem nos limites geográficos do Porto e cujas fontes não são de controle da PortosRio. Para mensuração das emissões de Bens Arrendados, foram solicitados às empresas arrendatárias suas emissões mensuradas de escopos 1 e 2 e, em caso de indisponibilidade destas, seus dados de atividade no porto (combustão estacionária, combustão móvel, emissões fugitivas, efluentes e aquisição de energia elétrica) para que fosse possível estimar suas emissões de escopos 1 e 2.

A tabela abaixo apresenta o tipo de dado reportado, por empresa arrendatária:

Tabela 7: Dados reportados pelas empresas arrendatárias

Porto de Itaguaí	Tipo de dado reportado
TECAR (CSN Mineração S/A)	Inventário de emissões
Sepetiba Tecon S/A	Dados de atividade
CPBS (Companhia Portuária Baía de Sepetiba)	Não reportou dados

Fonte: Elaboração Própria

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

No ano de 2024, as emissões de Bens arrendados Downstream do Porto de Itaguaí somaram 4.396,96 tCO₂e, representando 6,6% das emissões de escopo 3 do porto.

A Sepetiba Tecon S/A destacou-se como a principal empresa arrendatária, concentrando 95,42% das emissões totais da fonte, enquanto a TECAR (CSN Mineração S/A) foi responsável por 4,58% das emissões da fonte. A tabela abaixo apresenta as emissões totais das empresas arrendatárias:

Tabela 8: Emissões totais das empresas arrendatárias

Emissões por Empresa Arrendatária	Total Geral	
	tCO ₂ e	%
Sepetiba Tecon S/A	4.195,42	95,42%
TECAR (CSN Mineração S/A)	201,54	4,58%
Total Geral	4.396,96	100%

Fonte: Elaboração Própria

As emissões da Sepetiba Tecon S/A e da TECAR (CSN Mineração S/A) concentraram-se principalmente na combustão móvel (99,57% e 78,9% das emissões das empresas, respectivamente).

5.3.2. Embarcações

Considerando o ano de 2024, as emissões de GEE proveniente de embarcações oceânicas totalizaram cerca de 59,94 mil tCO₂e, 96,24% das emissões de embarcações, ao passo que as emissões de GEE das embarcações portuárias somaram cerca de 2,34 mil tCO₂e (3,76% do total). Dessa forma, as emissões totais provenientes de embarcações no Porto de Itaguaí foi de cerca de 62,28 mil tCO₂e, conforme apresentado na tabela a seguir:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Tabela 9: Emissões totais provenientes de Embarcações oceânicas e portuárias para o ano de 2024

Fonte de Emissão	Total Geral	
	Milhares de tCO ₂ e	%
Embarcações Oceânicas	59,94	96,24%
Embarcações Portuárias	2,34	3,76%
Total	62,28	100%

Fonte: Elaboração Própria

Das cerca de 59,94 mil toneladas de CO₂ equivalente emitidas, destaca-se a concentração de emissões em embarcações de porta contêineres e granel sólido, que juntos concentram cerca de 90,2% do total de emissões de GEE, e para a etapa de fundeio, que concentra a maior emissão dentre todas as etapas, cerca de 59,4% do total. As emissões totais das embarcações oceânicas por tipo de embarcação e etapa na área do porto organizado de Itaguaí durante o ano de 2024, em milhares de toneladas de CO₂ equivalente, podem ser visualizadas na tabela a seguir:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Tabela 10: Emissões totais provenientes de embarcações oceânicas, por tipo de embarcação e etapa durante estadia no porto.

Tipo de Navio	Emissões (em milhares de tCO ₂ e)						% do Total
	Trânsito	Fundeio	NavInterna	Manobra	Atracação	Total	
Carga geral	0,03	0,80	0,06	0,04	3,81	4,74	7,9%
Granel sólido	0,64	7,27	0,59	0,41	9,94	18,85	31,5%
Porta Contêineres	0,92	27,55	0,64	0,57	5,50	35,17	58,7%
Petróleo/derivados	0,005	0,003	0,01	0,004	1,15	1,17	2,0%
Total geral	1,60	35,62	1,30	1,02	20,40	59,94	100%
Representatividade por etapa (%)	2,7%	59,4%	2,2%	1,7%	34,0%	100%	-

Fonte: Elaboração Própria

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

A quantificação das emissões dos 2 tipos considerados de embarcações portuárias na área do porto organizado de Itaguaí para o ano de 2024 totalizou aproximadamente 2,3 mil toneladas de CO₂ equivalente. A tabela abaixo apresenta o detalhamento das emissões por tipo de GEE e embarcação portuária.

Tabela 11: Emissões totais provenientes de embarcações portuárias, por tipo de embarcação

Fonte de Emissão	Total Geral	
	Milhares de tCO ₂ e	%
Rebocadores	1,34	57,1%
Lanchas de práticos	1,00	42,9%
Total	2,34	100%

Fonte: Elaboração Própria

Verifica-se que mais da metade das emissões por embarcações portuárias (57,1%; 1,34 mil tCO₂e) é proveniente da atividade de rebocadores, seguida das lanchas de práticos (42,9%; 1,0 mil tCO₂e).

5.4. Emissões por GEE

Abaixo, são apresentadas as emissões do Porto do Rio de Janeiro, desagregadas por GEE, escopo e fonte de emissão:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Tabela 12: Emissões totais do Porto de Itaguaí, por GEE, escopo e fonte de emissão

Fonte de Emissão	Emissões Porto Itaguaí (tGEE)				Emissões Porto Itaguaí (tCO ₂ e)				Emissões Totais (tCO ₂ e)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	R-410A	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	R-410A	
Escopo 01	68,23	0,13	0,00	0,06	68,23	3,62	1,08	108,68	181,61
Emissões Fugitivas	-	-	-	0,06	-	-	-	108,68	108,68
Combustão Móvel	37,36	0,01	0,00	-	37,36	0,33	1,01	-	38,69
Combustão Estacionária	30,87	0,00	0,00	-	30,87	0,13	0,08	-	31,08
Efluentes	-	0,11	-	-	-	3,16	-	-	3,16
Escopo 02	2,59	-	-	-	2,59	-	-	-	2,59
Compra de Energia	2,59	-	-	-	2,59	-	-	-	2,59
Escopo 03	65.641,88	8,35	3,84	-	65.641,88	233,94	1.017,66	-	66.893,48
Emissões de Esc. 3 não classificáveis (Embarcações)	61.307,28	0,50	3,62	-	61.307,28	13,94	958,34	-	62.279,56
Bens Arrendados Downstream	4.309,21	1,02	0,22	-	4.309,21	28,48	59,28	-	4.396,96
Resíduos Sólidos	-	6,84	-	-	-	191,51	-	-	191,51
Ativ. Rel com combustível e energia não incluídas no escopo 1 e 2	22,43	-	-	-	22,43	-	-	-	22,43
Deslocamento de funcionários	2,97	0,00	0,00	-	2,97	0,01	0,04	-	3,02
Total Geral	65.712,69	8,48	3,84	0,06	65.712,69	237,56	1.018,74	108,68	67.077,67

Fonte: Elaboração Própria

5.5. Emissões Biogênicas

Referem-se às emissões de CO₂ gerados na combustão da biomassa (como etanol, biodiesel, resíduos de madeira) que não são contabilizadas como GEE, por serem neutralizadas no processo de crescimento da cultura que originou a biomassa. No contexto do Porto de Itaguaí, essas emissões decorreram principalmente da fração de biocombustível presente nos combustíveis consumidos pelos colaboradores do Porto e pelas empresas arrendatárias. A tabela a seguir apresenta as emissões biogênicas, por fonte:

Tabela 13: Emissões Biogênicas, por fonte de emissão

Fonte de Emissão	Total Geral	
	tCO ₂ e	%
Escopo 01	13,02	1,8%
Combustão Móvel	8,45	1,2%
Combustão Estacionária	4,56	0,6%
Escopo 03	711,96	98,2%
Bens Arrendados Downstream	709,59	97,9%
Resíduos Sólidos	1,93	0,3%
Deslocamento de funcionários	0,44	0,0%
Total Geral	724,98	100%

Fonte: Elaboração Própria

6. Conclusões

No ano de 2024, o Porto de Itaguaí foi responsável pela emissão de **67.077,67 tCO₂e**, dentre as quais 99,73% são emissões de escopos 3, concentradas nas embarcações oceânicas (89,35%), empresas arrendatárias (6,5%) e embarcações portuárias (3,49%). Nas empresas arrendatárias, a operação da Sepetiba Tecon S/A tem a maior relevância (95,42% das emissões). E nas embarcações oceânicas, as embarcações porta contêineres e petróleo/derivados, concentram 90,2% das emissões. As emissões das embarcações ocorreram principalmente na etapa de fundeio (59,4%) e atracação (34,0%).

Ao desconsiderar as fontes não controladas pelo Porto, as principais fontes de emissão foram as emissões de gases fugitivos (59,0%) e as emissões de fontes móveis (21,0%). A seguir, são apresentadas as principais recomendações para a evolução da coleta de dados para futuros exercícios de inventário do porto e sua mitigação de emissões:

6.1. Recomendações para a coleta de dados

A coleta de dados mostrou-se uma etapa desafiadora do trabalho, devido a dificuldade de adquirir e controlar dados primários de algumas fontes específicas, sendo necessário estimar. Para o ano de 2024, foram levantadas as seguintes recomendações para a coleta de dados dos futuros exercícios:

- Estabelecer procedimento operacional para desenvolvimento do inventário de emissões de GEE, estabelecendo dados necessários, fonte de informação e responsáveis e responsáveis substitutos para cada informação necessária;
- Priorizar o uso das evidências primárias para os dados coletados (ex: Nota fiscal, Recibo, Relatórios de Fornecedores; Relatórios de sistemas de informações), além das planilhas de controles interno;

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

- Com relação à coleta de dados, estabelecer que os responsáveis pelos dados enviem as evidências primárias utilizadas para o dado (ex: relatórios obtidos nos sistemas de informação);
- Para dados controlados por fornecedores, como reposição de gás em ar-condicionado, estabelecer procedimento que exija ao fornecedor reportar o tipo de gás e o total da recarga realizada (kg) por unidade de negócio;
- Para os dados controlados pela empresa, como o consumo de combustível em fontes estacionárias e móveis, estabelecer um procedimento de controle do dado, por unidade de negócio.

6.2. Ações e estratégias para descarbonização

Com base nos resultados do Inventário de Emissões do Porto de Itaguaí, ano base 2024, foram delineadas ações e estratégias que visam reduzir e mitigar suas emissões totais, a fim de contribuir para uma operação cada vez mais ecoeficiente. As iniciativas, apresentadas abaixo, estão organizadas conforme seu impacto e relevância para as emissões da empresa:

6.2.1. Ações relacionadas a Embarcações fundeadas e atracadas

A etapa de fundeio responde por 59,4% das emissões de embarcações oceânicas (35,62 mil tCO₂e). Essa concentração de emissões é justificada pela grande quantidade de tempo que algumas embarcações passaram fundeadas no ano de 2024. A fim de mitigar essas emissões, o Porto de Itaguaí deve implementar ações de controle de tráfego e verificação prévia de documentação das embarcações, visando minimizar o tempo que as embarcações passam fundeadas.

Já a etapa de atracação concentra 34,0% das emissões de embarcações (20,40 mil tCO₂e), devido à grande quantidade de tempo que algumas das embarcações passam

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

atracadas nos berços durante o ano de 2024. Visando mitigar essas emissões, deve-se avaliar o desenvolvimento de infraestrutura para autogeração de energia renovável, e que permita às embarcações atracadas consumirem essa energia autogerada pelo Porto, substituindo o uso de combustível pelas caldeiras e motores auxiliares durante a atracação.

6.2.2. Ações relacionadas às empresas arrendatárias

O Porto deve estabelecer, junto com as empresas arrendatárias, um plano de ação para a redução e mitigação das emissões de GEE. O plano deve abranger todas as empresas arrendatárias, e deve conter metas de redução bem definidas e que englobem as principais fontes das empresas, como: combustão móvel, combustão estacionária e consumo de energia elétrica.

6.2.3. Ações relacionadas a Equipamentos de Refrigeração

Incorporar critérios de sustentabilidade nos escritórios, com prioridade para soluções de ventilação natural e alternativas que promovam conforto térmico, reduzindo a necessidade de climatização artificial. Exemplos incluem o uso de telhados verdes ou coberturas com pinturas de cores claras, que contribuem para a diminuição da temperatura interna dos ambientes. Além disso, avaliar a possibilidade de substituição do R-410A por gases com menor potencial de aquecimento térmico nos aparelhos de ar-condicionado.

6.2.4. Ações relacionadas a Veículos Próprios

Com relação à frota de veículos de propriedade do Porto, dar preferência ao uso do etanol em veículos flex e verificar a possibilidade de substituição de frota por veículos

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

mais eficientes e menos intensivos em emissões de GEE, veículos elétricos ou híbridos.

6.2.5. Ações relacionadas a Consumo de Energia

Como principal ação de mitigação para os próximos anos, sugere-se implementar a autogeração de energia elétrica no Porto de Itaguaí, através de fontes renováveis, como energia solar e/ou aquisição de energia renovável no mercado livre incentivado, visando mitigar parte das emissões relacionadas ao consumo de energia elétrica e de atracação das embarcações oceânicas.

6.2.6. Ações de compensação

Recomenda-se a aquisição de créditos de carbono para compensação das emissões diretas, e a aquisição de I-RECs, visando neutralizar totalmente as emissões de Escopo 2, investindo em projetos dedicados a gerar benefícios sociais e ambientais, e/ ou a realização de plantio de árvores, e a garantia de que 100% da energia consumida pelo porto é de fontes renováveis. Desta forma, é possível neutralizar completamente as emissões de fontes sob controle da empresa. O Porto de Itaguaí também deve incentivar as empresas arrendatárias a compensarem e neutralizarem suas emissões de escopo 1, considerando que as empresas arrendatárias reportaram consumo de energia 100% renovável.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Referências

ANTAQ. **Anuário ANTAQ**. Rio de Janeiro, [s.n.], 2025a. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/ANUARIO/>. Acesso em: 23 jul. 2025.

ANTAQ. **Metodologia de Cálculo dos Indicadores do Estatístico Aquaviário**. Rio de Janeiro, [s.n.], 2025b. Disponível em: <http://ea.antaq.gov.br>. Acesso em: 23 jul. 2025.

ANTAQ. **Navegação Marítima - Frota Geral - Analítica**. Rio de Janeiro, [s.n.], 2025c. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Portal/Frota/ConsultarFrotaGeral.aspx>. Acesso em: 6 ago. 2025.

Baltic Shipping. **Vessels**. 2025. Disponível em: <https://www.balticshipping.com/vessels>. Acesso em: 12 ago. 2025.

VIEIRA, G. B. B., *et al.* (2015). **Governança e Regulação dos Serviços Portuários: Estudo comparativo dos serviços de praticagem em portos brasileiros e espanhóis**. Revista Gestão Industrial, 11(3), 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3895/gi.v11n3.2693>. Acesso em: 12 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações. **Fator médio - Inventários corporativos**. Brasília, 2025a. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>. Acesso em: 22 set. 2025.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Anuário estatístico de Energia Elétrica 2025: ano base 2024**. Rio de Janeiro: EPE, 2025b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 22 set. 2025.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD & RURAL AFFAIRS (DEFRA). **WTT fuels e WTT - bioenergy**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2024>. Acesso em: 17 set. 2025.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD & RURAL AFFAIRS (DEFRA). **WTT UK & overseas electricity**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2021>. Acesso em: 17 set. 2025.

DNV. **Vessel Register for DNV**. 2025. Disponível em: <https://vesselregister.dnv.com/vesselregister/>. Acesso em: 19 ago. 2025.

EPA. **Port Emissions Inventory Guidance: Methodologies for Estimating Port-Related and Goods Movement Mobile Source Emissions**. Washington, [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.epa.gov/state-and-local-transportation/port-emissions-inventory-guidance>. Acesso em: 14 ago. 2025.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

FABER, J., HANAYAMA, S., ZHANG, S., *et al.* **Fourth IMO GHG Study 2020**. London, [s.n.], 2020. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2025.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Planilha de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol: versão 2025.0.1**. São Paulo: FGVces, 2025. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>. Acesso em: 09 set. 2025.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHGP). **Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa**. 2008. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/items/f6ce0440-782f-4cb0-9055-4fd963e7d9ad>. Acesso em: 01 jul. 2025

GEF-UNDP-IMO GLOMEEP PROJECT, IAPH. **Port Emissions Toolkit, Guide No.1, Assessment of port emissions**. London, [s.n.], 2018. Disponível em: <https://ghgsmart.imo.org/wp-content/uploads/2023/02/PORT-EMISSIONS-TOOLKIT-GUIDE-NO.1-ASSESSMENT-OF-PORT-EMISSIONS.pdf>. Acesso em: 15 set. 2025.

GHG PROTOCOL INITIATIVE. **A Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition**. Washington, D. C., and Geneva, [s.n.], 2015. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards/ghg-protocol-revised.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2025.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

GHG PROTOCOL INITIATIVE. **Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard: Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard**. Washington, D. C., and Geneva, [s.n.], 2011. Disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf. Acesso em: 18 jul. 2025.

GOOGLE. **Google Earth**. 2025. Disponível em: <https://earth.google.com/web>. Acesso em: 26 abr. 2025.

IPCC. **Climate Change 2014 - Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, Switzerland, IPCC, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf. Acesso em: 18 jul. 2025.

KHAN, M., SAUZIER, J., GRAY, I., *et al.* **Cargo operations: Leaners' Guide**. Perth, WestOne Services 2003, 2016. Disponível em: https://www.dtwd.wa.gov.au/sites/default/files/teachingproducts/MAR041_CCBY.PDF. Acesso em: 05 set. 2025

LOPES DA SILVA, G. **Logística Portuária: Gestão Dos Portos Brasileiros E a Importância Da Marinha Do Brasil**. Revista Científica Semana Acadêmica, v. 1, n. 204, p. 1–19, 2020. DOI: 10.35265/2236-6717-204-9094.

MONZONI, M., *et al.* **Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa: Segunda Edição**. [S.l.: s.n.], 2008. Disponível em: www.fgv.br/ces/ghg. Acesso em: 01 set. 2025.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

PLANAVE. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) Porto de Itaguaí**. Rio de Janeiro, [s.n.], 2025. Disponível em: https://www.portosrio.gov.br/sites/default/files/2023-files/anexo_i_pdz_porto_de_itaguaui_0.pdf. Acesso em: 9 abr. 2025.

PORTOSRIO. **Porto de Itaguaí: História e Características**. 2025. Disponível em: <https://www.portosrio.gov.br/pt-br/portos/porto-de-itaguaui/historia-e-caracteristicas>. Acesso em: 9 abr. 2025.

SAMARCO. **Rebocadores necessários para manobras rotineiras em Ponta Ubu**. 2021. Disponível em: <https://www.samarco.com/wp-content/uploads/2021/02/Tabela-Minima-TUGsDez20-pt.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Net-Zero Industry Tracker 2024 Edition**. Cologny, [s.n.], 2024. Disponível em: <https://www.weforum.org/publications/net-zero-industry-tracker-2024/>. Acesso em: 03 ago. 2025.

ANEXO I – PREMISSAS E METODOLOGIAS DE CÁLCULO

As premissas e metodologias utilizadas na mensuração das emissões de GEE do Porto de Itaguaí serão apresentadas por escopo e fonte de emissão.

A.1. Escopo 1

A.1.1. Emissões Fugitivas

As emissões fugitivas consistem no escape direto de GEE em equipamentos como extintores e aparelhos de ar-condicionado, no momento de sua reposição ou recarga. O cálculo das emissões fugitivas consiste na multiplicação entre a quantidade de gás reposta, e seu potencial de aquecimento global, conforme equação abaixo:

$$tCO_2e = M_{GEE} \times GWP \quad (1)$$

Sendo:

tCO_2e = Emissões totais, em toneladas de CO_2 equivalente;

M_{GEE} = Massa do gás, em toneladas;

GWP = Potencial de aquecimento global do GEE, em $kg\ CO_2e/kg\ GEE$.

O cálculo de Emissões Fugitivas também é aplicável aos gases não controlados pelo Protocolo de Quioto, apesar destes serem reportados separadamente. No Porto de Itaguaí, foram reportadas as reposições do gás R-140A nos aparelhos de ar-

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

condicionado, cujo potencial de aquecimento global (GWP) é igual a 1.924 (IPCC, 2014).

A.1.2. Combustão Móvel

As emissões referentes à queima de combustíveis em fontes móveis foram calculadas com base no consumo anual de combustíveis, reportado pela empresa, conforme equação a seguir:

$$tCO_2e = \sum V_{Comb} \times fe_{Comb,GEE} \times GWP \quad (2)$$

Sendo:

tCO_2e = Emissões totais, em toneladas de CO_2 equivalente;

V_{Comb} = Volume consumido do combustível, em litros;

$fe_{Comb,GEE}$ = fator de emissão do combustível, considerando sua emissão de CO_2 , CH_4 e N_2O ;

GWP = Potencial de aquecimento global do GEE, em $kg\ CO_2e/kg\ GEE$.

Atualmente, o óleo diesel e a gasolina comercializados no Brasil e utilizados no abastecimento de veículos rodoviários contém um percentual de biocombustível misturado em sua composição (Sendo Biodiesel (B100) no Óleo Diesel, e Etanol Anidro na Gasolina). Essa Proporção varia anualmente e, para o cálculo das emissões, foi considerada a média anual de biocombustível incorporado aos combustíveis, conforme tabela abaixo:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Tabela A.1: Média anual do percentual de biocombustíveis misturados nos combustíveis comercializados.

Mistura nos combustíveis	Média Anual
% etanol na gasolina	27,00%
% biodiesel no diesel	13,67%

Fonte: Elaboração própria com base em GHG Protocol (FGV, 2025)

Foram identificados o consumo de Gasolina e Óleo Diesel nas fontes móveis do Porto de Itaguaí, bem como o consumo de Etanol Hidratado nas fontes móveis das empresas arrendatárias. A empresa disponibilizou a informação do consumo direto de Óleo Diesel e Gasolina em suas fontes móveis, entretanto, não havia desagregação do consumo de combustível entre o Porto de Itaguaí e do Rio de Janeiro. Sendo assim, foi adotada a premissa de que 50% do consumo de combustíveis é referente ao Porto de Itaguaí. Foram aplicados os seguintes fatores para a mensuração das emissões de GEE:

Tabela A.2: Fatores de emissão dos combustíveis, em fontes móveis.

Combustível	Unidade	kg CO ₂ / litro	kg CH ₄ / litro	kg N ₂ O / litro	kg CO ₂ Biogênico / litro
Gasolina	litros	2,21	8,1E-04	2,6E-04	-
Óleo Diesel	litros	2,60	1,4E-04	1,4E-04	-
Etanol Hidratado	litros	-	3,8E-04	1,3E-05	1,46
Biodiesel (B100)	litros	-	3,3E-04	2,0E-05	2,43
Etanol Anidro	litros	-	2,2E-04	1,3E-05	1,53

Fonte: Elaboração própria com base em GHG Protocol (FGV, 2025)

A.1.3. Combustão Estacionária

São emissões referentes à queima de combustíveis em fontes estacionárias controladas pela empresa, como geradores e caldeiras. No ano de 2024, a empresa disponibilizou a informação do consumo direto de Óleo Diesel em suas fontes

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

estacionárias, entretanto, não havia desagregação do consumo de combustível entre o Porto de Itaguaí e do Rio de Janeiro. Sendo assim, foi adotada a premissa de que 50% do consumo de Óleo Diesel é referente ao Porto de Itaguaí. As emissões relativas às fontes estacionárias são calculadas conforme a equação 2, dada no Item A.1.2 do Anexo A, considerando os percentuais de mistura do Óleo Diesel dados na tabela A.2, e os seguintes fatores de emissão para combustão em fontes estacionárias:

Tabela A.3: Fatores de emissão dos combustíveis, em fontes estacionárias.

Combustível	Unidade	kg CO ₂ / litro	kg CH ₄ / litro	kg N ₂ O / litro	kg CO ₂ Biogênico / litro
Óleo Diesel	Litros	2,63	3,6E-04	2,1E-05	-
Biodiesel (B100)	Litros	-	3,3E-04	2,0E-05	2,46

Fonte: Elaboração própria com base em GHG Protocol (FGV, 2025)

A.1.4. Efluentes

O tratamento de efluentes no Porto de Itaguaí foi estimado com base nas seguintes premissas:

- Todos os efluentes gerados são destinados a fossas sépticas;
- Todos os colaboradores têm uma jornada média de 8 horas diárias, durante 230 dias no ano;

As premissas foram aplicadas à seguinte equação:

$$tCO_2e = M_c \times D_t \times DBO_{pc} \times fe_{fs} \times GWP \quad (3)$$

Sendo:

tCO₂e = Emissões totais, em toneladas de CO₂ equivalente;

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

M_c = média anual de colaboradores;

D_t = média de dias trabalhados pelos colaboradores;

DBO_{pc} = DBO per capita, em kg DBO / colaborador * dia;

fe_{fs} = Fator de emissão das fossas sépticas, em kg CH₄ / kg DBO;

GWP = Potencial de aquecimento global do GEE, em kg CO₂e/kg GEE.

Os fatores aplicados na equação são dados na tabela a seguir:

Tabela A.4: Fatores de emissão para efluentes tratados em fossas sépticas

Dado	Unidade de Medida	Valor
DBO per capita	kg/hab*dia	0,05
Fator de emissão de metano em fossas sépticas	kgCH ₄ /kgDBO	0,30

Fonte: Elaboração própria com base em GHG Protocol (FGV, 2025)

A.2. Escopo 2

As emissões totais por consumo de energia elétrica foram obtidas pelo produto da eletricidade consumida mensalmente e o fator de emissão de CO₂ na geração de energia elétrica no SIN (Sistema Interligado Nacional), conforme a equação a seguir:

$$tCO_2 = \sum E_c \times fe_{SIN} \quad (4)$$

Sendo:

tCO₂ = Emissões totais, em toneladas de CO₂;

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

E_c = Eletricidade consumida no mês, em MWh;

fe_{SIN} = Fator mensal de emissão do SIN, em tCO_2/MWh .

Para os casos em que o consumo não foi discriminado por mês, aplicou-se a média anual do fator do SIN. Os fatores de emissão são apresentados na tabela a seguir:

Tabela A.5: Fator de Emissão do SIN, para o ano de 2024

Período	Fator de Emissão (tCO_2/MWh)
Janeiro	0,0421
Fevereiro	0,0376
Março	0,0278
Abril	0,0195
Maio	0,0283
Junho	0,0365
Julho	0,0571
Agosto	0,0739
Setembro	0,0917
Outubro	0,1127
Novembro	0,0701
Dezembro	0,0564
Média Anual	0,0545

Fonte: Adaptado de Brasil (2025a).

A.3. Escopo 3

A.3.1. Bens arrendados – Downstream

As emissões de Bens arrendados Downstream foram obtidas de duas formas distintas:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

- Fornecidas diretamente pelas empresas arrendatárias;
- Calculadas com base nos dados de atividade, fornecidos pelas empresas arrendatárias.

No caso das empresas que forneceram dados de atividade, as emissões foram mensuradas conforme as equações 1 a 4, considerando todas as premissas das seções A.1 e A.2.

A.3.2. Deslocamento de Funcionários

As emissões associadas ao deslocamento casa-trabalho dos funcionários do Porto de Itaguaí consideraram somente os colaboradores que utilizam transporte público, sem o reporte de funcionários que se deslocam por meio de veículos próprios.

O cálculo das emissões decorrentes do deslocamento casa-trabalho dos funcionários considera a seguinte equação:

$$tCO_2e = \sum D_{pres} \times Km_p \times fe_{Comb,GEE} \times GWP \quad (5)$$

Sendo:

tCO_2e = Emissões totais, em toneladas de CO_2 equivalente;

D_{pres} = Dias trabalhados presencialmente;

Km_p = Quilometragem percorrida, considerando ida e volta do trabalho;

$fe_{Comb,GEE}$ = fator de emissão do combustível, considerando sua emissão de CO_2 , CH_4 e N_2O ;

GWP = Potencial de aquecimento global do GEE, em $kg\ CO_2e/kg\ GEE$.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Para a aplicação do cálculo, a empresa forneceu a quantidade de dias trabalhados presencialmente, os endereços de origem e destino dos colaboradores e meio de transporte. A quilometragem média percorrida pelos colaboradores foi calculada com base na distância entre os endereços de origem e de destino, utilizando a função de rotas do Open Source Routing Machine (OSRM), que é baseado no OpenStreetMap (2025). Os fatores de emissão aplicados ao cálculo são dados nas tabelas abaixo:

Tabela A.6: Fator de Emissão para ônibus municipais

Tipo de Veículo	Combustível	Emissão (kgCO ₂ /passageiro.km)	Emissão (kgCH ₄ /passageiro.km)	Emissão (kgN ₂ O/passageiro.km)
Ônibus municipal	Óleo Diesel	0,09	4,81E-06	4,81E-06
Ônibus municipal	Biodiesel	0,08	1,15E-05	6,90E-07

Fonte: Elaboração própria com base em GHG Protocol (FGV, 2025)

A.3.3. Ativos Relacionados com combustíveis e energia não inclusos nos escopos 1 e 2

As emissões de ativos relacionados com combustíveis e energia não inclusos nos escopos 1 e 2 são divididas em quatro subcategorias, delineadas na Tabela 1. Para o ano de 2024, foram identificadas as seguintes subcategorias no Porto de Itaguaí:

A.3.3.1. Emissões relacionadas à extração, produção e transporte de combustíveis consumidos pelo Porto

Foram calculadas conforme a equação abaixo:

$$tCO_2e = \sum V_{Comb} \times f_{e_{CV}} \times GWP \quad (6)$$

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Sendo:

tCO_2e = Emissões totais, em toneladas de CO_2 equivalente;

V_{Comb} = Volume consumido do combustível, em litros;

fe_{CE} = fator de emissão do combustível, associado à extração, refino e transporte de combustível comprado;

GWP = Potencial de aquecimento global do GEE, em $kg\ CO_2e/kg\ GEE$.

Os fatores de emissão utilizados para a mensuração das emissões são dados na tabela abaixo:

Tabela A.7: Fator de Emissão do ciclo de vida dos combustíveis, no ano de 2024

Combustível	kg CO_2e / litro de combustível
Óleo Diesel	0,62
Gasolina	0,61
Etanol	0,52
Biodiesel	0,66

Fonte: Adaptado de DEFRA (2024).

A.3.3.2. Emissões relacionadas à extração, produção e transporte de combustíveis consumidos na geração de eletricidade adquirida pelo Porto

Foram calculadas conforme a equação abaixo:

$$tCO_2 = \sum E_c \times fe_{cv} \quad (7)$$

Sendo:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

tCO_2 = Emissões totais, em toneladas de CO_2 ;

E_c = Eletricidade consumida no mês, em MWh;

fec_v = Fator de emissão associado à produção da energia elétrica, em tCO_2/MWh

O fator de emissão associado à produção de energia elétrica no Brasil é dado pelo Defra (2021), sendo $0,013 \text{ kgCO}_2\text{e} / \text{kWh}$.

A.3.3.3. Perdas na transmissão e distribuição (T&D) de eletricidade – relatados pelo usuário final

Para mensurar corretamente as emissões totais de perdas na transmissão e distribuição, o cálculo foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, dada na equação abaixo, é mensurada a energia elétrica perdida na etapa de transmissão e distribuição, em MWh:

$$Ep = \left(\frac{E_c}{1 - fp_{SIN}} \right) \times fp_{SIN} \quad (8)$$

Sendo:

E_p = Eletricidade perdida na T&D, em MWh;

E_c = Eletricidade consumida no mês, em MWh;

fp_{SIN} = O percentual de perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica do SIN, sendo 20,45% (Brasil, 2025b).

Uma vez obtida a energia perdida na etapa de T&D, são mensuradas as emissões associadas ao seu ciclo de vida e sua geração, conforme a equação abaixo:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

$$tCO_2e = \sum(E_p \times fe_{sin}) + (E_p \times fe_{cv}) \quad (9)$$

Sendo:

tCO₂e = Emissões totais, em toneladas de CO₂ equivalente;

E_p = Eletricidade perdida na T&D, em MWh;

fe_{SIN} = Fator mensal de emissão do SIN, em tCO₂/MWh;

fe_{CV} = Fator de emissão associado à produção da energia elétrica, em tCO₂/MWh.

Os fatores de emissão do SIN são dados na tabela A.6, e o Fator de emissão associado à produção da energia elétrica é dado na seção A.3.3.2.

A.3.4. Resíduos Sólidos

O Porto de Itaguaí reportou os resíduos sólidos gerados na operação e suas respectivas destinações finais, entretanto, devido a falta de detalhamento em alguns dados (composição do resíduo e destinação final), foram adotadas as seguintes premissas:

Os resíduos que não puderam ser devidamente desagregados, como “misturas de resíduos”, foram considerados papéis/papelão, visando uma estimativa conservadora das emissões. Os destinos que não puderam ser identificados corretamente foram considerados como sendo destinados a “aterros”. Ademais, o cálculo de emissões para os resíduos sólidos é dado pelo produto entre a massa do resíduo e o fator de emissão para o tipo de resíduo, seguindo a equação abaixo:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

$$tCO_2e = \sum M_{res} \times fe_{res} \times GWP \quad (10)$$

Sendo:

tCO_2e = Emissões totais, em toneladas de CO_2 equivalente;

M_{res} = Massa do resíduo, em toneladas;

fe_{res} = fator de emissão do resíduo em aterros sanitários, considerando sua emissão de CH_4 e CO_2 Biogênico;

GWP = Potencial de aquecimento global do GEE, em $kg\ CO_2e/kg\ GEE$.

Os fatores de emissão utilizados para a mensuração das emissões de resíduos são dados na tabela abaixo, considerando como destinação o aterro sanitário no município de Duque de Caxias, por ser o Aterro mais próximo com dados disponíveis no GHG Protocol:

Tabela A.8: Fatores de Emissão associados a resíduos destinados a aterros, no ano de 2024

Tipo de Resíduo	CH_4 (t)	CO_2 (t) - biogênico
Papéis/papelão	0,09	0,03
Madeira	0,01	0,00
Lodo industrial	0,03	0,01
Outros materiais inertes*	-	-

Fonte: Elaboração própria com base em GHG Protocol (FGV, 2025)

A.3.5. Metodologia para cálculo das emissões das embarcações

Nesta seção, serão apresentadas as metodologias para estimar as emissões de embarcações oceânicas e portuárias. As embarcações oceânicas são os navios que transportam carga ou passageiros entre diferentes portos. Já as embarcações portuárias são todas as embarcações que trafegam pelo porto que não fazem o transporte de carga ou passageiros entre portos, ou seja, não são embarcações oceânicas.

A.3.5.1. Embarcações oceânicas

Para as embarcações oceânicas, as atualizações na coleta de dados e passos metodológicos conforme os dados coletados serão apresentados adiante:

A.3.5.1.1. Coleta de dados

Para as embarcações oceânicas, o material que foi disponibilizado conteve dados gerais das embarcações: número IMO (Organização Marítima Internacional, do inglês International Maritime Organization), nome da embarcação, tipo, além dos dados de datas de diversas etapas da estadia no porto. Duas planilhas foram disponibilizadas, cada uma abrangendo intervalos de tempo que somadas cobrem o ano de 2024. Para os meses de janeiro ao dia 9 de setembro de 2024, estavam disponíveis as datas de entrada e saída da área portuária, entrada e saída do práctico na embarcação, atracação, desatracação e operação. Para os demais dias de 2024 (10 de setembro a 31 de dezembro de 2024), foram disponibilizados apenas os dados de entrada no porto, atracação, desatracação e operação.

Primeiramente, o tempo de manobra utilizado foi calculado a partir da média dos tempos de manobra do estudo feito por Vieira et al (2015), cujo valor foi de 52 minutos

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

e 48 segundos por manobra. Assim, o tempo de manobra total para cada navio foi de 1 hora, 45 minutos e 36 segundos.

O tempo atracado foi encontrado a partir da diferença entre a data de desatracação e atracação, disponível para ambos os intervalos de dados disponibilizados. O tempo de navegação interna foi calculado de forma distinta para as duas planilhas de intervalos disponibilizadas.

Para os dados de estadia de embarcações entre janeiro a início de setembro, foi verificada se a diferença entre a data de atracação e a entrada do práctico de cada entrada de embarcação representava um período menor que 4 horas (valor máximo verificado do maior tempo de navegação interna acrescido do tempo por manobra); caso positivo, o tempo de navegação interna antes da atracação adotado foi a diferença entre a data de atracação e o somatório da entrada do práctico no navio e do tempo por manobra; caso negativo, o tempo de navegação interna foi de 4 horas.

Esse mesmo critério foi utilizado para a navegação interna após a atracação, com a diferença que o tempo de navegação interna após a atracação foi baseado na subtração entre a saída do porto e o somatório da desatracação e do tempo por manobra. Por fim, para o fundeio, foi verificado se a diferença entre a data de atracação e o somatório da entrada do práctico no navio, o tempo de navegação interna e o tempo por manobra; caso essa diferença fosse maior que 0, foi assumido que a diferença era o tempo de fundeio, e para o caso de a diferença ser 0, foi assumido que a embarcação não teve etapa de fundeio.

Já para os dados de entrada de setembro em diante, diante da falta de dados relacionados em entrada do práctico na embarcação, foi feita uma metodologia diferente, com exceção do tempo das manobras e de atracação, que foram determinados da mesma forma que para os dados de janeiro a setembro. Para determinar o tempo de fundeio, primeiramente os tempos a média do tempo de navegação interna para embarcações que ficaram fundeadas dos dados de entrada entre janeiro e início de setembro foi calculado, resultado em 2 horas, 8 minutos e 20 segundos. De forma similar, a média do tempo de navegação interna para dados de

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

embarcações que não ficaram fundeadas entre janeiro a início de setembro foi calculada, resultando em 2 horas, 13 minutos e 11 segundos. Dessa forma, o tempo de fundeio foi calculado verificando primeiramente se a diferença entre a data de atracação e o somatório da data de entrada no porto, média do tempo da navegação interna com fundeio e o tempo por manobra era igual ou menor que 4 horas; caso positivo, a estadia da embarcação no porto foi considerada não tendo etapa de fundeio; caso contrário, o tempo de fundeio computado foi a diferença calculada. Para a navegação interna antes da atracação, as médias de tempo de navegação citadas anteriormente foram empregadas usando o critério de se a estadia da navegação teve etapa de fundeio ou não. Por fim, a navegação interna para a saída do porto emprega foi a média dos tempos de navegação interna na saída dos dados de estadia das embarcações entre janeiro e início de setembro, que foi de 1 hora, 55 minutos e 5 segundos.

Através do porte de cada embarcação, disponível nos dados fornecidos pela autoridade portuária, foi possível a obtenção de dados de potência média do motor principal e velocidade de referência, disponíveis na Tabela 35 do Quarto Estudo da IMO (Faber et al., 2020).

A.3.5.1.2. Emissões por etapa

Após a obtenção da duração de cada etapa para cada embarcação e os dados de potência etapa, foi possível mensurar o consumo e, consequentemente, as emissões por etapa. Nesta seção é apresentado o desenvolvimento dos cálculos para a obtenção das emissões, bem como os dados e premissas empregadas.

O cálculo para os motores principais, motores auxiliares e caldeiras para uma embarcação deve ser realizado conforme as equações 11, 12, e 13, respectivamente:

$$E_{et,g,p,i} = Tempo_{et,i} \cdot Pot_{et,p,i} \cdot EF_{comb,g} \quad (11)$$

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

$$E_{et,g,a,i} = Tempo_{et,i} \cdot Pot_{et,a,i} \cdot EF_{comb,g} \quad (12)$$

$$E_{et,g,cald,i} = Tempo_{et,i} \cdot Pot_{et,cald,i} \cdot EF_{comb,g} \quad (13)$$

Onde, para cada uma das equações:

- $Tempo_{et}$ refere-se ao tempo dispendido pela embarcação em cada etapa.
- $Pot_{et,comp}$ remete à potência característica para cada etapa e componente ("p" para motores principais, "a" para motores auxiliares e "cald" para caldeira), e;
- $EF_{comb,g}$ é o fator de emissão conforme o combustível utilizado e o GEE (CO_2 , CH_4 e N_2O).

As emissões, tempo e potência são calculadas para cada embarcação "i" e para cada GEE. A soma das emissões por totais por etapa e tipo de GEE para uma dada embarcação "i" pode ser calculada conforme a equação 14. Por fim, as emissões totais de cada GEE para cada embarcação podem ser calculadas conforme a equação 15:

$$E_{et,g,i} = E_{et,g,mot pri,i} + E_{et,g,mot aux,i} + E_{et,g,cald,i} \quad (14)$$

$$E_{g,i} = E_{trans,g,i} + E_{fund,g,i} + E_{navint,g,i} + E_{mano,g,i} + E_{berc,g,i} \quad (15)$$

No qual $E_{trans,g,i}$, $E_{fund,g,i}$, $E_{navint,g,i}$, $E_{mano,g,i}$ e $E_{berc,g,i}$ se referem às emissões de um GEE da embarcação para as etapas de trânsito, fundeio, navegação interna, manobra e permanência no berço, respectivamente.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

As especificidades de cada etapa quanto ao uso dos motores e caldeiras, bem como possíveis considerações extras a serem feitas, serão apresentadas a seguir, conforme disponível no guia da EPA (EPA, 2022).

A.3.5.1.3. Etapa de trânsito

Para o cálculo do uso da propulsão na etapa de trânsito, foi necessário calcular a velocidade característica conforme os passos metodológicos apontados em EPA (2022). Para tal, foram empregadas as velocidades de referências por tipo de navio e porte, dispostas em Faber et al. (2020), e a razão de velocidade típica por tipo de embarcação, disponível na Tabela 3.12 do guia de inventário de emissões da EPA (2022).

A margem de mar adotada é de 1,10 (sem unidade), conforme EPA (2022). Dessa forma, utilizando a potência nominal das embarcações, velocidade de referência e característica e margem de mar, é possível calcular a potência utilizada por cada embarcação na etapa de trânsito através da equação 16:

$$P_{p,et,i} = P_{nom,i} \cdot \left(\frac{V_{cp,i}}{V_{ref,i}} \right)^3 \cdot Marg_{mar} \cdot \frac{V_{cp,i}}{V_{ref,i}} = F_{vel,i} \quad (16)$$

Onde:

- $P_{p,et,i}$ é a potência dos motores principais de cada embarcação para a etapa;
- P_{nom} é a potência nominal dos motores principais, que pode ser identificada através dos dados da embarcação, V_{cp} é a velocidade característica do porto
- V_{ref} é a velocidade de referência da embarcação,
- F_{vel} é o fator de velocidade característica em portos e

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

- $Marg_{mar}$ é a margem de condição de mar, que considera as condições médias de tempo, cujo valor do fator é de 1,10 para operações costeiras (EPA, 2022).

Após a obtenção da potência utilizada na propulsão, é possível obter as emissões através da Equação 17, através do produto da potência, tempo de trânsito e fator de emissão:

$$E_{et,g,p,i} = Tempo_{et,i} \cdot Pot_{et,p,i} \cdot EF_{comb,g} \quad (17)$$

Onde, para cada uma das equações:

$E_{et,g,p,i}$ refere-se à potência utilizada na propulsão.

$Tempo_{et,i}$ refere-se ao tempo dispendido pela embarcação em cada etapa.

$Pot_{et,p,i}$ remete à potência característica do motor principal para cada etapa;

$EF_{comb,g}$ é o fator de emissão conforme o combustível utilizado e o GEE (CO₂, CH₄ e N₂O).

Para tal, utilizou-se o consumo específico para propulsão de 195 gramas de combustível por quilowatt-hora (kWh) (EPA, 2022), além dos seguintes fatores de emissão:

- Dióxido de carbono (CO₂): 3,114 toneladas de CO₂ por tonelada de óleo combustível pesado (HFO, do inglês Heavy Fuel Oil), que foi adotado para a maioria das embarcações oceânicas, e 3,206 toneladas de CO₂ por tonelada de óleo diesel marítimo (MGO, do inglês Marine Gas Oil), empregado para embarcações de apoio offshore. Os fatores de emissão foram baseados em EPA (2022);

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

- Metano (CH_4): fator de emissão estimado em 2% do fator de emissão de hidrocarbonetos, conforme EPA (2022), com o valor de 0,012 gramas de CH_4 por kWh;
- Óxido Nitroso (N_2O): fator de emissão de 0,031 gramas de N_2O por kWh empregado, conforme EPA (2022).

Já para o uso dos motores auxiliares e caldeira, foram empregadas as potências características por tipo e porte de embarcação, descritas por Faber et al. (2020), os mesmos fatores de emissão de CO_2 da etapa de trânsito e os seguintes consumos específicos (SFOC, do inglês Specific Fuel Oil Consumption) e fatores de emissão, conforme a tabela abaixo:

Tabela A.9: consumo específico e fatores de emissão para CH_4 e N_2O para os motores auxiliares e caldeira

Tipo	SFOC (g/kWh)	FE CH_4 (g/kWh)	FE N_2O (g/kWh)
Auxiliar	217,00	0,008	0,029
Caldeira	305,00	0,002	0,080

Fonte: Adaptado de EPA (2022)

Por fim, para o cálculo das emissões de GEE, conforme citado no Produto 1, foram empregados os índices de potencial de aquecimento global (GWP, do inglês Global Warming Potential), medidos em CO_2 equivalente, no qual 1 grama emitido de CH_4 e 1 grama de N_2O são considerados equivalentes a 28 gramas de CO_2 e 265 gramas de CO_2 , respectivamente (IPCC, 2014).

A.3.5.1.4. Etapa de fundeio

Para a etapa de fundeio, considera-se que a embarcação não utiliza a propulsão, apenas os motores auxiliares e caldeiras (EPA, 2022). Dessa forma, assim como na etapa de trânsito, os valores de potência utilizada para os motores auxiliares e

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

caldeiras foram baseados no quarto estudo de GEE da IMO (Faber et al., 2020), bem como os fatores de emissão baseados no guia da EPA (2022). O passo metodológico é similar à etapa de trânsito, com o produto da potência, tempo de fundeio e fator de emissão para quantificar as emissões por GEE.

A.3.5.1.5. Etapa de navegação interna

Na etapa de navegação interna, a propulsão é ditada pela velocidade característica de 5 nós, e as potências dos motores auxiliares e caldeiras para a etapa de navegação interna baseadas no quarto estudo de GEE da IMO (Faber et al., 2020) e os mesmos fatores de emissão das etapas anteriores, foi possível calcular as o consumo e as emissões seguindo os passos metodológicos apresentados na etapa de trânsito.

A.3.5.1.6. Etapa de manobra

Para a etapa da manobra, a velocidade média para a propulsão foi de 3 nós, conforme (Faber et al., 2020). Os demais passos foram similares aos utilizados nas etapas anteriores.

A.3.5.1.7. Etapa de permanência no berço

Para a etapa na qual as embarcações estão atracadas, a velocidade é considerada nula, e, portanto, não há propulsão, apenas o uso de motores auxiliares e caldeiras. Dessa forma, utilizando as potências características para a etapa de atracação, os passos metodológicos foram similares à etapa de fundeio.

A.3.5.2. Embarcações portuárias

Nessa seção, as atualizações no passo metodológico para o inventário das emissões das embarcações portuárias dentro da área do porto organizado de Itaguaí são apresentadas:

A.3.5.2.1. Dados coletados

Para as embarcações portuárias, apenas a identificação dos rebocadores empregados para a estadia de embarcações entre setembro e dezembro de 2024 foi disponibilizada. Portanto, não houve disponibilidade de dados para a entrada de embarcações entre janeiro e início de setembro do período analisado. Diante da disponibilidade de dados, o inventário das emissões de embarcações portuárias focou em 2 tipos de embarcações portuárias: rebocadores e lanchas de práticos.

A.3.5.2.2. Consumo energético

Após a coleta de dados, o consumo energético das embarcações portuárias poderá ser calculado através da equação:

$$Cons_{emb\ port,j} = Pot_{mot,i} \cdot Tempo_{op,i} \cdot FC_{emb,i} \quad (18)$$

Onde:

$Cons_{emb\ port,j}$ é o consumo energético das embarcações portuárias;

$Pot_{mot,j}$ refere-se ao somatório das potências dos motores da embarcação “j”;

$Tempo_{op,j}$ é o tempo de operação da embarcação; e

$FC_{emb,j}$ é o fator de carga da embarcação para operação portuária.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

O fator de carga a ser utilizado deverá ser baseado nos valores padrão para fatores de carga de embarcações portuárias disponibilizado no guia da EPA (2022), que está relacionado conforme o tipo de embarcação. **Para simplificação, foi considerado que todas as embarcações portuárias não utilizam motores auxiliares, apenas motores principais.**

A.3.5.2.3. Emissões

Com o consumo de cada embarcação, é possível calcular suas emissões através da equação:

$$E_{port,g,j} = Cons_{emb\ port,j} \cdot FE_{comb,g} \quad (19)$$

Onde:

$E_{port,g,j}$ são as emissões da embarcação “j”

$FE_{comb,g}$ é o fator de emissão do combustível, em CO₂, CH₄ e N₂O;

$Cons_{emb\ port,j}$ é o consumo energético das embarcações portuárias;

A.3.5.2.4. Rebocadores

Para os rebocadores, o consumo foi baseado na movimentação das embarcações oceânicas durante o período de manobra. Conforme Samarco (2021), durante a atração de embarcações de até 90.000 dwt, são necessários no mínimo 2 rebocadores; para embarcações entre 90000 e 120.000 dwt, 3 rebocadores; para embarcações com dwt entre 120.000 e 190.000, 4 rebocadores; por fim, para embarcações maiores que 190.000 dwt, 5 rebocadores. Para a saída das embarcações, são recomendados 2 rebocadores para qualquer porte da embarcação.

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

A Tabela abaixo mostra o quantitativo de entrada de embarcações oceânicas por porte, além do tempo total de manobra tanto na entrada quanto na saída, baseado no tempo de manobra definido na seção.

Tabela A.10: Quantidade recomendada de rebocadores por porte de embarcação; entrada e saída de embarcações oceânicas por porte, e tempo total de manobra por porte da embarcação.

Situação	dwt inferior	dwt superior	Rebocadores	Entradas	Tempo total geral (hh:mm:ss)
Atracação	0	90.000	2	301	529:45:36
	90.000	120.000	3	56	147:50:24
	120.000	190.000	4	146	513:55:12
	190.000	-	5	159	699:36:00
Saída	> 0	-	2	662	1165:07:12

Fonte: Elaboração própria com base em Samarco (2021)

Para o cálculo do consumo dos rebocadores, assumido ser apenas para propulsão, com MGO como combustível e apenas durante a duração da manobra, foi empregada a potência característica disponível no quarto estudo da IMO (Faber et al., 2020). Já o fator de carga dos rebocadores (0,52), assim como das lanchas de praticagem (0,51), foi baseado na tabela 4.4 do guia de inventário de emissões da EPA (2022). Dessa forma, o consumo, medido em kWh, foi calculado através do produto da potência nominal típica, tempo total de manobra dos navios por porte, quantidade de rebocadores por porte de embarcação e fator de carga. O consumo de óleo diesel marítimo em toneladas pode ser obtido através do consumo específico de 248 gramas de MGO por kWh, disponível na tabela 4.3 do guia de inventário de emissões da EPA (2022). Por fim, os fatores de emissão para embarcações portuárias podem ser vistos na tabela abaixo:

Produto 4 - Metodologia para Inventário de Emissões de GEE do Porto de Itaguaí

Tabela A.11: Fatores de emissão do CO₂, CH₄, e N₂O, também para embarcações portuárias.

Gás	Fator emissão
CO ₂ (g/g MGO)	3,19
CH ₄ (g/kWh)	0,0027
N ₂ O (g/g MGO)	0,000156

Fonte: Adaptado de EPA (2022)

As emissões por GEE foram obtidas a partir do produto dos fatores de emissão e o consumo, conforme os valores da tabela A.14.

A.3.5.2.5. Lanchas de Práticos

Para as lanchas de práticos, o tempo considerado foi similar ao da navegação interna, visto que em teoria o práctico faz a condução desde a entrada até a saída do porto. Assim, foram verificadas a quantidade de embarcações oceânicas que ficaram fundeadas e a quantidade de navios que apenas atracaram para verificar o tempo de navegação interna. Em 2024, para o porto de Itaguaí, 268 embarcações ficaram fundeadas, com um tempo de navegação de 4:03:24, e 267 embarcações apenas atracaram, com um tempo de navegação de 4:08:15. Os demais passos adotados foram similares ao adotado para rebocadores, com a exceção de que apenas uma lancha de práctico por entrada/saída de embarcações foi considerada: cálculo do consumo energético utilizando a potência nominal típica e fator de carga de lanchas de práticos, emissões por GEE através dos fatores da Tabela A.14 e emissões totais de GEE.