Inventário CNT de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Setor de Transporte

ambipar

CNT

CNT / SEST SENAT / ITL
Sistema Transporte

Inventário CNT de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Setor de Transporte

ambipar

CNT

CNT / SEST SENAT / ITL
Sistema Transporte

Ficha Técnica

Presidente do Sistema Transporte
Vander Costa

Vice-Presidentes da CNT

Transporte Rodoviário de Passageiros
Eudo Laranjeiras Costa

Transporte Rodoviário de Cargas
Flávio Benatti

Transporte Aquaviário de Cargas e de Passageiros
Raimundo Holanda Cavalcante Filho

Transporte Ferroviário de Cargas e de Passageiros
Benony Schmitz Filho

Transporte Aéreo de Cargas e de Passageiros
Geraldo Amadeo Bertolotti Strambi

Infraestrutura de Transporte e Logística
Paulo Gaba Junior

Diretora Executiva da CNT
Fernanda Rezende

Consultor Técnico Responsável
Bruno Batista

Equipe Técnica da CNT

Gerência Executiva Ambiental
Érica Marcos
Gustavo Willy
Andréia Lima
Raflem Santos
Wlliane Magna

Equipe Técnica da Ambipar
Mayra do Carmo Siqueira Ramos
Henrique Dornas
Michele Pagano Gama
Quenia Nascimento Lyrio

Revisão: Anna Guedes
Projeto Gráfico: Luiz Fernandez
Diagramação: Angel Holanda e Eduardo Barbalho
Atendimento: Vanessa Montenegro
Divulgação: Gerência Executiva de Comunicação

Inventário CNT de emissões de gases do efeito estufa do setor de transporte. – Brasília: Ambipar : CNT, 2025.
226 p. : il. color. ; gráficos.

ISBN: 978-85-68865-36-1 (Digital)

1. Efeito estufa - gases. 2. Transporte - Brasil. 3. Infraestrutura. 3. Combustível. 5. Mudança climática. I. Ambipar. II. Confederação Nacional do Transporte.

CDU 504.7:656(083.82)

Apresentação

A elaboração do Inventário CNT de Gases de Efeito Estufa do Setor de Transporte representa um marco do desenvolvimento sustentável do Brasil. Mais do que um documento técnico, ele traduz o esforço da CNT em compreender, de forma abrangente e metodologicamente rigorosa, o papel do setor nas emissões nacionais e nas estratégias de mitigação das mudanças climáticas.

O estudo abrange todas as modalidades de transporte, considerando emissões associadas às atividades operacionais e de infraestrutura. Essa abordagem integrada oferece uma leitura inédita e qualificada sobre o comportamento do setor, levando em conta as especificidades de cada modal e suas conexões com a logística, a mobilidade e a matriz energética.

Os resultados apontam desafios e oportunidades. A predominância do uso de combustíveis fósseis ainda responde pela maior parte das emissões, mas o avanço dos biocombustíveis, da eletrificação e de soluções tecnológicas voltadas à eficiência energética demonstra um processo consistente de transformação. O transporte brasileiro vem se destacando pela capacidade de inovação e adaptação, com práticas voltadas à redução de emissões, ao uso racional de energia e à modernização de frotas e infraestruturas.

O Inventário também reforça a importância do aprimoramento de bases de dados nacionais e de métodos de mensuração, para que as estimativas reflitam cada vez melhor a realidade brasileira. O fortalecimento dessas ferramentas é essencial para orientar políticas públicas, direcionar investimentos e promover a integração entre os diferentes modos de transporte – pilares de uma matriz logística mais eficiente, resiliente e de baixo carbono.

O lançamento deste documento durante a COP30, em Belém (PA), ocorre em um momento emblemático para o Brasil e para o mundo. O país reafirma sua liderança climática ao apresentar resultados concretos na descarbonização de setores-chave, como o transporte. O Inventário CNT se alinha à NDC – metas de contribuição nacionalmente determinadas – e ao Plano Clima, oferecendo uma base técnica sólida para o engajamento do setor privado e para o diálogo qualificado com o poder público.

A CNT seguirá atuando como agente estratégico no desenvolvimento ambiental, promovendo conhecimento, estimulando boas práticas e contribuindo para que o Brasil avance com consistência rumo a uma economia de baixo carbono, em que o transporte siga sendo sinônimo de integração, progresso e futuro.

Vander Costa
Presidente do Sistema Transporte

Sumário Executivo

1. Detalhamento do Inventário

O **Inventário CNT de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Setor de Transporte** caracteriza-se por um documento composto pelo relatório que agrega resultados e balanceamento de dados e informações referentes às emissões de gases do efeito estufa dos modos rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário, nas quais foram contemplados os gases dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), com ano-base de 2023.

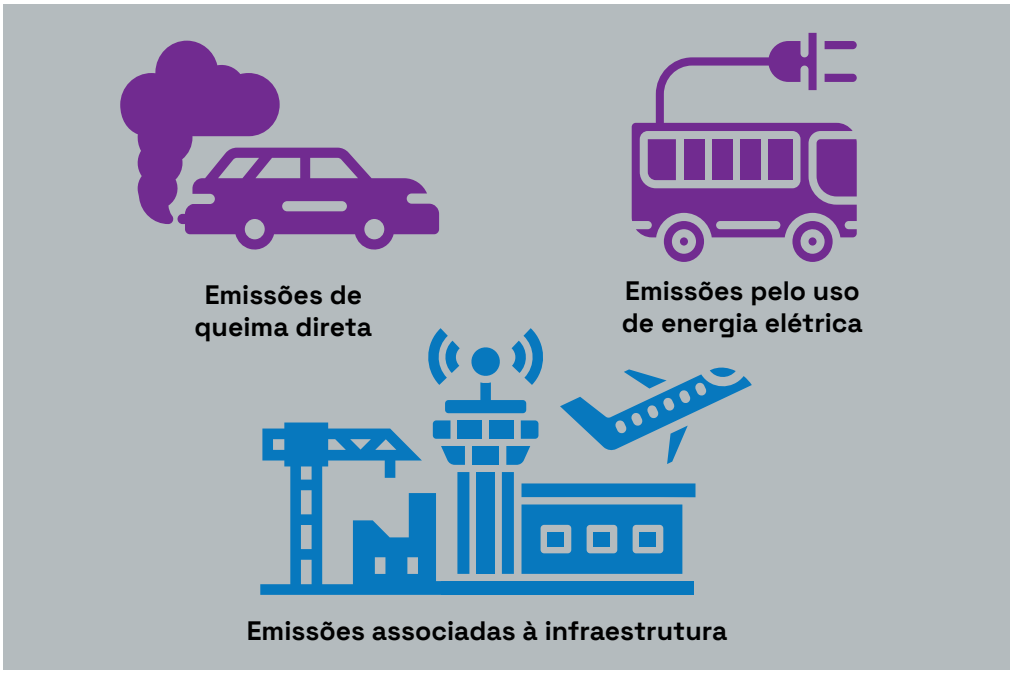
A construção deste tipo de documento posiciona a Confederação Nacional do Transporte (CNT) como uma das lideranças no impulsionamento das soluções de intermodalidade e mobilidade urbana no território brasileiro, com resultados que estão próximos da realidade e acessíveis em ampla escala, rumo à construção de um setor que se movimenta, forte e competitivo, desenvolvendo relações sociais e econômicas importantes para o avanço do país.

Este documento torna-se um importante direcionador estratégico junto à nova Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil e ao Plano Clima, na representação de oportunidades para colocar o Brasil como líder global de descarbonização do setor de transporte, especialmente por sediar o principal evento climático no mundo: a Conferência das Partes (COP30) em 2025, em Belém.

Este será o primeiro inventário da CNT, com uma alta segregação das análises e avaliações das emissões de infraestrutura, além da subdivisão dos tipos de transporte em suas principais categorias e subcategorias, feitas para todos os modos apresentados em um único projeto.

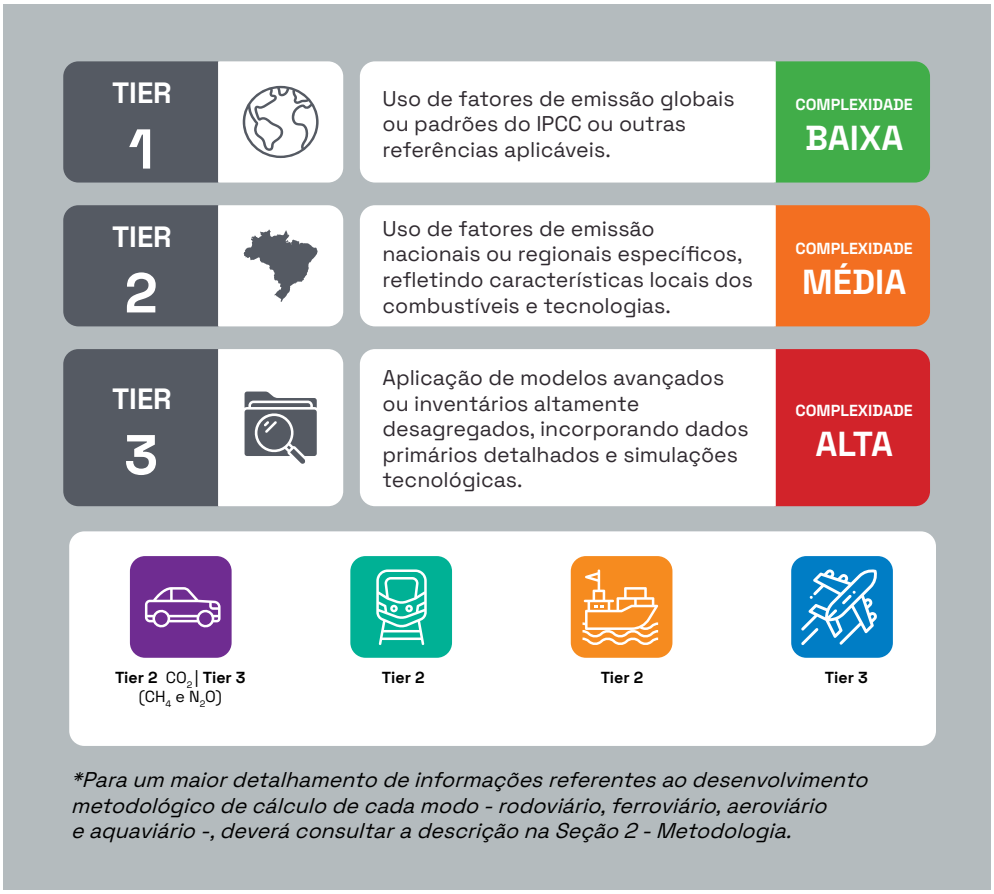
Box I - Descrição das principais metodologias que foram aplicadas para o desenvolvimento do tratamento de dados e cálculos.

- A construção do inventário seguiu as orientações das principais referências globais e nacionais para o seu desenvolvimento metodológico: o Painel Intergovernamental do Clima (da sigla em inglês IPCC), Organização Internacional para Padronização (ISO 14.064), o *GHG Protocol* (Protocolo GEE) e o Programa Brasileiro *GHG Protocol*, além dos inventários setoriais públicos, do Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) do Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI) e Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA); EMEP/Agência Ambiental Europeia (do inglês *European Environmental Agency* – EEA) 2023 - Guia de inventário de emissões de poluentes atmosféricos; Balanço Energético Nacional (BEN);
- O desenvolvimento deste trabalho consistiu em etapas que incluíram *benchmarking*, mapeamento de informações, tratamento de dados, cálculo das emissões de GEE por modo e a elaboração do relatório do inventário;
- O escopo do Inventário foi definido a partir da forma como as emissões são categorizadas e contabilizadas, destacando a inclusão delas em diretas e indiretas e as fontes consideradas. Com base na denominação e no conhecimento das principais emissões relacionadas às atividades do setor de transporte, foram delimitadas as categorias que seriam incorporadas ao inventário. A identificação dessas categorias foi realizada ao longo das etapas de desenvolvimento do projeto, principalmente a partir de *benchmarking* e entrevistas com associações e entidades do setor de transporte;
- As emissões consideradas foram:



- Duas abordagens foram agregadas aos cálculos das emissões:

- Métodos de Cálculo*



**Para um maior detalhamento de informações referentes ao desenvolvimento metodológico de cálculo de cada modo - rodoviário, ferroviário, aeroviário e aquaviário -, deverá consultar a descrição na Seção 2 - Metodologia.*

2. Principais resultados

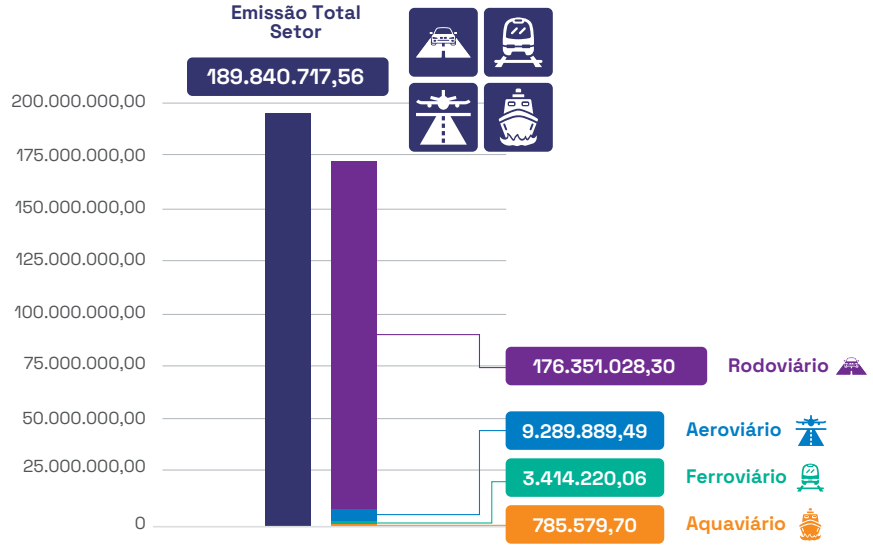
a. Os resultados gerais do Inventário CNT de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Setor de Transporte mostram que foi emitido no ano-base de 2023 pelo setor de transporte do país um total de **189.840.717,56 toneladas de CO_2e**. Deste valor, o modo rodoviário foi o que teve uma maior contribuição em toneladas (Figura 1).

b. O carbono biogênico, proveniente da emissão dos compostos orgânicos que integram a combustão de biocombustíveis como biodiesel, biogás e derivados, corresponde ao curto ciclo do carbono que não está contabilizado nas emissões gerais do carbono equivalente e atingiu o valor de **55.913.973,98 toneladas**.

c. O modo que mais influenciou nos valores gerais obtidos de carbono equivalente é o rodoviário, uma vez que as suas categorias e subcategorias têm elevadas emissões que estão atreladas ao uso de combustíveis de origem fóssil, como gasolina e diesel. Destaque ainda para as principais subcategorias que emitiram maior quantidade de toneladas de carbono: automóveis *flex* e caminhões pesados a diesel.

d. Neste Inventário, os resultados das emissões diretas (escopo 1) e indiretas (escopo 2) foram agregados as infraestruturas de portos e aeroportos. Em relação aos valores dos escopos 1 e 2, observou-se maior representatividade nos portos que nos aeroportos.

Gráfico 1 — Emissões totais de gases do efeito estufa expressos em valores de CO_2e, referentes ao setor de transporte brasileiro, no ano-base de 2023



Nota: O gráfico de emissões totais (tCO_2e) não considera as emissões das infraestruturas avaliadas, contemplando somente as emissões dos transportes efetuados em contexto nacional, não incluindo os transportes aéreo e aquaviário internacionais.

3. Visão geral dos resultados com valor percentual por modo e suas categorias e subcategorias

Gráfico 2 — Resultado geral com descrição dos valores referente às emissões domésticas por modo no ano-base de 2023, acompanhado dos valores em percentuais das emissões de cada categoria inventariada

4. Boas práticas de neutralização e mitigação no setor de transporte

A diversidade de iniciativas apresentadas neste Inventário evidencia que a descarbonização do setor de transporte é uma realidade em andamento. Esse avanço tem sido impulsionado por inovação, eficiência energética, gestão ambiental integrada, compensação de emissões, modernização de infraestruturas e uso crescente de fontes renováveis.

Essas práticas, além de contribuírem para o cumprimento das metas climáticas brasileiras, fortalecem a competitividade do setor diante de um cenário internacional cada vez mais orientado pela sustentabilidade. Mesmo sem obrigações regulatórias quanto à neutralização das emissões, o transporte tem adotado uma postura proativa e de vanguarda no enfrentamento das mudanças climáticas, demonstrando compromisso com um futuro de baixo carbono e com o desenvolvimento sustentável do país.

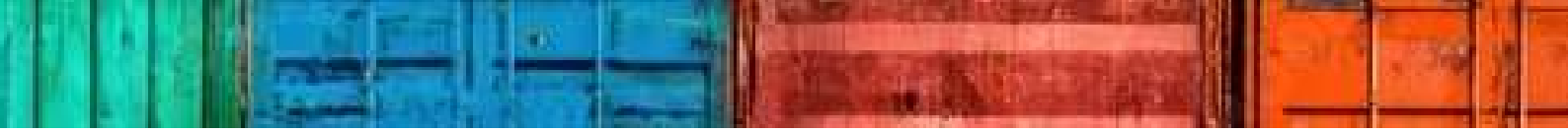
5. Conclusão

O setor de transporte é relevante no perfil nacional de emissões de GEE, com predomínio do consumo de combustíveis fósseis (diesel e gasolina).

Biocombustíveis e eletrificação despontam como estratégias de mitigação.

Limitada disponibilidade e detalhamento de dados, engajamento setorial e dependência de referências internacionais.

Necessidade de estimativas mais robustas para apoiar e direcionar políticas de mitigação e descarbonização.



Lista de Figuras

Figura 1 – Emissões de GEE no transporte global por modo e a relação com o desenvolvimento da maturidade tecnológica no transporte por modo para reduzir as emissões até 2050..... **29**

Figura 2 – Etapas de desenvolvimento do inventário de emissões.....**44**

Figura 3 – Descrição das abordagens de cálculo *top-down* e *bottom-up*..... **46**

Figura 4 – Procedimento de cálculo das emissões - modo rodoviário.....**63**

Figura 5 – Procedimento de cálculo das emissões - modo ferroviário.....**68**

Figura 6 – Ciclo de pouso e decolagem (ciclo LTO).....**74**

Figura 7 – Procedimento de cálculo das emissões - modo aeroviário.....**76**

Figura 8 – Procedimento de cálculo das emissões - modo aquaviário.....**82**

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Emissões totais em toneladas de CO_2e por modo e total geral do setor de transporte..... **87**

Gráfico 2 – Contribuição por modo das emissões de CO_2e em relação ao total do setor de transporte..... **87**

Gráfico 3 – Emissões totais em toneladas de CO_2 biogênico por modo e total geral do setor de transporte..... **88**

Gráfico 4 – Curva de sucateamento – Veículos ciclo Otto..... **91**

Gráfico 5 – Curva de sucateamento - Veículos ciclo Diesel..... **91**

Gráfico 6 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais da categoria de veículos automóveis..... **93**

Gráfico 7 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Categoria motocicletas..... **95**

Gráfico 8 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Categoria comerciais leves..... **96**

Gráfico 9 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Categoria caminhões..... **98**

Gráfico 10 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Categoria ônibus e micro-ônibus..... **99**

Gráfico 11 – Emissões biogênicas do modo rodoviário, por categoria..... **101**

Gráfico 12 – Emissões biogênicas do modo rodoviário, por subcategoria..... **102**

Gráfico 13 – Contribuição percentual de emissões CO_2 biogênico do modo rodoviário, por categoria..... **102**

Gráfico 14 – Porcentagem de emissões de CO_2e do modo rodoviário, por Unidade Federativa..... **106**

Gráfico 15 – Emissões totais de CO_2e do modo rodoviário, por categoria..... **108**

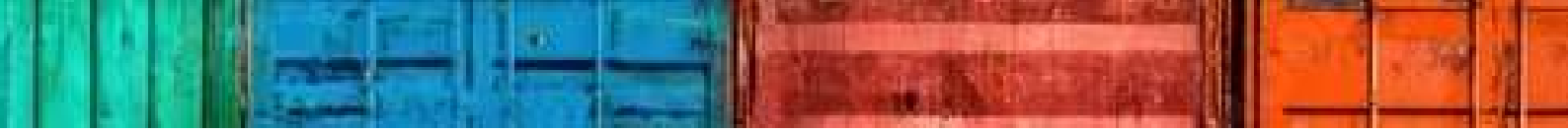


Gráfico 16 – Contribuição de emissões de CO_2e do modo rodoviário, por categoria..... **108**

Gráfico 17 – Emissões totais de CO_2e do modo rodoviário, por subcategoria..... **109**

Gráfico 18 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Modo ferroviário, por categoria..... **113**

Gráfico 19 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Modo ferroviário, por subcategoria de locomotivas urbanas..... **114**

Gráfico 20 – Emissões de CO_2 biogênico – Modo ferroviário..... **116**

Gráfico 21 – Emissões totais de CO_2e - Modo ferroviário..... **117**

Gráfico 22 – Emissões totais de CO_2e - Modo aeroviário..... **119**

Gráfico 23 – Emissões totais de CO_2e relativas à infraestrutura de aeroportos..... **121**

Gráfico 24 – Emissões totais de CO_2e – Modo aquaviário..... **123**

Gráfico 25 – Emissões totais de CO_2e do modo aquaviário, por tipo de combustível..... **124**

Gráfico 26 – Emissões totais de CO_2e de portos..... **126**

Lista de Quadros

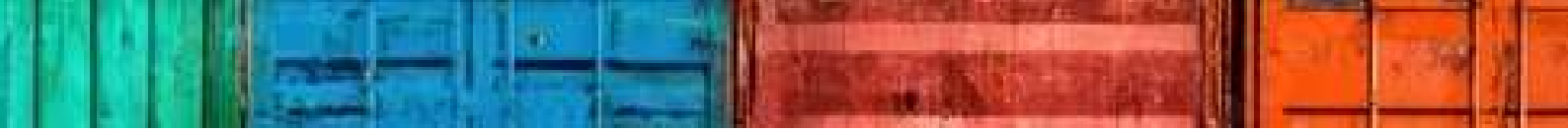
Quadro 1 – Princípios para a elaboração de um inventário..... **43**

Quadro 2 – Métodos de cálculo e descrição dos Tiers..... **47**

Quadro 3 – Resumo das metodologias utilizada no inventário por modo do setor de transporte..... **49**

Quadro 4 – Representação da equação para curva de sucateamento..... **59**

Quadro 5 – Variação dos valores de a, b e t_0, por tipo de veículo..... **60**



Lista de Tabelas

Tabela 1 – Potencial de Aquecimento Global (GWP)..... **36**

Tabela 2 – Emissões Totais de CO_2 biogênico por subcategoria do modo rodoviário..... **103**

Tabela 3 – Emissões totais de CO_2e por Unidade Federativa (UF)..... **105**

Tabela 4 – Porcentagem de contribuição das emissões de CO_2e de cada subcategoria do modo rodoviário..... **110**

Tabela 5 – Emissões da infraestrutura de aeroportos..... **120**

Tabela 6 – Emissões totais de CO_2e do modo aquaviário, por tipo de combustível..... **124**

Tabela 7 – Emissões da infraestrutura de portos..... **125**

Símbolos, Siglas e Abreviaturas

Abraciclo – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

Anfavea – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ANPTrilhos – Associação Nacional dos Transportadores de Passageiros sobre Trilhos

ANTF – Associação Nacional dos Transportes Ferroviários

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CH_4 – Metano

Ciclo LTO – Ciclo de Pouso e Decolagem (Landing and Take-Off)

CNT – Confederação Nacional do Transporte

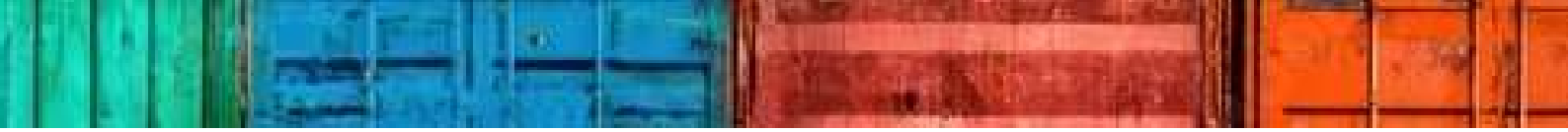
CO_2 – Dióxido de carbono

CO_2 bio – Dióxido de carbono biogênico

CO_2e – CO_2 equivalente

COP30 – Conferência das Partes

CORSIA – Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional



EMEP/EEA – European Monitoring and Evaluation Programme/European Environment Agency, Programa Europeu de Monitorização e Avaliação/ Agência Europeia do Ambiente

GEE – Gases do Efeito Estufa

GWP – Global Warming Potential, Potencial de Aquecimento Global

HCFCs – Hidroclorofluorcarbono

HFCs – Hidrofluorcarbono

IATA – International Air Transport Association, Associação Internacional do Transporte Aéreo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICCT – International Council on Clean Transportation, Conselho Internacional de Transporte Limpo

IEA – International Energy Agency, Agência Internacional de Energia

IMO – International Maritime Organization, Organização Marítima Internacional

Inmetro – Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Changes, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

ISO – International Organization for Standardization, Organização Internacional de Normalização

LCA – Life Cycle Analysis, Avaliação do Ciclo de Vida

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MMA – Ministério do Meio Ambiente

N_2O – Óxido nitroso

NDC – Nova Contribuição Nacionalmente Determinada

NF_3 – Trifluoreto de nitrogênio

NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

ODS – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

PFCs – Perfluorocarbonos

SBTi – Science Based Targets Initiative, Metas Baseadas na Ciência

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa

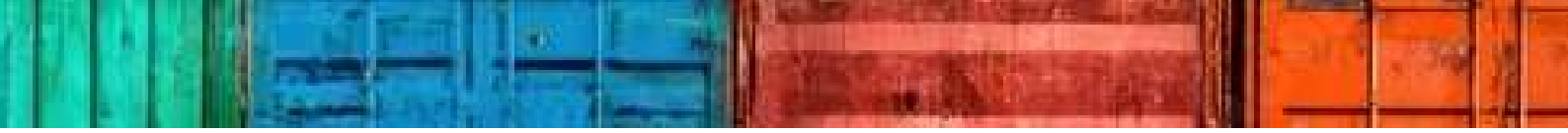
SF_6 – hexafluoreto de enxofre

UIC – International Union of Railways, União Internacional das Ferrovias

VLTs – Veículos leves sobre trilhos

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development, Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

WRI – World Resources Institute, Instituto de Recursos Mundiais



Sumário

1. INTRODUÇÃO 23

1.1 Sobre a organização 24

1.2 Clima e setor de transporte 25

1.2.1 Análise setorial comparativa das emissões: tendências globais e brasileiras 27

1.2.1.1 Modo Rodoviário 30

1.2.1.2 Modo Ferroviário 31

1.2.1.3 Modo Aeroviário 32

1.2.1.4 Modo Aquaviário 33

1.2.2 Importância do inventário de emissões 34

1.3 Objetivos do inventário de emissões de GEE 37

2. METODOLOGIA 41

2.1 Etapas de preparação do Inventário 42

2.1.1 Limites e escopo do inventário de GEE 44

2.2 Metodologia de desenvolvimento por modo 45

2.2.1 Classificação por Tiers 47

2.2.2 Desenvolvimento metodológico 48

2.2.2.1 Modo Rodoviário 56

2.2.2.1.1 Abordagem metodológica 56

2.2.2.1.2 Dados de atividade 57

2.2.2.1.3 Frota circulante e curva de sucateamento 58

2.2.2.1.4 Coeficiente de rendimento energético..... **61**

2.2.2.1.4.1 Cálculo do consumo do combustível..... **62**

2.2.2.1.5 Procedimento de cálculo das emissões..... **63**

2.2.2.2 Modo Ferroviário..... **66**

2.2.2.2.1 Abordagem metodológica..... **66**

2.2.2.2.2 Dados da atividade..... **67**

2.2.2.2.3 Procedimento de cálculo de emissões..... **68**

2.2.2.3 Modo Aeroviário..... **70**

2.2.2.3.1 Abordagem metodológica..... **70**

2.2.2.3.2 Dados da atividade..... **71**

2.2.2.3.3 Cálculo do consumo de combustível..... **71**

2.2.2.3.3.1 Consumo de combustível em cruzeiro..... **72**

2.2.2.3.3.2 Consumo de combustível no ciclo LTO..... **73**

2.2.2.3.3.3 Consumo de combustível por APU..... **74**

2.2.2.3.4 Procedimentos de cálculo de emissões..... **75**

2.2.2.3.5 Emissões de Infraestrutura – Aeroportos..... **77**

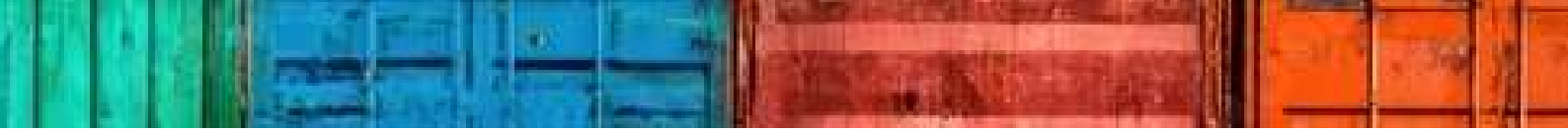
2.2.2.4 Modo Aquaviário..... **80**

2.2.2.4.1 Abordagem metodológica..... **80**

2.2.2.4.2 Dados da atividade..... **81**

2.2.2.4.3 Procedimentos de cálculo..... **81**

2.2.2.4.4 Emissões de infraestrutura - terminais portuários..... **82**



3 RESULTADOS 85

3.1 Resultados gerais **86**

3.2 Modo Rodoviário **90**

3.2.1 Automóveis leves **92**

3.2.2 Motocicletas **94**

3.2.3 Comerciais leves **96**

3.2.4 Caminhões **97**

3.2.5 Ônibus e micro-ônibus **99**

3.2.6 Emissões biogênicas **100**

3.2.7 Emissões por Unidade Federativa (UF) **104**

3.2.8 Emissões totais **107**

3.3 Modo Ferroviário **112**

3.3.1 Emissões biogênicas **115**

3.3.2 Emissões totais **117**

3.4 Modo Aeroviário **118**

3.4.1 Emissões de GEE **118**

3.4.2 Emissões de GEE de infraestrutura – Aeroportos **120**

3.5 Modo Aquaviário **122**

3.5.1 Representatividade dos combustíveis **124**

3.5.2 Emissões de GEE de infraestrutura – Terminais portuários **125**

4. BOAS PRÁTICAS DE NEUTRALIZAÇÃO E MITIGAÇÃO NO SETOR DE TRANSPORTE 129

5. CONCLUSÃO 189

5.1 Modo Rodoviário 190

5.2 Modo Ferroviário 192

5.3 Modo Aeroviário 193

5.4 Modo Aquaviário 194

6. AGRADECIMENTO INSTITUCIONAL 197

7. REFERÊNCIAS 203

8. GLOSSÁRIO 219

1

Introdução

1.1 Sobre a organização

A Confederação Nacional do Transporte (CNT) é a entidade de representatividade máxima do transporte e da logística no Brasil. Seu propósito é coordenar e representar os interesses do setor promovendo a competitividade e a eficiência das suas empresas no país.

Com mais de 70 anos de atuação, a instituição, fundada em 1954, reúne 29 confederações, 5 sindicatos nacionais e 27 entidades associadas, sendo composta por mais de 198 mil empresas e responsável por gerar mais de 2,7 milhões de empregos, englobando todas as modalidades — rodoviária, ferroviária, aquaviária, aeroviária e operadores logísticos. Neste contexto, a Confederação atua de forma estratégica, fortalecendo o setor por meio de sua representação frente aos três Poderes: Executivo, Legislativo e Judiciário.

Além de fornecer subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas, a CNT produz informações, conhecimento técnico e análises temáticas com o intuito de apoiar os empresários na tomada de decisão quanto à gestão de negócios.

Nessa conjuntura, a Confederação Nacional do Transporte tem atuado com excelência e inovação por meio de ações atreladas às temáticas ambientais, como utilização de tecnologias limpas, transição energética, renovação de frota, resiliência climática, entre outros tópicos.

O objetivo é impulsionar o desenvolvimento sustentável do setor de transporte rumo à redução dos impactos ambientais e climáticos. Entre as prioridades, estão a promoção do transporte multimodal, o incentivo ao uso de fontes energéticas alternativas e a renovação de frota, posicionando o setor como protagonista na trajetória para a redução das emissões de gases do efeito estufa.

1.2 Clima e Setor de Transporte

A ameaça ao planeta Terra frente às mudanças climáticas intensificou-se e ganhou mais destaque ao longo do século XXI, especialmente nos últimos 5 anos. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (da sigla em inglês IPCC) projeta que, até 2050, o aquecimento global poderá elevar a temperatura média do planeta em até 2 °C. Esse aumento pode causar impactos significativos nas condições de vida na Terra, incluindo a elevação do nível dos oceanos, a intensificação de eventos climáticos extremos — como tempestades, ondas de calor, secas e enchentes —, além de implicações diretas na saúde humana e no bem-estar das populações.

Desde o início da Revolução Industrial, no século XVII, a temperatura média global aumentou cerca de 1,1 °C[1]. Esse aquecimento está diretamente associado ao aumento significativo da concentração de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, parte provocado por atividades humanas. As mudanças no uso do solo e nas florestas, as práticas agropecuárias, a geração de energia (como no caso do uso de petróleo e derivados), a gestão de resíduos, os processos industriais e a queima de combustíveis fósseis são vetores das emissões de GEE. Esses fatores, somados, têm agravado o aquecimento global e contribuído com as mudanças climáticas.

É importante destacar que o desenvolvimento da sociedade ocorreu paralelamente ao avanço de setores econômicos que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), são classificados em:

- **setor primário** – relacionado as atividades de extração de recursos naturais;
- **setor secundário** – ligado às atividades de transformação de matérias-primas e bens; e
- **setor terciário** – atividades de serviços e comércio, no qual está inserido o setor de transporte.

[1] Sexto Relatório de Avaliação elaborado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – AR6 (2023).

A dinâmica desses setores impacta de diferentes formas as emissões de GEE: enquanto a extração e exploração de recursos naturais promovem a liberação direta de carbono e outros gases, as atividades industriais e a expansão urbana elevam o consumo energético e, consequentemente, as emissões atmosféricas. Cabe destacar que as taxas de emissões de GEE variam de acordo com a região do planeta, refletindo as particularidades econômicas, sociais e ambientais de cada localidade.

Segundo dados globais do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, Canal Climático (Climate Watch) e Nosso Mundo em Dados (Our World in Data), os principais setores responsáveis pelas emissões mundiais são: energia, que inclui não apenas a geração elétrica, mas também o transporte e a indústria, respondendo por aproximadamente 73% das emissões globais de GEE, na qual aproximadamente 15% desse valor é representado pelo setor de transporte; seguido por agricultura, florestas e uso da terra, com cerca de 18%; o setor de resíduos, com 3%; e outros setores emissores, que somam aproximadamente 6%. Esses percentuais podem variar significativamente entre os continentes, conforme o perfil de desenvolvimento e o padrão de uso de recursos de cada região.

O setor de energia se destaca como um dos principais responsáveis pelas emissões de GEE, uma vez que suas atividades envolvem a queima de combustíveis fósseis para viabilizar o transporte, processos industriais e geração de eletricidade. Globalmente, a agricultura também exerce um papel significativo nas emissões, especialmente pela liberação de gases altamente potentes em termos de aquecimento global, como o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O).

Além disso, as atividades ligadas ao desmatamento contribuem duplamente para o problema climático: liberam o carbono previamente armazenado nas florestas e reduzem a capacidade natural desses ecossistemas de absorver dióxido de carbono (CO_2). A combinação das emissões provenientes desses e de outros setores representa o principal agente impulsionador das mudanças climáticas observadas no planeta.

No Brasil, diferentemente das emissões globais, os principais setores responsáveis pelas emissões de GEE em 2022 são uso da terra, mudança do uso da terra, florestas e agropecuária, que, juntos, contribuem com 70% das emissões de GEE. Um dos principais levantamentos de emissões de gases do efeito estufa na América Latina afirma que esse percentual se deve, principalmente, ao desmatamento e às emissões de CH_4 provenientes da atividade agropecuária.

No setor de energia, o país se destaca por possuir uma matriz energética com 50% de renovabilidade. Atividades que correspondem ao transporte e à indústria, que se relacionam com as emissões ligadas ao consumo de energia, representam, juntas, cerca de 15,7% das emissões do Brasil e resíduos respondem por aproximadamente 4,5%.

Diante do exposto, é essencial o desenvolvimento de ações para conter o aquecimento global em até 1,5 °C, conforme estabelecido como meta no Acordo de Paris, assinado em 2015 por diversos países, incluindo o Brasil. No entanto, alcançar esse objetivo implica a necessidade de reduzir as emissões líquidas a zero até 2050, por meio de profundas transformações nos sistemas produtivos e de consumo, especialmente na forma como a energia e os recursos naturais são utilizados.

1.2.1 Análise setorial comparativa das emissões: tendências globais e brasileiras

Cada modo que compõe o setor de transporte é responsável por desenvolver suas próprias estratégias e metas de redução de emissões. Porém é importante que essas ações sejam coordenadas, de modo a enfrentar os desafios de forma interligada, aproveitando as oportunidades de cada segmento.

Esse processo deve estar alinhado ao avanço tecnológico, ao fortalecimento político-institucional e ao engajamento ativo dos diversos atores, com uma comunicação eficaz e integrada com os envolvidos nesse processo e para a população. O trabalho conjunto entre os modos de transporte é essencial para promover uma transição efetiva rumo à redução dos impactos climáticos do setor.

Uma ampla mobilização global voltada à proteção do clima e à responsabilidade corporativa tem impulsionado a construção de estratégias orientadas à redução das emissões de GEE no setor de transporte, com foco em impactos de médio e longo prazo. Nesse cenário, destaca-se a importância do mapeamento preciso das emissões por meio de inventários, aliado ao desafio de elaborar planos de descarbonização eficientes — tanto para países desenvolvidos quanto em desenvolvimento.

Essas estratégias buscam ser efetivas e integradas a processos regenerativos da natureza, sendo orientadas e desenvolvidas por importantes agências e instituições do setor, considerando a diversidade dos modos de transporte.

A Agência Internacional de Energia (da sigla em inglês IEA) aponta que os transportes motorizados terrestre, marítimo e aéreo ainda são fortemente dependentes de motores de combustão interna movidos, predominantemente, por combustíveis fósseis. Como resultado, o setor é responsável por cerca de um terço das emissões de CO_2 dos setores de uso final de energia[2].

A IEA destaca que o papel do transporte na transição energética está diretamente ligado à melhoria da eficiência dos processos e à adoção de políticas públicas que incentivem a migração de viagens intensivas em carbono (*carbon-intensive travel*[3]) para opções mais sustentáveis. Além disso, enfatiza a importância de aumentar a eficiência operacional no transporte de passageiros em todos os modos.

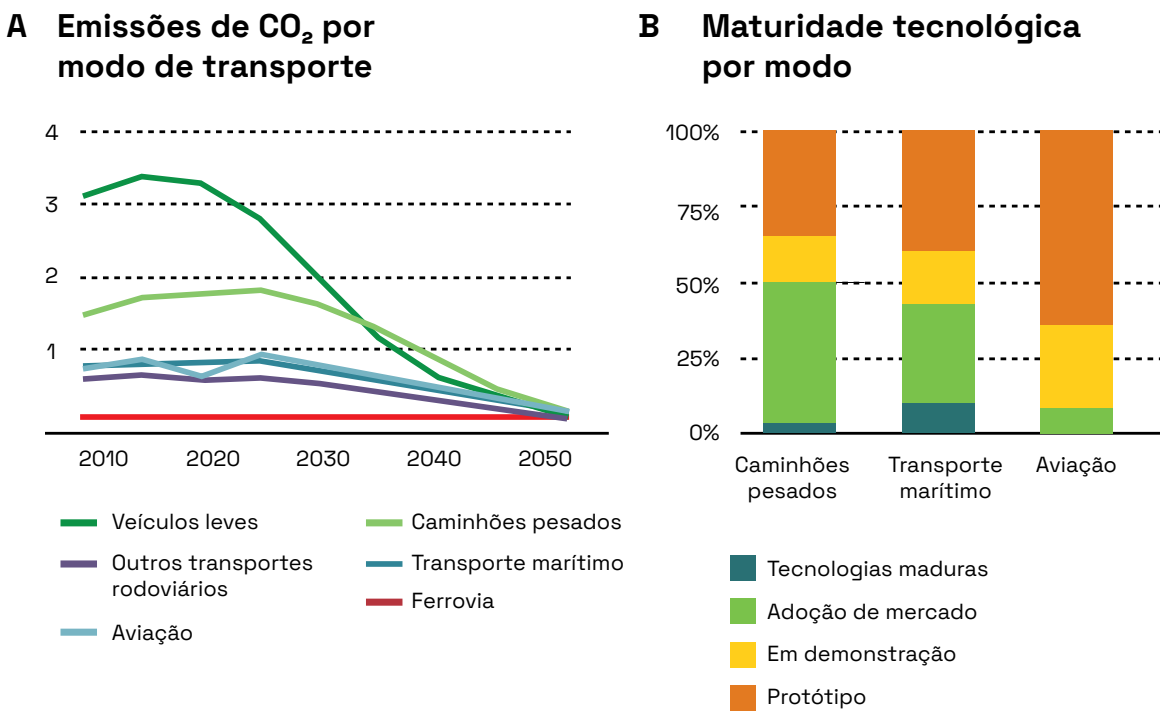
A agência também ressalta que o avanço e a maturidade tecnológica são etapas essenciais para viabilizar o alcance da meta de emissões líquidas zero (Net Zero[4]) das emissões até 2050, de forma eficaz e escalável, atingindo níveis de desenvolvimento tecnológico que favoreça a redução das emissões de CO_2 (Figura 1).

[2] Setores econômicos que consomem diretamente a energia transformada. No caso do transporte, isso se traduz na queima de combustíveis nos motores, que gera emissões diretas de CO_2.

[3] Termo em inglês que se refere à trajetória e intensidade de emissão de carbono durante as viagens em múltiplos modos do transporte, principalmente motorizados terrestres, marítimos e aéreos.

[4] No transporte, significa que todos os modos terão que operar de forma que, no agregado, suas emissões líquidas sejam nulas até 2050, alinhando-se à meta climática global.

Figura 1 — Emissões de GEE no transporte global por modo e a relação com o desenvolvimento da maturidade tecnológica no transporte por modo para reduzir as emissões até 2050



Fonte: IEA (2021).

No cenário nacional, o Brasil assumiu o compromisso de reduzir entre 59% e 67% de suas emissões líquidas de GEE até 2035, com base nos níveis de 2005[5]. Esse compromisso está refletido em diversos programas e projetos estruturantes voltados à agenda climática. A articulação entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) é essencial para o planejamento estratégico nacional e para a consolidação da confiança internacional.

O MCTI reforçou a transparência climática do país com a publicação do Primeiro Relatório Bienal de Transparência (BTR-1), em 2024. O documento tem como objetivos comunicar os avanços do Brasil em relação às metas climáticas, fortalecer a credibilidade internacional e mobilizar investimentos públicos e privados. Trata-se de um marco relevante no compromisso brasileiro com o enfrentamento das mudanças climáticas.

[5] Contribuição Nacionalmente Determinada (2024).

A iniciativa liderada pelo MMA, que compõe o Plano Clima, apresenta uma abordagem transversal para a ação climática, integrando as Estratégias de Mitigação e de Adaptação[6] e os respectivos Planos Setoriais. Entre os temas abordados, destacam-se: as implicações socioeconômicas da transição para a neutralidade climática; a transição justa; o fortalecimento da educação, da pesquisa, do desenvolvimento e da inovação; os meios de implementação; e os mecanismos de monitoramento, avaliação e transparência. O setor de transporte é efetivamente contemplado nessa estratégia integrada.

A seguir, apresenta-se uma breve descrição das principais orientações para cada modalidade de transporte.

1.2.1.1 Modo Rodoviário

Sob a perspectiva da Agência Internacional de Energia, a emissão nula de escapamento dos veículos rodoviários representa um elemento central na trajetória para alcançar emissões líquidas zero até 2050. Um estudo internacional recente, conduzido pelo Conselho Internacional de Transporte Limpo (da sigla em inglês ICCT) e intitulado Visão 2050[7], apresenta uma análise abrangente sobre o potencial de redução de emissões a partir da combinação de cinco estratégias-chave. Essas estratégias foram elaboradas considerando cenários compatíveis com o limite de aquecimento global entre 1,5 °C e 2 °C, na qual a organização utilizou a referência de 1,7 °C como um limite referencial, conforme descritas a seguir:

1. acelerar a transição global energética dos veículos para emissões líquidas zero;
2. maximizar a eficiência do combustível de todos os novos veículos de combustão comercializados;
3. substituir mais rapidamente os veículos antigos movidos a combustão interna;

[6] Plano Clima: Estratégias de Mitigação e Adaptação.

[7] Vision 2050: Strategies to Align Global Road Transport with Well Below 2 °C.

4. ampliar o transporte coletivo nas zonas urbanas e otimizar a logística do transporte de mercadorias;
5. descarbonizar a partir da utilização de veículos com emissão nula de escapamento.

As principais tendências acerca do modo rodoviário envolvem a redução das emissões em áreas urbanas, otimização de operações logísticas alinhadas ao consumo de combustíveis limpos e ampliação de alternativas com emissão nula de escapamento, para reduzir 25% das emissões até 2030 (IEA).

No contexto brasileiro, cabe informar que a matriz de transporte é predominantemente rodoviária. Esse modo se caracteriza principalmente por ser responsável pelo transporte de aproximadamente 65% das cargas e quase 95% dos passageiros (CNT, 2024). Para o território nacional, existem estratégias estruturantes de descarbonização sendo desenvolvidas por iniciativas articuladas pelos ministérios, com destaque para o Plano Clima. Concernente ao desenvolvimento de inventário de emissões, tal ação engloba a participação de entidades de representação setorial, como é o caso da atuação da CNT no desenvolvimento deste Inventário.

1.2.1.2 Modo Ferroviário

O transporte sobre trilhos é uma das modalidades que menor impacto possuem em relação à fonte energética e à sua intensidade em termos de emissões de carbono por tonelada por quilômetro transportado. A dependência do abastecimento e utilização de diesel como base para as locomotivas destaca a necessidade de um maior avanço nas tecnologias de alternativas de combustíveis para o setor.

O inventário de emissões desenvolvido pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT)[8], publicado em 2012, destaca o consumo de diesel e as emissões do transporte ferroviário de cargas no Brasil. Os resultados apontam que, tais fatores reforçam o potencial do modo ferroviário como uma alternativa sustentável frente ao rodoviário, especialmente quando combinado com o uso de fontes renováveis de energia, potencializando ainda mais a sua descarbonização e a mitigação das mudanças climáticas.

[8] 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas.

As principais tendências de inovação e tecnologia para o modo estão envolvidas em ações práticas que são importantes para o desenvolvimento do setor rumo a redução das emissões de gases do efeito estufa e compromissos globais, como é o caso do documento direcionador da União Internacional das Ferrovias (do inglês UIC), que define metas ambiciosas para 2030 e 2050, para melhorar a eficiência energética e reduzir as emissões de GEE nas operações ferroviárias, com o uso de energia limpa.

1.2.1.3 Modo Aeroviário

O setor de transporte aéreo tem avançado significativamente no desenvolvimento de tecnologias, melhorias operacionais e infraestrutura contínua voltadas à redução das emissões de carbono (CO_2). A sua compensação será apenas uma das diversas estratégias para auxiliar no atingimento de emissões líquidas zero até 2050.

Nesse contexto, o Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional (CORSIA)[9] desempenhará a função de auxiliar o setor a atingir suas metas climáticas de curto e médio prazos, complementando esforços que incluem a substituição parcial e gradual dos combustíveis fósseis por combustíveis sustentáveis para aviação. Esse compromisso é reforçado pelas diretrizes apresentadas no documento Objetivos e Aspirações Globais de Longo Prazo para Aviação, elaborado pelo CORSIA, que estabelece o ano de 2050 como a meta para alcançar o *status Net Zero* na aviação.

De acordo com a Associação Internacional do Transporte Aéreo (da sigla em inglês IATA), o principal desafio da aviação global para alcançar emissões líquidas zero de CO_2 está na gestão dos processos ao longo de sua extensa cadeia de fornecedores. Para que a aviação civil internacional possa cumprir suas obrigações legais e metas sustentáveis, é importante que todos os participantes dessa cadeia trabalhem de forma integrada, promovendo uma transformação histórica no setor.

[9] Programa criado pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI/ICAO) em 2016, fundamentado em mecanismos de mercado, com o objetivo de reduzir e compensar as emissões de CO_2 provenientes da aviação civil internacional. A iniciativa integra a estratégia global do setor aéreo para atingir a neutralidade de carbono no longo prazo.

Segundo a IATA, três variáveis principais[10] influenciam diretamente a capacidade da aviação de reduzir seu impacto climático: a longa vida útil das aeronaves, o avanço tecnológico aplicado ao setor e o consumo energético durante os voos. Esses fatores orientam a definição de ações estratégicas em três níveis: a redução do consumo de energia, a transição para combustíveis de menor intensidade de carbono e a adoção de mecanismos de captura e compensação de emissões.

Para apoiar essa trajetória, a IATA desenvolveu estratégias voltadas a diferentes partícipes da cadeia de fornecedores da aviação, apresentando roteiros integrados que combinam soluções tecnológicas, infraestruturais, operacionais, financeiras e políticas, essenciais para conduzir o setor rumo à meta de emissões líquidas zero.

1.2.1.4 Modo Aquaviário

A crescente necessidade de renovação tecnológica com inovação em larga escala na navegação internacional evidencia o desafio de desenvolver combustíveis alternativos seguros e aplicáveis a diferentes contextos, desde países desenvolvidos até nações em desenvolvimento e pequenos Estados insulares.

A transição deve garantir a manutenção de um comércio marítimo eficiente, ao mesmo tempo em que atende à demanda por soluções energéticas de menor impacto climático. Desde 2018, a Organização Marítima Internacional (da sigla em inglês IMO) vem implementando sua Estratégia Inicial para Redução de Emissões de GEE de Navios[11], alinhada ao ODS 13, que propõe ações urgentes para combater os impactos das mudanças climáticas.

A Estratégia da IMO tem como objetivo estabelecer medidas urgentes que promovam uma transição energética justa e equitativa no setor de navegação, incorporando inovações como a utilização de combustíveis alternativos aderentes à operação, alinhados a diferentes níveis de ambição. Nesse contexto, o mapeamento e a contabilização das emissões tornam-se fundamentais para monitorar o desempenho do setor e avaliar o progresso rumo à meta de emissões líquidas zero na navegação internacional.

[10] Variáveis destacadas no *Executive Summary Net Zero CO_2 Emissions Roadmap*.

[11] Estratégia Inicial da IMO para Redução de Emissões de GEE de Navios.

As metas da IMO baseiam-se na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (da sigla em inglês LCA), que considera as emissões de GEE desde a produção do combustível até sua utilização final pelo navio (termo conhecido em inglês como *Well-to-Wake*). As ambições estabelecidas visam reduzir as emissões do setor ou até eliminá-las. Na atualização de seu documento estratégico em 2023, a IMO definiu as seguintes metas:

1. diminuir a intensidade de carbono dos navios com melhorias no processo de eficiência energética das novas embarcações;
2. diminuir a intensidade de emissão de carbono do transporte marítimo internacional a partir do aumento da adoção de tecnologias, combustíveis e/ou fontes de energia com emissões de gases com efeito de estufa nulas ou próximas de zero, alcançando ao menos 40% até 2030, com esforços para chegar a 70% até 2050;
3. alcançar emissões líquidas zero de GEE no transporte marítimo internacional.

A necessidade de adotar medidas urgentes para limitar o aquecimento global a 1,5 °C é amplamente reconhecida, reforçando a importância de metas concretas e aplicáveis ao setor de navegação para reduzir as emissões de GEE. A iniciativa de Metas Baseadas na Ciência (da sigla em inglês SBTi), que utiliza dados científicos sobre o clima para definir estratégias de descarbonização alinhadas ao *Net Zero*, recomenda que todas as organizações estabeleçam metas científicas de curto prazo, abrangendo as emissões de suas operações diretas (como proprietários ou operadores de navios). Além disso, essas organizações apresentarão, simultaneamente, objetivos cientificamente validados de longo prazo alinhados aos compromissos imediatos.

1.2.2 Importância do Inventário de Emissões

De modo amplo, os inventários de emissões de gases do efeito estufa têm como objetivo quantificar as emissões de carbono geradas nas atividades e operações de empresas, de um setor econômico ou até mesmo de um país, assumindo seus compromissos voluntários de redução de emissões de GEE, a fim de conter o avanço da crise climática e do aquecimento global, conforme descrito no Acordo de Paris.

Espera-se que a iniciativa de monitoramento e redução das emissões crie um ambiente de cooperação técnica fértil para a implementação de novas tecnologias e soluções inovadoras. Sob essa perspectiva, torna-se urgente o desenvolvimento de políticas públicas que possibilitem aos setores produtivos e aos municípios atuar com mais efetividade e menor intensidade de emissões de carbono, de modo a somar esforços para a redução dos GEE, a melhoria da eficiência energética e a ampliação de ações de responsabilidade socioambiental.

Nesse contexto, de acordo com o Programa Brasileiro do GHG Protocol[12], os inventários devem contemplar os sete tipos de GEE que fazem parte do reporte do Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido de nitrogênio (N_2O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorocarbono (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF_6) e trifluoreto de nitrogênio (NF_3). Adicionalmente, o Protocolo de Montreal[13] inclui os gases depletores da camada de ozônio, como os hidroclorofluorcarbono (HCFCs), que também contribuem para o aquecimento global.

Ante o exposto, um inventário caracteriza-se geralmente pelos fatores descritos adiante:

- identidade química dos GEE, incluídos CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs, SF_6 e NF_3;
- delimitação da área geográfica coberta (país, região, estado, município) e, no caso de empresas, adicionalmente, o controle financeiro ou participação de capital;
- período (de tempo, comumente, anual) específico de contabilização;
- setores e atividades (energia, indústria, resíduos, agropecuária e florestas etc.).

O efeito do impacto atmosférico para cada um dos elementos levantados é quantificado com base no seu Potencial de Aquecimento Global (GWP).

[12] Refere-se a uma adaptação nacional do Protocolo de Gases do Efeito Estufa, do inglês, Greenhouse Gas Protocol, a metodologia mais usada no mundo para contabilização e gestão das emissões de GEE.

[13] Tratado internacional assinado em 1987 (entrou em vigor em 1989), sob a égide da ONU, com o objetivo de eliminar a produção e o consumo de substâncias que destroem a camada de ozônio.

O relatório do IPCC é uma das principais fontes de valores referentes ao GWP dos GEE (Tabela 1), sendo estes regularmente verificados, e caso necessário, atualizados. Quanto maior o GWP, maior a contribuição no impacto para o aquecimento global.

Tabela 1 — Potencial de Aquecimento Global (GWP)

GEE	GWP
CO_2	1
CH_4	27
N_2O	273

Fonte: IPCC (2023).

As diretrizes do IPCC são baseadas em um conceito de "boas práticas", definidas como um conjunto de princípios metodológicos visando garantir que os inventários sejam exatos/precisos, no sentido de não serem superestimados tampouco subestimados, e que as incertezas sejam, tanto quanto possível, reduzidas. À vista disso, o inventário liderado pela CNT foi desenvolvido de acordo com regulamentações que incorporam o controle de GEE.

Neste estudo, as principais normas utilizadas são informadas a seguir:

- **Protocolo de Gases do Efeito Estufa** (em inglês, GHG Protocol), desenvolvido pelo Instituto de Recursos Mundiais (da sigla em inglês WRI), em associação com o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (da sigla em inglês, WBCSD), além de parcerias com *multi-stakeholder* com empresas, Organizações Não Governamentais (ONGs), governo e outras conveniadas ao WRI e ao WBCSD. Tem o objetivo de oferecer estrutura para a contabilização de GEE, sendo uma ferramenta modular e flexível, com neutralidade em termos de políticas ou programas, possuindo uma gestão baseada em um amplo processo de consulta pública.

- **Organização Internacional de Normalização** (ISO, na sigla inglês), para inventários de emissão, é utilizada norma denominada ISO 14.064 que corresponde a uma especificação e uma orientação técnica destinada a organizações, para a quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases do efeito estufa. Esta certificação detalha princípios e requisitos para planejar, desenvolver, gerenciar e relatar inventários GEE em organizações ou empresas.
- **Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima** (IPCC): criado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), corresponde à compilação de dados científicos realizados em diferentes e complexos estudos relacionados às mudanças climáticas, que tem como objetivo providenciar resultados sobre o tema aos governos para que sejam desenvolvidas políticas climáticas, além de identificarem medidas de adaptação e mitigação que podem reduzir os riscos verificados.

Todas as referências supracitadas possuem alinhamento metodológico e credibilidade e reconhecimentos internacionais. O principal objetivo em adotar estas ferramentas está no desenvolvimento de um inventário que seja parâmetro nacional e global de comparação.

1.3 Objetivos do Inventário de Emissões de GEE

A CNT se prepara para o futuro, fortalecendo sua atuação diante dos novos desafios e oportunidades que se apresentam. Nessa perspectiva, a Confederação visa dar os próximos passos a uma rota em que as soluções de intermodalidade e mobilidade urbana sejam uma realidade e estejam acessíveis em maior escala, em que o setor se movimenta, forte e competitivo, desenvolvendo relações sociais e econômicas importantes para o avanço do país.

Diante desse contexto, este inventário de emissões tem como objetivo mapear as fontes emissoras das atividades do setor no Brasil, considerando cada um dos modos que representam o transporte — rodoviário, ferroviário, aéreo e aquaviário. Complementarmente, o inventário tem objetivos específicos, a saber:

- engajamento setorial nas agendas climáticas nacional e internacional, por meio da participação na elaboração do inventário de emissões de GEE;
- obtenção de um relatório que permita à CNT compreender as principais oportunidades de descarbonização; e
- desenvolvimento de um documento direcionador visando auxiliar na tomada de decisão.

Por fim, este documento torna-se um importante direcionador estratégico junto à NDC do Brasil e ao Plano Clima na representação de oportunidades para posicionar o Brasil como um líder global de descarbonização do setor de transporte, especialmente por sediar o principal evento climático no mundo — a 30ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (Conferência das Partes, COP30), em 2025, em Belém.

2

Metodologia

2.1 Etapas de preparação do Inventário

O Inventário de Emissões de GEE funciona como uma ferramenta para mapear as fontes emissoras em uma atividade, processo, organização ou setor econômico, além de quantificar, monitorar e registrar essas emissões. A abrangência com o nível de detalhes das informações se faz fundamental para o desenvolvimento dos dados que representam de maneira fiel a realidade, em relação às emissões de GEE, como assim tratado neste documento.

O desenvolvimento metodológico tem o objetivo de estabelecer um padrão para a elaboração de inventários de GEE. Essa padronização se faz necessária para haver critérios de verificação, auditoria e comparabilidade entre diferentes cálculos de emissões. Dessa forma, como mencionado anteriormente, importantes agências e instituições internacionais foram utilizadas como referência, além da realização de consultas a fontes públicas, como o Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), do MCTI, e a Contribuição Nacionalmente Determinada, do MMA.

O Programa Brasileiro GHG Protocol, por meio das suas especificações[14], estabelece os princípios e as diretrizes para a contabilização, quantificação e divulgação de inventários corporativos de GEE. A adoção desses padrões garante a conformidade com os princípios de relevância, integridade, consistência, transparência e precisão, além de assegurar a adoção de fatores de emissão e dados específicos, como composição de combustíveis e matriz energética.

O Quadro 1 apresenta os princípios adotados neste relatório por meio das especificações, a seguir:

[14] Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol.

Quadro 1 — Princípios para a elaboração de um inventário

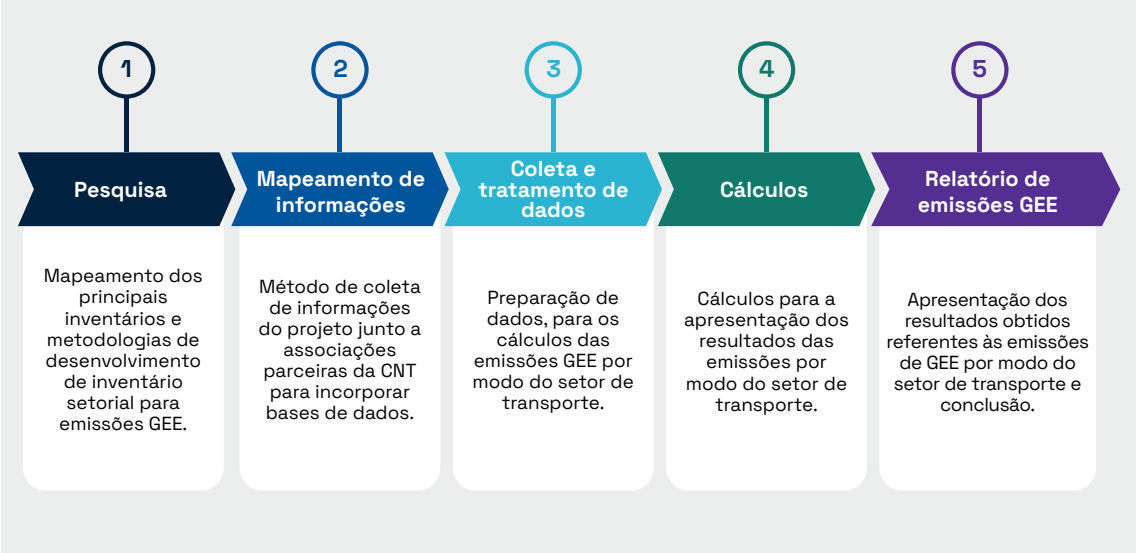
PRINCÍPIO	OBJETIVO	DESCRIÇÃO
Relevância	Garantir que o inventário reflita adequadamente as emissões da empresa ou do setor.	O inventário deve considerar as emissões dentro de limites organizacionais e operacionais apropriados. Deve atender às necessidades de tomada de decisão de usuários internos e externos, garantindo que os dados representem a realidade da organização.
Integridade	Assegurar o relato completo de todas as fontes e atividades relevantes.	Devem ser incluídas todas as fontes de emissão significativas dentro dos limites definidos. Caso alguma seja excluída, é necessário justificar a retirada e divulgar sua importância.
Consistência	Permitir comparações ao longo do tempo e manter a coerência metodológica.	A mesma metodologia deve ser utilizada ao longo das diferentes edições do inventário. Caso haja mudanças (de método, escopo, limites etc.), estas devem ser claramente documentadas e justificadas para garantir a comparabilidade entre os anos.
Transparência	Permitir que terceiros compreendam e reproduzam os resultados do inventário.	Todas as informações relevantes devem ser divulgadas de forma clara, objetiva, neutra e compreensível. Os dados e métodos devem ser descritos de forma suficiente para que uma terceira parte, com acesso às mesmas fontes, consiga obter os mesmos resultados.
Precisão	Minimizar incertezas e garantir a exatidão dos dados.	Os dados devem ser suficientemente precisos para permitir decisões confiáveis. A quantificação não deve ser tendenciosa (nem para mais, nem para menos) em relação às emissões reais. Devem ser utilizados métodos que reduzam as incertezas ao máximo possível.

Fonte: Especificações do Programa Brasileiro GHG *Protocol.*

O desenvolvimento deste inventário foi constituído em etapas que incluíram um *benchmarking*, mapeamento de informações, tratamento de dados, cálculo das emissões GEE por modo e a elaboração do relatório com os resultados obtidos.

O fluxograma a seguir (Figura 2), traz uma descrição sobre cada fase de realização deste trabalho.

Figura 2 – Etapas de desenvolvimento do inventário de emissões



Fonte: Adaptado de Manual Quantificações e Relato de Emissões de Gases de Efeito Estufa – Cetesb (2021)

2.1.1 Limites e Escopo do Inventário de GEE

Por ser um inventário setorial com abrangência nacional, o limite geográfico define a captação de informações das atividades do setor de transporte brasileiro. Serão abordadas neste relatório as atividades que possuem emissões estimadas na queima de combustível fóssil, principalmente para a movimentação de pessoas e de cargas.

Dessa forma, o setor de transporte apresenta uma relação direta entre suas atividades e as emissões geradas, que podem ser classificadas como

diretas ou indiretas. As diretas decorrem, principalmente, da combustão de combustíveis em veículos operados e controlados pelas empresas. Já as indiretas estão associadas a demais atividades operacionais que não envolvem a queima direta de combustíveis pelos próprios meios de transporte.

O escopo do inventário foi definido a partir da maneira como as emissões são categorizadas e contabilizadas, destacando a inclusão delas em diretas e indiretas e as fontes consideradas. Com base na denominação e no conhecimento das principais formas relacionadas às atividades do setor de transporte, foram delimitadas as categorias que seriam incorporadas ao inventário.

A identificação dessas categorias foi realizada ao longo das etapas de desenvolvimento do projeto, principalmente a partir de benchmarking e entrevistas com associações e entidades do setor de transporte. As categorias consideradas estão elencadas a seguir.

- **Emissões de queima direta:** relacionadas ao consumo de combustíveis em veículos para cada modo do setor de transporte.
- **Emissões pelo uso de energia elétrica:** provenientes da utilização de eletricidade em veículos eletrificados.
- **Emissões associadas à infraestrutura:** ligadas às atividades operacionais de monitoramento em terminais portuários e aeroportos.

A definição dos escopos por modo foi fundamental para abrangência e relevância, além da coleta e solicitação dos dados por parte da CNT para as associações de maneira eficiente, que serão descritas a seguir para cada modo — rodoviário, ferroviário, aeroviário, aquaviário —, considerando que o ano-base foi o de 2023.

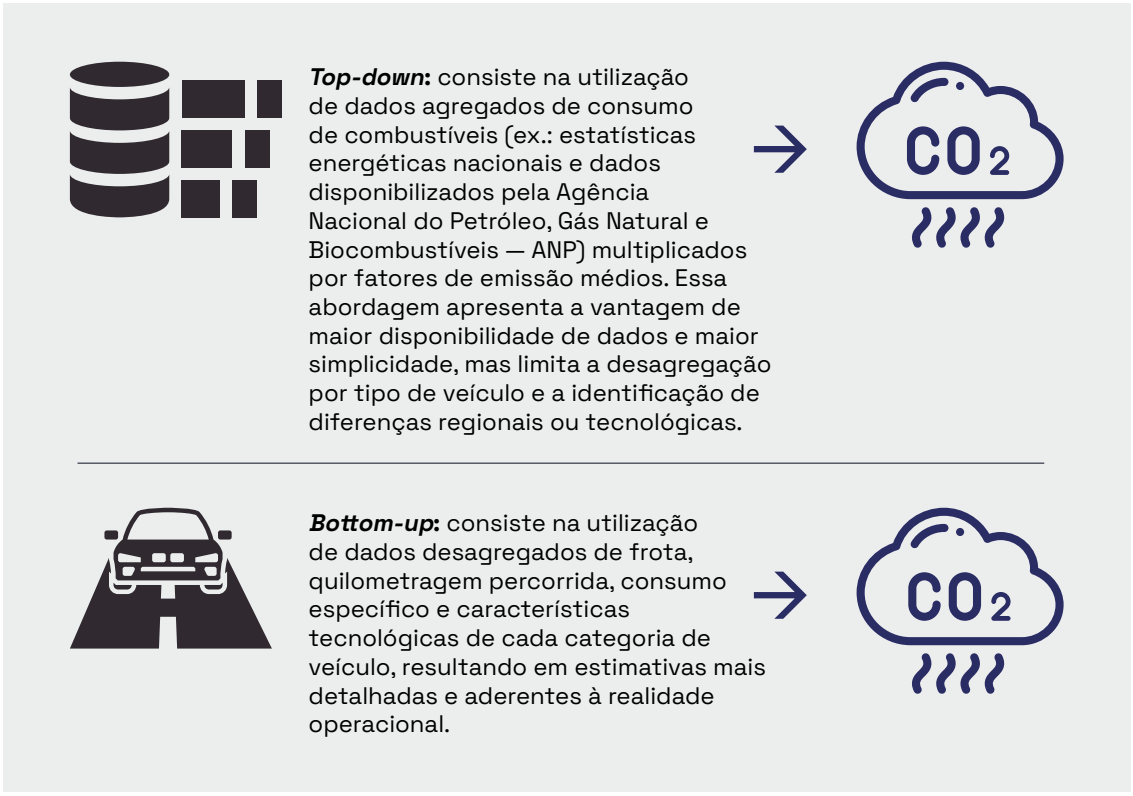
2.2 Metodologia de desenvolvimento por modo

A seguir, serão apresentadas as premissas adotadas para o Inventário CNT de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Setor de Transporte, seguindo orientações que correspondem às principais referências para

o desenvolvimento da coleta de dados e cálculos, sendo estas: o GWP orientado pela AR6 do IPCC, NBR 14.064, GHG Protocol e Programa Brasileiro GHG Protocol.

No contexto do cálculo de emissões do setor de transporte, duas abordagens principais podem ser empregadas, conforme descritas na Figura 3.

Figura 3 – Descrição das abordagens de cálculo *top-down* e *bottom-up*



2.2.1 Classificação por Tiers

As Diretrizes do IPCC estruturam os métodos de cálculo em diferentes níveis de complexidade e detalhamento, denominados Tiers (Quadro 2).

Quadro 2 — Métodos de cálculo e descrição dos Tiers

TIER	DESCRIÇÃO	COMPLEXIDADE
1	Uso de fatores de emissão globais ou padrões do IPCC ou outras referências aplicáveis	Baixa
2	Uso de fatores de emissão nacionais ou regionais específicos, refletindo características locais dos combustíveis e tecnologias	Média
3	Aplicação de modelos avançados ou inventários altamente desagregados, incorporando dados primários detalhados e simulações tecnológicas	Alta
3a	A metodologia do IPCC é um nível avançado de cálculo das emissões de GEE, que utiliza dados específicos, modelos detalhados ou monitoramento direto. No setor de transporte, isso significa considerar dados operacionais reais (p.e.: consumo por tipo de veículo, quilometragem, medições diretas de motores), garantindo maior precisão no inventário	Muito Alta

Fonte: IPCC (2006).

2.2.2 Desenvolvimento Metodológico

O desenvolvimento metodológico do inventário foi estruturado em etapas que incluíram o levantamento de informações disponíveis em pesquisas e bases de dados, além da incorporação de referências científicas consolidadas sobre cálculos climáticos.

As entrevistas em profundidade realizadas com associações parceiras da CNT também contribuíram para a definição da abordagem mais adequada, em função de cada base de dados disponível.

O tratamento dos dados foi conduzido de forma específica para cada modo do setor de transporte. O Quadro 3 apresenta um resumo das metodologias adotadas, das fontes utilizadas e dos fatores de emissão aplicados, incluindo suas respectivas referências, organizados por modo de transporte, categorias e subcategorias. Na coluna referente a Gases e Metodologia, foram atribuídos os códigos Tier 1 (T1), Tier 2 (T2), Tier 3 (T3) e Tier 3a (3a), conforme o nível metodológico efetivamente empregado em cada caso.

Quadro 3 — Resumo das metodologias utilizada no inventário por modo do setor de Transporte

MODO DE TRANSPORTE	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	GASES E METODOLOGIA			REFERÊNCIAS	
			CO_2	CH_4	N_2O	Dados de Atividade	Fatores de Emissão
Rodoviário	Automóveis leves	Automóveis a gasolina	T2	T3	T3	Anfavea (2023); Curva de Sucateamento (MCTI, 2020 e IPCC, 2006); Intensidade de uso (Gonçalves & D'Agosto, 2017 e MCTI, 2020); Rendimento energético (Cetesb, 2023)	IPCC, 2006 (Vol. 2, Cap. 3); BEN, 2023; PBGHG, 2023
		Automóveis a etanol	T2	T3	T3		
		Automóveis flex	T2	T3	T3		Matriz energética (MCTI, 2024)
		Automóveis a diesel	T2	T3	T3		
		Automóveis eletrificados	T2	—	—		
	Comerciais leves	Comerciais a gasolina	T2	T3	T3	Anfavea (2023); Curva de Sucateamento (MCTI, 2020 e IPCC, 2006); Intensidade de uso (Gonçalves & D'AGOSTO, 2017 e MCTI, 2020);	IPCC, 2006 (Vol. 2, Cap. 3); BEN, 2023; PBGHG, 2023
		Comerciais a etanol	T2	T3	T3		
		Comerciais flex	T2	T3	T3		
		Comerciais a diesel	T2	T3	T3		

MODO DE TRANSPORTE	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	GASES E METODOLOGIA			REFERÊNCIAS	
			CO_2	CH_4	N_2O	Dados de Atividade	Fatores de Emissão
Rodoviário	Motocicletas					Rendimento energético (Cetesb, 2023)	
		Motocicletas a gasolina	T2	T3	T3	Abraciclo (2023); Intensidade de uso (Gonçalves & D'Agosto, 2017 e MCTI, 2020); Rendimento energético (Cetesb, 2023)	IPCC, 2006 (Vol. 2, Cap. 3); BEN, 2023; PBGHG, 2024
		Motocicletas a etanol	T2	T3	T3		
		Motocicletas flex	T2	T3	T3		
	Veículos pesados	Caminhões leves a diesel	T2	T3	T3		
		Caminhões semileves a diesel a diesel	T2	T3	T3	Frota licenciada: Anfavea (2023) e MMA (2014); Curva de Sucateamento (MCTI, 2020 e IPCC, 2006); Intensidade de uso	IPCC, 2006 (Vol. 2, Cap. 3); BEN, 2023; PBGHG, 2024
		Caminhões médios a diesel	T2	T3	T3		
		Caminhões pesados a diesel	T2	T3	T3		

MODO DE TRANSPORTE	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	GASES E METODOLOGIA			REFERÊNCIAS	
			CO_2	CH_4	N_2O	Dados de Atividade	Fatores de Emissão
Rodoviário	Veículos pesados					(Despoluir, 2025); Rendimento energético (Cetesb, 2023)	
		Caminhões eletrificados	T2	—	—	Frota licenciada: Anfavea (2023) e MMA (2014); Curva de Sucateamento (MCTI, 2020 e IPCC, 2006); Intensidade de uso (Despoluir, 2025); Rendimento energético (ANTP, 2023)	Matriz energética (MCTI, 2024)
	Ônibus e micro-ônibus	Ônibus urbanos a diesel	T2	T3	T3	Frota licenciada: Anfavea (2023) e NTU (2023); Curva de Sucateamento (MCTI, 2020 e IPCC, 2006); Intensidade de uso (Despoluir, 2025)	IPCC, 2006 (Vol. 2, Cap. 3); BEN, 2023; PBGHG, 2023
		Ônibus rodoviários a diesel	T2	T3	T3		

MODO DE TRANSPORTE	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	GASES E METODOLOGIA			REFERÊNCIAS	
			CO_2	CH_4	N_2O	Dados de Atividade	Fatores de Emissão
Rodoviário	Ônibus e micro-ônibus					Rendimento energético (Cetesb, 2023)	
		Ônibus eletrificados	T2	—	—	Frota licenciada: Anfavea (2023) e MMA (2014); Curva de Sucateamento (MCTI, 2020 e IPCC, 2006); Intensidade de uso (Despoluir, 2025); Rendimento energético (ANTP, 2023)	Matriz energética (MCTI, 2024)
		Micro-ônibus a diesel	T2	T3	T3	Frota licenciada Anfavea (2023) e NTU (2023); Curva de Sucateamento	IPCC, 2006 (Vol. 2, Cap. 3); BEN, 2023

MODO DE TRANSPORTE	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	GASES E METODOLOGIA			REFERÊNCIAS	
			CO_2	CH_4	N_2O	Dados de Atividade	Fatores de Emissão
Ferroviário	Carga	—	T2	T2	T2	Locomotivas (ANTT e ANTF, 2023); Consumo anual de combustível (ANTT, 2023)	IPCC, 2006 (Vol. 2, Cap. 3); BEN, 2023; PBGHG, 2024, EMEP/EEA
	Passageiros	—	T2	T2	T2	Trens, metrôs e VLTs, consumo anual de combustível e eletricidade (ANPTrilhos, 2023)	IPCC, 2006 (Vol. 2, Cap. 3); BEN, 2023; PBGHG, 2023; EMEP/EEA, Sistema Interligado Nacional do Brasil - SIN (2023)

MODO DE TRANSPORTE	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	GASES E METODOLOGIA			REFERÊNCIAS	
			CO_2	CH_4	N_2O	Dados de Atividade	Fatores de Emissão
Aeroviário	Aviação civil	Voos domésticos	T3a	T3a	T3a	Dados de rotas de viagens e modelo das aeronaves (ANAC, 2023)	IPCC, 2006; EMEP/EEA 2023
Aeroviário	Aviação civil	Voos internacionais	T3a	T3a	T3a	Dados de rotas de viagens e modelo das aeronaves (ANAC, 2023)	IPCC, 2006; EMEP/EEA 2023
Aeroviário	Aviação civil	Infraestrutura - Aeroportos	–	–	–	Dados brutos de emissões obtidos diretamente junto aos aeroportos e complementados por consultas em bancos de dados públicos.	Foi realizada a conferência metodológica; entretanto, não estão disponíveis informações detalhadas sobre cada fator de emissão adotado por cada companhia

MODO DE TRANSPORTE	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	GASES E METODOLOGIA			REFERÊNCIAS	
			CO_2	CH_4	N_2O	Dados de Atividade	Fatores de Emissão
Aquaviário	Cabotagem	Óleo diesel	T2	T2	T2	Consumo de combustível: ANP (2023)	IPCC, 2006 (Vol. 2, Cap. 3); BEN, 2023
		Óleo combustível	T2	T2	T2		
	Navios em trânsito	Óleo diesel	T2	T2	T2		
		Óleo combustível	T2	T2	T2		
	—	Infraestrutura – Terminais Portuários	—	—	—	Dados brutos de emissões obtidos diretamente junto aos terminais portuários por intermédio da ATP e complementados por consultas em bancos de dados públicos.	Foi realizada a conferência metodológica; entretanto, não estão disponíveis informações detalhadas sobre cada fator de emissão adotado por cada companhia

2.2.2.1 Modo Rodoviário

2.2.2.1.1 Abordagem Metodológica

A estimativa das emissões de GEE do modal rodoviário foi desenvolvida a partir de uma abordagem quantitativa integrada, que considera dados de frota circulante, intensidade de uso, consumo específico de combustíveis e fatores de emissão nacionais. O método adotado está fundamentado nas Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa, publicado pelo IPCC em 2006, e no Programa Brasileiro GHG Protocol, assegurando consistência com metodologias internacionalmente aceitas e compatibilidade com inventários nacionais.

Foram considerados os gases CO_2, CH_4, N_2O e dióxido de carbono de origem biogênica (CO_2 bio).

- Os gases CO_2 e CO_2 bio são estimados a partir do conteúdo de carbono dos combustíveis e biocombustíveis, respectivamente, sendo possível sua determinação com razoável confiabilidade diretamente sobre o volume consumido. Para este Inventário, utilizam-se fatores nacionais, gases e metodologia Tier 2.
- Os gases não CO_2 (CH_4 e N_2O) apresentam maior variabilidade em função da tecnologia veicular, condições de uso e combustão. Dessa forma, foram aplicados fatores de emissão diferenciados, de base nacional (GHG Protocol Brasil), configurando um nível de detalhamento compatível ao Tier 3.

Para o presente estudo, adotou-se predominantemente a abordagem *bottom-up*, com base em dados de frota, disponibilizados por Anfavea, Abraciclo, NTU, MMA, intensidade de uso (dados do Programa Ambiental do Transporte – Despoluir) e curvas de sucateamento, complementados por dados da Cetesb e fatores de emissão do IPCC e MCTI, conforme explicitado no Quadro 3. A abordagem *top-down* foi utilizada de forma complementar, como referência de controle de consistência, ao se comparar os totais de consumo de combustíveis estimados com dados agregados de estatísticas energéticas nacionais.

Por fim, o cálculo das emissões do modal rodoviário enquadraram-se majoritariamente no Tier 2, uma vez que foram utilizados fatores de emissão e dados de consumo nacionais disponibilizados pelas associações: Cetesb, Anfavea, Abraciclo e Balanço Energético Nacional, utilizados em substituição aos valores padrões globais do IPCC.

Algumas etapas do cálculo, como a estimativa da frota e a utilização de curvas de sucateamento específicas, apresentaram características próximas ao Tier 3, refletindo elevado nível de detalhamento metodológico.

2.2.2.1.2 Dados de atividade

Para o desenvolvimento dos cálculos de emissões para o modo rodoviário, foram utilizadas principalmente as bases de dados das seguintes associações:

- Anfavea, com a utilização de dados de automóveis novos licenciamentos disponibilizados no Anuário de 2024, ano-base 2023;[15]
- Abraciclo, com o acesso aos dados de motocicletas da frota circulante do site e do Anuário da Abraciclo de 2024, ambos com ano-base de 2023[16]. Para as motocicletas, foi realizado um cálculo de proporcionalidade entre os modelos exclusivamente a gasolina e os modelos *flex*. Esse cálculo considerou uma regressão linear da tendência de aumento dessa proporção, utilizando como referência os dados de frota circulante disponibilizados pelo MCTI (2020);
- NTU, com a utilização de dados de automóveis novos licenciamentos disponibilizados no Anuário de 2024, ano-base 2023;
- dados complementares do relatório do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (ano-base 2012), quando não havia informações suficientes nas bases anteriores;
- base de dados do Programa Despoluir, obtidos da linha de ação denominada Avaliações Veiculares Ambientais, realizadas em veículos do ciclo Diesel no período de janeiro de 2022 a junho de 2025.

2.2.2.1.3 Frota Circulante e Curva de Sucateamento

O cálculo da frota circulante baseou-se na estimativa das vendas e veículos licenciados e das curvas de sucateamento, sendo este o principal método para a definição da frota circulante do setor.

A estimativa do tempo de permanência e da taxa de retirada de veículos em circulação é utilizada para projeções de emissões do setor de transporte. Para esse fim, aplica-se a modelagem matemática da curva de sucateamento, que descreve a probabilidade de sobrevivência de um veículo ao longo dos anos após sua fabricação.

Neste estudo, foram utilizadas as curvas de sucateamento apresentadas pelo IPCC para os veículos dos ciclos Otto e Diesel, conforme demonstradas no Quadro 4.

[15] Anuário Anfavea: Indústria Automobilística Brasileira 2024.

[16] Dados Estatísticos adquiridos no Anuário da Abraciclo 2024.

Quadro 4 – Representação da equação para curva de sucateamento

CLASSIFICAÇÃO	EQUAÇÃO	REFERÊNCIA
Veículos do ciclo Otto	$S(t) = \exp\{-\exp[a + (b * t)]\}$	IPCC 2006, Vol. 2 p. 3.28
Veículos do ciclo Diesel	$S\left(t\right) = \frac{1}{(\{1+\exp[a(t-t_0)]\})} + \frac{1}{(\{1+\exp[a(t+t_0)]\})}$	IPCC 2006, Vol. 2 p. 3.28

As variáveis das equações estão especificadas a seguir:

S (t) = fração de veículos sucateados na idade t;
a = variável de calibração
b = variável de calibração
t = idade do veículo em anos

Já os valores adotados para as variáveis a, b e t_0 foram retirados do Relatório de Referência do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2020), disponíveis no Quadro 5.

Quadro 5 – Variação dos valores de a, b e t_0, por tipo de veículo

CLASSIFICAÇÃO	VEÍCULO	VALORES ADOTADOS PARA AS VARIÁVEIS	REFERÊNCIA
Ciclo Otto	Automóveis	a = 1,798 b = -0,096	MCTI, 2020
	Comerciais leves	a = 1,618 b = -0,141	
	Motocicletas com até cinco anos de uso	a = 0,9239 b = -0,0931	MCTI, 2015*
	Motocicletas com acima de cinco anos de uso	a = 1,3173 b = -0,1757	
Ciclo Diesel	Comerciais leves	a = 0,17 t_0 = 17	MCTI, 2020
	Ônibus e micro-ônibus	a = 0,16 t_0 = 19,1	
	Caminhões	a = 0,08 t_0 = 19,1	

*Para a subcategoria de motocicletas foi considerado o valor de frota circulante previamente disponibilizado pela Abraciclo e MMA, não sendo necessária a aplicação da curva de sucateamento.

Com base nos dados estimados para cada curva de sucateamento por idade do veículo, a frota circulante é calculada a partir da seguinte fórmula:

$$F_i = V * (1 - s(t))$$

Sendo,
F_i = frota circulante do veículo i;
V = número de veículos vendidos;
S (t) = fração de veículos sucateados na idade t

Dessa forma, a frota circulante é estimada para cada tipo de veículo e respectivas subcategorias, permitindo a obtenção de valores mais representativos e aderentes à realidade da dinâmica de circulação veicular no Brasil.

2.2.2.1.4 Coeficiente de Rendimento Energético

Os coeficientes de rendimento energético de cada categoria e subcategoria veicular foram obtidos a partir dos dados disponíveis pela Cetesb (2023)[17]. Tais coeficientes expressam o consumo específico de combustível, em litros por quilômetro percorrido, parâmetro usualmente referido como autonomia veicular.

No caso dos ônibus e caminhões eletrificados, a autonomia foi considerada em termos de consumo específico de energia elétrica (kWh/km), com base em estudo publicado pela ANTP no ano de 2023[18].

Para os automóveis eletrificados, adotou-se a média ponderada do rendimento energético de todos os modelos de veículos elétricos (elétrico a bateria, híbrido plug-in e híbrido convencional), conforme dados do Inmetro de 2023[19].

[17] Dados oriundos do Relatórios de Emissões Veiculares no Estado São Paulo: planilha Fator de Emissão, ano 2023.

[18] Informações coletadas no estudo de Custos dos Serviços de Transporte Público por ônibus elétrico.

[19] Média retirada da Tabela de Eficiência Energética de Veículos Automotores Leves.

2.2.2.1.4.1 Cálculo do consumo de combustível

A adoção de uma abordagem desagregada e individualizada para cada fonte energética, com metodologia *bottom-up*, foi aplicada ao inventário do modo rodoviário. Nesse contexto, a estimativa da frota circulante em cada subcategoria, obtida por meio da modelagem matemática da curva de sucateamento, serviu como base para a definição dos parâmetros de atividade. Posteriormente, foram incorporadas a intensidade média de utilização e a eficiência energética dos veículos, de modo a estimar o consumo de combustíveis de forma consistente com a dinâmica operacional da frota.

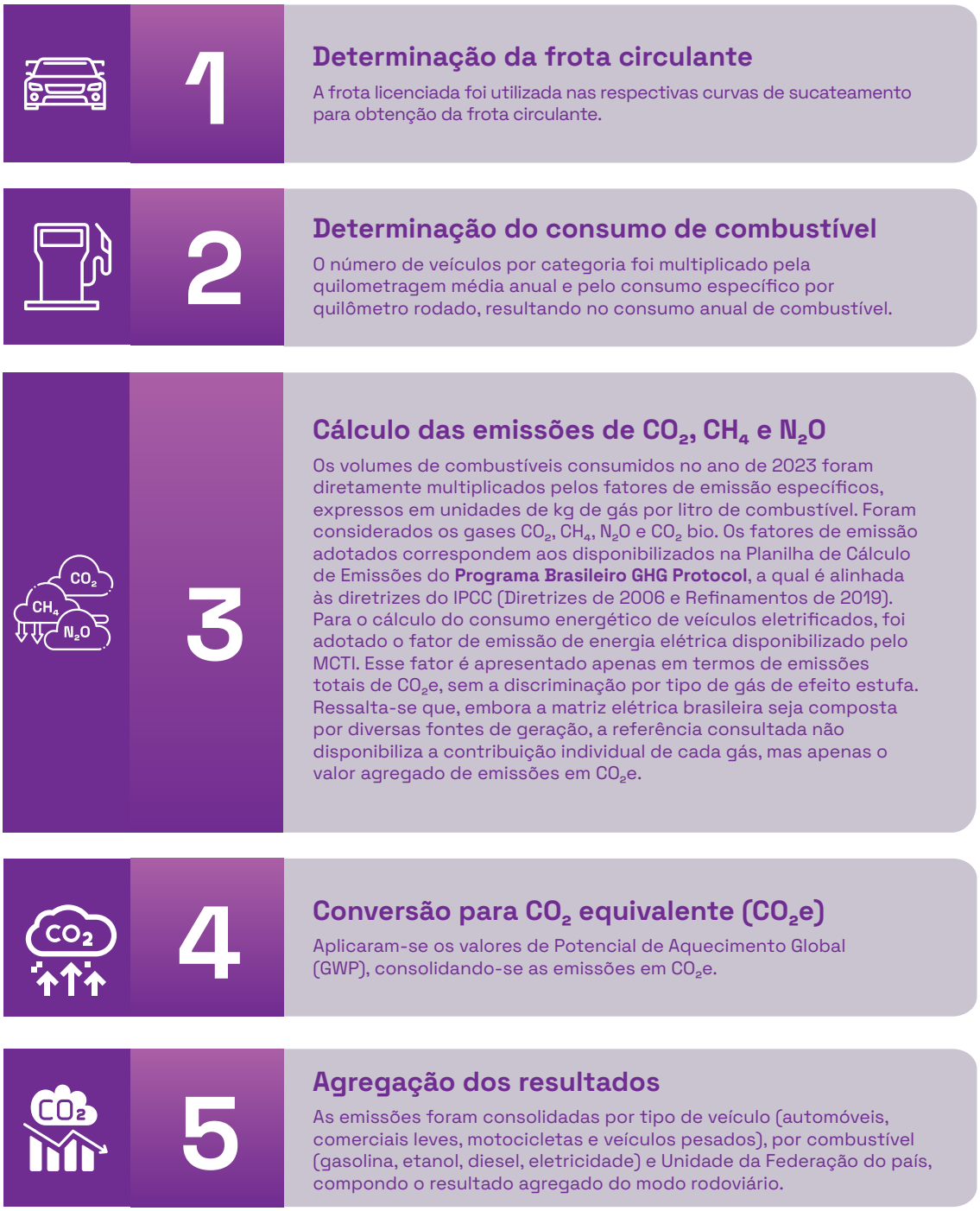
De forma geral, o consumo de combustível para cada categoria e subcategoria de veículo foi estimado com base na seguinte equação:

$$C_i = F_i * (Iu_i * Q_i)$$

C_i = consumo de combustível no veículo i;
F_i = frota circulante do veículo i;
Iu_i = intensidade de uso do veículo i;
Q_i = rendimento energético do veículo i

2.2.2.1.5 Procedimentos de Cálculo das Emissões

Figura 4 — Procedimento de cálculo das emissões - modo rodoviário



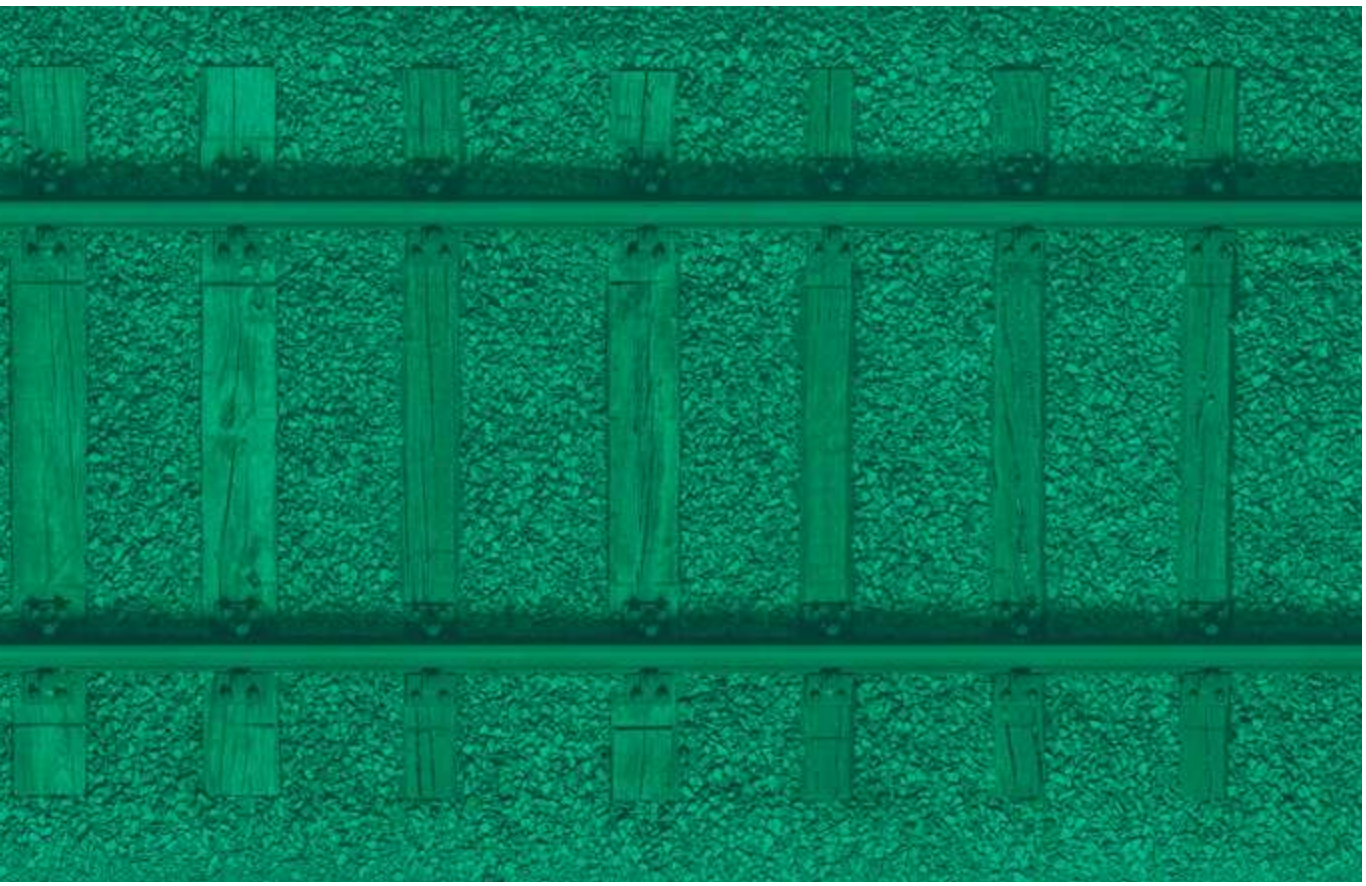
Fonte: Elaboração Ambipar (2025), com diagramação da CNT.

Box II: Premissas e Limitações Metodológicas — Modo Rodoviário
• A frota circulante foi estimada com base em séries de produção, vendas e taxas de sucateamento, aplicando curvas específicas para veículos ciclo Otto e Diesel.
• A intensidade de uso foi obtida a partir da quilometragem média anual por categoria veicular, sendo dados utilizados das referências MCTI (2020) e Gonçalves & D'Agosto (2017) para automóveis, comerciais leves e motocicletas e a referência do estudo realizado pelo Despoluir (CNT) com dados obtidos de janeiro de 2022 a junho de 2025 para os veículos pesados a diesel e comerciais leves a diesel.
• Especificamente para a categoria de motocicletas, os dados recebidos da ABRACICLO consideravam a frota circulante no ano de 2023, gerando a impossibilidade da aplicação da fórmula de sucateamento e, consequentemente, não sendo possível a avaliação de intensidade de uso e rendimento energético a partir dos anos de licenciamento dos veículos. Entendendo as limitações dessa abordagem, que serão endereçadas nos próximos ciclos de inventário de GEE da CNT, optou-se por considerar a intensidade de uso e o rendimento energético referente ao ano de 2023 para toda a frota circulante.
• Para veículos movidos a mais de um combustível (*flex*), a proporção de uso de gasolina comercial e etanol foi estimada a partir de estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética, em 2022, que disponibiliza a média do perfil de uso de combustíveis em veículos *flex*.
• Os veículos eletrificados foram unificados em uma única categoria para fins de simplificação de cálculo, uma vez que se encontrou significativa escassez de dados segregados por outras categorias, como: híbridos, híbridos *plug-in*, células de combustível, híbridos leves.
• Foram utilizados fatores de emissão nacionais, em unidades de quilos de gás por litro de combustível, extraídos da Planilha de Cálculo de Emissões do GHG Protocol Brasil (2024), complementados por dados Cetesb quando aplicáveis.
• Para os consumos de eletricidade em veículos, foi utilizado o fator de emissão da matriz energética disponibilizado pelo MCTI.
• A conversão para CO_2e foi realizada aplicando para potenciais de GWP do IPCC AR6.
• A composição média dos combustíveis comerciais foi utilizada a partir da média nacional para o ano de 2023, conforme resoluções da ANP para o referido ano. Para a gasolina comercial, a composição de 73% de gasolina pura e 27% de etanol anidro. Para o diesel comercial, 88,5% de diesel puro, considerado o teor médio anual de 11,5%[20] de biodiesel, tendo em vista que a Resolução ANP nº 920/2023 alterou o percentual obrigatório de mistura de 10% para 12% a partir de abril.
• O cálculo das emissões por estado brasileiro foi realizado a partir da distribuição proporcional da frota de veículos licenciados em cada UF, com base nos dados disponibilizados pelo Secretaria Nacional de Trânsito (Senatran). Dessa forma, após a quantificação das emissões totais, os resultados foram desagregados proporcionalmente, atribuindo-se a cada UF os valores correspondentes às suas respectivas participações na frota nacional.
• Cabe destacar uma importante limitação relacionada ao acesso a determinados dados disponíveis. Para a elaboração deste Inventário para o modo rodoviário, foram utilizados todos os dados públicos disponíveis e aplicadas aproximações metodológicas quando necessário. Esses dados e métodos poderão ser aprimorados e expandidos em ciclos futuros do inventário de emissões da CNT, permitindo maior detalhamento e acurácia nos resultados.

Fonte: Elaboração Ambipar (2025), com diagramação da CNT.

[20] O percentual de 11,5% refere-se a média das porcentagens estabelecidas pelo CNPE em 2023, considerando que até o mês de março, a mistura obrigatória exigia 10% de biodiesel e a partir de abril esse percentual aumentou para 12%.

2.2.2.2 Modo Ferroviário



2.2.2.2.1 Abordagem Metodológica

A estimativa das emissões de GEE do modal ferroviário foi desenvolvida a partir de uma abordagem quantitativa integrada, que considera dados de locomotivas operacionais, consumo específico de combustível e fatores de emissão nacionais e internacionais. O método adotado está fundamentado nas premissas dos seguintes documentos:

- Programa Brasileiro GHG Protocol, Balanço Energético Nacional (ano-base 2023) e 4ª Comunicação Nacional e Relatórios de Atualização Bienal do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima – Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa – Relatório de Referência – Setor Energia, Subsetor Queima de Combustíveis, Abordagem Setorial (MCTI, 2020).

Esses documentos referenciam o conteúdo do 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Diretrizes do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa),[21] bem como do EMEP/EEA, assegurando consistência com metodologias internacionalmente aceitas e compatibilidade com inventários nacionais.

Foram considerados os gases CO_2, CH_4, N_2O e CO_2 bio.

- Partindo das premissas da Lei nº 14.993/2024, que estabelece a mistura obrigatória de biodiesel ao óleo diesel, bem como define o percentual de composição de cada um desses combustíveis na formação do diesel comercial brasileiro, foi considerado no cálculo a segregação das emissões dos gases CO_2 e CO_2 bio diretamente sobre o volume consumido. Para este Inventário, utilizam-se fatores nacionais (Tier 2).
- Os gases CH_4 e N_2O apresentam maior variabilidade em função das diferentes tecnologias de pós-tratamento e ciclo de operação do motor, que existem para cada tipo de locomotiva.

Todos os aspectos supracitados afetam a proporção de emissões dos gases mensurados. Como ainda não há levantamento empírico, no contexto brasileiro, que conclua quais são os fatores de emissão específicos para cada tipo de locomotiva, foram aplicadas referências internacionais[22], configurando um nível de detalhamento compatível com o Tier 2.

2.2.2.2.2 Dados de atividade

Para o desenvolvimento dos cálculos de emissões para o modo ferroviário, foram utilizadas principalmente as bases de dados das seguintes associações:

- ANTT, com dados de locomotivas de carga, em operação, disponibilizados por planilha interna de controle, ano-base 2023;
- ANPTrilhos, com dados de trens, metrôs e VLTs urbanos, em operação, disponibilizados por meio de planilha interna de controle, ano-base 2023;
- ANTF, com dados de locomotivas de carga, em operação, disponibilizados por meio de planilha interna de controle, ano-base 2023;

[21] Com o Refinamento de 2019 das Diretrizes do IPCC de 2006.

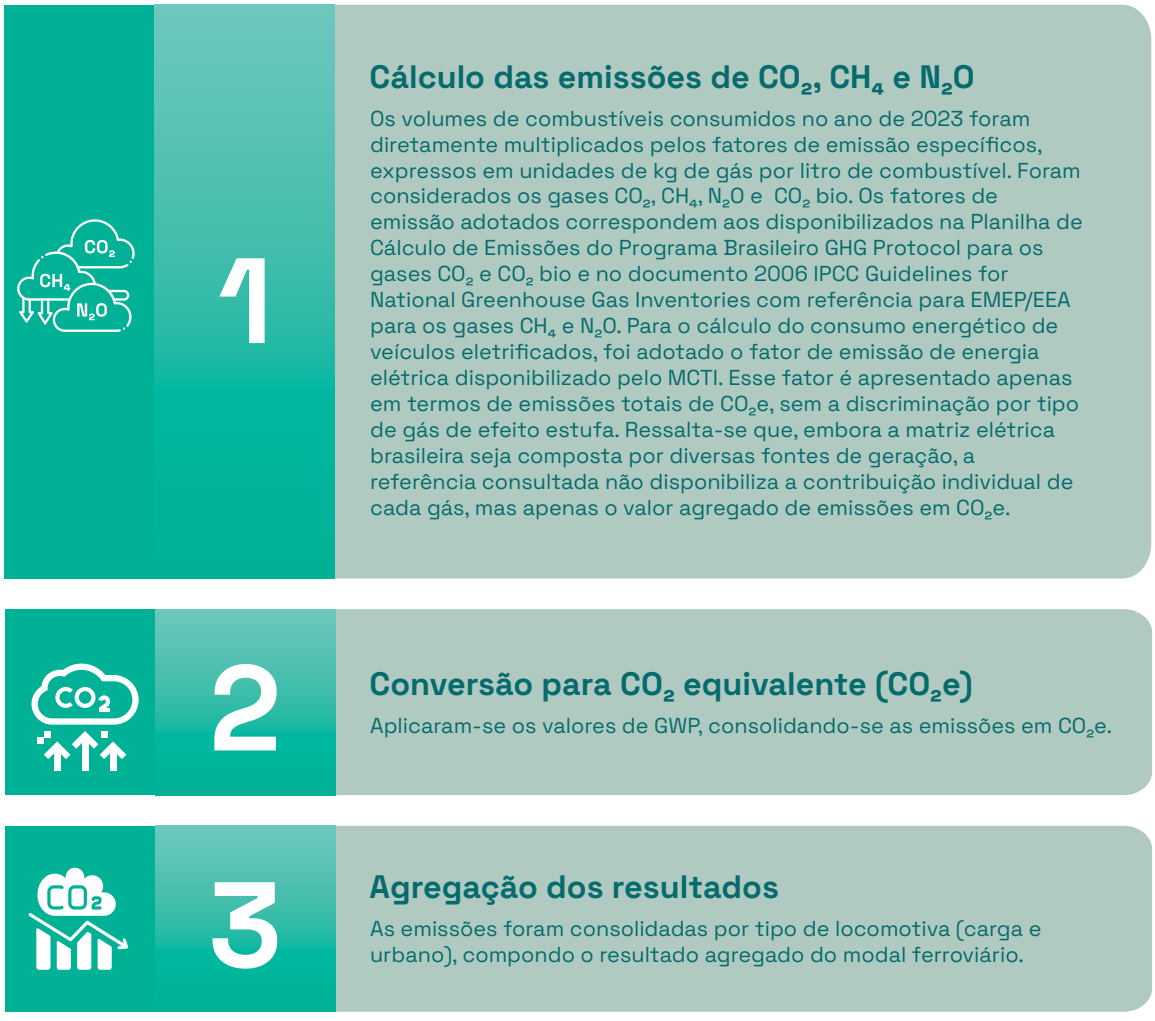
[22] De acordo com 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, com referência ao EMEP/EEA).

- dados complementares, para fins comparativos de pesquisa metodológica, do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas do Transporte Ferroviário de Cargas (ANTT, 2012).

2.2.2.2.3 Procedimentos de Cálculo das emissões

Com base na abordagem metodológica descrita e com uso das informações previamente apresentadas, as emissões foram estimadas mediante as seguintes etapas:

Figura 5 – Procedimentos de cálculo das emissões – modo ferroviário



Fonte: Elaboração Ambipar (2025), com diagramação da CNT.

Box III: Premissas e Limitações Metodológicas — Modo Ferroviário
• Para os consumos de eletricidade em veículos, foi utilizado o fator de emissão da matriz energética disponibilizado pelo MCTI no Sistema Interligado Nacional (SIN).
• A conversão para CO_2e foi realizada aplicando os GWPs do IPCC AR6 (Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), referência mais atualizada.
• Foram desconsiderados neste Inventário: ferrovias de transporte de passageiros não regular e eventual, que abrangem os trens com finalidade turística, histórico-cultural ou comemorativa (exceto as ferrovias de passageiros da Vale, que estão com o consumo integrado ao transporte de cargas), bem como queima de combustível usado em outras atividades como fontes ferroviárias estacionárias relativas à infraestrutura (maquinário e veículos de pátio, combustão de gás natural ou carvão para aquecimento de vagões, uso de óleos lubrificantes, emissões oriundas de refrigeração etc).
• A composição média do diesel comercial foi utilizada a partir da média nacional para o ano de 2023, conforme resoluções da ANP para o referido ano. Sendo: 88,5% de diesel puro e 11,5%[23] de biodiesel, considerado o teor médio anual de biodiesel, tendo em vista que a Resolução ANP nº 920/2023 alterou o percentual obrigatório de mistura de 10% para 12% a partir de abril.
• Cabe destacar uma importante limitação relacionada ao acesso a determinados dados disponíveis. Para a elaboração deste inventário para o modo ferroviário, foram utilizados todos os dados disponíveis atualmente e aplicadas aproximações metodológicas quando necessário. Esses dados e métodos poderão ser aprimorados e expandidos em ciclos futuros do inventário de emissões da CNT, permitindo maior detalhamento e acurácia nos resultados.

Fonte: Elaboração Ambipar (2025), com diagramação da CNT.

[23] O percentual de 11,5% refere-se a média das porcentagens estabelecidas pelo CNPE em 2023, considerando que até o mês de março, a mistura obrigatória exigia 10% de biodiesel e a partir de abril esse percentual aumentou para 12%.

2.2.2.3 Modo Aeroviário

2.2.2.3.1. Abordagem Metodológica

A estimativa das emissões de GEE do modal aéreo foi conduzida por meio de uma abordagem quantitativa integrada, fundamentada em dados oficiais disponibilizados pela ANAC. A metodologia adotada está ancorada nas Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa, publicadas pelo IPCC em 2006 (2006 IPCC Guidelines), incorporando as atualizações propostas pelo Refinamento de 2019, de modo a assegurar consistência com protocolos internacionalmente aceitos e compatibilidade com os inventários nacionais. Para a presente análise, aplicou-se o nível metodológico Tier 3a, o qual integra informações relativas aos aeródromos de origem e destino, às distâncias efetivamente percorridas entre eles e às especificidades técnicas do modelo de aeronave empregado.

Foram considerados os gases CO_2, CH_4 e N_2O. As estimativas de CO_2 e dos gases não CO_2 (CH_4 e N_2O) foram realizadas a partir dos fatores de emissão padrão para o querosene de aviação, conforme estabelecido nas Diretrizes do IPCC 2006. As conversões necessárias basearam-se nos valores de densidade e Poder Calorífico Inferior (PCI) do combustível, conforme informações disponibilizadas no Balanço Energético Nacional (BEN, 2023).

No presente estudo, adotou-se predominantemente a abordagem Tier 3a, fundamentada em dados referentes às distâncias percorridas e aos tipos de aeronave (ANAC, 2023), o que permitiu estimar o consumo específico de querosene de aviação por rota e por aeronave.

É importante destacar que, na abordagem Tier 3a, as emissões de CH_4 foram consideradas apenas no ciclo LTO, uma vez que esse gás é identificado exclusivamente durante o consumo de combustível na fase de táxi (ANAC, 2024).

2.2.2.3.2. Dados de atividade

A ANAC disponibilizou os seguintes conjuntos de dados (referentes ao ano-base 2023):

- rotas (aeródromos de origem e destino e suas respectivas distâncias);
- consumo estimado de querosene de aviação;
- tipo de aeronave; e
- classificação dos voos como domésticos ou internacionais, considerando como referência a origem em território brasileiro.

2.2.2.3.3. Cálculo do consumo de combustível

O cálculo de consumo de combustível, especificamente de querosene de aviação, para os dados de atividade se deu a partir do cálculo detalhado para cada rota disponibilizada. Dessa forma, foi calculada a distância a partir da aproximação da distância direta entre os aeródromos de origem e destino a partir da coordenada geográfica e considerado o raio médio da Terra, de acordo com a seguinte equação:

EQUAÇÃO

$$d_{GC} = 2a \sin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}\right) R_T$$

Sendo:

- d_{GC} = distância direta estimada (km);
- $\Delta\varphi$ = diferença entre as latitudes dos aeródromos de origem e destino;
- φ_1 = latitude do aeródromo de origem;
- φ_2 = latitude do aeródromo de destino;
- $\Delta\lambda$ = diferença entre as longitudes dos aeródromos de origem e destino;
- R_T = raio médio da Terra = 6.371 km, conforme padrão adotado pela Fédération Aéronautique Internationale (FAI).

A partir dessas informações, o consumo de combustível foi calculado separadamente para cada fase do voo e, posteriormente, somado para obtenção do consumo total. Cada fase é detalhada a seguir.

2.2.2.3.3.1. Consumo de combustível em cruzeiro

A fase de voo de cruzeiro é definida como a etapa realizada pelas aeronaves em altitudes superiores a 914,4 metros ou 3 mil pés (ANAC, 2024).

A metodologia de cálculo adotada baseou-se no guia de emissões da EMEP/EEA (2023) e no Anexo 1 deste documento, que apresenta, para cada família de aeronaves, dados tabelados de consumo de querosene de aviação em função da distância percorrida (em milhas náuticas). Os resultados consideram o perfil dos voos como altitude de cruzeiro, que varia de acordo com a distância e influência nos tempos das diferentes fases do trajeto — decolagem, cruzeiro e pouso. Para cada distância, a massa de combustível consumido ou a massa de gases emitidos é determinada por interpolação linear dos dados tabelados, conforme a equação apresentada a seguir (ANAC, 2024):

EQUAÇÃO
$$M_{a,d,g} = Y_{1ag} + \left(Y_{2ag} - Y_{1ag}\right)\left(\frac{d - X_1}{(X_2 - X_1)^2}\right)$$

Sendo,

- M = massa expressa em kg do combustível consumido ou do gás emitido *g* no voo de distância *d* percorrida pela aeronave *a*;
- d = distância de voo em km calculada entre os aeródromos de origem e destino;
- X_1 = distância tabelada imediatamente inferior à distância *d*;
- X_2 = distância tabelada imediatamente superior à distância *d*;
- Y_1 = massa de combustível consumida ou massa do gás *g* emitida tabelada para a aeronave *a* para a distância X_1; e
- Y_2 = massa de combustível consumida ou massa do gás *g* emitida tabelada para a aeronave *a* para a distância X_2.

2.2.2.3.3.2. Consumo de combustível no ciclo LTO

O ciclo de pouso e decolagem (LTO) contempla todas as etapas de voo próximas ao aeródromo realizadas pelas aeronaves em altitudes inferiores a 914,4 metros (3 mil pés) (ANAC, 2024).

Como demonstrado na Figura 6, o ciclo LTO é composto por 6 fases de voo.

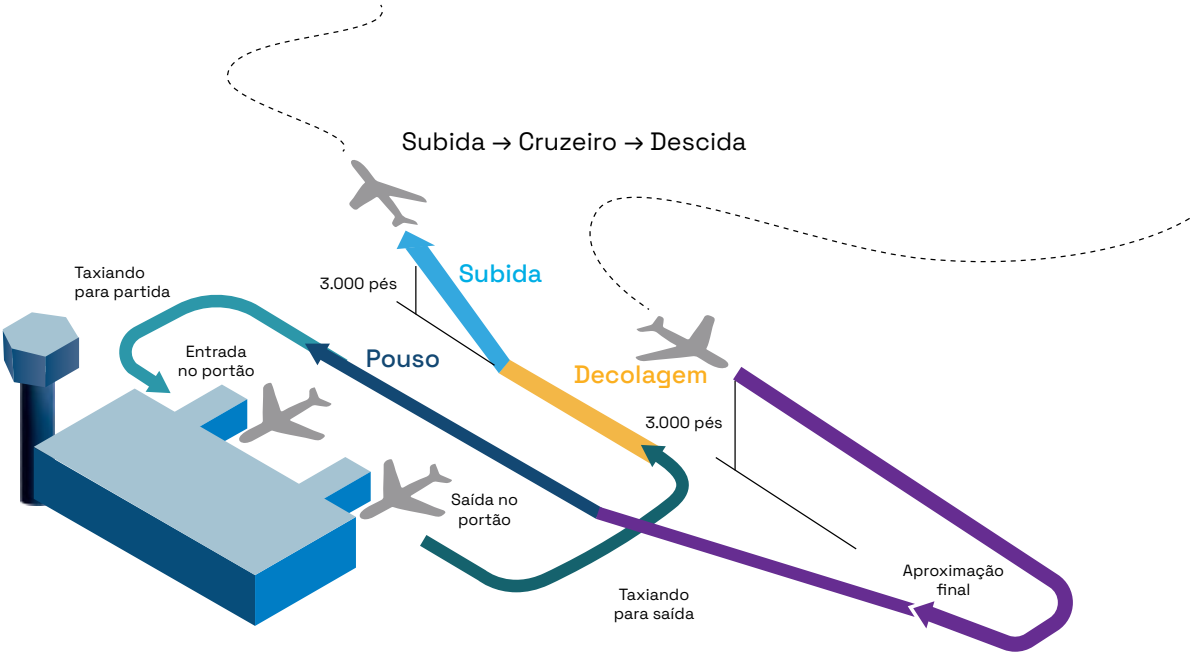
1. Partida

1. Táxi de partida (*taxi-out*)
2. Decolagem (*take-off*)
3. Início da subida para cruzeiro (*climb-out*)

2. Chegada

1. Aproximação final (*final approach*)
2. Toque e corrida de desaceleração (*landing*)
3. Táxi de chegada (*taxi-in*)

Figura 6 – Ciclo de pouso e decolagem (ciclo LTO)



Fonte: Inventário ANAC (2024).

O consumo de combustível para o ciclo LTO também foi estimado individualmente, considerando os valores obtidos na Metodologia do Inventário da EMEP/EEA e no Anexo 1 deste estudo, para cada aeronave, conforme informações da ICAO.

2.2.2.3.3.3. Consumo de Combustível por APU

As aeronaves de transporte regular contam com a Unidade Auxiliar de Energia (APU), uma turbina a gás acoplada a um gerador elétrico, responsável por fornecer energia elétrica e pneumática durante operações em solo.

Geralmente localizada no cone de cauda, sua alimentação provém do combustível armazenado nos tanques principais. As emissões da APU resultam da queima de querosene de aviação, comparáveis às dos motores principais. Diferentemente destes, as APUs não são certificadas e informações sobre regime de operação, tempo de uso e fatores de emissão não são amplamente disponíveis (ANAC, 2024).

Para estimar o consumo de combustíveis das aeronaves referente ao uso da APU, utilizou-se como base o **Documento 9889 – Manual de Qualidade do Ar em Aeroportos** (ICAO, 2020), especificamente a **Tabela 3-A1-3 – Valores representativos das emissões da APU para cada operação de aeronave**. Essa tabela apresenta a quantidade de combustível consumido, diferenciando operações de curta e longa distâncias. A própria referência define como longa distância os voos realizados por um grupo específico de aeronaves com alcance máximo superior a 8 mil quilômetros. Nesse grupo, estão incluídos os modelos de aeronaves A330, A340, A380, B747, B767-200ER, B763, B764, B777, B787 e IL96. As demais aeronaves, conforme instruído na própria referência, foram classificadas no perfil de consumo de combustível para curta distância.

2.2.2.3.4. Procedimentos de cálculo de emissões

Com base no procedimento detalhado anteriormente, a metodologia de cálculo das emissões em Tier 3a foi organizada de forma sintética no fluxograma (Figura 7), demonstrando as etapas principais desde a coleta de dados de rotas até a consolidação das emissões em carbono equivalente (CO_2e).

Figura 7 — Procedimento de cálculo das emissões - modo aeroviário

Fonte: Elaboração Ambipar (2025), com diagramação da CNT.

2.2.2.3.5. Emissões de Infraestrutura – Aeroportos

O cálculo das emissões de GEE provenientes da infraestrutura aeroportuária é importante para uma compreensão abrangente da contribuição das emissões do modo aéreo no setor de transporte. Embora a maior parte das emissões do setor esteja associada à operação e combustão direta pelas aeronaves, as emissões de Escopos 1 e 2 dos aeroportos, incluindo eletricidade, combustíveis para veículos de apoio, sistemas de climatização e geração de energia própria, por exemplo, representam uma parcela significativa das emissões. Considerar essas emissões permite identificar oportunidades de mitigação, apoiar a formulação de políticas públicas e estratégias corporativas de descarbonização, além de possibilitar comparações consistentes entre diferentes modos e níveis da cadeia de transporte.

Foram recebidas informações sobre os aeroportos participantes do programa Aeroportos Sustentáveis, da ANAC, complementadas com pesquisas em bancos de dados públicos para identificar aqueles que divulgaram suas emissões para o ano de 2023.

As análises abrangeram as emissões de Escopo 1 (emissões diretas da operação dos aeroportos) e Escopo 2 (emissões indiretas associadas ao consumo de eletricidade), proporcionando um panorama consolidado das emissões da infraestrutura aeroportuária. Os dados disponíveis correspondem a emissões brutas em CO_2e, sem detalhamento específico por tipo de gás, mas abrangendo gases do efeito estufa como CO_2, CH_4, N_2O e outros GEE contemplados pelas diretrizes do IPCC, incluindo HFCs, PFCs e SF_6.

A metodologia reportada pelos aeroportos foi verificada quanto à consistência com os padrões adotados no restante do relatório, seguindo as Diretrizes do IPCC de 2019 e do GHG Protocol, garantindo a comparabilidade dos dados com os cálculos de emissões de outros setores abordados.

Box IV: Premissas e Limitações Metodológicas — Modo Aeroviário
• Foram utilizados os registros de voos comerciais e internacionais ocorridos em 2023, disponibilizados pela ANAC, incluindo informações de origem e destino, distância percorrida e número de ocorrências de cada voo (Tier 3a).
• Fatores de conversão e bases de dados: ➔ Fase de cruzeiro: consumo e emissões estimados com base na base de dados do Guia de Inventário de Emissões de Poluentes Atmosféricos EMEP/EEA 2023 – Arquivo 1.A.3.a — Anexo 1 ➔ Ciclo LTO (decolagem, subida, aproximação e taxiamento): base de dados EMEP/EEA – Arquivo 1.A.3.a — Anexo 1 ➔ Consumo de APU: conforme Documento 9889 Manual de Qualidade do ar em Aeroportos (ICAO, 2020)
• Estimativa do consumo no ciclo LTO: os valores foram obtidos considerando a potência dos motores de cada modelo de aeronave disponível no documento 9889 ICAO. Para os modelos sem correspondência, utilizou-se a média dos valores disponíveis.
• Estimativa do consumo da APU: Para cada aeronave, o consumo de combustível foi obtido do Documento 9889 Manual de Qualidade do ar em Aeroportos (ICAO, 2020), considerando: ➔ aeronaves de longa distância: modelos especificados no documento; ➔ aeronaves de curta distância: demais modelos.
• Foram utilizados fatores de emissão em unidades de kg de gás por kg de combustível, extraídos do IPCC (2006), complementados por dados BEN (2023) quando aplicáveis, para a metodologia Tier 3a.
• A conversão para CO_2e foi realizada aplicando os GWPs do IPCC AR6.
• Foram incluídos apenas os consumos de querosene de aviação e gasolina de aviação, não sendo considerados outros combustíveis, como Combustível Sustentável de Aviação (SAF), devido à escassez de informações disponíveis para o ano de referência.
• Todos os dados utilizados para estimativa de consumo de combustível nos Ciclos LTO, APU e cruzeiro foram obtidos a partir de bases europeias. Há escassez de informações regionais específicas para o Brasil, considerando a extensão territorial, características e duração dos voos domésticos e internacionais. Essa limitação pode afetar a precisão das estimativas de consumo de combustível e, consequentemente, das emissões calculadas, reforçando a necessidade de desenvolvimento de dados nacionais para futuras atualizações do inventário.
• Para o ano de 2023, nem todos os aeroportos disponibilizaram ou detinham os dados de emissões de GEE. Alguns ainda não realizam inventários próprios, o que limita a abrangência e detalhamento das informações sobre Escopo 1 e Escopo 2. A falta de dados completos e padronizados reforça a necessidade de mais engajamento para a disponibilização de informações consistentes e comparáveis, de modo a melhorar a qualidade e confiabilidade dos inventários de emissões do setor.

Fonte: Elaboração Ambipar (2025), com diagramação da CNT.

2.2.2.4 Modo Aquaviário

2.2.2.4.1 Abordagem metodológica

As emissões de GEE relacionadas ao transporte aquaviário foram estimadas a partir de dados oficiais disponibilizados pela ANP. O procedimento metodológico adotado tem como referência as Diretrizes do IPCC para Inventários Nacionais de Gases do Efeito Estufa (2006 IPCC Guidelines), considerando também as atualizações introduzidas pelo Refinamento de 2019, de forma a garantir comparabilidade internacional e aderência às práticas utilizadas nos inventários nacionais.

Para a quantificação, foi aplicado o Tier 2, contemplando o consumo de óleo combustível e óleo diesel no setor aquaviário. Foram utilizados parâmetros específicos ao contexto brasileiro,

tais como a densidade e o poder calorífico inferior dos combustíveis, com base nas informações do Balanço Energético Nacional (BEN, 2023).

As estimativas abrangeram as emissões de CO_2, CH_4 e N_2O, calculadas a partir dos fatores de emissão recomendados pelo IPCC (2006) para cada tipo de combustível analisado.

2.2.2.4.2 Dados de atividade

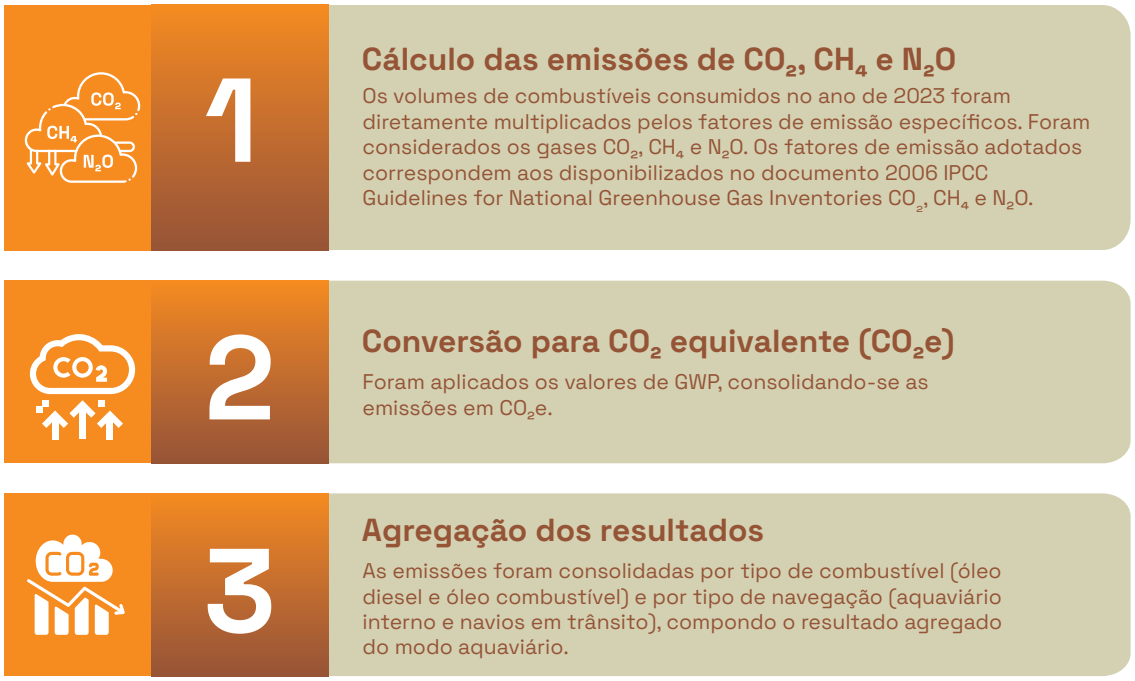
Para o desenvolvimento dos cálculos de emissões para o modo aquaviário, foi utilizada como base de dados:

- ANP, para o ano de 2023, considerando os combustíveis óleo diesel e óleo combustível, discriminados entre o transporte aquaviário interno, especificamente para cabotagem, e os navios em trânsito — estes últimos definidos como embarcações que partem do Brasil com destino ao exterior.

2.2.2.4.3 Procedimentos de cálculo de emissões

Com base na abordagem metodológica descrita e com uso das informações previamente apresentadas, as emissões foram estimadas mediante as seguintes etapas:

Figura 8 – Metodologia de cálculo – modo aquaviário



Fonte: Elaboração Ambipar (2025), com diagramação da CNT.

2.2.2.4.4 Emissões de Infraestrutura – Terminais Portuários

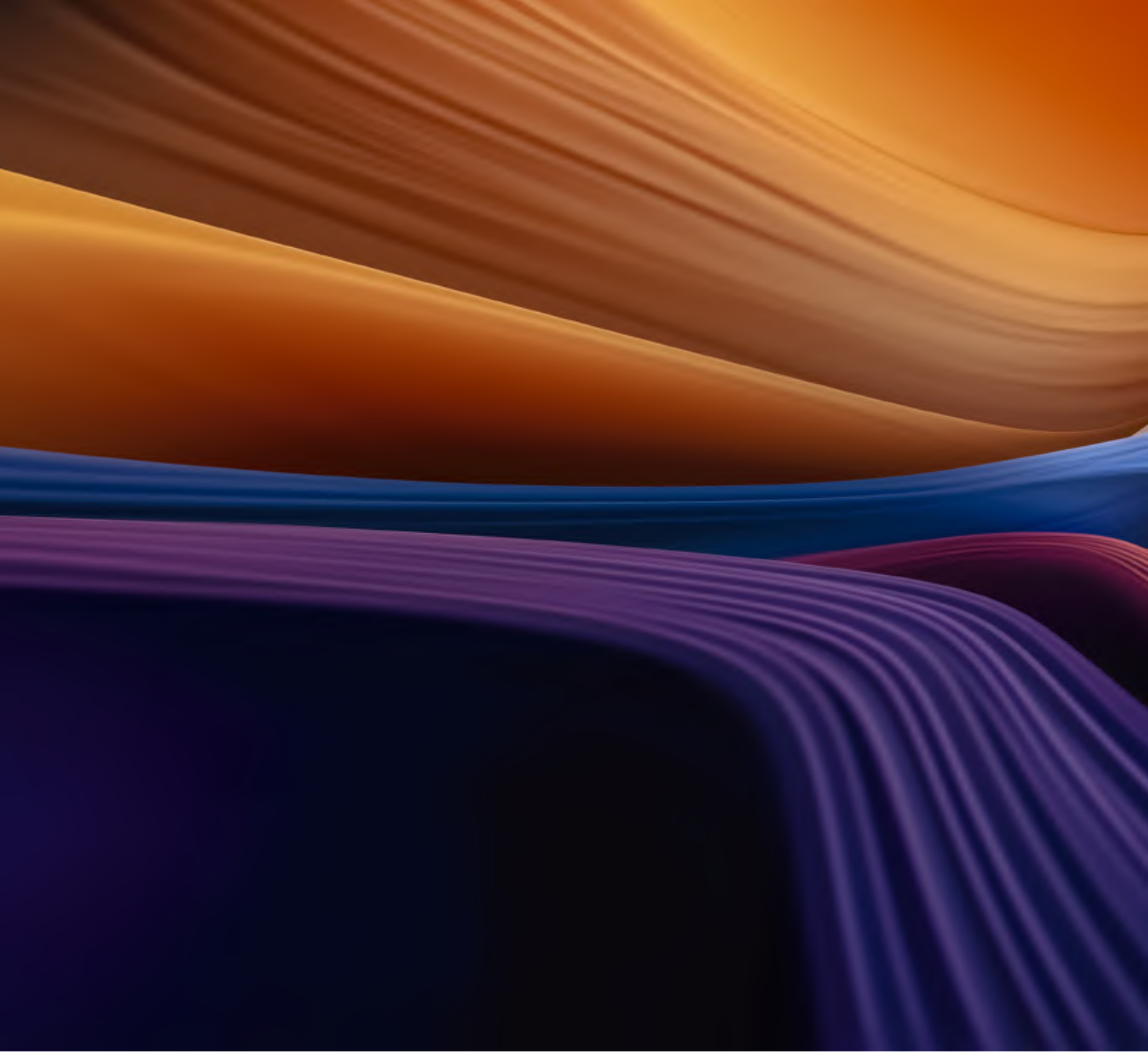
O levantamento das emissões de GEE associadas à infraestrutura portuária amplia a compreensão sobre a contribuição do modo aquaviário para o setor de transporte. Ainda que as emissões mais expressivas estejam ligadas diretamente à navegação, a operação dos terminais também desempenha um papel relevante. Nesse contexto, incluem-se fontes como consumo de eletricidade, combustíveis utilizados em veículos e equipamentos de apoio, climatização e geração própria de energia, que compõem as emissões de Escopos 1 e 2.

As informações analisadas foram disponibilizadas por terminais portuários associados à Associação de Terminais Portuários Privados (ATP) e complementadas com consultas a bases públicas que divulgaram dados referentes ao ano de 2023. Foram consideradas as emissões de Escopo 1, relativas às fontes diretas da operação, e de Escopo 2, associadas ao consumo de energia elétrica, resultando em uma visão consolidada do desempenho ambiental da infraestrutura portuária.

Os dados fornecidos correspondem a emissões brutas em CO_2e, sem discriminação por tipo de gás, mas abrangendo os principais GEEs contemplados pelas diretrizes internacionais, incluindo CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs e SF_6. A metodologia reportada pelos terminais foi avaliada quanto à sua coerência com os referenciais empregados no estudo, alinhando-se às Diretrizes do IPCC (2019 Refinement) e ao GHG Protocol, assegurando comparabilidade com os demais setores considerados no relatório.

Box V: Premissas e Limitações Metodológicas — Modo Aquaviário
• A conversão para CO_2e foi realizada aplicando os GWPs do IPCC AR6 (Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), referência mais atualizada.
• Não foi considerada a presença de biocombustível na composição do óleo diesel do setor aquaviário.
• Os dados de consumo de combustível disponibilizados se referem ao consumo interno para o processo de cabotagem, que é definida como o transporte aquaviário realizado entre portos ou pontos situados no território nacional, utilizando a via marítima ou as hidrovias interiores, sem ultrapassar os limites do país.
• É importante salientar que os dados disponibilizados pela ANP não apresentam segregação para os consumos diretos de combustíveis associados a atividades específicas, como pesca, operações militares e outros usos particulares do setor aquaviário. Essa ausência de detalhamento representa uma limitação relevante para as estimativas, pois impede apuração mais precisa das emissões por segmento. Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de aprimoramento na disponibilização e detalhamento dessas informações, de modo a permitir cálculos mais robustos e assertivos no futuro.

Fonte: Elaboração Ambipar (2025), com diagramação da CNT.



3

Resultados

Os resultados do Inventário CNT de Gases do Efeito Estufa do Setor de Transporte são apresentados a seguir por resultados gerais e por modo de transporte — rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário.

3.1 Resultados gerais

O total agregado, somando-se as emissões dos quatro modos de transporte estudados neste inventário, foi de **189.840.717,56** toneladas de CO_2e. Portanto, o setor de transporte segue relevante no perfil nacional de emissões de GEE, com predomínio de combustíveis fósseis como principal fonte de abastecimento de motores.

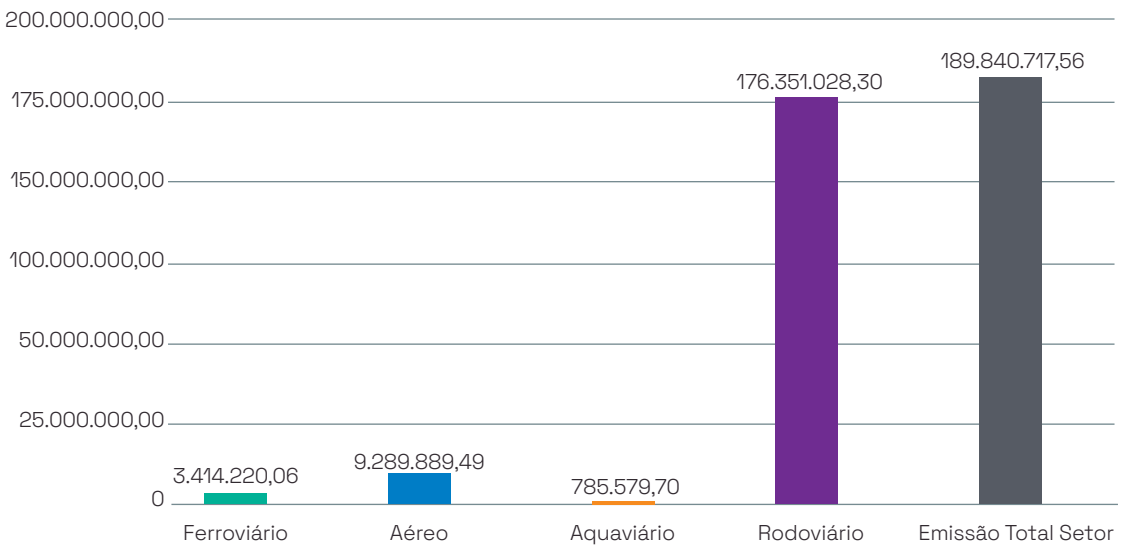
Por outro lado, as emissões biogênicas totalizaram **55.913.973,98** toneladas, advindas principalmente do modo rodoviário, que detém uma matriz diversificada de combustíveis, incluindo biodiesel e etanol.

Observando-se os resultados globais, o modo rodoviário permanece como o maior contribuinte de emissões de GEE, aproximadamente 92,9% das emissões totais do setor, dada a continuidade da relevância deste modal para o contexto nacional, com o uso prevalecente da malha rodoviária do país em suas diversas atividades.

Em segundo lugar desponta o modo aéreo, impulsionado principalmente por sua principal fonte energética, o querosene de aviação, combustível fóssil não renovável, sem componentes de mistura que reduzam seu impacto.

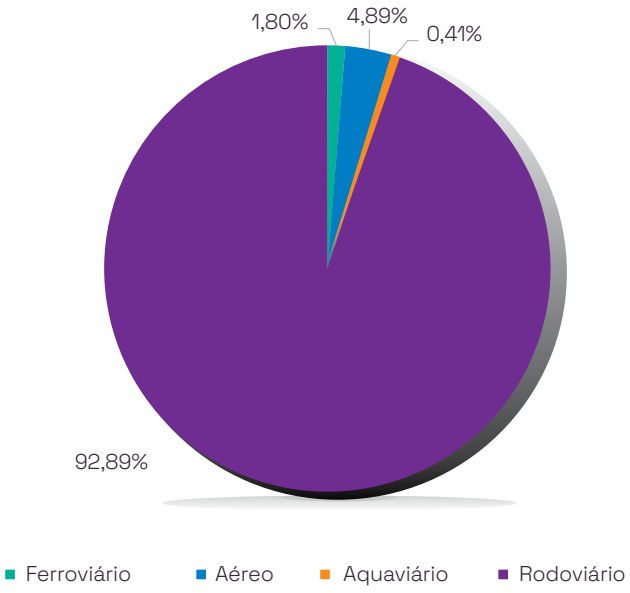
O modo ferroviário colabora com aproximadamente 1,80% das emissões totais de CO_2e, estando na terceira posição entre os quatro modais analisados. Por fim, o modo aquaviário mostrou-se como o menor emissor do setor, porém com volumes significativos, inclusive de infraestrutura, que devem ser avaliados.

Gráfico 1 – Emissões totais em toneladas de CO_2e por modo e total geral do setor de transporte



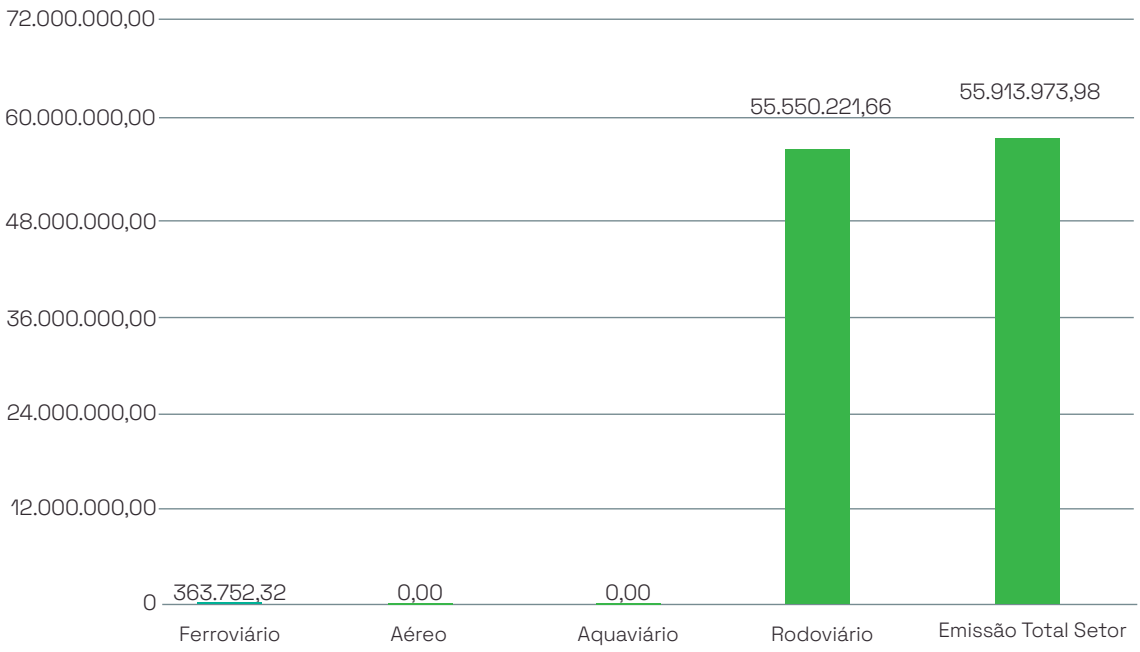
Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 2 – Contribuição por modo das emissões de CO_2e em relação ao total do setor de transporte



Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 3 – Emissões totais em toneladas de CO_2 biogênico por modo e total geral do setor de transporte



Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

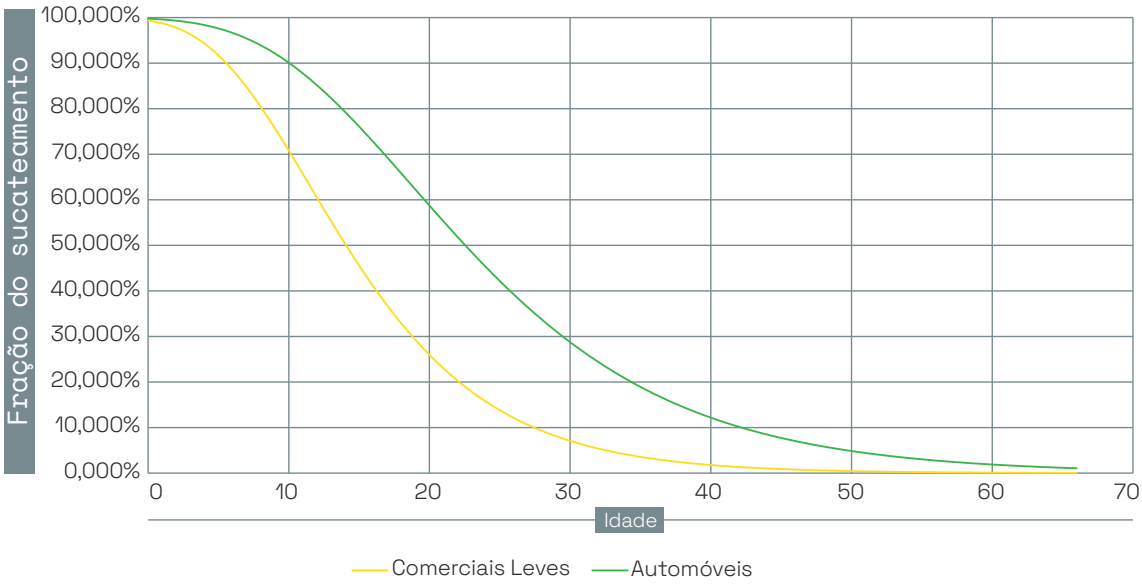
3.2 Modo Rodoviário

Para o modo rodoviário, os resultados foram organizados em categorias de veículos, de forma a representar detalhadamente como cada segmento contribui para as emissões de GEEs no país. Para todas as categorias consideradas e apresentadas no Quadro 3, foi elaborada uma curva de sucateamento que teve como objetivo refletir de maneira mais realista e consistente a composição da frota em circulação, a partir dos dados de veículos licenciados.

Essas curvas foram estruturadas de acordo com o ciclo do motor, sendo classificadas em ciclo Otto, representado pelos automóveis e comerciais leves; e ciclo Diesel, que abarca os comerciais leves a diesel, caminhões, ônibus e micro-ônibus, permitindo uma análise mais precisa do perfil etário e tecnológico da frota em cada categoria.

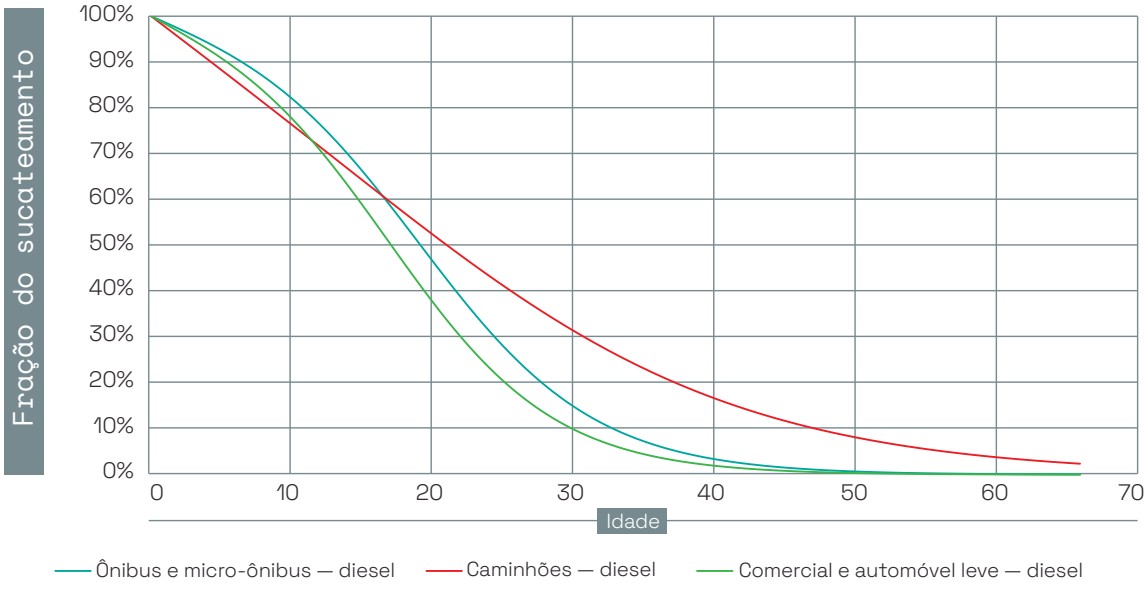
As curvas obtidas são demonstradas a seguir:

Gráfico 4 – Curva de sucateamento – Veículos ciclo Otto



Fonte: MCTI (2020) e IPCC (2006).

Gráfico 5 – Curva de sucateamento - Veículos ciclo Diesel



Fonte: MCTI (2020) e IPCC (2006).

O resultado das curvas destaca que veículos a diesel apresentam vida útil mais longa, refletindo tanto a robustez construtiva desses motores quanto a prática de se prolongar sua utilização em função do alto valor de aquisição. Em contrapartida, motocicletas e comerciais leves do ciclo Otto são substituídos mais rapidamente, o que impacta diretamente nas emissões de GEE, ao favorecer a renovação tecnológica da frota.

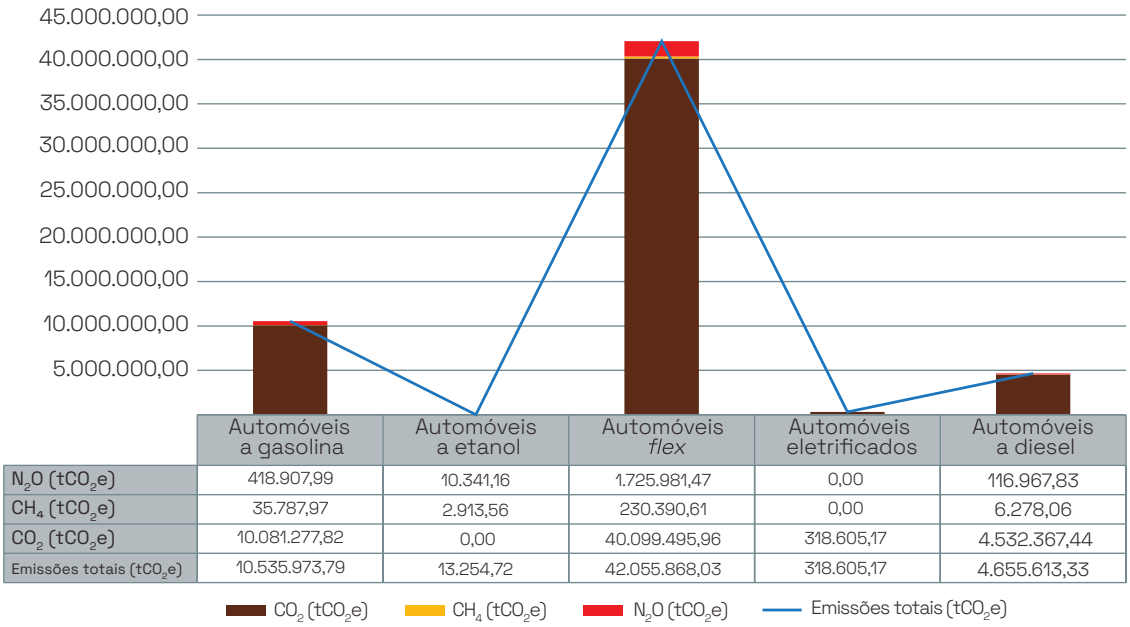
Esse comportamento diferenciado entre ciclos e categorias de veículos foi considerado na análise das emissões, uma vez que influencia a participação relativa de tecnologias mais modernas ou mais antigas em circulação, afetando diretamente o perfil de emissões do modo rodoviário.

3.2.1 Automóveis Leves

Para as emissões da categoria de automóveis leves, foram considerados neste estudo os automóveis movidos a gasolina, etanol, *flex* e a diesel.

Com base na curva de sucateamento e em dados de intensidade de uso dos veículos, as emissões para os automóveis leves foram calculadas de acordo com o procedimento da Figura 4 e estão descritas nos gráficos a seguir:

Gráfico 6 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais da categoria de veículos automóveis



	Automóveis a gasolina	Automóveis a etanol	Automóveis *flex*	Automóveis eletrificados	Automóveis a diesel
N_2O (tCO_2e)	418.907,99	10.341,16	1.725.981,47	0,00	116.967,83
CH_4 (tCO_2e)	35.787,97	2.913,56	230.390,61	0,00	6.278,06
CO_2 (tCO_2e)	10.081.277,82	0,00	40.099.495,96	318.605,17	4.532.367,44
Emissões totais (tCO_2e)	10.535.973,79	13.254,72	42.055.868,03	318.605,17	4.655.613,33

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

A análise evidencia diferenças relevantes no perfil de contribuição de cada tecnologia de combustível. Os automóveis *flex* concentram a maior parcela das emissões, totalizando aproximadamente 42,1 milhões de tCO_2e em 2023, reflexo direto da expressiva participação dessa categoria na frota nacional e do uso combinado de gasolina e etanol em sua operação. Essa condição os coloca em patamar superior de emissões em comparação às demais tecnologias.

Já os automóveis exclusivamente a gasolina registraram cerca de 10,5 milhões de tCO_2e, enquanto os movidos exclusivamente a etanol responderam por aproximadamente 13 mil tCO_2e. Esses valores reduzidos decorrem da baixa representatividade dessas categorias, uma vez que a difusão dos veículos *flex* reduziu de forma significativa a presença de tecnologias dedicadas a um único combustível a partir de 2003.

No caso do etanol, vale destacar que as emissões de CO_2 não são contabilizadas como fósseis, pois têm origem biogênica, restando apenas CH_4 e N_2O, que, embora em menores quantidades, apresentam elevado potencial de aquecimento global.

Quanto aos automóveis a diesel, as emissões foram estimadas em torno de 4,7 milhões de tCO_2e. Apesar de utilizarem combustível fóssil, sua participação no total permanece limitada devido ao baixo número de unidades licenciadas nessa categoria, tradicionalmente voltada a nichos específicos de mercado.

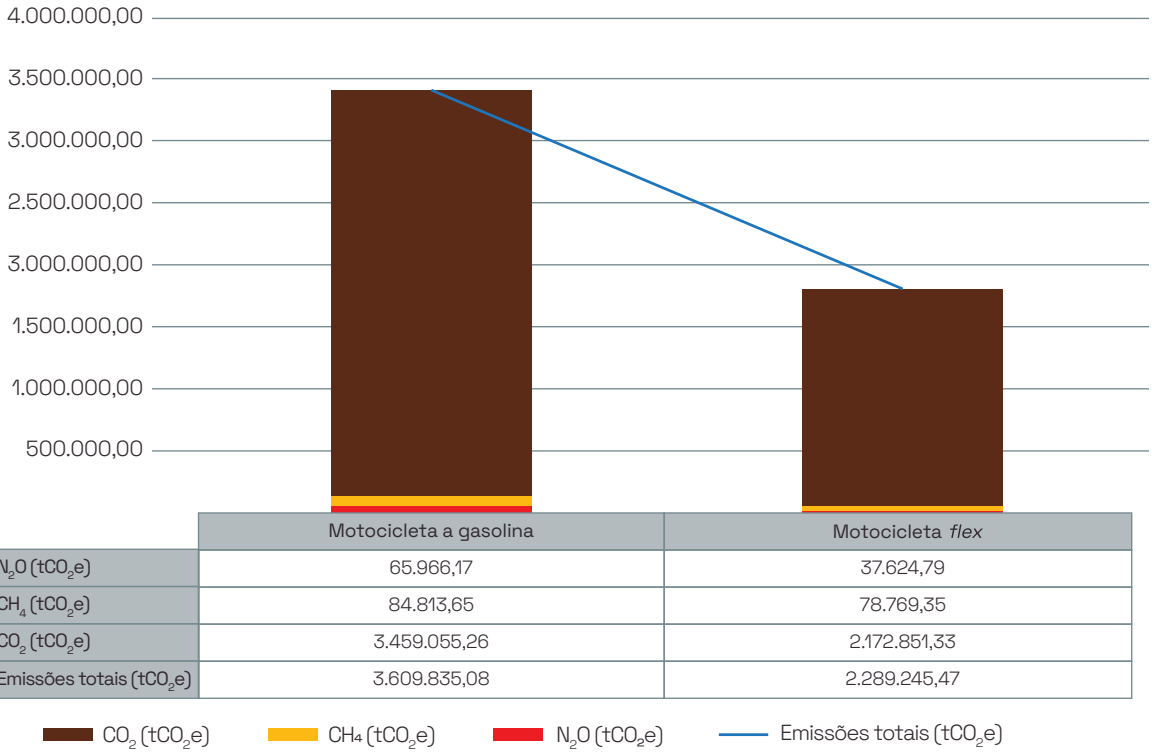
Os automóveis eletrificados, por sua vez, apresentam emissões diretas bastante reduzidas, com cerca de 0,3 milhão de tCO_2e. No entanto, a geração da eletricidade consumida por esses veículos também resulta na emissão de CO_2, CH_4 e N_2O. O fator de emissão atualmente disponibilizado, entretanto, não discrimina os gases individualmente, reportando apenas um valor agregado em CO_2e.

Além disso, os eletrificados ainda correspondem a uma parcela pequena da frota nacional, o que explica seu peso pouco expressivo no total de emissões do setor. Tendo em vista um cenário de mercado favorável, com ampliação de licenciamentos de veículos eletrificados, é esperado o aumento do consumo de energia, entretanto, sem garantias de que essa demanda será suprida necessariamente por fontes renováveis.

3.2.2 Motocicletas

As emissões para as motocicletas foram calculadas conforme procedimento demonstrado na Figura 4 e estão descritas nos gráficos a seguir:

Gráfico 7 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Categoria motocicletas



	Motocicleta a gasolina	Motocicleta *flex*
N_2O (tCO_2e)	65.966,17	37.624,79
CH_4 (tCO_2e)	84.813,65	78.769,35
CO_2 (tCO_2e)	3.459.055,26	2.172.851,33
Emissões totais (tCO_2e)	3.609.835,08	2.289.245,47

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

As motocicletas em geral apresentam as menores emissões do setor rodoviário, sendo que as motocicletas a gasolina totalizaram 3,6 milhões tCO_2e, ainda que represente a segunda maior frota, atrás somente dos automóveis *flex*, resultado de sua presença consolidada na frota brasileira desde a década de 1980. Já as motocicletas *flex* emitiram 2,3 milhões tCO_2e, ainda tendo participação reduzida, pois começaram a ser comercializadas apenas em 2009, o que explica a diferença das emissões de GEE observada entre as categorias.

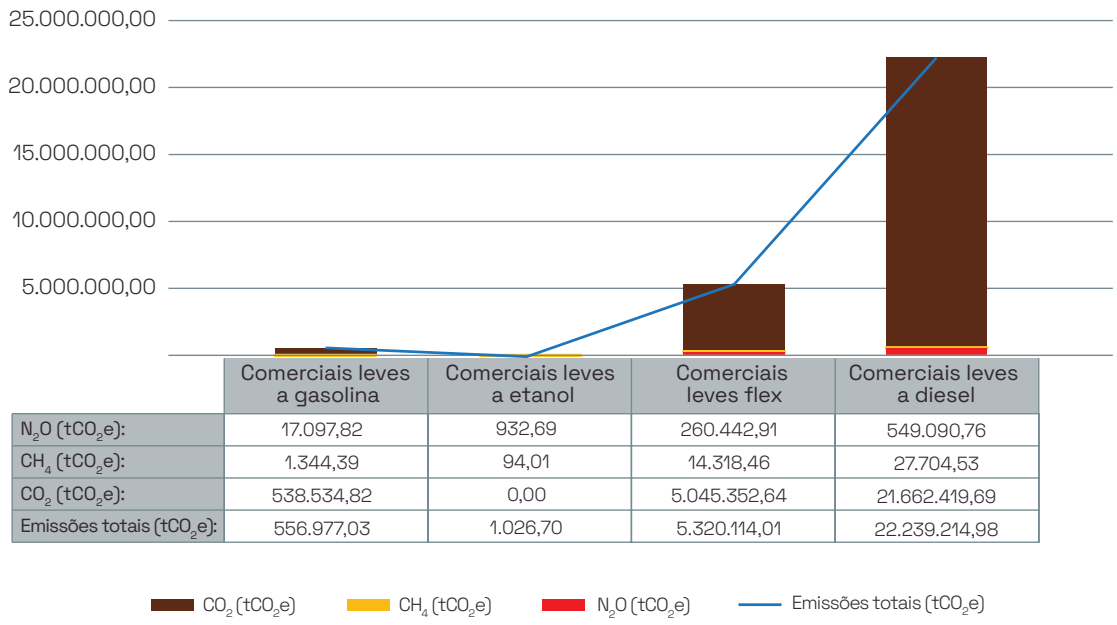
No caso das motocicletas *flex*, parte das emissões refere-se ao uso de gasolina e parte ao uso de etanol. Para este último, as emissões de CO_2 não são contabilizadas, por serem de origem biogênica e compensadas no ciclo de vida da biomassa. Assim, nessa categoria, destacam-se as emissões de CH_4 e N_2O, que, embora menores em volume, possuem maior potencial de aquecimento global.

3.2.3 Comerciais Leves

Os comerciais leves são definidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE)[24] e Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea)[25] como automóveis, destinados ao transporte de pessoas e/ou cargas, com PBT de até 3,5 toneladas (p.ex.: picape, furgões e vans).

Desta forma, foram calculadas as emissões de GEE para a frota circulante dessa categoria, seguindo também a mesma metodologia descrita na Figura 4. Os resultados são expressos a seguir:

Gráfico 8 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Categoria comerciais leves



	Comerciais leves a gasolina	Comerciais leves a etanol	Comerciais leves flex	Comerciais leves a diesel
N_2O (tCO_2e):	17.097,82	932,69	260.442,91	549.090,76
CH_4 (tCO_2e):	1.344,39	94,01	14.318,46	27.704,53
CO_2 (tCO_2e):	538.534,82	0,00	5.045.352,64	21.662.419,69
Emissões totais (tCO_2e):	556.977,03	1.026,70	5.320.114,01	22.239.214,98

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

[24] Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032 – Eletromobilidade (2023).

[25] Carta da Anfavea – resultados de setembro e janeiro a setembro (2025).

As emissões de veículos comerciais leves apresentam grande variação conforme o combustível utilizado. A subcategoria a diesel concentra os maiores valores, de 22,2 milhões de tCO_2e, especialmente de N_2O, além de contribuir de forma expressiva para o total de CO_2e, resultado tanto das características de combustão quanto da trajetória histórica dessa frota, que existe desde 1963.

Os veículos *flex*, disponíveis no mercado a partir de 2003, têm a segunda maior parcela de contribuição de emissões dessa categoria de veículos, com valor de 5,3 milhões de tCO_2e. Assim como nos automóveis e motocicletas, essa categoria combina o uso de gasolina e etanol, com o CO_2 emitido no processo de combustão do etanol sendo considerado biogênico. Dessa forma, suas emissões contabilizadas concentram-se sobretudo em CH_4 e N_2O.

A frota a etanol, presente desde 1979, apresenta emissões relativamente baixas em termos absolutos, com valor de 1,0 mil tCO_2e, tanto pela menor participação na frota atual quanto pelo fato de a maior parte do CO_2 emitido ser de origem biogênica, não sendo incluído no inventário. Ainda assim, destaca-se a presença de CH_4 e N_2O, que possuem elevado potencial de aquecimento global.

Os veículos a gasolina, com informação de frota circulante desde 1957, têm participação modesta nas emissões atuais, aproximadamente 557 mil tCO_2e, reflexo da redução gradual de sua representatividade ao longo do tempo, sobretudo após a popularização dos modelos *flex*.

3.2.4 Caminhões

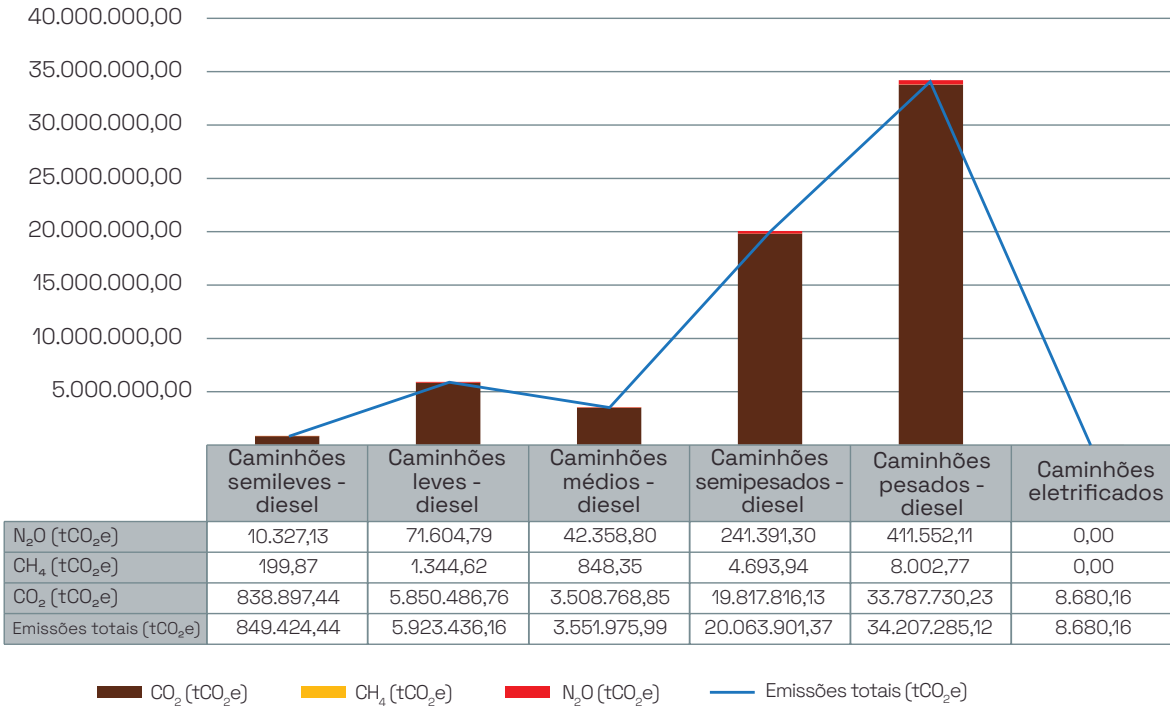
As emissões dos veículos pesados, com foco nos caminhões, são apresentadas nesta seção. Foram consideradas as seguintes subcategorias: semileves, leves, médios, semipesados e pesados, todos equipados com motores a diesel.

Além disso, foram incluídos caminhões eletrificados, para os quais não há diferenciação por capacidade de carga. Nesse caso, as emissões foram

contabilizadas de forma agregada, representando a categoria de caminhões de maneira geral.

O cálculo das emissões também seguiu o procedimento mencionado na Figura 4 e as emissões calculadas são apresentadas na sequência.

Gráfico 9 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Categoria caminhões



	Caminhões semileves - diesel	Caminhões leves - diesel	Caminhões médios - diesel	Caminhões semipesados - diesel	Caminhões pesados - diesel	Caminhões eletrificados
N_2O (tCO_2e)	10.327,13	71.604,79	42.358,80	241.391,30	411.552,11	0,00
CH_4 (tCO_2e)	199,87	1.344,62	848,35	4.693,94	8.002,77	0,00
CO_2 (tCO_2e)	838.897,44	5.850.486,76	3.508.768,85	19.817.816,13	33.787.730,23	8.680,16
Emissões totais (tCO_2e)	849.424,44	5.923.436,16	3.551.975,99	20.063.901,37	34.207.285,12	8.680,16

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

As emissões de GEE para a categoria de caminhões foram calculadas considerando fatores específicos para cada subcategoria, que refletem a tecnologia dos veículos de acordo com a capacidade de carga de transporte. Os resultados mostram uma clara relação entre porte da frota e volume de emissões, com valores crescentes das categorias semileves até os pesados, que concentram a maior parcela das emissões de CO_2, CH_4 e N_2O.

A análise quantitativa da frota em circulação evidencia a seguinte ordem crescente: eletrificados, semileves (849,4 mil tCO_2e), médios (3,5 milhões de tCO_2e), leves (5,9 milhões de tCO_2e), semipesados (20,1 milhões de tCO_2e) e pesados (34,2 milhões de tCO_2e).

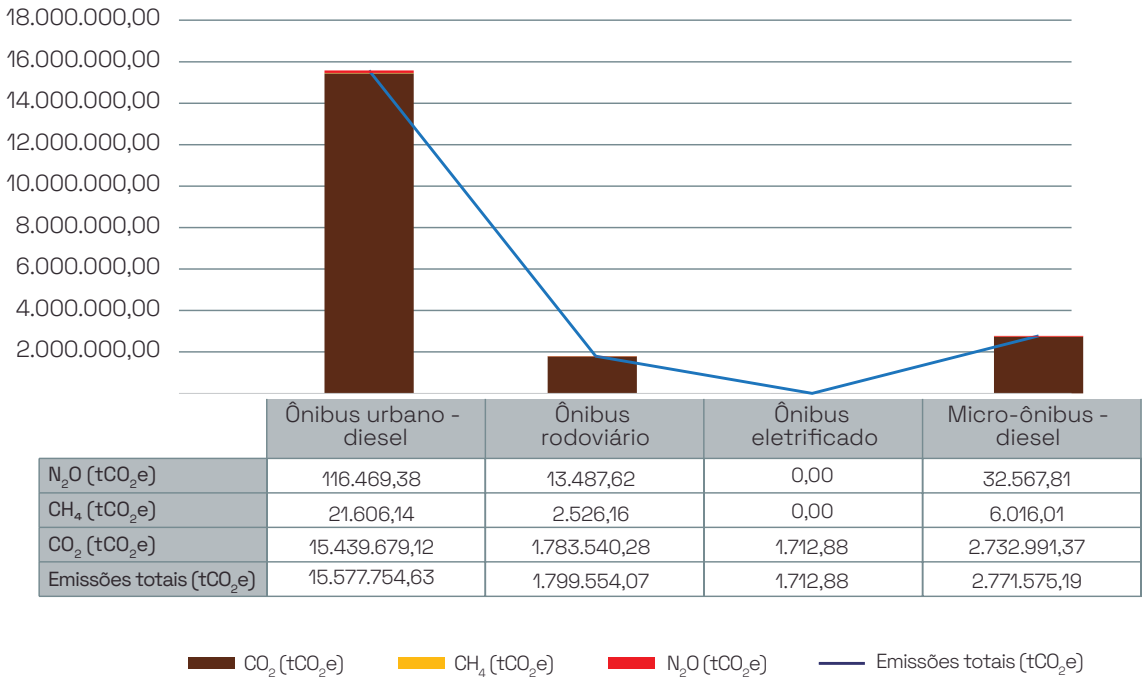
Os caminhões eletrificados contribuem com emissões diretas significativamente menores (8,6 mil tCO_2e), dado que ainda representam uma fração pouco expressiva da frota total.

Como nos demais veículos eletrificados, cabe destacar que o fator de emissão de eletricidade utilizado não discrimina os gases individualmente, apresentando apenas um valor agregado em CO_2e, o que impossibilita a avaliação desagregada de CH_4 e N_2O.

3.2.5 Ônibus e Micro-Ônibus

Para as categorias de veículos de ônibus e micro-ônibus, foram calculadas as emissões conforme a Figura 4 e estão descritas nos gráficos a seguir:

Gráfico 10 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Categoria ônibus e micro-ônibus



	Ônibus urbano - diesel	Ônibus rodoviário	Ônibus eletrificado	Micro-ônibus - diesel
N_2O (tCO_2e)	116.469,38	13.487,62	0,00	32.567,81
CH_4 (tCO_2e)	21.606,14	2.526,16	0,00	6.016,01
CO_2 (tCO_2e)	15.439.679,12	1.783.540,28	1.712,88	2.732.991,37
Emissões totais (tCO_2e)	15.577.754,63	1.799.554,07	1.712,88	2.771.575,19

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

As emissões de GEE dos ônibus e micro-ônibus foram estimadas a partir de fatores específicos que refletem as tecnologias predominantes em cada categoria. Os resultados evidenciam que os ônibus urbanos a diesel concentram a maior parte das emissões de 15,6 milhões de tCO_2e, tanto de CO_2 quanto de CH_4 e N_2O, refletindo sua ampla frota circulante e o intenso uso diário no transporte coletivo das cidades.

Na sequência, aparecem os micro-ônibus a diesel (2,8 milhões de tCO_2e), que, embora em menor escala, também contribuem de forma relevante para o total de emissões, principalmente pelo uso urbano e intermunicipal em rotas de média distância.

Já os ônibus rodoviários a diesel apresentam valores mais baixos de emissões em comparação com os urbanos, representados por 1,8 milhão de tCO_2e, o que pode estar associado ao perfil de operação, por exemplo, rotas mais longas e menos frequentes em relação ao transporte coletivo urbano e ao seu menor número de unidades.

Os ônibus eletrificados surgem como alternativa promissora pela não utilização de combustível e pela possibilidade de mitigar emissões, levando em consideração a vantagem da matriz energética brasileira, com expressiva participação de energias renováveis.

3.2.6 Emissões Biogênicas

As emissões biogênicas correspondem ao CO_2 liberado a partir da queima de combustíveis derivados de biomassa, como o etanol hidratado, o etanol anidro presente na gasolina e o biodiesel misturado ao diesel. No Brasil, os percentuais desses combustíveis são regulamentados pela ANP e estabelecidos pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que, em 2023, definiu uma média de 27% de etanol anidro na gasolina e 11,5% de biodiesel no diesel.[26] Dessa forma, parte das emissões desses combustíveis é considerada biogênica.

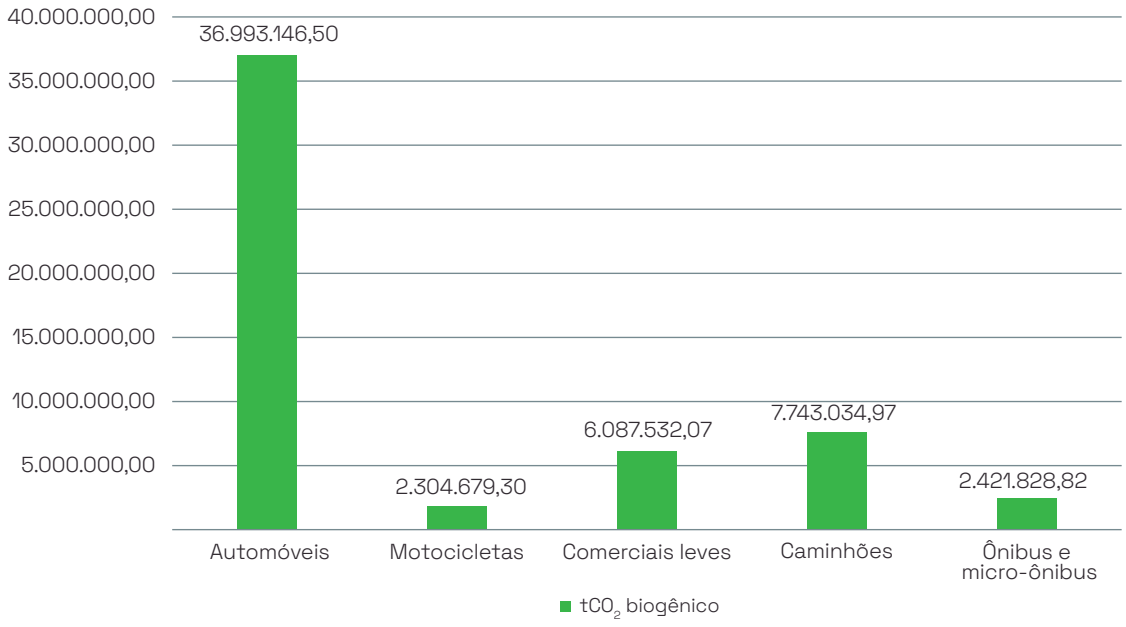
[26] O percentual de 11,5% refere-se a média das porcentagens estabelecidas pelo CNPE em 2023, considerando que até o mês de março, a mistura obrigatória exigia 10% de biodiesel e a partir de abril esse percentual aumentou para 12%.

Nos veículos que utilizam exclusivamente etanol hidratado, as emissões de CO_2 são integralmente classificadas como biogênicas. Já nos modelos *flex*, há uma combinação de emissões, refletindo o uso variável de gasolina e etanol: a gasolina contém uma fração fóssil e uma parcela biogênica proveniente do etanol anidro adicionado, enquanto o etanol hidratado é totalmente de origem biogênica. Para os segmentos movidos a diesel, como caminhões, ônibus e comerciais leves, a adição de biodiesel garante que uma fração das emissões também seja contabilizada nessa categoria.

Já no caso dos veículos eletrificados, o fator de emissão disponível não discrimina a contribuição por tipo de fonte da matriz elétrica, impossibilitando estimar a parcela biogênica associada ao uso de eletricidade. Assim, para essa categoria, as emissões biogênicas não foram consideradas separadamente.

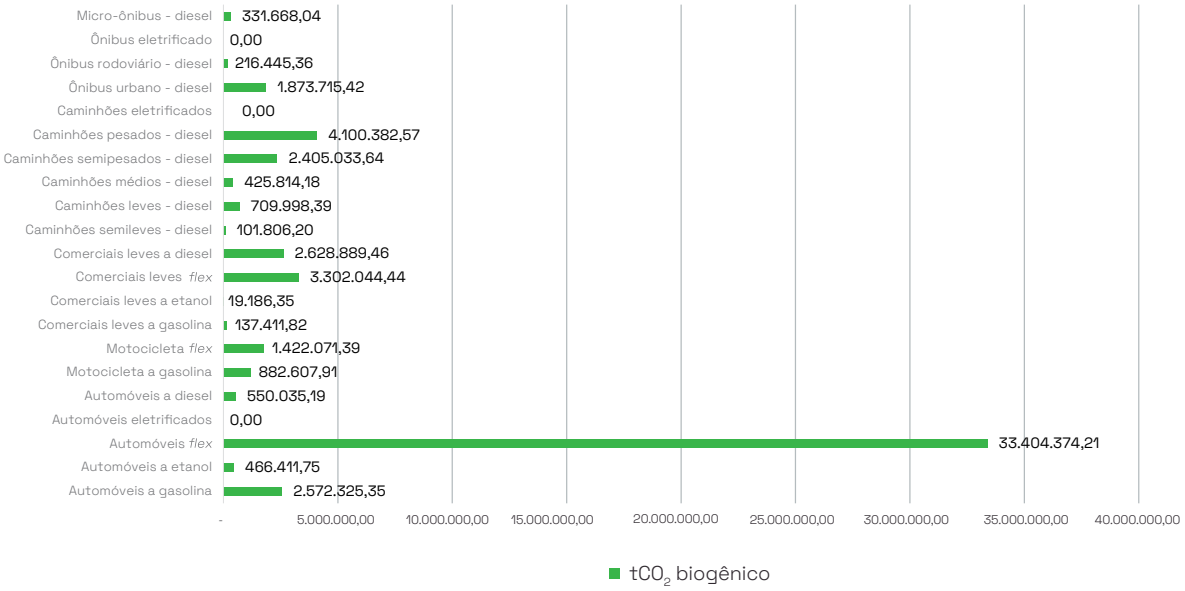
Do ponto de vista de emissões, percebe-se, portanto, a contribuição do uso de biocombustíveis no setor de transporte brasileiro.

Gráfico 11 – Emissões biogênicas do modo rodoviário, por categoria



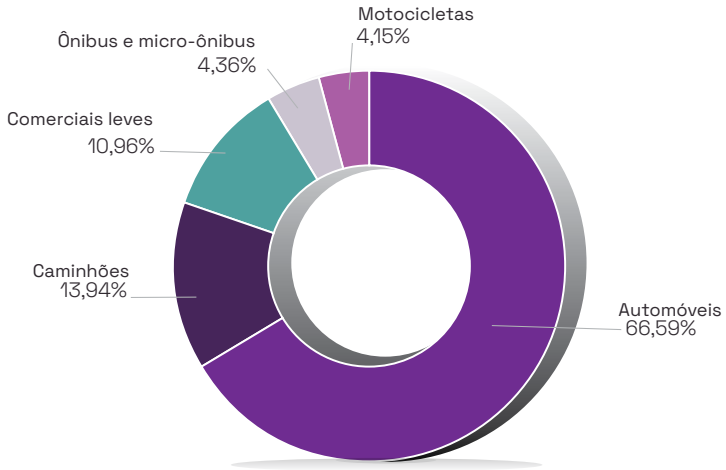
Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 12 – Emissões biogênicas do modo rodoviário, por subcategoria



Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 13 – Contribuição percentual de emissões de CO_2e biogênico do modo rodoviário, por categoria



Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Tabela 2 – Emissões Totais de CO_2 biogênico por subcategoria do modo rodoviário

CATEGORIA	PROPORÇÃO
Automóveis a gasolina	4,63%
Automóveis a etanol	0,84%
Automóveis *flex*	60,13%
Automóveis eletrificados	-
Automóveis a diesel	0,99%
Motocicleta a gasolina	1,59%
Motocicleta *flex*	2,56%
Comerciais leves a gasolina	0,25%
Comerciais leves a etanol	0,03%
Comerciais leves *flex*	5,94%
Comerciais leves a diesel	4,73%
Caminhões semileves - diesel	0,18%
Caminhões leves - diesel	1,28%
Caminhões médios - diesel	0,77%
Caminhões semipesados - diesel	4,33%
Caminhões pesados - diesel	7,38%
Caminhões eletrificados	-
Ônibus urbano - diesel	3,37%
Ônibus rodoviário - diesel	0,39%
Ônibus eletrificado	-
Micro-ônibus - diesel	0,60%

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

A análise comparativa mostra que os automóveis *flex* e os caminhões pesados a diesel concentram as maiores parcelas de emissões biogênicas. Nos automóveis *flex*, esse resultado decorre da ampla difusão da tecnologia no país e do elevado consumo de etanol hidratado e anidro presente na gasolina, ambos integralmente ou parcialmente classificados como biogênicos.

Nos caminhões pesados, a grande representatividade da frota e o consumo elevado de diesel tornam suas emissões expressivas, mesmo que uma fração corresponda ao teor de biodiesel adicionado ao combustível.

Em seguida, destacam-se os automóveis a gasolina, veículos comerciais leves *flex*, veículos comerciais leves a diesel e os caminhões semipesados a diesel, cujas emissões refletem tanto o porte dos veículos quanto a elevada utilização no transporte de passageiros e de cargas em áreas urbanas e interurbanas. Os automóveis e as motocicletas a gasolina também contribuem de forma relevante, devido ao percentual de 27% de etanol anidro presente no combustível, regulado pela ANP.

3.2.7 Emissões por Unidade Federativa (UF)

A distribuição das emissões de GEE entre as Unidades Federativas acompanha, em grande medida, o perfil de licenciamento de veículos no país, refletindo a concentração da frota em determinadas regiões.

Observa-se que estados como São Paulo (23,6%), Minas Gerais (17,9%), Paraná (8,4%) e Santa Catarina (5,9%) lideram os valores de emissões de GEE, resultado do elevado número de veículos registrados e licenciados, da atividade econômica dessas regiões, da forte dependência do transporte rodoviário de cargas e da relevância logística de suas malhas rodoviárias.

Em posição intermediária, situam-se estados como Rio de Janeiro (5,4%), Bahia (4,1%) e Goiás (3,8%), que combinam frotas expressivas com papéis estratégicos no escoamento de mercadorias e na mobilidade regional.

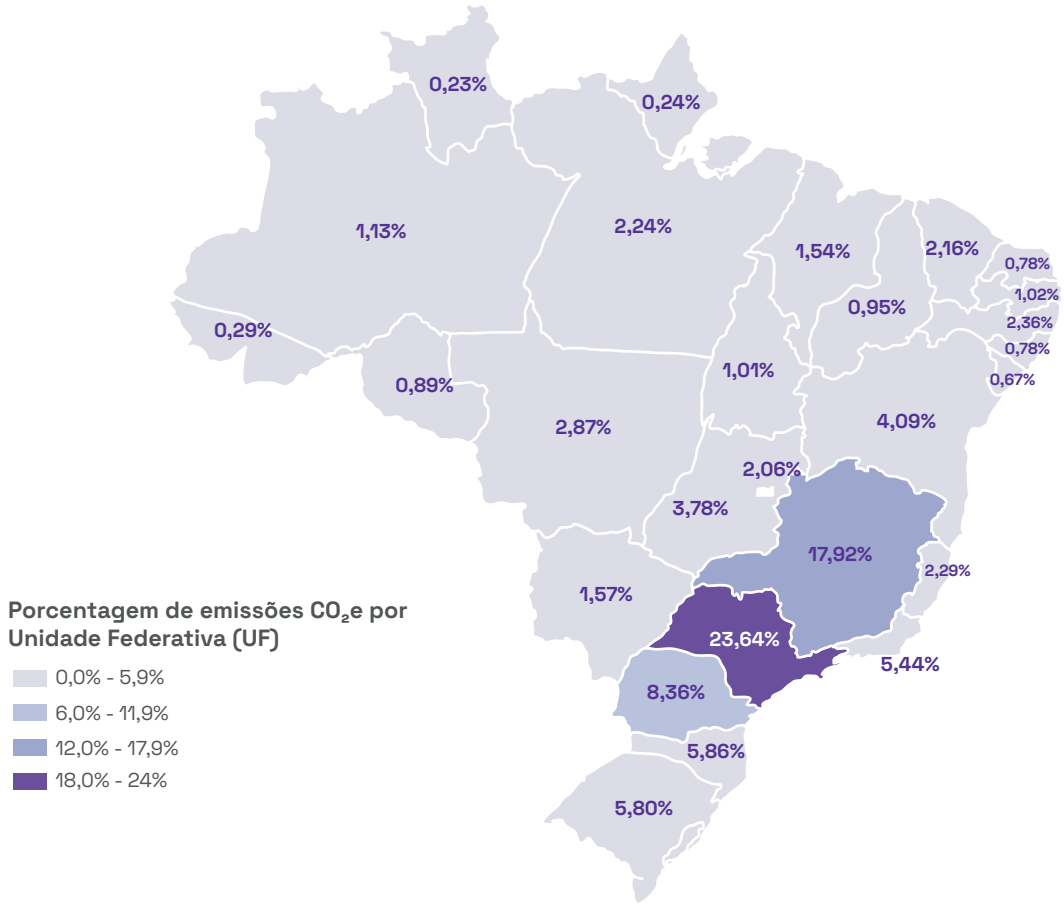
Já no outro extremo, estados da região Norte e parte do Nordeste apresentam participação mais modesta, a exemplo do Amapá e Roraima, ambos com representatividade de 0,2%. O quadro a seguir evidencia os valores absolutos e relativos das emissões de GEE expressos em CO_2e.

Tabela 3 – Emissões Totais de CO_2e por Unidade Federativa (UF)

UF	EMISSÕES CO_2e	
	TCO_2e	CO_2e (%)
São Paulo	41.692.814,78	23,60%
Minas Gerais	31.601.982,68	17,90%
Paraná	14.741.787,62	8,40%
Santa Catarina	10.337.493,80	5,90%
Rio Grande do Sul	10.232.761,58	5,80%
Rio de Janeiro	9.591.191,29	5,40%
Bahia	7.219.575,90	4,10%
Goiás	6.669.777,19	3,80%
Mato Grosso	5.069.693,63	2,90%
Pernambuco	4.166.139,60	2,40%
Espírito Santo	4.046.542,50	2,30%
Pará	3.944.277,93	2,20%
Ceará	3.814.662,49	2,20%
Distrito Federal	3.641.028,79	2,10%
Mato Grosso do Sul	2.771.650,93	1,60%
Maranhão	2.712.474,53	1,50%
Amazonas	1.993.451,64	1,10%
Paraíba	1.796.878,13	1,00%
Tocantins	1.781.485,66	1,00%
Piauí	1.681.168,04	1,00%
Rondônia	1.572.161,98	0,90%
Alagoas	1.379.644,01	0,80%
Rio Grande do Norte	1.368.820,98	0,80%
Sergipe	1.177.645,19	0,70%
Acre	504.396,63	0,30%
Amapá	428.842,45	0,20%
Roraima	412.678,35	0,20%

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 14 – Porcentagem de emissões de CO_2e do modo rodoviário por Unidade Federativa (UF)



Esses resultados evidenciam tanto o menor número de veículos licenciados quanto as especificidades estruturais dessas localidades, onde longas distâncias, baixa densidade populacional e o uso complementar de outros modais, como o transporte aquaviário, reduzem a intensidade das emissões rodoviárias.

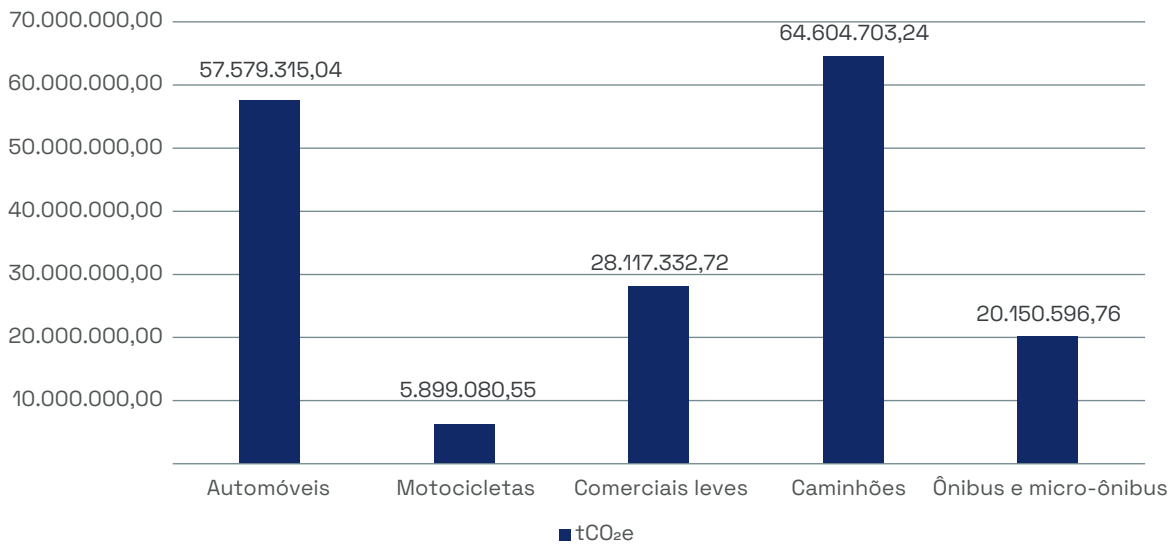
Vale ressaltar que as emissões não ocorrem necessariamente dentro dos limites do estado em que o veículo é registrado. A malha rodoviária nacional, ampla e interligada, permite que veículos licenciados em um estado circulem intensamente em outros, redistribuindo as emissões ao longo do território. Assim, os valores atribuídos a cada UF devem ser interpretados como reflexo do perfil de frota licenciada, mas não como a delimitação espacial exata da geração das emissões.

A comparação entre os extremos evidencia a forte concentração no território nacional onde, juntos, São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina são responsáveis por mais de 55% das emissões rodoviárias, enquanto todos os estados com participação individual inferior a 1%, como Rondônia, Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe, Acre, Amapá e Roraima, somados, não atingem 4% das emissões totais. Esse contraste ressalta a desigualdade regional no perfil de emissões, resultado direto das diferenças econômicas, logísticas e estruturais do país.

3.2.8 Emissões Totais

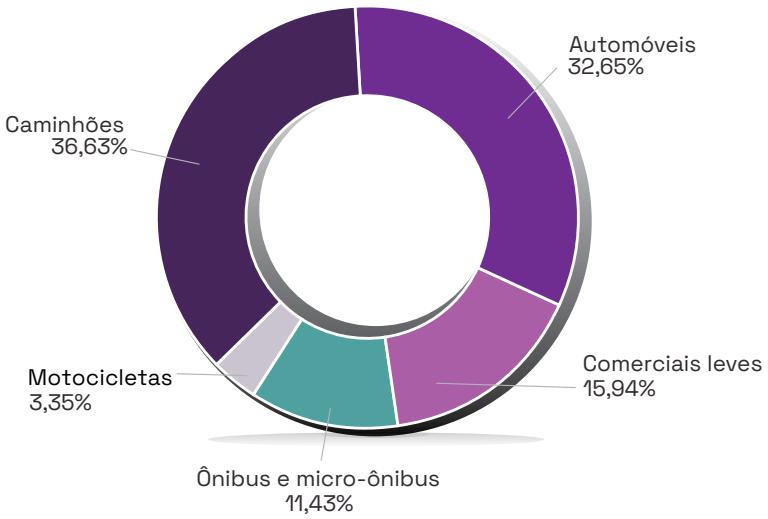
Com base nas informações analisadas por categoria de veículos no transporte rodoviário, o gráfico a seguir apresenta as emissões de CO_2e, evidenciando o perfil da frota circulante em 2023 para cada uma das categorias e subcategorias.

Gráfico 15 – Emissões totais de CO_2e do modo rodoviário, por categoria



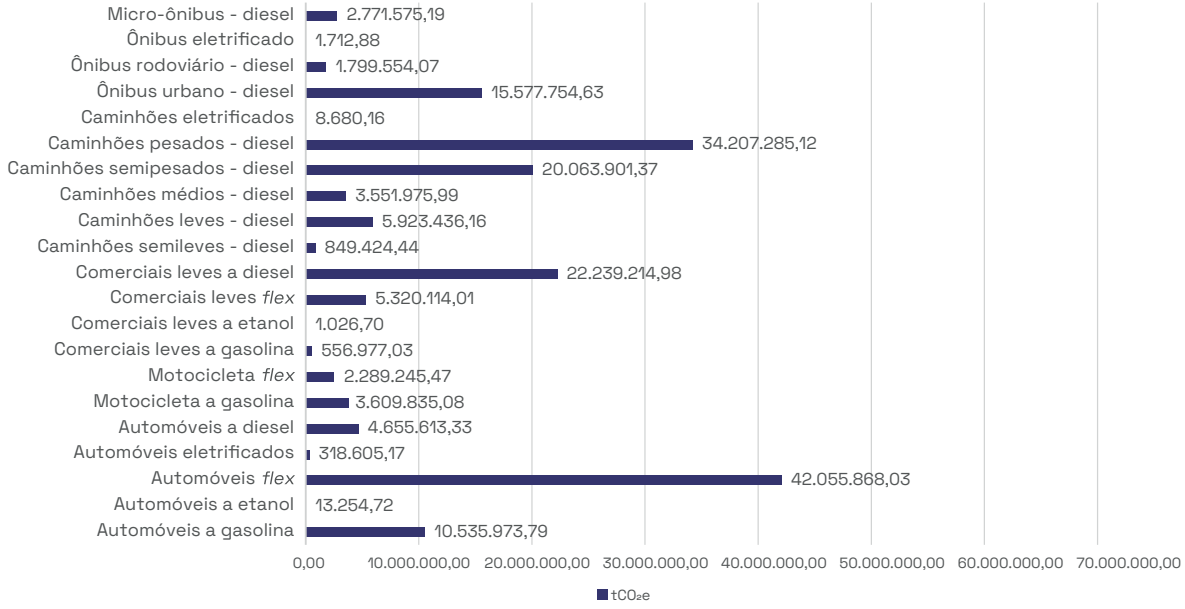
Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 16 – Contribuição de emissões de CO_2e do modo rodoviário, por categoria



Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 17 – Emissões totais de CO_2e do modo rodoviário, por subcategoria



Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Tabela 4 - Porcentagem de contribuição das emissões de CO_2e de cada subcategoria do modo rodoviário

CATEGORIA	PROPORÇÃO
Automóveis a gasolina	5,97%
Automóveis a etanol	0,01%
Automóveis *flex*	**23,85%**
Automóveis eletrificados	0,18%
Automóveis a diesel	2,64%
Motocicleta a gasolina	2,05%
Motocicleta *flex*	1,30%
Comerciais leves a gasolina	0,32%
Comerciais leves a etanol	0,00%
Comerciais leves *flex*	3,02%
Comerciais leves a diesel	12,61%
Caminhões semileves - diesel	0,48%
Caminhões leves - diesel	3,36%
Caminhões médios - diesel	2,01%
Caminhões semipesados - diesel	11,38%
Caminhões pesados - diesel	**19,40%**
Caminhões eletrificados	0,00%
Ônibus urbano - diesel	8,83%
Ônibus rodoviário - diesel	1,02%
Ônibus eletrificado	0,00%
Micro-ônibus - diesel	1,57%

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

As emissões totais de GEE do transporte rodoviário revelam a centralidade desse segmento no perfil nacional de emissões. Observa-se que categorias associadas ao transporte de cargas, sobretudo os caminhões pesados a diesel (34,2 milhões de tCO_2e) e os caminhões semipesados a diesel (20,1 milhões de tCO_2e), concentram parcela expressiva das emissões. No transporte individual, destacam-se os automóveis *flex* (42,1 milhões de tCO_2e), evidenciando a magnitude dessas frotas e a elevada intensidade do consumo de combustíveis fósseis.

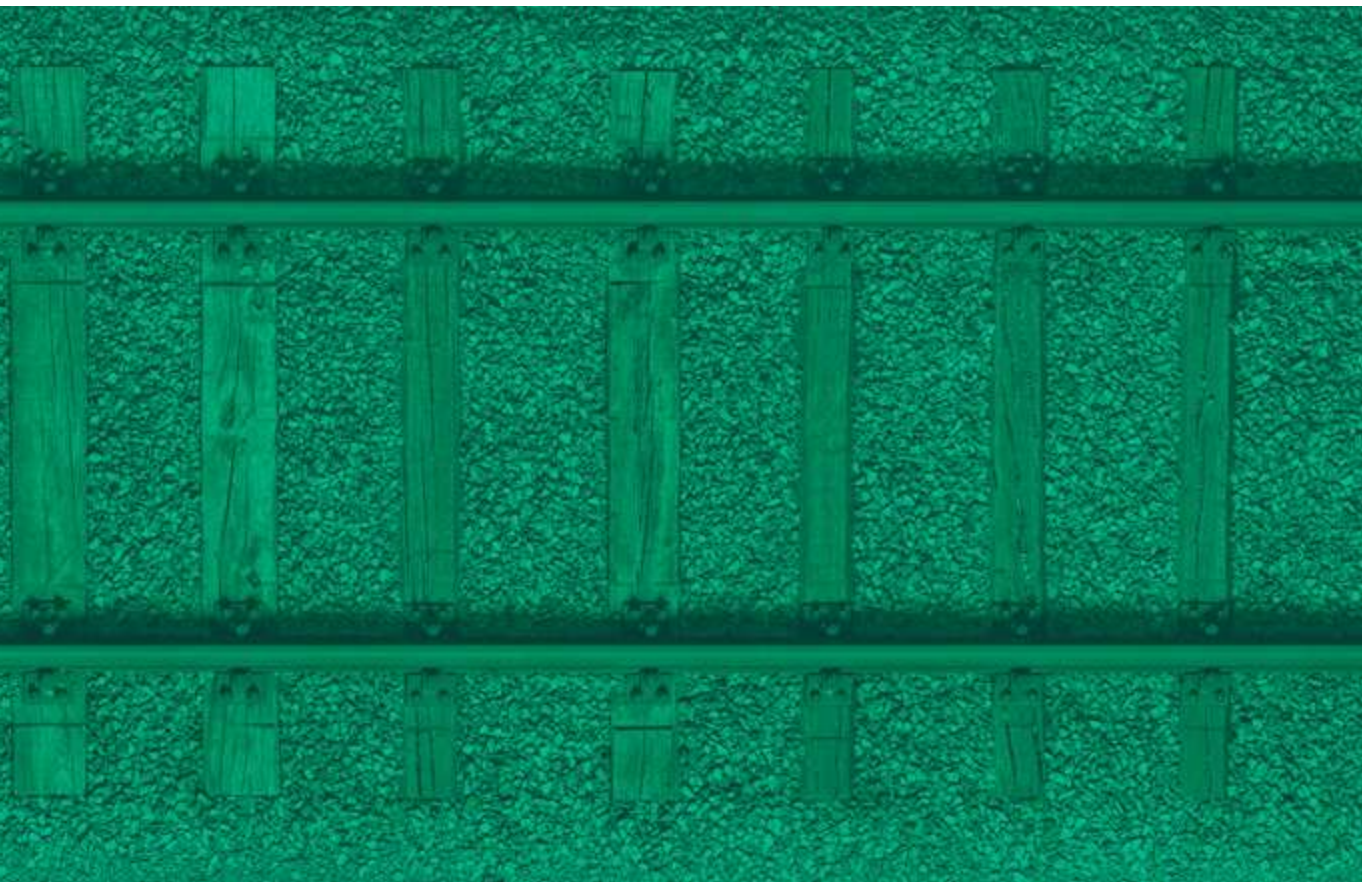
Por outro lado, veículos movidos exclusivamente a etanol apresentam emissões diretas significativamente menores, como os automóveis (13,3 mil tCO_2e) e os comerciais leves (1,0 mil tCO_2e), uma vez que o CO_2 liberado na combustão desse combustível é classificado como biogênico. Da mesma forma, parte das emissões de gasolina e diesel também se enquadra nessa categoria, devido à presença obrigatória de etanol anidro na gasolina e de biodiesel no diesel, conforme regulamentação da ANP.

A análise também evidencia que os veículos eletrificados representam uma fração reduzida da frota e, por consequência, apresentam emissões diretas de apenas 318,6 mil tCO_2e. Contudo, como já mencionado, a ausência de detalhamento dos fatores de emissão por fonte da matriz elétrica impede a quantificação da parcela biogênica associada ao consumo de eletricidade.

No âmbito de uma análise individualizada da contribuição de cada subcategoria para as emissões totais do modo, os automóveis *flex* aparecem como os maiores emissores de GEE do modal, podendo ser justificado pelo tamanho da frota, bem como a preferência pelo abastecimento com gasolina. Ao considerar as categorias agregadas, os caminhões representam as maiores emissões do modal, sendo responsáveis por 37% das emissões de GEE do rodoviário.

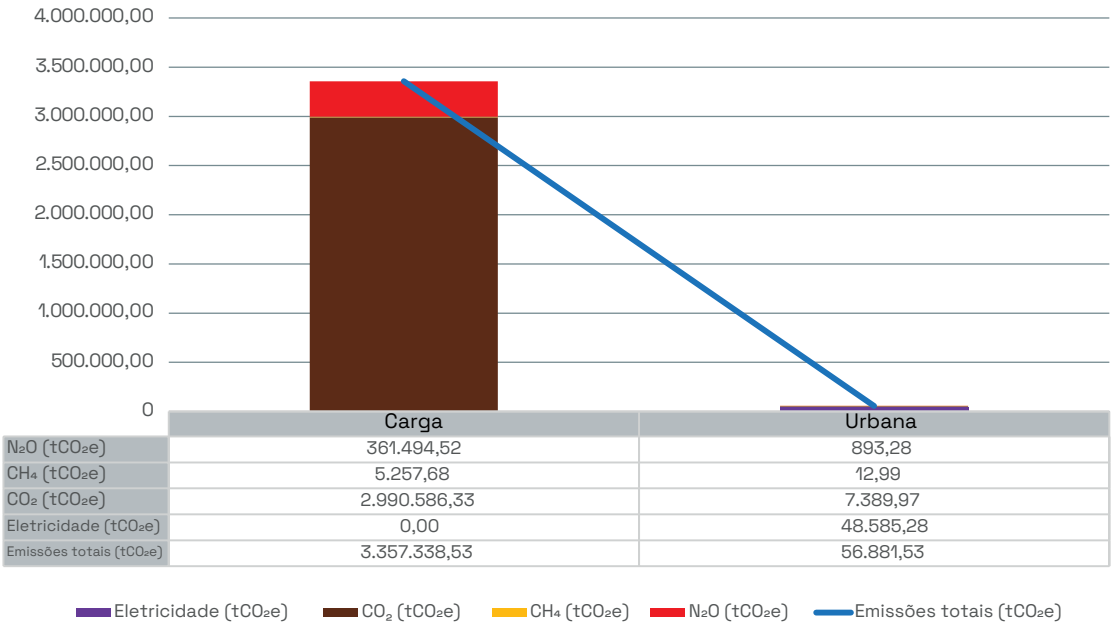
Em conjunto, esses resultados destacam que a configuração do transporte rodoviário brasileiro, sustentado por combustíveis fósseis, permanece como um dos principais desafios para a transição energética do setor. Ao mesmo tempo, apontam para a relevância crescente dos biocombustíveis e das tecnologias de eletrificação como caminhos viáveis para a redução das emissões futuras.

3.3 Modo Ferroviário



Para o modo ferroviário, os resultados foram organizados em categorias, de forma a representar de maneira segregada como cada segmento contribui para as emissões de GEE no país.

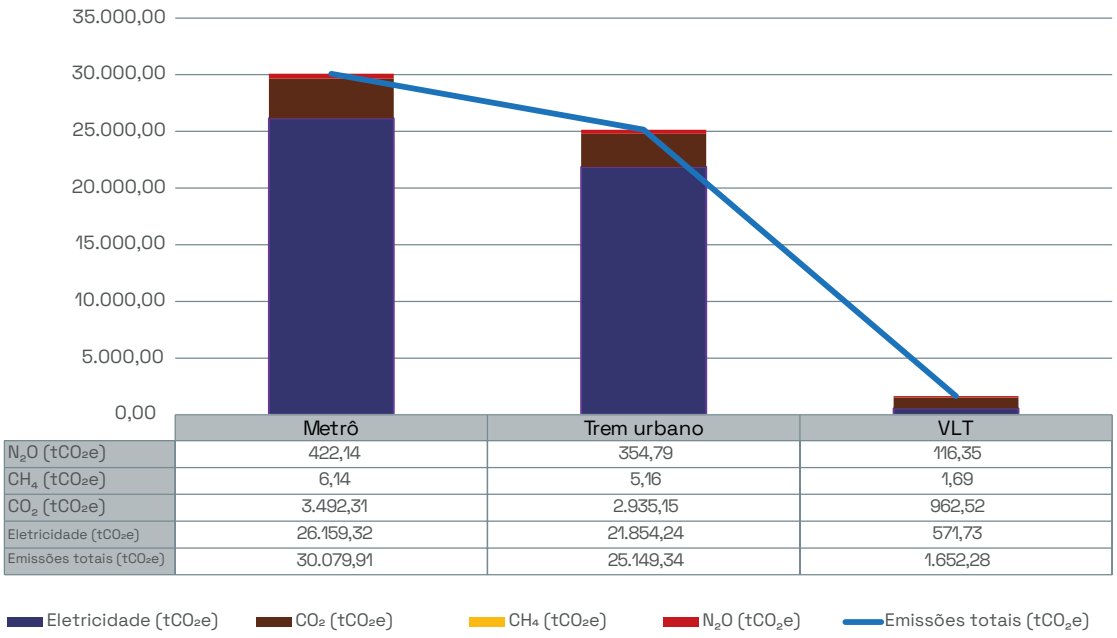
Gráfico 18 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Modo ferroviário, por categoria



	Carga	Urbana
N_2O (tCO_2e)	361.494,52	893,28
CH_4 (tCO_2e)	5.257,68	12,99
CO_2 (tCO_2e)	2.990.586,33	7.389,97
Eletricidade (tCO_2e)	0,00	48.585,28
Emissões totais (tCO_2e)	3.357.338,53	56.881,53

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 19 – Emissões de CO_2, CH_4, N_2O e emissões totais – Modo ferroviário, por subcategoria de locomotivas urbanas



	Metrô	Trem urbano	VLT
N_2O (tCO_2e)	422,14	354,79	116,35
CH_4 (tCO_2e)	6,14	5,16	1,69
CO_2 (tCO_2e)	3.492,31	2.935,15	962,52
Eletricidade (tCO_2e)	26.159,32	21.854,24	571,73
Emissões totais (tCO_2e)	30.079,91	25.149,34	1.652,28

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

No quadro geral, as locomotivas de carga registraram as maiores emissões para os três gases calculados, CO_2, CH_4 e N_2O, com diferença significativa de grandeza em comparação às locomotivas urbanas e suas três subcategorias. Isso ocorre em locomotivas que operam utilizando diesel. No Brasil, há, também, locomotivas do tipo diesel-elétrica que possuem menor intensidade de carbono e consequentemente reduzem as emissões quando comparadas com as locomotivas diesel-hidráulicas[27].

Com isso, as locomotivas de cargas percorrem longas distâncias e movimentam pesos elevados exigindo mais dos motores, que funcionam sob regime de maior força contínua de tração por períodos mais longos.

[27] Locomotiva que utiliza transmissão hidráulica para transferir a potência do motor primário a diesel para as rodas. Nesse sistema, a força gerada pelo motor é transmitida por meio de um conversor de torque, que atua como intermediário entre o motor e o sistema de tração.

Vale ressaltar que o transporte ferroviário de carga é representado majoritariamente por locomotivas do tipo diesel-elétrica, que possuem melhor eficiência operacional e, consequentemente, emitem menos GEE, se comparadas as locomotivas diesel-hidráulicas. Portanto, presume-se que o impacto das emissões poderia ser maior sem o avanço das tecnologias de motores ferroviários.

Entre as três subcategorias analisadas, relativas ao transporte urbano (metrô, trem e VLT), é válido ressaltar que o uso de eletricidade como fonte energética predominante em detrimento do diesel e a menor quantidade de locomotivas em funcionamento orientam os resultados, com contribuição reduzida no panorama das emissões totais.

Os metrôs se destacam como os maiores emissores dentro da categoria de transporte ferroviário urbano, justificado por seu perfil operacional em comparação aos trens e veículos leves sobre trilhos. A quantidade de metrôs e a maior extensão de suas linhas, bem como sua intensidade de uso (km/ano) e consumo de eletricidade, superam esses mesmos indicadores relativos aos trens e VLTs.

Por fim, os VLTs têm baixa representatividade, abarcando somente quatro locomotivas em operação no país, o que fundamenta a baixa colaboração desta categoria para o total de emissões do modo ferroviário e da categoria de transporte urbano.

3.3.1 Emissões biogênicas

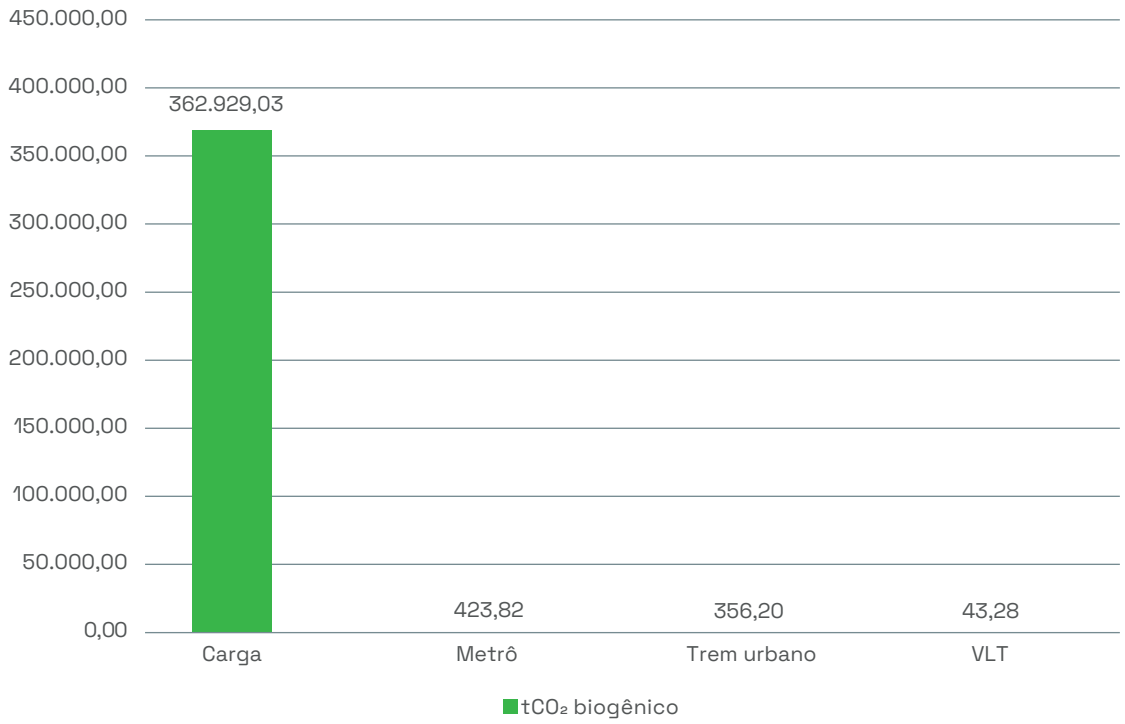
As emissões biogênicas correspondem ao CO_2 liberado a partir da queima de combustíveis derivados de biomassa, como o biodiesel misturado ao diesel[28]. No Brasil, esses percentuais são regulamentados pela ANP e estabelecidos pelo CNPE, que, em 2023, definiu uma média de 11,5% de biodiesel no diesel. Dessa forma, parte das emissões desses combustíveis é considerada biogênica.

[28] O percentual de 11,5% refere-se a média das porcentagens estabelecidas pelo CNPE em 2023, considerando que até o mês de março, a mistura obrigatória exigia 10% de biodiesel e a partir de abril esse percentual aumentou para 12%.

Para as locomotivas movidas exclusivamente a diesel, como as de carga, a adição de biodiesel garante que uma fração das emissões também seja contabilizada nessa categoria.

Já no caso das locomotivas eletrificadas, o fator de emissão disponível não discrimina a contribuição por tipo de fonte da matriz elétrica, impossibilitando estimar a parcela biogênica associada ao uso de eletricidade. Assim, para essa categoria, as emissões biogênicas não foram consideradas separadamente.

Gráfico 20 – Emissões de CO_2 biogênico – Modo ferroviário

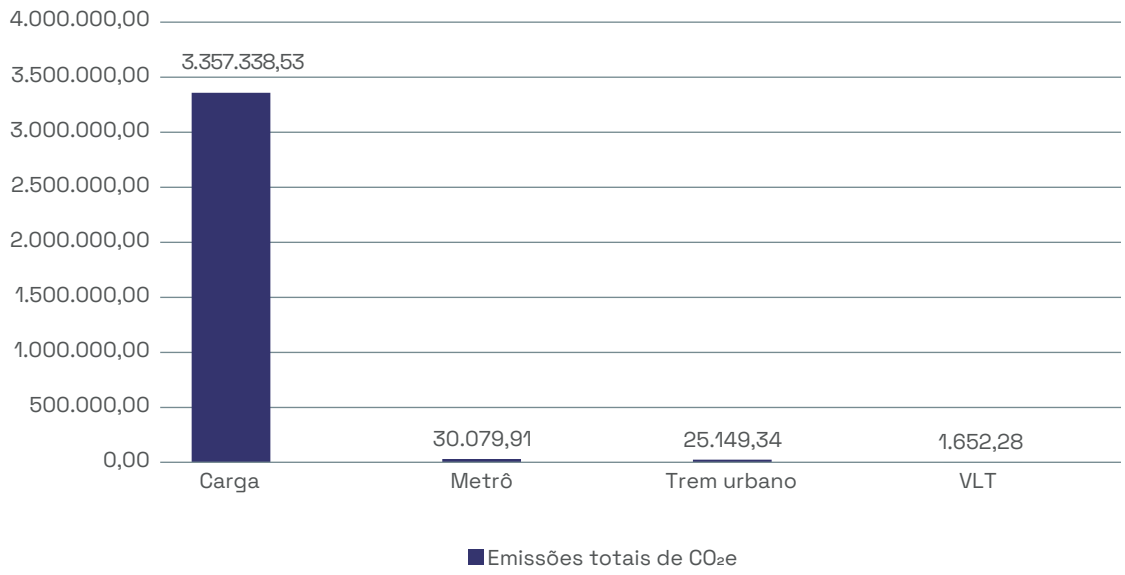


Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

3.3.2 Emissões totais

Com base nas informações analisadas por categoria de locomotivas no transporte ferroviário, o gráfico a seguir apresenta as emissões de CO_2e, evidenciando o perfil de emissões da frota circulante em 2023 para cada uma dessas categorias.

Gráfico 21 – Emissões totais de CO_2e – Modo ferroviário



Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Conforme analisado anteriormente, a finalidade operacional das locomotivas de cargas as posiciona como as emissoras de maior significância do modo ferroviário. Isso se dá por fatores técnicos, operacionais e logísticos.

Por outro lado, as categorias urbanas, que abarcam os metrôs, trens e VLTs, agregam menor potencial emissor para o modal, com contribuição maior das ferrovias metroviárias, seguida dos trens e, por último, VLTs.

3.4 Modo Aeroviário

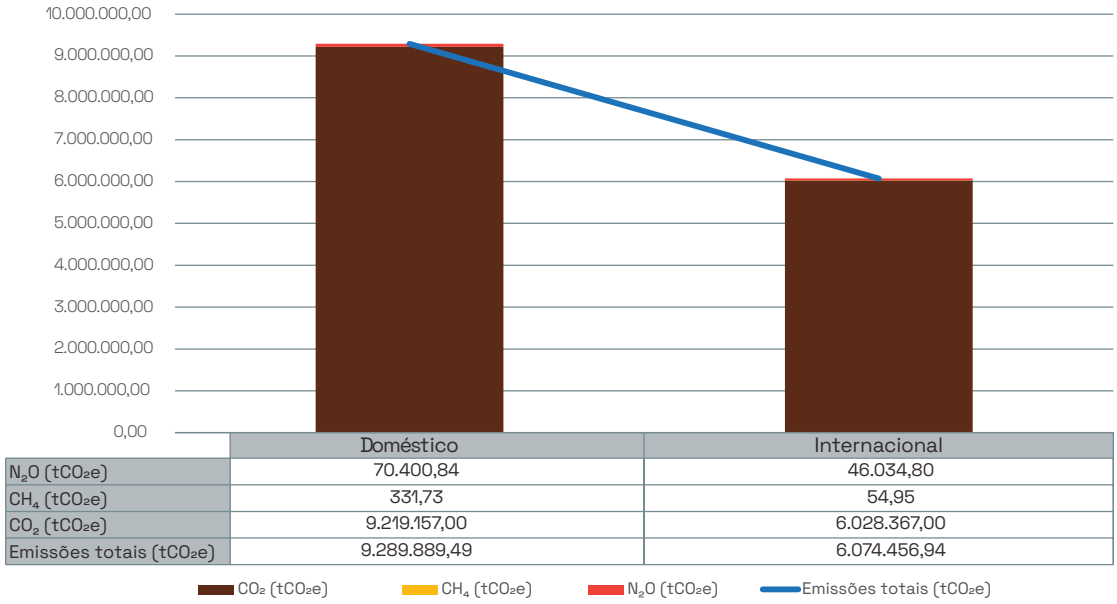
3.4.1 Emissões de GEE

As emissões do modo aeroviário foram calculadas seguindo as premissas do item 2.2.2.3.4, utilizando a metodologia Tier 3a e os dados fornecidos pela ANAC, totalizando aproximadamente 9,3 milhões tCO_2e relativas somente a voos domésticos.

As emissões foram estimadas separadamente para voos internacionais, com origem no Brasil e destino em outros países e voos domésticos, realizados inteiramente no espaço aéreo brasileiro, considerando o querosene de aviação como combustível.

Entretanto, conforme orientações do IPCC, as emissões fruto do abastecimento de aeronaves com destino ao exterior são desconsideradas do total de emissões atribuídas ao modo no país de origem. As emissões de viagens internacionais são apresentadas, portanto, apenas para fins informativos.

Gráfico 22 – Emissões totais de CO_2e – Modo aeroviário



	Doméstico	Internacional
N_2O (tCO₂e)	70.400,84	46.034,80
CH_4 (tCO₂e)	331,73	54,95
CO_2 (tCO₂e)	9.219.157,00	6.028.367,00
Emissões totais (tCO₂e)	9.289.889,49	6.074.456,94

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Para o CH_4, considerando sua emissão apenas na fase de taxiamento das aeronaves, as emissões foram baixas, totalizando aproximadamente 332 toneladas de CO_2e. O N_2O, por outro lado, apresentou emissões significativas, totalizando 70,4 mil toneladas de CO_2e. Esses resultados refletem o alto potencial de aquecimento global do N_2O e o fato das emissões de N_2O serem consideradas para todas as fases do voo (cruzeiro, LTO e APU).

As emissões de CO_2 representaram a maior parcela das emissões de GEE em todas as fases de voo, totalizando aproximadamente 9,2 milhões de toneladas de CO_2e para a aviação civil brasileira.

Em síntese, as emissões provenientes da aviação civil representam uma parcela relevante no perfil de emissões do setor de transporte no Brasil, especialmente considerando o crescimento constante da demanda por transporte aéreo de passageiros e cargas.

É importante ressaltar que as metodologias atualmente aplicadas para estimar as emissões da aviação civil no Brasil, como as adotadas pela ANAC neste estudo, fundamentam-se predominantemente em bases de dados e fatores de emissão de referência europeias. Embora sejam um ponto de partida relevante, essa dependência torna estimativas locais menos precisas, evidenciando a necessidade de desenvolvimento de metodologias adaptadas à realidade brasileira, apoiadas em dados empíricos nacionais.

Adicionalmente, as estimativas atuais contemplam principalmente a aviação civil comercial, não incluindo o transporte de cargas específicas, nem a aviação militar, que também contribuem para as emissões totais do setor. A ampliação do escopo de coleta e sistematização de dados para essas categorias pode proporcionar uma avaliação mais completa e robusta do impacto do setor aéreo no perfil nacional de emissões de GEE.

3.4.2 Emissões de GEE de Infraestrutura – Aeroportos

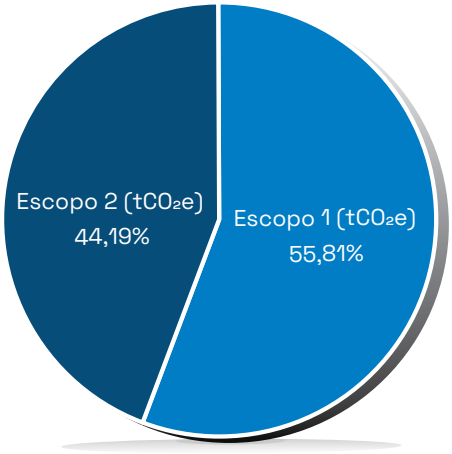
As emissões de infraestrutura dos aeroportos foram calculadas segundo procedimento especificado no item 2.2.2.3.5 e encontram-se descritas a seguir, divididas em Escopo 1, relativo a emissões diretas provenientes de operações nos aeroportos, e Escopo 2, que abrange as emissões indiretas relacionadas ao consumo de eletricidade.

Tabela 5 – Emissões da infraestrutura de aeroportos

EMISSÕES	ESCOPO 1 (tCO_2e)	ESCOPO 2 (tCO_2e)
Emissões totais de aeroportos em 2023	8.324,45	6.592,58

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 23 – Emissões totais de CO_2e relativas à infraestrutura de aeroportos



Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

As emissões provenientes das operações em aeroportos representam uma parcela relativamente pequena quando comparadas às emissões resultantes da queima direta de combustíveis, estimadas pelo método Tier 3a. Isso se deve ao fato de que as emissões diretas de combustíveis estão fortemente relacionadas ao alto potencial energético do querosene de aviação e da gasolina, enquanto nas infraestruturas aeroportuárias e nos equipamentos de apoio, essas emissões tendem a ser menores.

Ainda assim, os cálculos realizados indicam um total de 8,3 mil toneladas de CO_2e para o Escopo 1 e 6,6 mil toneladas de CO_2e para o Escopo 2. Embora numérica e proporcionalmente menores, essas emissões refletem o impacto das atividades auxiliares e de manutenção nos aeroportos, incluindo transporte interno, uso de equipamentos elétricos e consumo de energia em edifícios, dentre outras atividades.

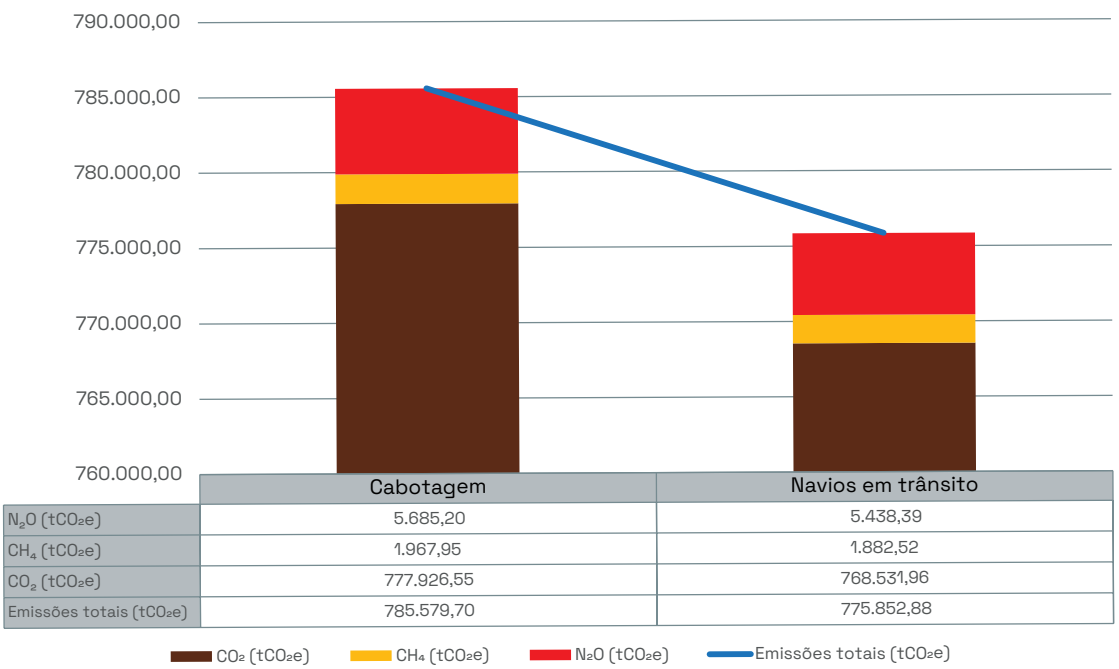
3.5 Modo Aquaviário

As emissões do modo aquaviário foram calculadas conforme as premissas apresentadas no item 2.2.2.4.3, a partir da metodologia Tier 2 e dos dados disponibilizados pela ANP, e resultaram em 785.579,70 toneladas de CO_2e relativas à navegação de cabotagem.

Para maior detalhamento, as estimativas foram segregadas entre a navegação de cabotagem, transporte entre portos localizados no território brasileiro, e os navios em trânsito, com viagens de origem no Brasil e destino em outros países. Em ambos os casos, foram considerados o óleo diesel e o óleo combustível.

Entretanto, conforme orientações do IPCC, as emissões relativas ao abastecimento de navios em trânsito são desconsideradas do total de emissões atribuídas ao modo no país de origem. As emissões de viagens internacionais (navios em trânsito) são apresentadas, portanto, apenas para fins informativos.

Gráfico 24 – Emissões totais de CO_2e do modo aquaviário



	Cabotagem	Navios em trânsito
N_2O (tCO₂e)	5.685,20	5.438,39
CH_4 (tCO₂e)	1.967,95	1.882,52
CO_2 (tCO₂e)	777.926,55	768.531,96
Emissões totais (tCO₂e)	785.579,70	775.852,88

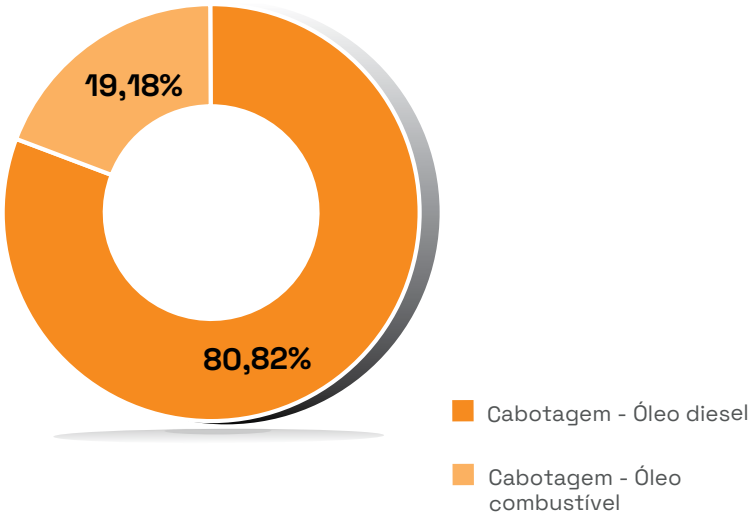
Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Importante ressaltar que os dados contabilizados como emissões relativas ao modo aquaviário consideraram apenas a navegação de cabotagem, o que representa uma limitação para a caracterização detalhada de outras categorias, como a navegação de longo curso e outros tipos de navegação interior.

Os resultados obtidos apontam que as emissões de gás CO_2 são as mais expressivas, com aproximadamente 777,9 mil tCO_2e. Quando se incluem as emissões de CH_4 e N_2O, que, embora menos representativas em volume, possuem maior potencial de aquecimento global, observa-se um resultado de aproximadamente 7,6 mil tCO_2e para navegação de cabotagem.

3.5.1 Representatividade dos combustíveis

Gráfico 25 – Emissões totais de CO_2e do modo aquaviário, por tipo de combustível



Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Tabela 6 - Emissões totais de CO_2e do Modo Aquaviário por tipo de combustível

AQUAVIÁRIO	EMISSÃO TOTAL DE CO_2e [t]
Cabotagem - Óleo diesel	634.907,65
Cabotagem - Óleo combustível	150.672,06
Total	785.579,70

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

A análise por combustível evidencia que o óleo diesel responde pela maior parte das emissões na cabotagem, representando cerca de 81% do total, em função do perfil de consumo de embarcações de menor porte e operação doméstica.

A cabotagem abrange navios menores, se comparados aos de navegação internacional, e, nesse cenário, a utilização de óleo diesel prevalece em detrimento do óleo combustível em função das características de tecnologia dos motores.

3.5.2 Emissões de GEE Infraestrutura – Terminais Portuários

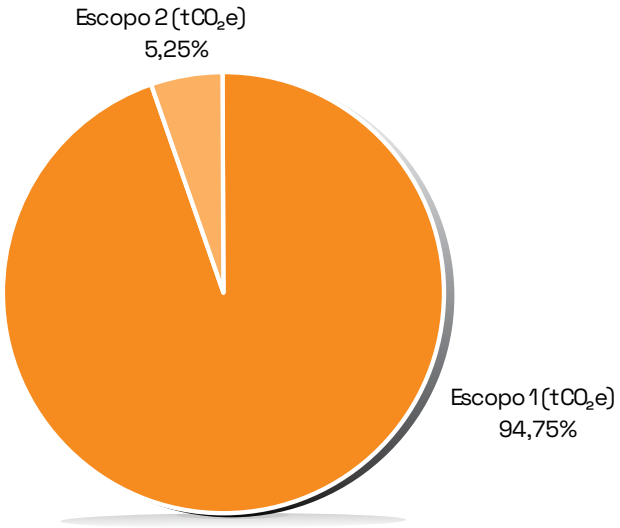
As emissões de infraestrutura dos terminais portuários foram calculadas segundo procedimento especificado no item 2.2.2.4.4 e encontram-se descritas a seguir, divididas em Escopo 1, relativo a emissões diretas provenientes de operações nos aeroportos, e Escopo 2, que abrange as emissões indiretas relacionadas ao consumo de eletricidade.

Tabela 7 – Emissões da infraestrutura de portos

EMISSÕES	ESCOPO 1 (tCO_2e)	ESCOPO 2 (tCO_2e)
Emissões totais em terminais portuários em 2023	350.304,73	19.419,98

Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

Gráfico 26 – Emissões totais de CO_2e de portos



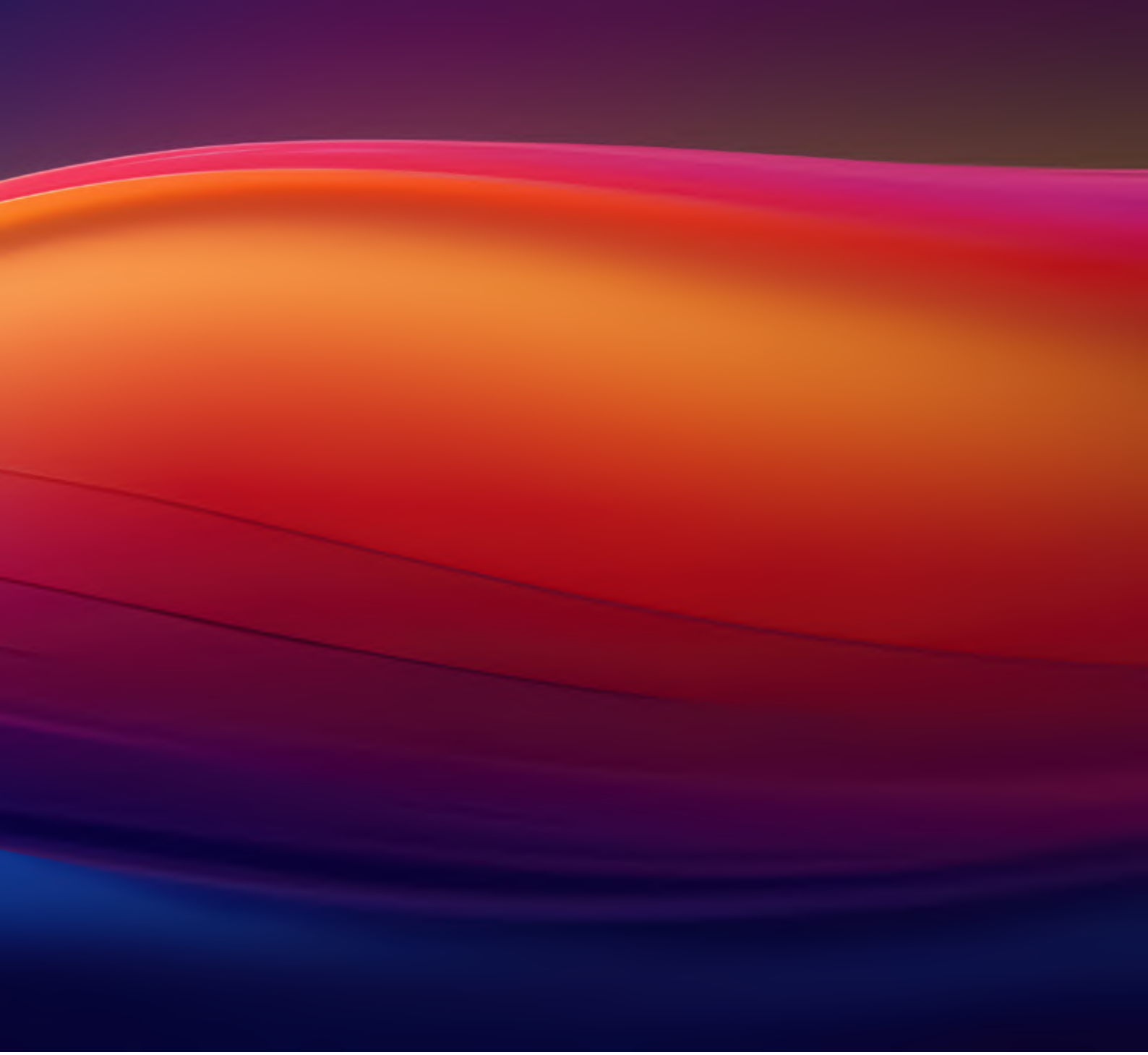
Fonte: Elaboração a partir dos resultados do Inventário – Ambipar e CNT (2025).

As emissões totais associadas à operação dos terminais portuários em 2023 foram estimadas em aproximadamente 369,7 mil tCO_2e, sendo 350,3 mil toneladas provenientes de fontes de Escopo 1 e 19,4 mil toneladas, de Escopo 2. Esse valor é inferior às emissões provenientes da operação e queima direta dos combustíveis das embarcações, que somaram cerca de 785,6 mil tCO_2e, o que confirma a predominância do consumo de combustíveis no transporte aquaviário como principal responsável pelas emissões do setor.

Ainda assim, a contabilização das emissões da infraestrutura portuária se faz necessária, uma vez que essas instalações compõem parte essencial do sistema aquaviário. As emissões diretas, ligadas ao uso de combustíveis em equipamentos e veículos de apoio, representam a maior parcela das emissões dos terminais, enquanto as emissões indiretas, relacionadas ao consumo de energia elétrica, possuem participação menos expressiva.

Dessa forma, embora a maior contribuição setorial decorra da navegação, marcada pelo uso de óleo diesel na cabotagem, as emissões da infraestrutura portuária também devem ser consideradas, pois refletem a operação integrada do sistema. A sua inclusão no inventário permite um relato mais completo do perfil de emissões e a identificação de oportunidades de mitigação que abrangem tanto as embarcações quanto as estruturas de apoio que viabilizam o transporte aquaviário.

4



Boas práticas de mitigação e neutralização no setor de transporte

A quantificação das emissões de GEE constitui uma etapa fundamental para orientar políticas públicas, estratégias empresariais e investimentos voltados à descarbonização para todos os setores da economia. Esse processo permite identificar as fontes emissoras, monitorar avanços e definir metas realistas de mitigação.

Nesse contexto, visando contribuir com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima, o Acordo de Paris[1] assumiu o compromisso de buscar o desenvolvimento sustentável por meio da redução das emissões de GEE. O Brasil, signatário do referido Acordo, anunciou em sua última NDC[2] a meta de reduzir de 59% a 67% as emissões líquidas até 2035 e atingir a neutralidade até 2050, em relação ao ano-base de 2005, por meio da adoção de medidas em direção a uma economia de baixo carbono.

Dentre as estratégias a serem adotadas pelo setor de transporte brasileiro, destacam-se investimentos em tecnologias limpas e de modernização das frotas e infraestruturas, práticas de direção eficiente, promoção do transporte coletivo e da eficiência energética, adoção de sistemas de roteirização inteligente e a multimodalidade[3].

Nos transportes de cargas e de passageiros, as medidas implementadas para mitigar os lançamentos atmosféricos de GEE consideram a transição energética e a renovação de frotas. A substituição progressiva de matrizes fósseis tem se materializado na adoção de fontes renováveis e a renovação na busca da modernização da frota nacional do setor transportador.

Com o foco de avançar rumo à neutralidade de carbono, muitas empresas têm investido em planos de ação sustentáveis, levantadas neste capítulo. As iniciativas estão organizadas por modalidade e destacam soluções que envolvem a digitalização de processos, práticas de compensação de emissões, integração entre modais, tecnologias voltadas à eficiência energética, entre outras medidas. Ao reunir essas experiências, este capítulo busca reconhecer os avanços alcançados, disseminar boas práticas de descarbonização e desenvolvimento sustentável, além de inspirar iniciativas alinhadas aos compromissos climáticos do Brasil.

[1] Tratado de mudanças climáticas, aprovado em 2015 por 195 países membros da Convenção-Quadro das Nações Unidas, incluindo o Brasil.

[2] A NDC estabelece a contribuição de cada país para atingir os objetivos do Acordo de Paris.

[3] Ministério do Meio Ambiente e Mudança no Clima (2024).

Modo Rodofluvial

Transportes Bertolini Ltda. (TBL)

Crédito: Majola Estúdios.

Histórico

Rumo aos seus 50 anos de atuação, a Transportes Bertolini Ltda. (TBL) consolidou-se como um dos principais operadores logísticos do Brasil e o maior integrador rodofluvial, conectando o país de norte a sul.

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- operador logístico mundial;
- transporte de cargas; e
- armazenagem e terminais logísticos.

A empresa possui 29 unidades operacionais e está presente em todos os estados brasileiros. A sua estrutura combina rodovias, hidrovias e operações integradas de armazenagem e conta com mais de 5.300 colaboradores, frota composta por 2.500 veículos rodoviários e mais de 400 embarcações, sendo 75 empurradores e 320 balsas, que percorrem anualmente aproximadamente 48,5 milhões de quilômetros em estradas e quase 1,9 milhão de quilômetros navegados pelos rios do país. Esse porte garante à TBL a capacidade de transportar mais de 260 milhões de toneladas ao ano, conectando indústrias, portos e centros de consumo em todas as regiões brasileiras.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A TBL demonstra o compromisso em integrar logística e responsabilidade ambiental, tornando-se referência em práticas sustentáveis no setor de transporte brasileiro. Entre as iniciativas adotadas, estão as avaliações veiculares ambientais de 100% de sua frota pelo Programa Despoluir, obtendo laudos que conferem plena regularização. Além disso, em 2024, a empresa

Crédito: Majola Estúdios.

Modo Rodofluvial

Transportes Bertolini Ltda. (TBL)

implementou uma usina solar com área de 10,8 mil m² e capacidade de produção de 1,1 milhão de MWh[4] de energia limpa, evitando a emissão de 50 tCO_2e[5] naquele ano. A TBL conta com o uso de um caminhão elétrico, que reduziu 12,29 tCO_2e e economizou mais de 2.300 litros de diesel no mesmo período.

Complementarmente, a empresa substituiu lâmpadas convencionais de suas edificações por tecnologia LED e efetua a gestão responsável de resíduos e outros recursos naturais, como a água, mediante a utilização de mais de 1,5 milhão de litros captados da chuva.

No âmbito da neutralização de emissões, a TBL possui o Projeto Itucumã, que preserva mais de 180 mil hectares de floresta amazônica, garantindo biodiversidade e serviços ecossistêmicos fundamentais para o meio ambiente. Em 2024, o projeto capturou mais de 6 milhões de toneladas de CO_2, permitindo a compensação de 158 mil tCO_2e de suas operações, além de promover demais ações contínuas atreladas à vigilância e ao combate ao desmatamento ilegal.

O transporte hidroviário, um dos principais serviços ofertados pela TBL, reforça a eficiência ambiental de sua atividade. Enquanto um semirreboque tracionado por caminhão-trator transporta até 48 toneladas, um comboio de 30 balsas tem o potencial de remover das rodovias o equivalente a

[4] Megawatt-hora é uma unidade de medida de energia elétrica que representa a quantidade de energia consumida ou produzida pela potência de 1 megawatt (MW) em 1 hora.

[5] tCO_2e é a unidade de medida que representa 1 tonelada de CO_2e, o qual contempla as emissões de GEE com diferentes potenciais de aquecimento global em uma única medida.

1.630 caminhões, proporcionando uma emissão 67% menor por tonelada transportada. Essa vantagem logística e ambiental reafirma a TBL como protagonista em soluções de baixo impacto para o Brasil.

Com a combinação de escala, inovação e responsabilidade socioambiental, a TBL reafirma seu propósito de conectar o país com eficiência, confiança e sustentabilidade.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- redução de poluentes e economia de combustível por meio da aferição de 100% da frota de caminhões pelo Programa Despoluir;
- preservação, mediante o projeto Itucumã, de 180 mil hectares da floresta amazônica que capturam 6 milhões de tCO_2e e compensaram, em 2024, 158 mil tCO_2e;
- economia de 2.300 litros de diesel, em 2024, com o uso de caminhão elétrico, o que gerou a redução de 12,29 tCO_2e; e
- geração de 1,1 milhão de MWh de energia renovável, em 2024, evitando a emissão de cerca de 50 tCO_2e.

Crédito: Rodosolar, tecnologia para veículos.

Modo Rodoviário

Trans Kothe Transportes Rodoviários S.A.

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte e distribuição de mercadorias em múltiplos modais;
- armazenagem e gestão logística;
- logística especializada no segmento do agronegócio; e
- operações de importação e exportação no contexto de transporte internacional no Mercosul.

HISTÓRICO

Fundada em 1970, a Kothe iniciou sua operação em Concórdia, Santa Catarina, como uma empresa familiar dedicada ao transporte rodoviário e, recentemente, tem se consolidado no mercado como operadora logística de destaque. Atualmente, possui 30 filiais e conta com mais de 3.700 colaboradores e uma frota própria de aproximadamente 1.500 veículos e 18 armazéns distribuídos em 20 estados brasileiros, além de atuar internacionalmente em países do Mercosul, como Argentina, Uruguai, Paraguai e Chile.

Em 2019, a empresa conquistou e tem mantido desde então a sua certificação ISO 9001[6] e SASSMAQ, que atestam a qualidade dos serviços prestados e das operações internas de suas instalações. No ano de 2024, conquistou o selo Great Place to Work (GPTW)[7] e recebeu reconhecimento internacional por liderar iniciativas de responsabilidade social, ambiental e de governança pela empresa Dun & Bradstreet[8], consolidando a sua reputação global como uma entidade de excelência.

[6] A ISO 9001 define requisitos para um Sistema de Gestão da Qualidade, certificando que a empresa mantém processos operacionais padronizados e consistentes em seus produtos ou serviços.

[7] Selo concedido a empresas que se destacam por oferecer qualidade de vida no ambiente de trabalho, com base na percepção dos colaboradores.

[8] Empresa norte-americana que oferece certificações, acreditações e prêmios B2B com base em análises de dados e plataformas de inteligência artificial.

Modo Rodoviário

Trans Kothe Transportes Rodoviários S.A.

Crédito: Rodosolar, tecnologia para veículos.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

Recentemente, a empresa tem promovido ações voltadas à mitigação e compensação de emissões de GEE. Um dos destaques é o projeto Kothe Plantando o Futuro, realizado na matriz de Jundiaí (SP), em parceria com o IBDN. Em 2024, os colaboradores e seus familiares plantaram mais de 500 mudas de árvores no Parque Ecológico do Tietê, neutralizando todo o carbono gerado pelas operações da empresa no ano anterior.[9]

Complementarmente, a Trans Kothe investiu na instalação de painéis fotovoltaicos em unidades operacionais localizadas nos estados de Goiás, Mato Grosso, São Paulo e Tocantins, iniciativa que resultou na conquista do selo Energia Renovável[10], concedido pelo IBDN. Ainda no contexto de energia limpa, a Kothe instalou placas solares nos defletores aerodinâmicos em mais de 280 caminhões, gerando energia renovável para sistemas elétricos internos dos veículos. Tal medida levou a empresa a conquistar o 9º Prêmio de Sustentabilidade[11], na categoria Responsabilidade Ambiental, em 2023.

No âmbito de gestão de resíduos, a empresa instalou placas poliméricas nas quintas rodas de seus veículos[12], com o intuito de substituir o uso de graxa para o acoplamento da carroceria ao cavalo-mecânico. Em 2024, essa

[9] Dados segundo Kothe (2024) e Setcesp (2023).

[10] Certificação que atesta o compromisso de empresas com a transição energética e a redução de impactos ambientais.

[11] Concedido pelo Sindicato das Empresas de Transportes de Carga de São Paulo e Região em 2023.

[12] Componente que faz parte do sistema de engate entre o cavalo-mecânico e o semirreboque ou carreta (Rizzi, 2008).

iniciativa evitou o consumo de 63 toneladas de graxa, reduzindo a geração de resíduos perigosos e contribuindo para mitigar o impacto ambiental associado ao uso de produtos contaminantes.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- redução anual média de 1,8 tonelada de emissões de CO_2 por veículo equipado com sistema fotovoltaico, totalizando mais de 1.465 toneladas de CO_2 evitadas anualmente;
- diminuição do uso de baterias veiculares, com redução estimada de 40% no volume de descarte; e
- redução de mais de 300 mil litros de combustível, em 2024, com a instalação de painéis fotovoltaicos nos defletores aerodinâmicos da frota.

Modo Rodoviário

COOPERCARGA S.A.

Crédito: Coopercarga S.A.

HISTÓRICO

Fundada em 1990, a Coopercarga surgiu inicialmente como uma cooperativa a partir da união de 143 transportadores do meio-oeste de Santa Catarina, que buscavam alternativas para potencializar sua atividade, ganhando novos mercados. Em 2020, o modelo cooperativo foi transformado em Sociedade Anônima (S.A.), consolidando-se como uma empresa de crescimento contínuo, focada em soluções integradas aos clientes.

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte rodoviário de cargas no Brasil e Mercosul;
- operações portuárias e de cabotagem;
- centros logísticos (armazenagem e distribuição); e
- operações dedicadas e personalizadas.

Atualmente, posiciona-se como operador logístico, com cerca de 60 unidades, entre filiais, armazéns e pontos de apoio, mais de mil colaboradores próprios e uma frota constantemente renovada de caminhões, incluindo carretas frigoríficas, caminhões-baú e veículos com carroceria tipo prancha. Com 35 anos de história, a Coopercarga atua em todas as regiões do Brasil e está presente internacionalmente em países como Uruguai, Paraguai, Argentina, Chile, Bolívia e Peru. A empresa conta com todas as licenças e certificações para diversos tipos de cargas, incluindo a certificação ISO 9001 de Gestão da Qualidade; a ISO 14001[13] do Sistema de

[13] A ISO 14001 é uma norma internacionalmente aceita com requisitos para a aplicação de um sistema de gestão ambiental que uma organização pode usar para aumentar seu desempenho ambiental.

Crédito: Coopercarga S.A.

Modo Rodoviário

COOPERCARGA S.A.

Gestão Ambiental (SGA); e ISO 45001[14] em Sistema de Gestão em Saúde e Segurança Ocupacional, além da certificação de SASSMAQ para transporte de produtos químicos.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

Em 2020, a Coopercarga, em parceria com a Unimed Concórdia[15], em Santa Catarina, construiu uma usina fotovoltaica em um terreno na mesma cidade, com o objetivo de gerar energia limpa para ambas as empresas. A planta conta com 3 mil painéis fotovoltaicos em uma área de 12 mil m², contribuindo para a redução de emissão de GEE. Em 2024, a geração de energia solar atingiu 110.479 kWh, permitindo uma redução de 60,18 tCO_2e[16].

Além de manter uma idade média baixa de dois anos para seus veículos, a Coopercarga possui em sua frota 17 veículos elétricos, propiciando uma redução de emissões de 109,67 tCO_2e, além de implantar carregadores de alta potência em suas instalações, permitindo que o carregamento seja concluído em tempo reduzido. Outro marco foi a incorporação na frota de 16 caminhões movidos a GNV e, em meados de 2024, iniciou um abastecimento com biometano em quatro destes veículos, reduzindo em 3,58 tCO_2e as emissões da atividade.

[14] A ISO 45001 especifica os requisitos para um sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional (SSO), possibilitando que as organizações proporcionem locais de trabalho seguros e saudáveis.

[15] Sistema de cooperativa médica de Concórdia (SC) que oferece plano e outros serviços de saúde.

[16] Coopercarga (2024).

Outra iniciativa relevante foi a aquisição de 20 carretas do tipo *Double Deck*, que permitem a instalação de barras horizontais suspensas dentro do baú para criar um piso adicional na carroceria. Essa configuração permite o transporte de maior quantidade de carga sem danificar o piso inferior do veículo, reduzindo o número de viagens, otimizando o consumo de combustível, e, consequentemente, reduzindo as emissões associadas à operação em 339,36 tCO_2e.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- utilização de eletricidade limpa por meio da contratação de energia fotovoltaica, reduzindo as emissões de CO_2e e propiciando uma fonte sustentável para as instalações da empresa;
- redução da emissão de 109,67 tCO_2e com a implantação de 17 veículos elétricos na frota;
- utilização de veículos movidos a gás e abastecidos com biometano, evitando a emissão de 3,58 tCO_2e; e
- mais de 339,36 tCO_2e emissões evitadas com o uso de 20 carretas *Double Deck* em 2024[17].

[17] Emissões evitadas, segundo Coopercarga (2025).

Crédito: Grupo Águia Branca.

Modo Rodoviário

GRUPO ÁGUIA BRANCA

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte rodoviário de passageiros e cargas;
- logística dedicada;
- comércio e locação de veículos leves e pesados; e
- terceirização de frotas.

HISTÓRICO

O Grupo Águia Branca foi constituído em 1946, com sede no estado do Espírito Santo, iniciando a sua atuação no transporte rodoviário de passageiros. Com a entrada de novos serviços, foram criadas divisões de negócios adicionais atreladas às atividades de logística e de comércio, que operam de forma independente e especializada, conforme as características de cada segmento de atuação.

O Grupo é recentemente reconhecido como um dos principais conglomerados de transporte e logística do Brasil, conduzindo suas atividades com base em princípios de integridade, confiança, relacionamento, evolução contínua e segurança. Atualmente, a empresa possui abrangência nacional, oferecendo soluções integradas no transporte de cargas e de passageiros, logística dedicada, locação e comércio de veículos e terceirização de frotas.

Em 2023, a Divisão Logística do Grupo ganhou a marca Vixpar, a qual oferece soluções sustentáveis para a logística e mobilidade empresarial, estando presente em todo o território nacional, com mais de 79 bases operacionais.[18]

[18] Vixpar (2025).

Modo Rodoviário

Crédito: Grupo Águia Branca.

GRUPO ÁGUIA BRANCA

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A responsabilidade ambiental é um dos pilares estratégicos do Grupo e, por isso, a gestão de recursos e o compromisso com a preservação ambiental são incorporados às práticas corporativas da empresa que visa à geração de impactos positivos à sociedade mediante a promoção do bem-estar das gerações atuais e futuras.

Desde 2017, o Grupo Águia Branca preserva uma área remanescente do bioma Mata Atlântica no Espírito Santo, de 2.200 hectares,[19] o que contribui diretamente com a neutralização das emissões de suas operações. Além da preservação florestal, no ano de 2020, foram realizados investimentos para aquisição de ônibus elétricos, com o intuito de reduzir as emissões do transporte de passageiros. No mesmo ano, houve a criação da empresa AB Energias Renováveis[20], situada no estado de São Paulo, e que possui a instalação de usinas de energia renovável que abastecem empresas situadas no Espírito Santo e em Minas Gerais. Ao todo, já foi ultrapassada a marca de 12 mil painéis solares instalados em sete bases operacionais da empresa, produzindo anualmente mais de 4,9 milhões[21] de KWh. Em 2024, 22,27% do consumo total de energia das operações da Vixpar advieram de fonte renovável.

[19] Reserva Águia Branca (s.n.).

[20] Empresa localizada em Pinheiros (SP), cuja atividade principal é a geração de energia elétrica.

[21] Águia Branca (2024).

Por fim, a Viação submete toda a sua frota ao serviço de avaliação veicular ambiental do Programa Ambiental Despoluir, que garante a sua regularização e contribui para a melhoria da qualidade do ar, reduzindo o consumo de combustível e as emissões de poluentes associadas. Por meio dessa iniciativa, foi conquistado o Prêmio QualiAr[22], promovido pela Federação das Empresas de Transporte do Espírito Santo, que certifica anualmente as entidades que tenham mantido 100% de aprovação na inspeção ambiental de suas frotas pelo Despoluir.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- preservação de mais de 2 mil hectares da Mata Atlântica no Corredor Ecológico Pedra Azul, na região das Montanhas Capixabas;
- criação da AB Energias Renováveis, com a capacidade de evitar o lançamento de 3.508 toneladas de CO_2 na atmosfera por ano; e
- 100% da frota inspecionada periodicamente pelo Programa Despoluir.

[22] Premiação concedida pela Federação das Empresas de Transportes do Espírito Santo (Fetransportes) às empresas engajadas na redução de emissão de poluentes e do consumo de diesel.

Modo Rodoviário

Crédito: Felipe Onzi.

Viação Ouro e Prata

HISTÓRICO

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte rodoviário de passageiros.

A Viação Ouro e Prata foi fundada, em 1939, no município de Crissiumal, localizado no estado do Rio Grande do Sul, com o propósito de oferecer transporte rodoviário de passageiros, consolidando-se como uma das principais empresas do setor no Brasil. Com atuação nas regiões Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste e Sul do país, a Ouro e Prata opera linhas intermunicipais e interestaduais nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Paraná, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Pará[23].

Ao longo de sua trajetória, a Ouro e Prata expandiu seus serviços, incorporando diferenciais como internet via satélite para passageiros (intitulado OpConecta), rastreamento em tempo real dos veículos (OPMaps), embarque digital, programas de fidelidade, atendimento personalizado e iniciativas voltadas à sustentabilidade ambiental. A empresa investe em outras ações, como pontos de USB para recarga de dispositivos, além de contar com todos os motoristas treinados para garantir conforto e segurança aos passageiros.

[23] Viação Ouro e Prata (s.n.). Todas as nossas linhas.

Crédito: Marcopolo.

Modo Rodoviário

Viação Ouro e Prata

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

O compromisso com a sustentabilidade está presente na atuação da Viação Ouro e Prata, de modo que a empresa realiza investimentos em projetos que priorizam a responsabilidade visando a preservação do meio ambiente. Em 2021, no Dia da Árvore, todas as passagens vendidas no site oficial foram revertidas em plantio de árvores. A ação resultou em 438 mudas plantadas em uma área de preservação permanente em Gravataí (RS). Esse plantio proporcionou a compensação de 73 mil kg de CO_2e e contemplou três dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da ONU[24]. Tais projetos foram importantes pois resultaram na compensação de 133.138 kg de CO_2 com o plantio de 700 árvores[25] no período de 2021 a 2024.

Em 2022, a Ouro e Prata lançou o Programa Passagem Carbono Neutro, em que o usuário pode acessar o site oficial da empresa e solicitar a opção de compensação do seu trajeto. Todo o valor arrecadado é destinado a projetos certificados de proteção climática e ambiental, reconhecidos pela ONU e pelo VCS. Desde a sua implementação até setembro de 2025, a iniciativa Passagem Carbono Neutro neutralizou 60.138 kg de CO_2, por meio do apoio a projetos relacionados ao plantio de árvores, que resultou em mais de 300 mudas plantadas.

[24] Os ODS são um chamado global para erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e promover a paz e a prosperidade. Atualmente, as Nações Unidas elencaram 17 objetivos, incluindo ação contra a mudança global do clima, cidades e comunidades sustentáveis, dentre outros.

[25] Carbonfair (s.n.).

Além disso, a nova frota da Viação Ouro e Prata possui a tecnologia Euro 6, que garante motores menos poluentes em comparação aos modelos anteriores. Outra ação de destaque é a Avaliação Veicular Ambiental, do Programa Despoluir, no qual 100% de seus veículos são submetidos ao teste de opacidade. Tal medida contribui para a melhoria da qualidade do ar, reduzindo o consumo de combustível e as emissões associadas, assim como permite a regularização dos veículos quando estão fora dos parâmetros ambientais, determinados em lei.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- plantio de mais de 700 árvores, com a capacidade de neutralização de 133.138 kg de CO_2, efetuada no período de 2021 a 2024;
- aquisição de novos veículos, que propiciam a redução das emissões associadas à atividade transportadora, em comparação com modelos anteriores; e
- frota inspecionada periodicamente pelo Programa Ambiental Despoluir.

Crédito: Agência Outracena.

Modo Ferroviário

Rumo S.A.

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte de cargas a granel;
- logística de contêineres; e
- serviços para o agronegócio.

HISTÓRICO

A Rumo S.A., fundada em 2008 e administrada pelo grupo Cosan, é a maior empresa privada de ferrovias de carga no Brasil, dispondo de concessões que abrangem 13,5 mil quilômetros de malha ao longo das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Desde 2015, quando ocorreu a incorporação da empresa América Latina Logística[26] (ALL)[27] à Rumo, a companhia vem promovendo investimentos para expandir a sua capacidade de atuação no transporte ferroviário nacional.

Em 2019, a empresa venceu o leilão de concessão da Ferrovia Norte-Sul, correspondente a um trecho de 1.537 km de extensão que liga o Porto Nacional (TO) a Estrela d'Oeste (SP). Sua construção, finalizada em 2023, foi um marco importante para o setor logístico brasileiro, ampliando a atividade de escoamento da produção agrícola e promovendo a diversificação do transporte de cargas no país.

Atualmente, a empresa administra corredores ferroviários conectando polos agroindustriais aos principais portos do país, além de contar com uma frota de aproximadamente 1.200 locomotivas e 33 mil vagões. Com sede administrativa em São Paulo e operacional em Curitiba, a empresa possui cerca de 8 mil

[26] A ALL foi uma empresa brasileira de logística ferroviária que operava a maior malha ferroviária da América do Sul, sendo absorvida pela Rumo Logística em 2015.

[27] Anteriormente denominada Ferrovia Sul Atlântico S.A., a ALL foi fundada em 1997, quando obteve a concessão da Malha Sul, pertencente à extinta Rede Ferroviária Federal S.A., abrangendo trechos ferroviários nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Modo Ferroviário

Rumo S.A.

Crédito: Agência Outracena.

colaboradores diretos e 10 mil indiretos, responsáveis por movimentar mais de 70 milhões de toneladas de carga somente no ano de 2024.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A Rumo iniciou, em 2015, a elaboração do inventário de emissões de GEE utilizando a metodologia GHG Protocol e alcançou a meta de redução de 15% das suas emissões específicas[28], em relação ao ano-base de 2019. Atualmente, a empresa assumiu um novo compromisso, de mitigar 21% das suas emissões até 2030, em comparação com o ano-base de 2020. Em 2024, a Rumo já reduziu 41% das suas emissões específicas em comparação com 2015 e mantém o seu compromisso com a descarbonização mediante o plantio de mais de 250 mil mudas de árvores em diversos estados, como Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo, como estratégia de compensação[29].

Adicionalmente, a Rumo implementou uma ampla modernização de sua frota, instalando um *software* de condução denominado Trip Optimizer (otimizador de viagem, em português). Este sistema permite que os trens entrem em modo de condução automática após atingir a velocidade de 19 km/h, otimizando a eficiência operacional de condução que, por sua vez, torna-se um grande aliado do meio ambiente, pois reduz o consumo de combustível do transporte e, consequentemente, as emissões de GEE.

[28] Emissões de CO_2e por tonelada-quilômetro útil.

[29] Relatório Anual de Sustentabilidade da Rumo S.A. (2024).

Outro projeto em implementação pela Rumo é o PTC 2.0 (sigla em inglês para Controle Positivo de Trens), um sistema projetado para determinar com precisão a localização, direção e velocidade dos trens ao longo de toda a malha, diminuindo as paradas dos veículos e oferecendo segurança, eficiência e ampliação da capacidade operacional.

Além das medidas mencionadas, a companhia passou a operar trens com 135 vagões, em substituição a modelos anteriores com 120 vagões, aumentando a quantidade de carga útil transportada nas locomotivas e permitindo a redução das emissões por tonelada quilômetro-útil. Todas as ações supramencionadas geraram uma redução de 11,97% nas emissões de GEE no ano de 2024 em comparação a 2020.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- redução acumulada de 11,97% nas emissões de GEE entre 2020 e 2024, sendo 3,3% apenas em 2024;
- redução anual de 25 mil toneladas de dióxido de carbono (tCO_2) e economia de 4% no consumo de diesel com a implementação do dispositivo Trip Optimizer; e
- em 2024, as operações da Rumo evitaram a emissão de 6,9 milhões de toneladas de CO_2, considerando-se que a mesma quantidade de carga fosse transportada por caminhões.

Modo Ferroviário

MRS Logística

Crédito: Wabtec.

HISTÓRICO

A MRS Logística S.A. iniciou a sua atividade de transporte ferroviário em dezembro de 1996, ao obter a concessão para operação na região Sudeste da antiga Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima (RFFSA). Atualmente, administra uma malha ferroviária de 1.643 km, interligando 107 municípios brasileiros com 90 terminais intermodais em operação. No decorrer de sua história, a empresa passou por importantes marcos, como a expansão intermodal, em 2017, que consistiu na inauguração de um novo terminal rodoferroviário em Sete Lagoas (MG), e a implantação de Trens Não Tripulados[30], em 2020. A operação da MRS conta com mais de 14 mil colaboradores diretos e indiretos e com uma frota superior a 700 locomotivas e 21 mil vagões[31].

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte de minério de ferro, com grande orientação à exportação;
- transporte de cargas gerais em contêineres, commodities agrícolas, produtos siderúrgicos e de construção civil; e
- logística multimodal integrada.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A MRS Logística tem adotado medidas estratégicas para a redução contínua de suas emissões de GEE, aliando tecnologia, renovação de ativos e aprimoramento de suas atividades. Uma das ações recentes, efetuadas em 2024, foi a aquisição de três turbocompressores, com potencial de elevar a eficiência das locomotivas, resultando em menor emissão de CO_2/km[32].

[30] Trem sem a necessidade de maquinista.

[31] MRS Logística (2025).

[32] MRS Logística (2025).

Crédito: Acervo MRS.

Modo Ferroviário

MRS Logística

Complementarmente, a renovação da frota faz parte da estratégia de negócio da empresa visando ganhos ambientais. Para isso, a empresa adquiriu 13 locomotivas do modelo ES44, que são mais eficientes e diminuem o esforço energético necessário para as operações, contribuindo com a redução de emissões no transporte ferroviário.

Uma inovação de destaque operacional é o trem com 272 vagões, o dobro do comprimento padrão, que permite o transporte de volumes maiores com redução do número de viagens, o que implica em menor consumo de combustível por tonelada-quilômetro útil e na diminuição das emissões associadas.

Para tornar esse modelo de trem ainda mais eficiente, foi implementada uma tecnologia que possibilita ao operador gerenciar os módulos de tração de forma independente em tempo real, permitindo um ajuste preciso da potência necessária para cada trecho e promovendo a otimização do consumo energético.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- redução de 2,4% nas emissões absolutas (Escopos 1 e 2) de GEE em 2024, mesmo com o aumento no volume da carga transportada;
- melhor resultado histórico de emissões (8,92 gCO_2e/TKU), conectado à meta pública de redução de 15% da intensidade de emissões até 2035, em comparação ao ano de 2022;

- contínua modernização da frota ferroviária, com incorporação de 13 novas locomotivas, que emitem cerca de 5% menos GEE em relação às similares convencionais; e
- melhoria de 22% na eficiência energética no período de 2011 a 2024, resultado do aumento da eficiência operacional, com trens mais longos, melhorias na condução, entre outras iniciativas.[33]

[33] A quantidade de litros consumidos no transporte de mil toneladas brutas em um quilômetro (litros por mil TkB) foi de 3,177 L/kTkB em 2011 para 2,474 L/kTkB em 2024.

Crédito: Zeto Teloken.

Modo Ferroviário

Giordani Turismo

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte ferroviário de passageiros; e
- transporte rodoviário de passageiros.

HISTÓRICO

Fundada em 1992, a Giordani tornou-se uma referência no desenvolvimento do turismo em Bento Gonçalves, na Serra Gaúcha. A empresa atua nos modos ferroviário e rodoviário de passageiros, com foco em roteiros turísticos culturais e regionalizados. Suas operações são estruturadas com base na reativação de infraestruturas de transporte, associadas à preservação de bens culturais do estado do Rio Grande do Sul.

A empresa mantém um quadro funcional composto por mais de 120 colaboradores, distribuídos entre atividades operacionais, administrativas, técnicas e de atendimento. Os serviços ofertados envolvem planejamento, execução e gestão de operações turísticas multimodais, com aplicação de conceitos de educação patrimonial, interpretação cultural e logística turística integrada.

Em 2023, a empresa expandiu suas operações com a inauguração de uma filial na Campanha Gaúcha, em Sant'Ana do Livramento, com destaque para a atuação no transporte ferroviário de passageiros com o passeio do Trem do Pampa. Esse mesmo tipo de serviço é oferecido pela empresa na Serra Gaúcha, com o tradicional passeio de Maria Fumaça[34]. A operação no modo rodoviário também tem grande relevância na Giordani Turismo, com passeios

[34] Locomotiva movida a vapor d'água, gerado normalmente com o uso de carvão ou lenha.

Modo Ferroviário

Giordani Turismo

Crédito: Flow Films.

por diferentes localidades, como as cidades de Bento Gonçalves, Vale dos Vinhedos e Monte Belo do Sul[35].

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A Giordani adota políticas de gestão ambiental voltadas à redução de impactos operacionais associados às suas atividades na região da Serra Gaúcha, a qual possui ecossistemas sensíveis e áreas de importante relevância ambiental, em função de sua biodiversidade, dos remanescentes de Mata Atlântica e do patrimônio natural e cultural local. Além de diretrizes específicas para efetuar o controle de emissões atmosféricas, como a manutenção preventiva de locomotivas e a utilização de combustíveis com menor teor de enxofre, a empresa investe no uso de energia e aproveitamento de recursos renováveis, com foco na minimização de seu impacto ambiental.[36]

A operação ferroviária, composta por locomotivas originalmente movidas a carvão mineral, passou por um processo de adequação tecnológica em 2005, com o objetivo de substituir o combustível fóssil utilizado por similares de origem renovável. Para isso, a empresa adaptou os maquinários existentes, permitindo o uso de madeiras de reflorestamento, o que ocasionou a redução de 270 tCO_2 de emissões de GEE.

[35] A Giordani Turismo realiza uma *city tour* utilizando um veículo *Double Deck* no sistema *hop on / hop off*.

[36] Giordani Turismo.

Desde 2015, as locomotivas movidas a vapor são acesas 3 horas antes de sua operação com madeira de reflorestamento e usam em sua caldeira aproximadamente 900 kg de briquete[37] por viagem, para gerar calor e reduzir o uso de carvão. O briquete é adquirido a partir da serragem proveniente da fabricação de cabos de ferramentas e panelas, o que promove a adoção de práticas de economia circular.

Também podem ser citados os investimentos da empresa em energia solar. Atualmente, 500 placas solares estão instaladas na estação ferroviária do município de Carlos Barbosa e outras 300 próximas à estação localizada em Bento Gonçalves. A capacidade instalada dessa fonte renovável permite o suprimento de 100% da demanda elétrica das estações ferroviárias e sedes administrativas da empresa, contribuindo para a redução das emissões de GEE. A empresa ainda gerencia o Parque Cultural Epopeia Italiana, localizado em Bento Gonçalves, preservando mais de 15 mil árvores no local.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- mais de 270 tCO_2 evitados e 108,9 toneladas de carvão economizados até setembro de 2024[38];
- no período compreendido entre agosto de 2023 e setembro de 2024, foram economizados aproximadamente 172,1 MWh de energia elétrica por meio da implementação de sistema fotovoltaico; e
- mais de 15 mil árvores preservadas, até setembro de 2024.

[37] Combustível sólido feito a partir da compactação de resíduos orgânicos ou biomassa, como serragem, casca de arroz, bagaço de cana, restos de madeira, entre outros materiais biodegradáveis.

[38] Dados coletados em setembro de 2024.

Modo Ferroviário

Metrô de São Paulo

Crédito: Jean Carlos de Souza Freitas.

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- construção e manutenção do transporte públicos metroferroviário;
- operação de terminais de passageiros;
- transporte metroferroviário de passageiros.

HISTÓRICO

O Metrô de São Paulo foi fundado em 1968, tendo a sua primeira viagem de teste realizada no pátio Jabaquara. Em janeiro de 1974, foram entregues os seus dois primeiros trens, marcando o início da sua atividade comercial. Atualmente, a companhia é uma empresa pública de capital fechado, controlada pelo Governo do Estado de São Paulo, sob gestão da Secretaria dos Transportes Metropolitanos. O Metrô é responsável pela operação das linhas Azul, Verde e Vermelha, além do monotrilho (linha Prata), totalizando 71,4 km de extensão e 63 estações, por onde circulam cerca de três milhões de passageiros em média por dia útil.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A rede metroferroviária tem contribuído significativamente para a descarbonização do setor de transporte, pois é uma opção mais sustentável em relação ao uso de veículos individualizados movidos a combustíveis fósseis. Isso porque o transporte desse segmento se dá por meio de energia elétrica, proveniente majoritariamente de fonte renovável, o que resulta na redução do consumo de combustíveis fósseis e das emissões atmosféricas.[39]

[39] Dados de 2024, segundo informações recebidas do Metrô de São Paulo e da ANPTrilhos.

Crédito: Andreia Cristina Rodrigues.

Modo Ferroviário

Metrô de São Paulo

Mesmo com a baixa intensidade de carbono advinda das suas operações, o Metrô de São Paulo adota estratégias para mitigar as emissões de GEE em todo o ciclo de vida de seus empreendimentos. Na criação de novas linhas na sua região metropolitana, por exemplo, a empresa aplica o conceito de construção sustentável, um conjunto de práticas e soluções que visam minimizar os impactos socioambientais, como o reaproveitamento de água nas obras, uso de materiais de menor pegada de carbono e gestão eficiente de resíduos.

Com relação à transição energética, a empresa realizou a substituição de parte da sua eletricidade contratada pela aquisição de energia renovável com a implantação de uma usina fotovoltaica conectada à sua linha Vermelha existente na cobertura da estação Brás e arredores, reduzindo a quantidade de emissões por passageiro-quilômetro para 4 gCO_2e/pkm. O Metrô também investe em um projeto-piloto de hidrogênio verde, realizado em parceria com a Fundação Educacional Inaciana Padre Sabóia de Medeiros, que tem como objetivo implementar o uso do combustível na operação dos trens da linha Verde.

No âmbito da eficiência energética, o Metrô de São Paulo implementou o Controle de Trens Baseado em Comunicação. Esse sistema informa a localização precisa dos trens, permitindo um melhor controle de velocidade de ambas as composições, o que propicia a redução dos intervalos entre eles, otimizando o tempo de viagem. A empresa também utiliza o Programa de Oferta de Trens, uma ferramenta de planejamento operacional que ajusta a quantidade de trens em circulação conforme a demanda de passageiros.

Essa gestão contribui para a redução da superlotação, evita a circulação de metrôs com baixa ocupação e otimiza o uso de energia no sistema. Como resultado dessas ações, a operação tornou-se mais eficiente, o que reduziu o consumo de eletricidade, chegando a 2,76 kWh/carro.km e, consequentemente, diminuiu suas emissões associadas.

Todas as medidas supracitadas evitaram o lançamento de mais de 625 mil tCO_2e de GEE na atmosfera por parte das operações do Metrô São Paulo em 2024.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- redução de emissão indireta de GEE, atingindo 4 gCO_2e/pkm, em função do uso de energia renovável proveniente de painéis fotovoltaicos;
- baixo consumo de energia de tração por carro-quilômetro (2,76 kWh/carro.km) com a otimização de velocidade de trens e a implementação de sistemas de planejamento operacional; e
- mais de 625 mil tCO_2e de emissões evitadas pela rede em operação no ano de 2024.

Crédito: Hidrovias do Brasil.

Modo Aquaviário

Hidrovias do Brasil (HBSA)

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte de grãos;
- transporte de minério de ferro;
- transporte de sal, fertilizante e celulose; e
- integração logística em rotas fluviais.

HISTÓRICO

Fundada em 2010, a Hidrovias do Brasil (HBSA) é uma empresa de logística multimodal pautada por uma visão de longo prazo e que conecta a América Latina aos mercados globais. A Companhia presta serviços em corredores estratégicos da América do Sul, movimentando cargas por rios e terminais portuários.

Atualmente, conta com operações no Corredor Norte (para escoamento de insumos agrícolas originados no Mato Grosso), no Corredor Sul (integração de Mato Grosso do Sul, Paraguai e Uruguai) e no porto de Santos. Integrante do Grupo Ultra, a Hidrovias do Brasil defende a multimodalidade como forma de otimizar fluxos logísticos e reduzir seus impactos ambientais. Em 2020, obteve o seu IPO[40] (Initial Public Offering, ou Oferta Pública Nacional) no Brasil e é listada no mercado de capitais da B3[41]. Em 2024, passou a integrar o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da B3, o qual mede a excelência ambiental da empresa, avaliando a sua capacidade de redução de impactos e adoção de medidas que protegem o meio ambiente.

[40] Representa a primeira vez que uma empresa receberá novos sócios realizando uma oferta de ações ao mercado. Ela se torna, então, uma companhia de capital aberto com papéis negociados no pregão da Bolsa de Valores.

[41] A B3 a bolsa de valores brasileira sediada na cidade de São Paulo. Funciona de forma autorregulada sob a supervisão da Comissão de Valores Mobiliários.

Modo Aquaviário

Hidrovias do Brasil (HBSA)

Crédito: Hidrovias do Brasil.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

O transporte hidroviário é uma solução com alto potencial para mitigar as mudanças climáticas, devido ao seu otimizado desempenho no que tange às emissões de GEE por tonelada por quilômetro-útil transportada. Um estudo elaborado em 2023 pela Future Climate Group, em parceria com a Hidrovias do Brasil, em 2024, comparou as emissões de CO_2e por TKU nos modos hidroviário, ferroviário e rodoviário. A pesquisa identificou que as emissões nos Corredores Norte (1.200 km) e Sul (2.600 km) pelo modo aquaviário foram consideravelmente menores do que as do ferroviário e rodoviário, com os seguintes resultados: 3,03 CO_2/TKU pelo hidroviário; 4,71 CO_2/TKU com o modo ferroviário; e 11,13 CO_2/TKU pelo modo rodoviário.

Além de atuar com o transporte aquaviário (considerado de menor emissão em relação às demais modalidades), a Hidrovias do Brasil possui compromissos importantes para reduzir ainda mais o seu impacto ambiental por meio de inovação, buscando compensar as emissões inevitáveis pela aquisição de créditos de carbono no mercado voluntário.

Adicionalmente, a empresa realiza a gestão de GEE em todas as operações e analisa os resultados mediante monitoramento e relato em seu próprio inventário de emissões. Este relatório é auditado por uma entidade de verificação independente e, em 2024, obteve o reconhecimento denominado Selo de Ouro do Programa Brasileiro GHG Protocol pelo terceiro ano consecutivo.

Por fim, a HBSA tem desenvolvido medidas complementares atreladas à ambição climática. Nesta iniciativa, a empresa, além de adotar importantes critérios na seleção de fornecedores para adquirir produtos e serviços que possuam comprometimento com responsabilidade corporativa, ambiciona atingir a neutralidade plena[42] de suas operações até 2034.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- implementação de inventário próprio de emissões de GEE;
- implementação de medidas de melhoria contínua, como o plano da Ambição Climática;
- baixa emissão em suas operações devido ao transporte pela modalidade hidroviária, que possui menor índice de CO_2/TKU em relação às outras alternativas;
- gerenciamento das emissões de CO_2 por meio de monitoramento e análise; e
- conquista do Selo Ouro em seus inventários de emissões, no âmbito do Programa Brasileiro do GHG Protocol.

[42] A ambição visa atingir a neutralidade das emissões dos Escopos 1 e 2 do Programa GHG Protocol, sendo: Escopo 1, as emissões diretas de fontes que a empresa possui ou controla; e Escopo 2, as emissões indiretas, provenientes da compra de eletricidade e demais processos como de aquecimento e resfriamento.

Modo Aquaviário

Wilson Sons

Crédito: Wilson Sons.

HISTÓRICO

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- terminal de contêineres;
- rebocagem portuária;
- estaleiro; e
- agência marítima.

Reconhecida por sua experiência de cerca de 187 anos, a empresa Wilson Sons inclui em seu portfólio dois terminais de contêineres, localizados na Bahia e no Rio Grande do Sul; mais de 80 rebocadores, 20 embarcações de apoio *offshore*[43], com bandeira brasileira; duas bases de apoio *offshore* na Baía de Guanabara (RJ); um centro logístico alfandegado em Santo André (SP); um estaleiro no Guarujá (SP); serviços de logística internacional para mais de 70 países; e uma das maiores agências marítimas independentes do Brasil. Atualmente, a empresa oferece soluções completas para 5 mil clientes, incluindo armadores, importadores, exportadores, indústria de energia *offshore*, projetos de energia renovável, agronegócio e outros segmentos da economia.

É importante destacar que os negócios da Wilson Sons são reconhecidos por seguir padrões internacionais de gestão da qualidade, meio ambiente e segurança. As certificações da empresa são nas áreas de gestão da qualidade (ISO 9001), ambiental (ISO 14001) e de saúde e segurança operacional (ISO 45001). A Wilson Sons divulga seu inventário de emissões de GEE desde 2013 e, nos últimos cinco anos, recebeu o Selo Ouro, concedido pelo Programa Brasileiro GHG Protocol, por ter efetuado o reporte completo de suas emissões, além de obter a verificação dessas informações por organização externa credenciada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

[43] Termo utilizado para operações realizadas em mar aberto ou fora da costa de um determinado país.

Crédito: Wilson Sons.

Modo Aquaviário

Wilson Sons

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A Wilson Sons tem integrado a inovação tecnológica e o compromisso ambiental em suas atividades. Uma de suas principais iniciativas foi o desenvolvimento de uma nova geração de rebocadores com maior eficiência energética. Os novos modelos contam com design de casco otimizado para a redução de atrito com a água e motores de última geração, que contribuem para a redução em 14% no consumo de combustível e, consequentemente, das emissões de GEE associadas[44].

Adicionalmente, a empresa implementou o uso de energia elétrica fornecida por terra firme em 21 portos, onde mantém operações ao longo da costa brasileira, para alimentar seus rebocadores durante o período que permanecerem atracados. Essa prática, conhecida como on shore power supply (fornecimento de energia em terra), permite que as embarcações desliguem seus geradores a diesel enquanto estiverem no porto, utilizando eletricidade da rede elétrica ou de fontes renováveis das instalações do porto. Isso contribui significativamente para a redução do consumo de combustíveis fósseis e da emissão de poluentes atmosféricos.

Além disso, a companhia tem principiado a substituição de equipamentos de apoio movidos a diesel por modelos elétricos, como os tratores de pátio

[44] Wilson Sons (2024).

utilizados na movimentação de contêineres, reduzindo o consumo de 150 mil litros de diesel e, consequentemente, 341 tCO_2, além de realizar testes com biocombustíveis em embarcações, visando diminuir o consumo de óleo diesel marítimo. Também se destacam a adoção de sistemas de controle de rotação dos motores durante o deslocamento dos rebocadores, o que contribui para a economia de combustível, e a compra de energia elétrica 100% renovável no terminal de Rio Grande. Essas iniciativas aumentam a sustentabilidade ambiental das atividades operacionais da Wilson Sons, que se alinham aos objetivos de descarbonização do Brasil.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- diminuição de GEE devido à economia de até 14% no consumo de combustível pela modernização da frota e pelo formato do casco dos novos rebocadores, em comparação com as embarcações convencionais;
- corte em até 75% das emissões de óxidos de nitrogênio (NOx), por meio da adoção de motores mais eficientes e ambientalmente responsáveis;
- redução de 341 tCO_2 por ano com a operação de 12 tratores de pátio 100% elétricos, evitando a queima de aproximadamente 150 mil litros de diesel; e
- mitigação das emissões de GEEs com o uso de energia elétrica fornecida por terra firme durante o período em que os rebocadores permanecem atracados, substituindo o uso de diesel da embarcação.

Crédito: Norsul.

Modo Aquaviário

Companhia de Navegação Norsul

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte de cargas a granel (seco e líquido);
- transporte por cabotagem e longo curso;
- transporte de cargas indivisíveis ou de grandes dimensões; e
- transporte de contêineres.

HISTÓRICO

Fundada em 1963, a Norsul iniciou suas atividades contando apenas com um rebocador e uma barcaça. Entre 1970 e 1980, a empresa ampliou sua frota com graneleiros construídos nacionalmente, expandiu o atendimento ao setor de petróleo em alto mar e iniciou operações de carga homogênea do tipo *open hatch* (escotilha aberta)[45], transportando celulose, madeira e derivados à Europa.

Em 1990, a empresa inaugurou rotas para os continentes americano, africano e asiático. A partir de 1998, consolidou-se como a maior companhia privada de transporte de minério seco no país após incorporar os navios graneleiros da extinta Lloyd Brasileiro[46]. A partir de 2000, a Norsul projetou e lançou sua própria frota de comboios oceânicos direcionando suas aplicações no transporte de madeira, celulose, aço e granel sólido.

[45] Navios cujos porões são projetados em forma de caixa e possuem grandes aberturas (*hatches*, em inglês) que facilitam o carregamento e descarregamento de cargas secas diversas, como madeiras, grãos ou produtos a granel.

[46] Segundo Goularti Filho (2020), a Companhia de Navegação Lloyd Brasileiro, criada em 1890, iniciou em 1989 seu processo de liquidação de ativos, como graneleiros e embarcações de transporte de passageiros, encerrando suas atividades por completo em 2002.

Modo Aquaviário

Companhia de Navegação Norsul

Crédito: Norsul.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

Nos últimos anos, a Norsul intensificou suas iniciativas de sustentabilidade a bordo. Em sua frota flutuante, adotou tecnologias como tinta anti-incrustante com hidrogel de silicone, capaz de reduzir o atrito do casco e otimizar o consumo de combustível em 5% em relação a embarcações desprovidas dessa tecnologia. Paralelamente, modernizou seus navios realizando a troca do *hub* da hélice pelo sistema de aletas de propulsão da hélice (PBCF, na sua sigla em inglês)[47], que propicia economia de energia e melhora a performance do sistema em função de um maior controle do fluxo de água e redução de turbulência. Com essa solução, foi possível reduzir aproximadamente 5% das emissões de CO_2[48], em comparação com as operações convencionais.

Desde 2008, a empresa utiliza painéis fotovoltaicos em barcaças, proporcionando maior eficiência e reduzindo a dependência de combustíveis fósseis. Também desenvolveu, em parceria com a *startup* Bykonz[49], um software de monitoramento que observa mais de 280 sensores em tempo real e transmite as informações captadas por eles para um servidor na nuvem a cada 10 segundos. Além do monitoramento contínuo do transporte em

[47] Sigla em inglês para *Propeller Boss Cap Fins* (aletas de propulsão da hélice).

[48] Norsul (2024).

[49] *Startup* voltada à elaboração de produtos digitais integrados, visando otimizar operações marítimas, reduzir custos e aumentar a eficiência operacional.

alto mar, o programa otimiza a velocidade do navio por meio dos sensores instalados e identifica sinais de deterioração ou falhas iminentes.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- mitigação de aproximadamente 5% das emissões de CO_2 provenientes de economia proporcional de combustível pela instalação de sistema PBCF em navios graneleiros;
- diminuição de emissões pela aplicação de tinta com tecnologia anti-incrustante, que reduz o arrasto hidrodinâmico das embarcações e gera uma economia de combustível de até 5%;
- uso de painéis fotovoltaicos nas embarcações, dispensando a utilização de geradores diesel para sistemas de iluminação de navegação; e
- redução de emissões com a otimização de velocidade por software de monitoramento.

Modo Aeroviário

Crédito: Gol Linhas Aéreas S.A.

Gol Linhas Aéreas S.A.

HISTÓRICO

Fundada em 2001, a GOL Linhas Aéreas Inteligentes S.A. faz parte do Grupo Abra e é considerada uma das líderes no Brasil no modelo de viagens de baixo custo, oferecendo voos domésticos e internacionais.

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte comercial de passageiros; e
- transporte de cargas.

Possui atuação no transporte de passageiros e de cargas[50] e manutenção de aeronaves, além de oferecer programas de fidelidade, como o Clube Smiles[51]. A empresa conta com uma estratégia de utilização de frota única, visando obter diferenciais como produtividade e eficiência de custos. Essa alternativa simplifica a logística de manutenção, propicia a economia de escala na compra de peças de reposição e reduz o custo com capacitação de pilotos e comissários. Como consequência, a empresa consegue oferecer menor custo por assento; expandir sua atuação para novos destinos com voos diretos e mais longos; e gerar competitividade que oportuniza menores custos e melhor experiência para o cliente, trazendo maior confiabilidade e segurança. Encerrou o ano de 2024 com uma frota de 138 aeronaves, operando em 81 destinos, sendo 65 nacionais e 16 internacionais em 12 países.

[50] Conhecido como GOLOG, é o serviço de transporte de cargas e encomendas da GOL, fundado em 2001. Atualmente, atende mais de 4 mil cidades, contando com aproximadamente 100 unidades distribuídas pelo território brasileiro.

[51] Programa de fidelidade da GOL que permite o acúmulo de milhas pelos usuários, que podem trocar esse montante por passagens, produtos ou serviços.

Crédito: Norsul.

Modo Aeroviário

Gol Linhas Aéreas S.A.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

Nos últimos anos, a companhia aérea tem se destacado como a empresa brasileira com o menor nível de emissões por ASK (*Available Seat Kilometer*), mantendo esse indicador abaixo da média do mercado. Esse desempenho foi possível devido à substituição do Boeing 737-800 Next Generation (NG) pela sua versão mais moderna, o modelo 737 MAX, que apresenta uma redução de consumo e, consequentemente, de emissões de aproximadamente 15%[52]. Além da eficiência energética nas aeronaves, a Gol tem buscado a otimização de consumo de combustível nas diversas fases do voo e o projeto APU OFF, que consiste em diminuir o uso das Unidades Auxiliares de Potência (APUs)[53] quando o veículo estiver em solo. Essas ações permitem uma redução expressiva das emissões durante o trânsito das aeronaves nos aeroportos, onde se concentram cerca de 70% das operações da empresa.

Em 2010, a empresa iniciou sua participação no Programa Brasileiro GHG Protocol, obtendo, no ano seguinte, a máxima categoria de qualificação (Selo Ouro). A GOL também realiza anualmente a divulgação de dados sobre a gestão de suas emissões de CO_2 por meio do Carbon Disclosure Project (CDP).

[52] GOL (2024).

[53] Pequenos geradores localizados na cauda da aeronave, acionados geralmente, quando os motores estão desligados para fornecimento de energia — substituindo-as por fontes elétricas de solo nos aeroportos, que são mais eficientes e menos poluentes.

A empresa tem participado ativamente das discussões relacionadas à Conexão SAF, iniciativa do governo federal voltada à construção de um marco infralegal para viabilizar a transição energética na aviação, conforme as diretrizes da Lei do Combustível do Futuro, utilizando o Combustível Sustentável de Aviação (SAF). Neste contexto, entre as contribuições da companhia, destaca-se a realização do primeiro processo de Book & Claim na América Latina, concluído em 2024[54].

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- aquisição de aeronaves Boeing 737 MAX, que apresenta redução de até 15% no consumo de combustível e nas emissões de CO_2 em relação a modelos anteriores;
- participação, desde 2010, no Programa Brasileiro GHG Protocol, atingindo o Selo Ouro pelo seu inventário corporativo, em 2011.
- taxiamento com apenas um motor, com a redução do uso das APUs em solo e a otimização das velocidades de voo.
- realização anual da divulgação de informações sobre a gestão de emissões de CO_2 por meio do CDP.

[54] Aeroin (2024).

Crédito: Simón Blaise (LATAM).

Modo Aeroviário

LATAM Airlines Group S.A.

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- transporte comercial de passageiros; e
- transporte de cargas.

HISTÓRICO

Fundada em 1983, a LATAM Airlines é, atualmente, o maior conglomerado aéreo da América Latina, resultado da fusão entre as empresas aéreas LAN (chilena) e TAM (brasileira). A sede está localizada em Santiago (Chile) e os centros operacionais, no estado de São Paulo (Brasil). O grupo está presente em cinco países da América do Sul, operando em rotas para Europa, Estados Unidos, Caribe e Oceania.

A companhia conta com uma frota de 326 aeronaves de fuselagem estreita (*narrow-body*) e larga (*wide-body*)[55] para o transporte de passageiros, além de 21 cargueiros dedicados a operações logísticas da LATAM Cargo. O grupo atende mais de 160 destinos em 31 países.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A LATAM tem conduzido uma agenda de descarbonização com o objetivo de atingir emissões líquidas zero até 2050. Em 2010, a empresa lançou o Programa LATAM Fuel Efficiency (eficiência de combustível, em português), que possui 50 iniciativas em andamento, com destaque para a redução do peso das aeronaves, com a substituição de materiais por versões mais

[55] Segundo ANAC (2025), aeronaves de fuselagem estreita possuem apenas um corredor na cabine de passageiros, dotados de até seis assentos. A fuselagem larga é caracterizada por ter dois corredores, geralmente com capacidade para sete ou mais assentos por fileira.

Modo Aeroviário

LATAM Airlines Group S.A.

Crédito: Francisco Soto (LATAM).

leves e inovadoras — como o uso de modelos de análise avançada para traçar rotas mais curtas e eficientes. Tais medidas reduzem o consumo de combustível em solo por meio do taxiamento com apenas um motor. Além disso, a lavagem de motores e a renovação da pintura externa contribuem com a otimização do consumo de combustível e reduzem a resistência no ar. Até o final de 2024, o programa alcançou cerca de 7% de eficiência, o que representou a emissão evitada de aproximadamente 5,6 milhões de tCO_2e.

Como parte central de seu desenvolvimento sustentável, a empresa investiu na renovação das aeronaves, adquirindo modelos mais modernos como Airbus A320neo e Boeing 787-9 Dreamliner, que permitem reduzir entre 20% e 25% das emissões quando comparados aos modelos anteriores. Até 2030, o planejamento é operar com 200 aeronaves de última geração. Complementarmente, em 2024, a empresa iniciou a aplicação de tecnologias de baixa resistência aerodinâmica, como tintas e revestimentos do tipo AeroShark em parte de suas aeronaves, contribuindo para a redução de emissões em cerca de 1% em comparação com modelos sem a referida tecnologia[56].

Adicionalmente, a LATAM aderiu a iniciativas que promovem o SAF. Em 2025, integrou-se ao SAF Registry da IATA, que tem como objetivo conectar companhias aéreas com produtores e fornecedores de SAF, além de apoiar estudos técnicos que promovam políticas públicas, enfatizando a necessidade da viabilidade financeira das fontes alternativas. Além disso, a empresa tem buscado alinhar-se a medidas internacionais, como a

[56] Resultados LATAM do 2º trimestre de 2024.

participação em programas de compensação de emissões para a compra de créditos de carbono e atuação em projetos de conservação ambiental na América Latina.

Como resultado das iniciativas mencionadas, a LATAM registrou, em 2024, uma redução de aproximadamente 12% nas emissões de GEE em relação à média do setor de aviação, evitando a emissão de mais de 98 mil tCO_2e.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- o Programa LATAM Fuel Efficiency evitou a emissão de mais de 5,6 milhões de toneladas de CO_2 desde sua criação, em 2010;
- redução de aproximadamente 12% nas emissões de GEE em relação à média do setor de aviação em 2024, tendo evitado a emissão de mais de 98 mil tCO_2e;
- aquisição de aeronaves de última geração, o que leva à redução de 20% a 25% das emissões provenientes da queima de combustível;
- estimativa de evitar mais de 6 mil tCO_2e com o uso de 900 mil galões de SAF (cerca de 3,41 milhões de litros) até 2050; e
- diminuição na emissão de GEE associada à inovação aerodinâmica das aeronaves[57].

[57] LATAM (s.n.).

Modo Aeroviário

Azul Linhas Aéreas Brasileiras S.A.

Crédito: Azul Linhas Aéreas Brasileiras S.A.

HISTÓRICO

ATIVIDADES PRINCIPAIS

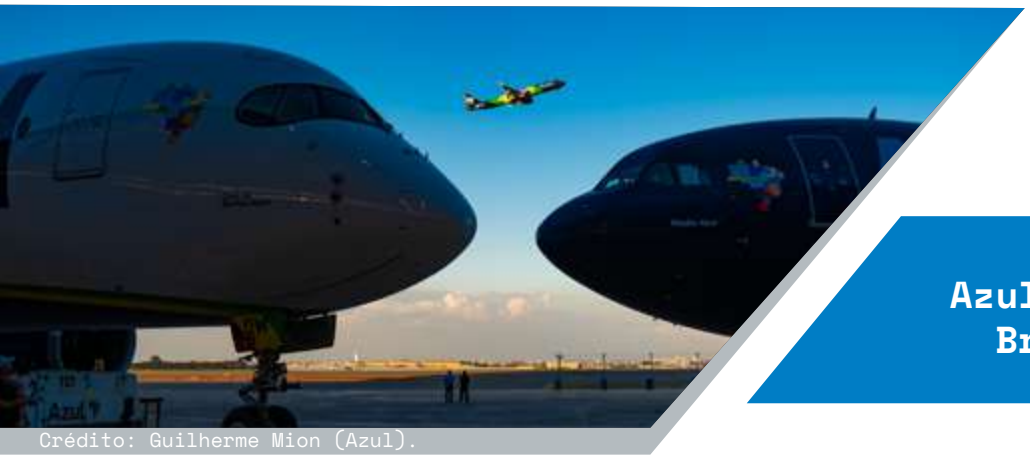
- transporte comercial de passageiros; e
- transporte de cargas.

A Azul Linhas Aéreas foi fundada em 2008, com os primeiros voos comerciais partindo do Aeroporto de Viracopos, em Campinas, com destino a Salvador e Porto Alegre. A empresa atende aos segmentos de passageiros e cargas e se destaca pela oferta de voos regulares para cidades brasileiras normalmente pouco assistidas pelo modo aéreo.

Com apenas 1 ano de atuação, alcançou a marca de dois milhões de clientes transportados, consolidando-se como uma das empresas de crescimento mais rápido da história da aviação brasileira. Um dos marcos relevantes de sua trajetória foi a fusão com a companhia TRIP Linhas Aéreas, concluída em março de 2013, que resultou na expansão da sua malha regional, atingindo 100 destinos nacionais. Posteriormente, a Azul passou a realizar mais de 800 voos diários para 137 destinos. Com uma frota operacional de cerca de 200 aeronaves e mais de 15 mil tripulantes, a empresa dispõe de uma malha que abrange 250 rotas diretas.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

A Azul tem se destacado por sua atuação consistente e ambiciosa no combate às mudanças climáticas, assumindo compromissos para se tornar uma empresa neutra em carbono até 2045, cinco anos antes da meta



Crédito: Guilherme Mion (Azul).

Modo Aeroviário

Azul Linhas Aéreas Brasileiras S.A.

prevista para o setor[58]. Em 2023, a companhia foi a primeira da América Latina a ter seu plano de descarbonização aprovado pela iniciativa internacional de metas embasadas na ciência (SBTi)[59], alinhadas ao Acordo de Paris[60].

Um dos pilares estratégicos de descarbonização é a renovação de sua frota. A Azul está substituindo gradualmente aeronaves por modelos mais modernos, que oferecem uma redução de até 20% no consumo de combustível, consequentemente em emissões de GEE. Atualmente, mais de 80% dos assentos oferecidos em sua frota é composto por aeronaves consideradas de nova geração.

Além da renovação de frota, a Azul tem implementado sistemas alternativos de fornecimento de energia elétrica em suas bases operacionais, permitindo que os geradores movidos à querosene, localizados na cauda do avião, permaneçam desligados. Ainda neste contexto, a empresa utiliza energia elétrica 100% renovável em seu hangar principal, em Campinas.

No âmbito da mitigação de emissões, a Azul lançou, em 2016, o Programa de Eficiência de Combustível com foco na melhoria do consumo de querosene.

[58] Meta nacional de redução de 10% das emissões de GEE até 2035, em relação ao volume das emissões decorrentes das operações domésticas no ano corrente. A meta de neutralidade em 2050 foi estabelecida pela Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO).

[59] Organização de ação climática e caráter internacional que desenvolve padrões, ferramentas e orientações, permitindo que as empresas estabeleçam metas de redução de emissões de GEE alinhadas ao cientificamente necessário para manter o aquecimento global abaixo de níveis críticos e atingir a neutralidade até 2050 (SBTI, 2025).

[60] Azul (2024).

Entre as medidas implementadas, destacam-se a eficientização no plano de rotas, a movimentação da aeronave em solo utilizando apenas os motores principais e a otimização do uso de combustível durante as fases de subida e descida. Em 2023, o programa alcançou resultados expressivos, com a economia de 93 milhões de litros de querosene desde o início do programa, evitando a emissão de cerca de 235 mil toneladas de CO_2.

Ainda concernente a medidas de redução de emissões da Azul, seis dos seus aviões convencionais modelo Cessna Caravan[61], movidos exclusivamente por querosene de aviação (QaV), começaram a ser transformados em modelos híbridos, com motores elétricos, reduzindo, assim, as emissões de GEE. Nos últimos anos, a companhia tem acompanhado as discussões sobre o SAF, a fim de identificar novas oportunidades para a transição energética.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- economia de mais de 31 milhões de litros de querosene e 80 mil toneladas de CO_2 evitadas por meio da implementação do Programa APU Zero;
- redução de até 20% no consumo de combustível e de emissões de GEE associadas com a modernização da frota; e
- em 2023, foi evitada a emissão de aproximadamente 235 mil toneladas de CO_2 por meio do Programa de Eficiência de Combustível, economizando mais de 93 milhões de litros de QaV.

[61] Aeronave turboélice monomotora utilitária, projetada para realizar diversas funções, como transporte de passageiros e cargas, voos regionais e operações em pistas curtas ou irregulares.

Crédito: Portonave.

Infraestrutura

Portonave S.A. Terminais Portuários de Navegantes

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- movimentação de contêineres;
- operação de câmara frigorífica (*Iceport*);
- recebimento e atendimento de navios; e
- armazenagem em pátio.

HISTÓRICO

A Portonave S.A. é o primeiro terminal portuário privado de contêineres do Brasil. Suas operações foram iniciadas em 2007, com localização estratégica na foz do rio Itajaí-Açu, no município de Navegantes, em Santa Catarina. A empresa se destaca pela busca contínua da melhoria operacional e da qualidade dos serviços prestados, tendo conquistado certificações que reforçam o seu compromisso com a excelência mediante a obtenção das certificações ISO 9001 e ISO 14001.

Em 2015, o terminal realizou uma importante expansão que aumentou a sua capacidade de atividade anual de 1 milhão para 1,5 milhão de TEUs[62]. A Portonave é considerada o terminal mais eficiente do país, segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), e está adaptando o seu cais para receber navios de até 400 metros de comprimento e para usar sistemas inteligentes visando o fornecimento de energia de modo eficiente às embarcações atracadas.[63]

[62] Essa é uma unidade de medida padrão, utilizada para calcular o volume de contêineres com diferentes tamanhos, bem como para descrever as capacidades de carga de navios porta-contêineres e terminais portuários.

[63] Portonave (2025).

Infraestrutura

Portonave S.A. Terminais Portuários de Navegantes

Crédito: Portonave.

Ao longo de sua história, a empresa investiu cerca de R$ 2,5 bilhões nas instalações e operações, movimentou mais de 13 milhões de TEUs e empregou cerca de 1.300 pessoas em trabalhos diretos, contribuindo, adicionalmente, com 5.500 postos de empregos indiretos. Desde 2010, a Portonave elabora o seu inventário de emissões de GEE, com o devido acompanhamento de impactos ambientais e definição de medidas de controle e mitigação em prol da sustentabilidade.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

No contexto de mitigação das emissões de GEE, a empresa se destaca pela utilização de energia elétrica proveniente de fontes renováveis. Para ampliar a sua autossuficiência, a companhia instalou 308 painéis fotovoltaicos destinados a atender todos os locais do terminal, como portaria, refeitório e área frigorificada.

Ainda em relação às emissões, a empresa investe na modernização de equipamentos utilizados para a movimentação de contêineres. Uma das medidas mais significativas adotadas pela companhia foi a eletrificação dos 18 guindastes de pátio que eram movidos a diesel, o que propiciou a redução de 47 mil toneladas de CO_2e no período de 2016 a 2024.

Adicionalmente, a empresa investiu na aquisição de empilhadeiras elétricas e uma empilhadeira ecológica (híbrida)[64], proporcionando uma redução expressiva nas emissões de GEE, quando comparadas às convencionais. Em

[64] Empilhadeira que reduz em até 40% das emissões de GEE, segundo Portonave (2025).

2024, a Portonave iniciou as operações do primeiro *terminal tractor*[65] elétrico da região Sul do Brasil, como parte das suas ações de descarbonização.

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- redução de 80% nas emissões por TEU de 2015 a 2024;
- desde 2016, a empresa promove a redução de 96% nas emissões provenientes de guindastes com a eletrificação desses equipamentos no período de 2016 a 2024; e
- redução de até 40% das emissões de GEE com a adoção de empilhadeira ecológica, em comparação com a convencional.

[65] Veículo fora de estrada do tipo trator rebocador, projetado para o transporte terrestre de contêineres dos navios ao pátio de operações.

Infraestrutura

Aeroporto Internacional de Viracopos

Crédito: Ricardo Lima (Divulgação).

HISTÓRICO

O Aeroporto Internacional de Viracopos, localizado em Campinas, no estado de São Paulo, foi inaugurado em 19 de outubro de 1960. Ele possui uma pista de 3.240 metros, construída para receber com segurança quadrimotores[66] a jato de primeira geração. Em 2012, o Consórcio Aeroportos Brasil[67] ganhou o direito de administrar o Aeroporto Internacional de Viracopos por 30 anos, ao adquirir 51% das ações do empreendimento. O restante das ações é pertencente à Infraero Aeroportos, que é responsável pela gestão compartilhada junto ao Consórcio, juntas formando a concessionária Aeroportos Brasil Viracopos S.A. (ABV).

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- operação de voos domésticos e internacionais;
- operações no transporte de cargas e de passageiros; e
- atendimento logístico a aeronaves.

Em 2013, o aeroporto conquistou a certificação ISO 9001 e a mantém até hoje. Onze anos depois, em 2024, a ABV obteve a ISO 14001. Viracopos foi eleito por cinco vezes o melhor aeroporto do Brasil, desde que a pesquisa de satisfação de passageiros promovida pela Secretaria de Aviação Civil (SAC) teve início, em 2013[68]. Além do reconhecimento nacional, a empresa acumula prêmios internacionais, como a obtenção, em 2024, da condecoração como melhor aeroporto de carga aérea, pela World Air Cargo Award[69].

[66] Aeronaves equipadas com quatro motores, utilizados como aviões de passageiros, de cargas e em aplicações militares.

[67] Consórcio brasileiro composto pelas empresas Triunfo Participações e Investimentos, a holding UTC Participações e a francesa Egis Airport Operation.

[68] Viracopos (2025).

[69] Viracopos (2024).

Crédito: Luciano Daou (Divulgação Viracopos).

Infraestrutura

Aeroporto Internacional de Viracopos

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

Viracopos realizou a substituição das suas luminárias de vapor de sódio, localizadas nos pátios do aeroporto, e das luminárias halógenas, na pista de pouso e decolagem, por tecnologia LED, interligada a um sistema de monitoramento em tempo real do consumo elétrico. De 2015 a 2024, foram substituídas 25.360 lâmpadas convencionais por 13.510 lâmpadas LED. Além da redução de energia em 66%, a ação levou à diminuição da emissão de 500 tCO_2 e de custos no citado período.

Em 2016, Viracopos investiu no sistema 400Hz por meio da Unidade Fornecedora de Energia para Aeronave em Solo (GPUs) e Unidade de Fornecimento de Ar-Condicionado para Aeronave em Solo (PCAs) instalados em todas as 28 pontes de embarque, além de 4 sistemas móveis para posições remotas. Essas ações visam substituir o uso de APUs das aeronaves, geralmente movidas a combustíveis fósseis. Desde 2022, o aeroporto tem adquirido energia renovável visando à neutralização de CO_2 gerado pela energia elétrica da rede. Em 2024, o Aeroporto compensou as emissões de GEE de um total de 47.535 MWh, com a compra de certificados de Energia Renovável do gerador Furnas Centrais Elétricas S.A.[70]

[70] Triunfo (2025).

Outra iniciativa a ser destacada é a implementação do Projeto AGILE VCP, que tem o objetivo de desenvolver uma série de estudos técnicos voltados à otimização do intervalo entre pousos e decolagens. Essa iniciativa resultará na diminuição das esperas no solo e em voo, reduzindo o consumo de combustível enquanto a aeronave estiver em solo e, principalmente, diminuindo as emissões de CO_2[71].

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- economia de aproximadamente 500 tCO_2 e 66% de economia de energia em iluminação, proveniente das substituições de LED no período de 2015 a 2024.
- compensação das emissões de GEE de um total de 47.535 MWh de eletricidade, em 2024, com a aquisição de certificados de Energia Renovável proveniente de terceiros; e
- redução de 25.414 tCO_2 de 2016 a 2024, com a substituição de APUs pelo sistema GPU e PCA.

[71] Triunfo (2025) Projeto que visa elevar os índices de pontualidade e aumentar a capacidade de pousos e decolagens por hora.

Crédito: Inframerica.

Infraestrutura

Aeroporto de Brasília

ATIVIDADES PRINCIPAIS

- operação de voos domésticos e internacionais; e
- atendimento logístico a aeronaves.

HISTÓRICO

O Aeroporto de Brasília, localizado no Distrito Federal, iniciou suas operações em 1957, três anos antes da inauguração oficial da capital, ocorrida em 1960. A antecipação da atividade aérea teve como principal objetivo viabilizar a logística necessária para a construção da nova cidade, facilitando o transporte de pessoas, materiais e equipamentos essenciais para o desenvolvimento da futura capital brasileira[72].

O primeiro voo internacional, com destino à cidade de Nova York, aconteceu em maio de 1957. Em 2012, a Inframerica[73] adquiriu a concessão do Aeroporto de Brasília, assumindo a sua administração e iniciando obras de expansão no mesmo ano. Atualmente, o local conta com duas pistas de pouso e decolagem e estrutura de ponta para o recebimento de pessoas, estando na posição de 3º aeroporto mais movimentado do país[74]. Em termos de reconhecimento, em junho de 2025, foi eleito o 4º melhor aeroporto do mundo pelo *ranking* Airhelp[75].

[72] Aeroporto de Brasília (s.n.).

[73] Atual administradora do Aeroporto de Brasília. A Inframerica é controlada pela Corporación América Airports, uma das maiores operadoras aeroportuárias do mundo.

[74] Istoé Dinheiro (2025).

[75] Empresa internacional especializada em direitos dos passageiros aéreos.

Infraestrutura

Aeroporto de Brasília

Crédito: Inframerica.

MEDIDAS DE DESCARBONIZAÇÃO

Desde 2020, o aeroporto de Brasília conta com energia renovável em sua matriz elétrica a partir da construção de uma usina fotovoltaica em suas instalações, com o objetivo de reduzir as emissões de carbono da sua operação. Para a elaboração desse empreendimento, foi dedicada uma área de 18 mil metros quadrados, contando com 3.360 painéis fotovoltaicos que podem produzir mais de 2 milhões de quilowatt-pico (kWp) de energia anualmente (aproximadamente 175 mil kWh/mês). Essa ação reduziu em 7% o consumo de energia elétrica do aeroporto, evitando as emissões associadas.

Outra medida importante foi a substituição do uso de geradores a diesel e microturbinas a querosene para o abastecimento de aeronaves estacionadas por energia elétrica renovável. Foram instalados equipamentos de geração de energia elétrica em 22 pontes de embarque e desembarque do aeroporto, permitindo que os sistemas essenciais das aeronaves (como motores auxiliares e ar-condicionado) funcionem com energia limpa enquanto estão em solo. Por meio dessa ação, é possível reduzir, aproximadamente, 20 mil toneladas de CO_2 por ano no terminal, o que equivale a mais de 120 mil árvores[76].

No âmbito da neutralização de emissões, a Inframerica realizou o plantio de 74.340 mudas nativas do Cerrado em áreas pertencentes ao Zoológico de Brasília e no Parque das Aves. O plantio foi monitorado e gerou a recuperação da fauna e da flora desses espaços, resultando na formação de um bosque.

[76] Aeroporto de Brasília (s.n.).

BENEFÍCIOS ALCANÇADOS

- geração de mais de 2 milhões de KWp de energia limpa por ano, com a instalação de usina fotovoltaica;
- redução estimada de aproximadamente 20 mil toneladas de CO_2 anuais, mediante a substituição de geradores a diesel por energia elétrica renovável; e
- plantio de mais de 74 mil mudas nativas do cerrado como ação de neutralização de emissões e preservação florestal.

CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

A diversidade de iniciativas implementadas pelo setor de transporte mostra que a descarbonização é tecnicamente viável e economicamente estratégica, quando acompanhada de inovação, gestão ambiental integrada e investimentos consistentes. A transição para uma economia de baixo carbono no transporte é uma realidade em curso, visto que as empresas apresentadas nesta seção já realizam de forma contundente projetos voltados à mitigação e neutralização das emissões de GEE.

No modo rodoviário, as organizações demonstraram avanços significativos com a utilização de energia renovável em sua atividade, a implementação de programas de condução econômica e a digitalização da gestão de frota para otimizar rotas e reduzir o consumo de combustível. Essas medidas levam à modernização e à eficiência energética nos serviços prestados.

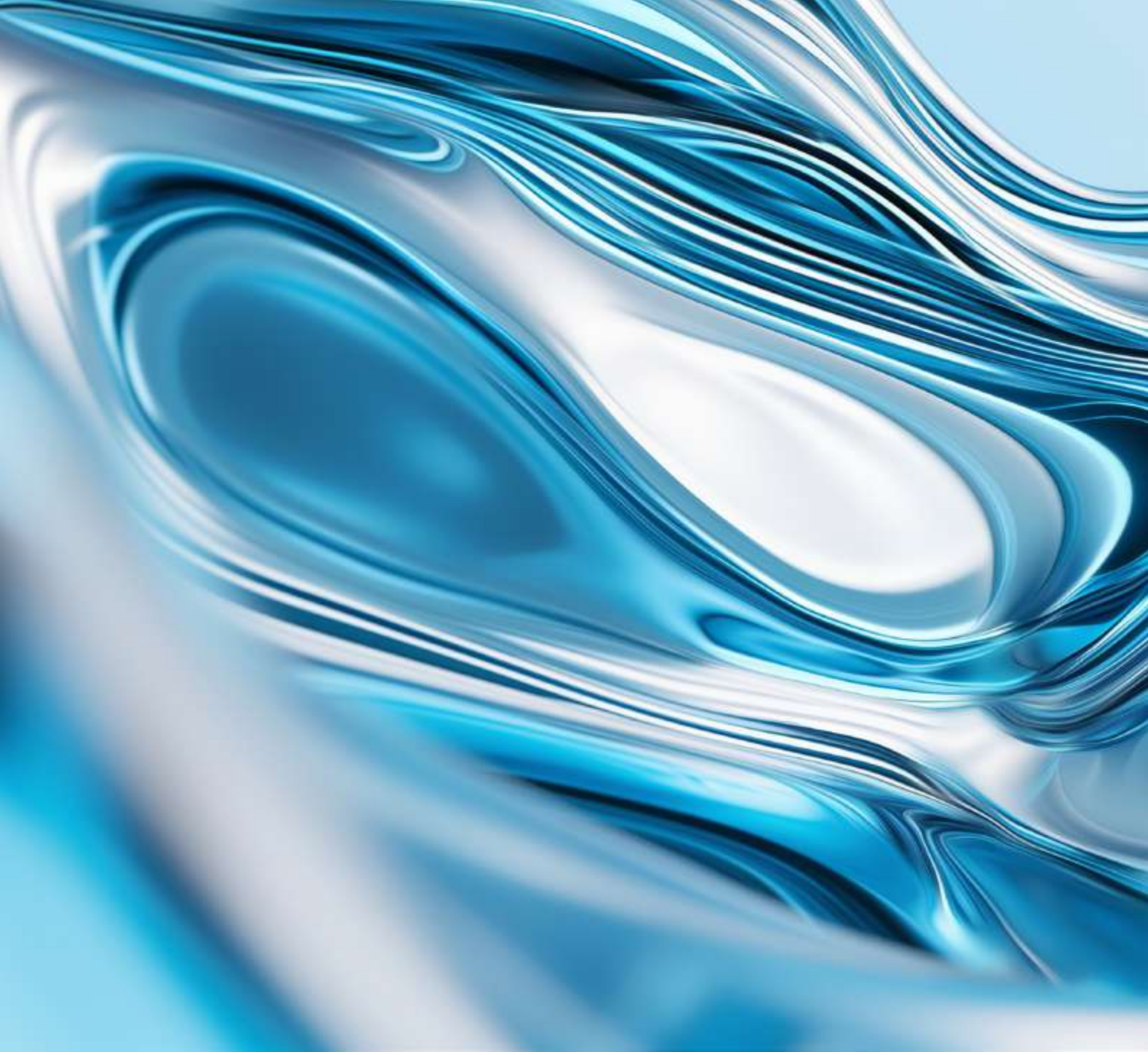
O setor ferroviário tem avançado na otimização da malha e no uso de energia proveniente de fontes renováveis. Além disso, há investimentos em tecnologias que permitem o monitoramento de emissões e em projetos de reflorestamento para compensação de carbono, reafirmando o potencial do transporte ferroviário como vetor de sustentabilidade ambiental.

Na modalidade aquaviária, investimentos em tecnologias voltadas à melhoria da eficiência energética das embarcações, no uso de combustíveis alternativos e em estratégias de compensação de emissões têm se destacado como caminhos de descarbonização. A construção de embarcações híbridas, a modernização dos sistemas de propulsão e a priorização da gestão ambiental demonstram que as navegações interior e marítima estão comprometidas com a neutralidade climática até 2050.

As companhias aéreas possuem um portfólio relevante de práticas ambientais, com destaque para a renovação de frota com foco na aquisição de aeronaves mais eficientes, além de programas para redução de peso e consumo energético em suas atividades operacionais. Outra estratégia adotada para a neutralização de GEE é o apoio a projetos de reflorestamento por meio da compra de créditos de carbono, além da compensação por *Book & Claim*, mecanismo que permite a aquisição de créditos de carbono vinculados ao uso de SAF.

A infraestrutura logística desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade em suas instalações. Operadores portuários têm implementado ações como a substituição de equipamentos movidos a diesel por versões elétricas e a adoção de geração de energia solar. Já os aeroportos têm reduzido o consumo de querosene de aviação por meio do fornecimento de energia elétrica renovável com painéis solares para o aeroporto e aeronaves estacionadas, além de investimentos em reflorestamento como forma de compensação das emissões de GEE.

Essas iniciativas demonstram a capacidade do setor de transporte de impulsionar o desenvolvimento sustentável e garantir sua competitividade em um cenário global cada vez mais exigente quanto à responsabilidade ambiental. Além de favorecerem o cumprimento das metas climáticas brasileiras, essas boas práticas não só levam à descarbonização pretendida como também promovem ganhos econômicos, inovação, melhoria de imagem e de competitividade ao setor transportador, contribuindo para que o país se posicione de forma mais favorável na agenda internacional voltada ao combate das mudanças do clima.



5

Conclusão

De forma geral, os resultados do Inventário CNT reforçam a relevância do transporte no perfil nacional de emissões, evidenciando que a predominância de combustíveis fósseis ofertados ao setor, especialmente o diesel e a gasolina, ainda sustentam a maior parte da poluição atmosférica responsável pelo aumento do impacto climático. Ao mesmo tempo, observa-se a importância crescente da transição e eficiência energética como estratégias para a mitigação, em conjunto com o desenvolvimento da inovação tecnológica.

Este estudo também revelou desafios metodológicos, entre os quais se destacam o nível de detalhamento dos dados de atividade e a dependência de bases de dados internacionais. Essas barreiras podem ser superadas mediante cooperação técnica para que as estimativas sejam cada vez mais robustas e aderentes à realidade brasileira e do setor, permitindo, assim, que sejam estruturadas ações mais precisas no processo de descarbonização do transporte.

5.1 Modo Rodoviário

O modo rodoviário permanece como o principal emissor do setor, sustentado pela ampla frota de automóveis, motocicletas e veículos pesados que são majoritariamente movidos a diesel. A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar que os veículos leves a gasolina têm grande contribuição na parcela de emissões desta modalidade. Ao mesmo tempo, os biocombustíveis apresentam papel central na mitigação, enquanto a eletrificação, embora ainda incipiente, pode ser um vetor de redução futura.

Um aspecto relevante identificado no estudo refere-se às curvas de intensidade de uso adotadas para os veículos leves e veículos movidos a gasolina de forma geral, que ainda se baseiam em referências datadas do ano de 2013. Desde então, a realidade da mobilidade no Brasil mudou significativamente, especialmente com a popularização de novos padrões de utilização associados a aplicativos de transporte individual, serviços de entrega e, mais recentemente, à inserção gradual de veículos eletrificados.

A ausência de estudos mais recentes e robustos sobre a intensidade de uso impõe um desafio na capacidade de representar fielmente o perfil de emissões desse segmento. Nesse sentido, torna-se essencial desenvolver pesquisas atualizadas que contemplem o uso real dos veículos, segmentando a frota de acordo com diferentes perfis de operação, como veículos particulares, de aplicativos, de entregas urbanas e frotas corporativas.

Para os veículos eletrificados, em especial, a inexistência de dados nacionais sobre intensidade de uso representa uma lacuna, uma vez que seu padrão de logística, autonomia, recarga e perfil de rodagem diferem substancialmente dos modelos convencionais. O avanço nesses estudos permitirá ajustar as estimativas de emissões de GEE, alinhando-as à dinâmica atual do transporte rodoviário brasileiro e ampliando a precisão dos inventários.

Considerando o contexto supracitado, este trabalho apresenta de forma inovadora a aplicação da curva de intensidade do Programa Despoluir (2025) para veículos pesados a diesel, o que representa um avanço metodológico relevante ao trazer informações mais consistentes e próximas da realidade. Esse feito evidencia a diferenciação deste Inventário, que traz cálculos de emissões com estimativas mais realistas e alinhadas ao cenário vigente do transporte brasileiro.

Entre as motocicletas, predominam atualmente os modelos a gasolina, mas a tendência é de crescimento da frota *flex*, em processo semelhante ao que ocorreu com os automóveis. Essa transição deverá modificar o perfil das emissões no futuro, ressaltando a necessidade de acompanhar tanto a evolução histórica da frota quanto as particularidades de cada combustível. Nos comerciais leves, os veículos a diesel permanecem como a principal fonte de emissões diretas.

No caso dos caminhões, o predomínio absoluto do diesel, aliado à função estratégica desse segmento no transporte de cargas, explica sua contribuição ao total de emissões. A estrutura logística brasileira, fortemente dependente do modo rodoviário, intensifica esse resultado. Embora a eletrificação surja como alternativa com emissão nula de escapamento, sua participação ainda é pouco expressiva, com desafios operacionais e

de infraestrutura insuficientes para alterar significativamente o perfil atual. Os ônibus e micro-ônibus também merecem destaque, dada a centralidade do transporte coletivo na mobilidade brasileira. Em áreas metropolitanas, onde a demanda é mais intensa, os ônibus urbanos a diesel contribuem com as emissões, o que reforça a urgência de medidas de mitigação, como a ampliação do uso de fontes alternativas e a adoção de soluções orientadas à eficiência energética.

Por fim, as emissões biogênicas mostram-se relevantes em todo o panorama, principalmente nos setores de maior consumo energético, como o rodoviário e ferroviário, ressaltando o seu papel estratégico no contexto brasileiro e a importância de sua adequada contabilização para orientar políticas de mitigação.

A comparação desses resultados com o inventário do MCTI (ano-base 2016) reforça a consistência das estimativas apresentadas. Para o modo rodoviário, as diferenças de emissões entre este Inventário e o governamental pode ser atribuída tanto à defasagem temporal quanto a divergências metodológicas. Ainda assim, a proximidade entre os valores evidencia a robustez do presente trabalho e confirma que, mesmo diante de abordagens distintas, existe convergência na ordem de grandeza das emissões, consolidando a credibilidade das estimativas produzidas.

5.2 Modo Ferroviário

No modo ferroviário, observa-se grande potencial de descarbonização, uma vez que as emissões por tonelada quilômetro-útil são significativamente menores quando comparadas com o modo rodoviário.

Os sistemas urbanos que englobam metrôs, trens e VLTs, em sua maioria eletrificados, apresentam impacto relativamente menor nas emissões de GEE, quando comparados com veículos movidos a fontes fósseis, embora sua eficiência energética dependa também do padrão de operação e da taxa de ocupação.

Em termos comparativos, as emissões ferroviárias estimadas foram superiores às reportadas pelo MCTI em 2016. Essa diferença pode ser

explicada pelo uso de dados mais recentes e pelo maior detalhamento metodológico adotado neste relatório. Contudo, tal assimetria não compromete a convergência entre os inventários, reforçando a confiabilidade das estimativas apresentadas.

Importa destacar que o último Inventário do Setor Ferroviário é de 2012, revelando a necessidade de sua atualização, com o desenvolvimento de fatores de emissão específicos para as diferentes concessões. Essa lacuna metodológica pode explicar parte das diferenças identificadas neste estudo, que apresentou emissões superiores às reportadas pelo MCTI em 2016.

5.3 Modo Aeroviário

Na aviação civil, os resultados revelam a centralidade da falta de oferta de biocombustíveis para este setor, visto que as suas emissões se concentram na utilização do querosene de aviação. As companhias aéreas têm controle limitado sobre a oferta de combustíveis alternativos, que não são produzidos pelas próprias empresas aéreas.

Diante deste cenário, é importante avaliar estratégias para reduzir as emissões desta modalidade, incluindo a utilização de aeronaves mais modernas e eficientes e melhorias operacionais por meio de rotas mais estratégicas. A implementação dessas soluções pode contribuir significativamente para a descarbonização do setor aéreo e para o cumprimento de metas climáticas nacionais e internacionais.

No que tange à metodologia, há espaço para aprimoramento no sentido de customizar referências para cálculos, que devem ser baseadas em cenários brasileiros. Atualmente, grande parte dos fatores de emissão e estudos utilizados são de origem europeia, podendo não refletir com precisão a realidade operacional, tecnológica e climática do Brasil.

Já as emissões relacionadas à infraestrutura aeroportuária são pouco representativas, mas não podem ser desconsideradas. A comparação com o MCTI mostra que as estimativas deste estudo ficaram um pouco abaixo das reportadas em 2016, o que demonstra uma forte proximidade entre os resultados, mesmo com diferenças metodológicas e temporais.

5.4 Modo Aquaviário

O transporte aquaviário possui o menor resultado de emissão em relação aos demais setores de transporte. Além de ser uma modalidade fortemente sustentável com baixo consumo energético por tonelada transportada, trata-se de um modal ainda pouco utilizado no transporte de cargas e de passageiros no país. A infraestrutura portuária, embora contribua em menor escala no valor de emissões, deve ser considerada para um retrato completo do setor.

A análise revela, contudo, limitações metodológicas significativas decorrentes da falta de dados desagregados de carga transportada e distância percorrida por tipo de embarcação, informações essenciais para se obter resultados mais precisos.

Em comparação com o Inventário do MCTI, os resultados obtidos neste estudo foram inferiores, diferença que pode ser explicada pela ausência de detalhamento nas bases de dados e pelas premissas distintas utilizadas. Ainda assim, a coerência geral dos valores reafirma a validade do inventário e evidencia a importância de avançar na disponibilidade e na qualidade dos dados do setor aquaviário, de modo a permitir estimativas mais robustas e alinhadas às melhores práticas internacionais.

6

Agradecimento Institucional

A CNT agradece às empresas e entidades a seguir, que colaboraram com a elaboração deste Inventário por meio do compartilhamento de dados próprios ou em domínio público, validação técnica de informações e apoio metodológico. A contribuição dessas organizações foi fundamental para garantir a representatividade, a robustez e a confiabilidade das informações apresentadas, fortalecendo o compromisso integrado do setor de transporte com as agendas da sustentabilidade e da descarbonização.

ANTT
AGÊNCIA NACIONAL DE
TRANSPORTES TERRESTRES

ATP
Associação de Terminais Portuários Privados

Azul
Linhas Aéreas Brasileiras

CETESB

COOPERCARGA
LOGÍSTICA

DESPOLUIR
Programa Ambiental do Transporte
CNT | SEST SENAT

GIORDANI
TURISMO

GOL
Linhas aéreas inteligentes

Hidrovias do Brasil

LATAM
AIRLINES

METRÔ

MRS
Logística S.A.

rumo

NORSUL

NTU

VIAÇÃO
OURO E PRATA

PORTONAVE

KOTHE
Atender é o nosso negócio

TRANSPORTES
BERTOLINI LTDA.

Wilson, Sons

AGUIABRANCA

MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

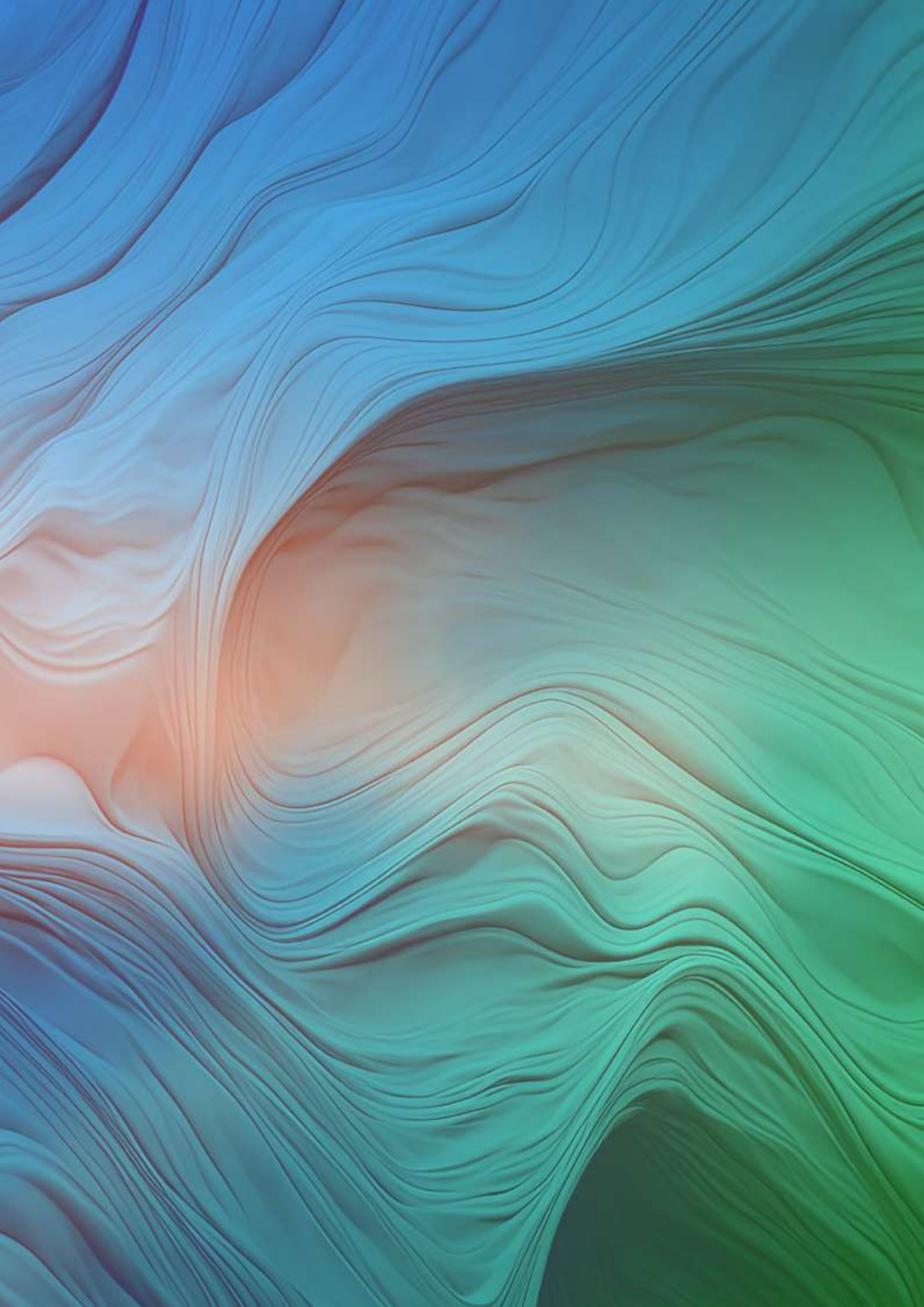
MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DOS
TRANSPORTES

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

abraciclo

Anfavea



7

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 14001:2015. *Sistemas de gestão ambiental* – Requisitos com orientações para uso. 2015. Disponível em: abntcatalogo.com.br. Acesso em: 1 set. 25.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 45001:2024. *Sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional* – Requisitos com orientações para uso. 2024. Disponível em: abntcatalogo.com.br. Acesso em: 1 set. 25.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *O que significa a ABNT NBR ISO 9001 para quem compra*. CB-25. Comitê Brasileiro da Qualidade. Disponível em: inmetro.gov.br/qualidade/pdf/cb25docorient.pdf. Acesso em: 8 jul. 25.

ABRACICLO. *Dados estatísticos* [online]. São Paulo: Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares, [s.d.]. Disponível em: abraciclo.com.br/dados-estatisticos. Acesso em: 03 out. 2025

AEROIN. *Aeronave verde foi a escolhida pela GOL para levar ao evento de sanção da Lei do Combustível do Futuro*. 2024. Disponível em: aeroin.net/aeronave-verde-foi-a-escolhida-pela-gol-para-levar-ao-evento-de-sancao-da-lei-do-combustivel-do-futuro. Acesso em: 2 set. 25.

AEROPORTO DE BRASÍLIA. *Aeroporto de Brasília é eleito o 4º melhor do mundo em ranking internacional*. 2025. Disponível em: bsb.aero/passageiros/noticias/aeroporto-de-brasilia-e-eleito-o-4o-melhor-do-mundo-em-ranking-internacional/92049. Acesso em: 29 ago. 25.

AEROPORTO DE BRASÍLIA. *Aeroporto de Brasília recebe certificação internacional de redução de emissão de carbono*. 2023. Disponível em: bsb.aero/passageiros/noticias/aeroporto-de-brasilia-recebe-certificacao-internacional-de-reducao-de-emissao-de-carbono/91838. Acesso em: 29 ago. 25.

AEROPORTO DE BRASÍLIA. *Dados e Informações*. Disponível em: bsb.aero/institucional/sobre-o-aeroporto/dados-e-informacoes. Acesso em: 29 ago. 25.

AEROPORTO DE BRASÍLIA. *Inframerica*. Disponível em: bsb.aero/institucional/sobre-o-aeroporto/inframerica. Acesso em: 3 set. 25.

AEROPORTO DE BRASÍLIA. *Sustentabilidade e Responsabilidade Ambiental*. Disponível em: bsb.aero/institucional/sustentabilidade-e-responsabilidade-ambiental. Acesso em: 29 ago. 25.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. *Metodologia do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas: Aviação Civil*. 2. ed. Brasília: ANAC, janeiro de 2024. 24 p. Documento técnico elaborado pela Superintendência de Infraestrutura Aeroportuária e Meio Ambiente (SIA), com base nas diretrizes do IPCC (2006) e na metodologia Tier 3a. Disponível em: gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-da-aviacao-civil. Acesso em: 6 out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (Brasil). *Inventário de Emissões do Setor Ferroviário Nacional*. Brasília: ANTT, 2023. 112 p. (Relatório Técnico). Disponível em: gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/relatorios-e-estudos. Acesso em: 6 out. 2025.

AIRHELP. *Sobre nós*. Disponível em: airhelp.com/pt-br/sobre-nos. Acesso em: 29 ago. 25.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. *Anacpédia: Narrow-body aircraft*. Disponível em: anac.gov.br/anacpedia/ing-por/tr2438.htm. Acesso em: 11 jul. 25.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. *Anacpédia: Wide-body aircraft*. Disponível em: anac.gov.br/anacpedia/ing-por/tr2437.htm. Acesso em: 11 jul. 25.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. *Brasil firma compromisso para aviação sustentável junto à OACI*. 2022. Disponível em: gov.br/anac/pt-br/noticias/2022/brasil-firma-compromisso-para-aviacao-sustentavel-junto-a-OACI. Acesso em: 7 out. 25.

ANFAVEA. *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2024: Brazilian Automotive Industry Yearbook*. São Paulo: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2024. 200 p. Disponível em: anfavea.com.br/publicacoes.html. Acesso em: 03 out. 2025.

ANPTRILHOS. Associação Nacional dos Transportadores de Passageiros sobre Trilhos. *O transporte de passageiros sobre trilhos:* Indutor do desenvolvimento social e econômico. 2024. Disponível em: anptrilhos.org.br/wp-content/uploads/2024/08/anptrilhos-doc-beneficios-setor-web.pdf. Acesso em: 12 jun. 25.

ANTP. *Custos dos serviços de transporte público por ônibus elétrico:* metodologia de cálculo e parâmetros. São Paulo: Associação Nacional de Transportes Públicos, 2023. 38 p. (Relatório técnico). Disponível em: antp.org.br/website/publicacoes. Acesso em: 03 out. 2025.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. *Terminologia Básica*. Disponível em: gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/relatorios-e-plano-trienal-de-investimentos-pti-1/2008/arquivos/terminologia-basica.pdf. Acesso em: 10 jul. 25.

ARGHI. *O início do Aeroporto Internacional de Viracopos*. Disponível em: arghi.com.br/inicio-do-aeroporto-internacional-de-viracopos. Acesso em: 29 ago. 25.

AUTOMOTIVE BUSINESS. *Azul troca vans a diesel por elétricas no aeroporto de Viracopos*. 2024. Disponível em: automotivebusiness.com.br/noticias/azul-troca-vans-a-diesel-por-eletricas-no-aeroporto-de-viracopos. Acesso em: 29 ago. 25.

AVIATION LEARNINGS. *What is an Aircraft Preconditioned Air (PCA) Unit?* – How Aircraft Ground Air Conditioning Works. 2020. Disponível em: aviationlearnings.com/pre-conditioned-air-pca-unit. Acesso em: 8 set. 25.

AZUL. *Relatório de sustentabilidade 2023*. 2024. Disponível em: api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/ed78542a-4e01-429a-8926-03d69ccfa307/05d7289a-bb46-9fb2-9be8-33654706ca50?origin=2. Acesso em: 12 jun. 25.

B3. *Índice Ibovespa*. 2025. Disponível em: b3.com.br/pt_br/para-voce. Acesso em: 6 set. 25.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). *Balanço Energético Nacional 2023:* Ano-base 2022. Rio de Janeiro: EPE, 2023. 292 p. (Relatório técnico). Disponível em: epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023. Acesso em: 03 out. 2025.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). *Dados e indicadores de eficiência energética 2023*. Brasília: INMETRO, 2023. 56 p. Disponível em: gov.br/inmetro. Acesso em: 03 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *Emissões de gases do efeito estufa no transporte rodoviário*. *In*: TERCEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA. Relatórios de Referência – Setor Energia. Elaboração: Centro Clima/COPPE/UFRJ. Coordenação: Emilio Lèbre La Rovere; Carolina Burle Schmidt Dubeux. Autores: Luan Santos; William Wills; Luiza Di Beo Oliveira; Bruna Cordeiro. Apoio: Carmen Brandão Reis; Elza M. S. Ramos. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2015. Disponível em: gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial. Acesso em: 6 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). *Inventário de emissões por unidade federativa:* Relatório técnico. Brasília: MCTI, 2012. 51 p.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). *Metodologia do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas*. Brasília: MCTI, 2012. 86 p. (Relatório técnico). Disponível em: antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/clima. Acesso em: 03 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). *Opções de mitigação de emissões de gases do efeito estufa (GEE) em setores-chave do Brasil*. Brasília: MCTIC, [2017]. Disponível em: antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html. Acesso em: 02 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Fazenda. *Plano de Transformação Ecológica:* Uma nova economia, um novo futuro. Brasília: Governo Federal, 2024. 84 p. Disponível em: gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/planejamento-e-transformacao-ecologica. Acesso em: 6 out. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). *Plano Clima*. Brasília: MMA, [s.d.]. Disponível em: gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/plano-clima. Acesso em: 03 out. 2025.

BRASIL. Ministério dos Transportes. *Inventário de emissões do setor ferroviário:* Relatório final. Brasília: Ministério dos Transportes, 2012. 45 p.

BYKONZ. *Soluções completas para o setor marítimo*. Disponível em: bykonz.com/#features. Acesso em: 6 set. 25.

CARBONFAIR. *Viação Ouro e Prata adere ao Passagem Neutra*. 2025. Disponível em: carbonfair.com.br/pt-br/cliente/viacao-ouro-e-prata/aderiu-ao-passagem-neutra. Acesso em: 1 set. 25.

CARBONFAIR. *Viação Ouro e Prata*. 2025. Disponível em: carbonfair.com.br/pt-br/cliente/viacao-ouro-e-prata. Acesso em: 1 set. 25.

Cetesb. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Nota Técnica nº 01: Quantificação e relato de emissões de gases do efeito estufa*. São Paulo: Cetesb, 2021. 45 p. Disponível em: Cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes. Acesso em: 03 out. 2025.

Cetesb. *Relatórios e publicações veiculares* [online]. São Paulo: Cetesb, [s.d.]. Disponível em: Cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes. Acesso em: 03 out. 2025.

CLIMATE WATCH. *Climate Watch:* data and visualizations on national climate plans, emissions and policies [online]. Washington, DC: World Resources Institute, 2025. Disponível em: climatewatchdata.org. Acesso em: 08 out. 2025.

CNT (2024). *Pesquisa CNT de Rodovias*. Link de acesso: pesquisarodovias.cnt.org.br. Acesso em: 14 ago 2025.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. *Combustível Sustentável de Aviação* – Uma das soluções para a transição energética do setor aéreo. 2025. Disponível em: cnt.org.br/documento/e8fcc592-4f7d-4ea4-af15-224754097857. Acesso em: 17 jun. 25.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. *Conheça as diferenças entre portos hub e feeder*. 2018. Disponível em: cnt.org.br/agencia-cnt/conheca-diferencas-portos-hub-feeder. Acesso em: 16 jul. 25.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. *Diesel Verde* – Uma opção de baixo carbono para caminhões e ônibus rodoviários. 2024. Disponível em: cnt.org.br/documento/e849b8df-fa16-4959-a119-2130d76fc7ad. Acesso em: 17 jun. 25.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. Glossário CNT: *Twenty-foot equivalent unit*. Disponível em: glossario.cnt.org.br. Acesso em: 16 jul. 25.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. *Transporte Rodoviário e Meio Ambiente*: Catálogo CNT de práticas sustentáveis. 2024. Disponível em: cnt.org.br/documento/360d0407-db24-4805-b9be-8bf0970d61a9?_gl=1*1fj8czz*_gcl_au*NTk1MzU4MTk4LjE3NTU4ODMzNDM.*_ga*MTU2MTU5NDE5OS4x-NzU1ODgzMzQz*_ga_7GB3MLTQLS*czE3NTY4NDczMTckbzkkZzAkdDE3NTY4NDczMTckajYwJGwwJGgw. Acesso em: 2 set. 25.

COALIZÃO DOS TRANSPORTES. *Estudo completo sobre emissões e estratégias de mitigação no setor de transportes*. São Paulo: Coalizão dos Transportes, 2024. [Relatório]. Disponível em: coalizaodostransportes.org.br. Acesso em: 02 out. 2025.

COOPER, Diana. *CORSIA implementation in the European Union*. Brussels: European Union Aviation Safety Agency, 2024. 18 p. Disponível em: easa.europa.eu. Acesso em: 02 out. 2025

COOPERCARGA. *Distribuição Urbana*. 2025. Disponível em: coopercarga.com.br/secoes/conteudos/lang/pt-br/link/distribuicao-urbana~36. Acesso em: 8 jul. 25.

COOPERCARGA. *História*. Disponível em: coopercarga.com.br/secoes/conteudos/lang/pt-br/link/historia~14. Acesso em: 8 jul. 25.

COOPERCARGA. *Relatório de Sustentabilidade 2024*. 2025. Disponível em: coopercarga.com.br/relatorio_esg_2024.pdf. Acesso em: 8 set. 25.

DHL. *Book & Claim explained*. 2023. Disponível em: dhl.com/global-en/delivered/responsibility/book-and-claim-explained.html. Acesso em: 11 jul. 25.

DUN & BRASTREET. *Intelligent Data to Drive Business Performance*. Disponível em: dnb.com/en-us. Acesso em: 28 ago. 25

ECONODATA. *AB Energias Renováveis*. Disponível em: econodata.com.br/consulta-empresa/33976525000116-ab-energias-renovaveis. Acesso em: 28 ago. 25.

EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023. 750 p. (Technical report No. 05/2023). Disponível em: eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023. Acesso em: 03 out. 2025.

EMBRAPA. *Briquetes*: Do resíduo à lenha ecológica. 2010. Disponível em: embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18122853/briquetes-do-residuo-a-lenha-ecologica. Acesso em: 9 set. 25.

FETRANSPORTES. *QualiAR*: Um prêmio à responsabilidade ambiental. Disponível em: fetransportes.org.br/premio-qualiar-o-que-e. Acesso em: 28 ago. 25.

FGV; WRI. *Especificações de verificação do Programa Brasileiro* GHG Protocol. São Paulo: Fundação Getulio Vargas; World Resources Institute, 2011. 39 p. (Documento técnico). Disponível em: ghgprotocol.org/brasil. Acesso em: 03 out. 2025.

FUNDAÇÃO *REFER. RFFSA – Rede Ferroviária Federal S.A.* Disponível em: refer.com.br/patrocinadores/rffsa. Acesso em: 10 jul. 25.

GENCHART. *Green Fleet – 17000 Dwt Open Hatch, Box Shaped, Multipurpose Tweendecker*. Disponível em: marine-marchande.net/Jourlejour/1201-1299/GREENFLEET.pdf. Acesso em: 10 jul. 25.

GIORDANI TURISMO. *Nossas Atrações*: CIAO Bus. Disponível em: giordaniturismo.com.br/passeios/nossas-atracoes/ciao-bus. Acesso em: 7 ago. 25.

GIORDANI TURISMO. *Sustentabilidade*. 2024. Disponível em: giordaniturismo.com.br/sobre/sustentabilidade. Acesso em: 7 ago. 25.

GOL. *GOL anuncia iniciativa piloto de compensação de combustível sustentável de aviação (SAF)*. 2023. Disponível em: voegol.com.br/sobre-a-gol/imprensa/gol-anuncia-iniciativa-piloto-de-compensacao-de-combustivel-sustentavel. Acesso em: 11 jul. 25.

GOL. *Relatório ESG 2023*. 2024. Disponível em: api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/5e992a5e-252e-44bd-acfa-11cbee904064/28115eef-5a9c-5715-b44e-4cf4919c1cec?origin=2. Acesso em: 12 jun. 25.

GOLLOG. *Nossa História*. Disponível em: gollog.com.br/sobre-a-gollog/nossa-historia. Acesso em: 2 set. 25.

GONÇALVES, Daniel Neves Schmitz; D'AGOSTO, Marcio de Almeida. *Cenários prospectivos futuros para o uso de energia em transportes no Brasil e as emissões de GEE:* Cenário Business as Usual (BAU) – 2050. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS), 2017. 72 p.

GOULARTI FILHO, Alcides. *Companhia de navegação Lloyd brasileiro*: Uma trajetória de déficit financeiro e desenvolvimento econômico. História Econômica & História de Empresas. 2020. Disponível em: hehe.org.br/index.php/rabphe/article/view/776. Acesso em: 10 jul. 25.

GPTW. *Great Place To Work*. Entenda como funciona o *Great Place To Work* e quem pode ser GPTW. 2023. Disponível em: gptw.com.br/conteudo/artigos/great-place-to-work-como-funciona. Acesso em: 8 jul. 25.

GRUPO ÁGUIA BRANCA. *Portfólio de Sustentabilidade*. 2024. Disponível em: drive.google.com/file/d/1VHDxuLqVyiGmRMMSVPyNOBAkId5QgNza/view. Acesso em: 7 ago. 25.

GRUPO ÁGUIA BRANCA. *Relatório de compromissos*. Disponível em: drive.google.com/file/d/1c3e-qxcqbY5MsiSSKn5gRziGViLaJw0v/view. Acesso em: 7 ago. 25.

HBSA. Hidrovias do Brasil. *Relatório de sustentabilidade 2023*. 2024. Disponível em: hbsa.com.br/wp-content/uploads/2024/06/Hidrovias_RI2023_D5.pdf. Acesso em: 13 jun. 25.

IBDN. Instituto Brasileira de Defesa da Natureza. *A certificação de Energia Renovável mais confiável e acessível do mercado*. Disponível em: ibdn.org.br/selo-energia-renovavel. Acesso em: 8 jul. 25.

IMO – INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. *Resolution MEPC.304(72):* Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. London: IMO, 2018. 11 p. (Resolution MEPC.304(72)). Disponível em: imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Greenhouse-Gas-Emissions.aspx. Acesso em: 03 out. 2025.

INFOMONEY. *IPO*: Como funciona a estreia de uma empresa na Bolsa. 2022. Disponível em: infomoney.com.br/guias/ipo. Acesso em: 6 set. 25.

INFOMONEY. *O que são empresas de capital aberto?* Saiba quais são as mais valiosas no Brasil. 2022. Disponível em: infomoney.com.br/guias/empresa-de-capital-aberto. Acesso em: 6 set. 25.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2023:* Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2023. 81 p. Disponível em: ipcc.ch/report/ar6/syr. Acesso em: 02 out. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Executive summary — net-zero roadmaps*. Paris: IEA, 2021. 8 p. Disponível em: iea.org/reports/net-zero-roadmap. Acesso em: 02 out. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Executive Summary — Net Zero Roadmaps*. Paris: IEA, 2023. 22 p. (Summary Report). Disponível em: iea.org/reports/net-zero-roadmaps-executive-summary. Acesso em: 6 out. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*. Revised version (4th revision), October 2021. Paris: IEA, 2021. 386 p. (Special Report, World Energy Outlook and Energy Technology Perspectives). Disponível em: iea.org/reports/net-zero-by-2050. Acesso em: 6 out. 2025.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *2019 Refinement to the 2006 IPCC* Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva: IPCC, 2019. 850 p. (Methodology Report). Disponível em: ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories. Acesso em: 03 out. 2025.

ISTOÉ DINHEIRO. *Circulação em aeroportos brasileiros cresce pelo 4º mês seguido; veja os mais movimentados*. 2025. Disponível em: istoedinheiro.com.br/aeroportos-brasileiros-mais-movimentados-62025. Acesso em: 29 ago. 25.

KOTHE. *Sustentabilidade e ESG*. 2024. Disponível em: kothe.com.br/sustentabilidade. Acesso em: 6 set. 25.

LATAM. *Gestão da Mudança Climática*. Disponível em: latamairlines.com/br/pt/sustentabilidade/mudanca-climatica. Acesso em: 17 set. 2025.

LATAM. *LATAM atinge margem operacional ajustada de 12,9%, aumento anual de 3,9 pontos percentuais, com crescimento de capacidade de 8,3% no segundo trimestre, demonstrando crescimento rentável consistente*. 2025. Disponível em: s205.q4cdn.com/986550758/files/doc_financials/2025/q2/Results_-_PT-BR_2Q2025.pdf. Acesso em: 7 out. 25.

LATAM. *LATAM buscará utilizar 5% de combustível sustentável até 2030, privilegiando a produção da América do Sul*. 2022. Disponível em: latamairlines.com/br/pt/imprensa/noticias/latam-combustivel-sustentavel. Acesso em: 2 set. 25.

LATAM. *Relatório Integrado Anual 2024*. 2025. Disponível em: ir.latam.com/Portuguese/resultados/annual-reports/default.aspx latamairlinesgroup.net/static-files/29f95a39-21a3-4284-89de-0f59828eaa3a. Acesso em: 12 jun. 25.

LOT. *Auxiliary Power Unit* — What is an APU in an aircraft. 2024. Disponível em: lot.com/us/en/explore/inspirations/aviation-trivia/apu-on-a-plane. Acesso em: 11 jul. 25.

LUFTHANSA. *AeroSHARK – Innovation inspired by nature*. 2024. Disponível em: lufthansagroup.com/en/themes/aeroshark.html. Acesso em: 11 jul. 25.

MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. *A NDC do Brasil: Determinação nacional em contribuir e transformar*. Disponível em: gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/brasil-entrega-a-onu-nova-ndc-alinhada-ao-acordo-de-paris/ndc-versao-em-portugues.pdf. Acesso em: 26 ago. 25.

MOL. Mitsui O.S.K.Lines. *Propeller Boss Cap Fins (PBCF) Wins Environmental Technology Award from Japan Association for Logistics and Transport – 3% to 5% Energy Saving Reduces Merchant Ships' Environmental Impact*. 2020. Disponível em: mol.co.jp/en/pr/2020/20032.html. Acesso em: 10 jul. 25.

MRS LOGÍSTICA S.A. *Relatório de Sustentabilidade 2024*. 2025. Disponível em: mrs.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Relatorio_de_Sustentabilidade_MRS_2024.pdf. Acesso em: 10 jul. 25.

MRS LOGÍSTICA S.A. *SLOA, uma inovação no setor ferroviário nacional*. 2022. Disponível em: mrs.com.br/inovacao. Acesso em: 9 set. 25.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. *Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. Disponível em: brasil.un.org/pt-br/sdgs. Acesso em: 9 out. 25.

NORSUL. *Investir em tecnologia otimiza eficiência energética na navegação comercial. 2022*. Disponível em: norsul.com/investir-em-tecnologia-otimiza-eficiencia-energetica-na-navegacao-comercial. Acesso em: 10 jul. 25.

NORSUL. *Relatório de Sustentabilidade 2023*. 2024. Disponível em: norsul.com/wp-content/uploads/2024/06/12-06-VF-Versao-final-Relatorio-de-Sustentabilidade-2023_Norsul_Portugues.pdf. Acesso em: 12 jun. 25.

O LITORÂNEO. *Portonave é pioneira na operação do primeiro Terminal Tractor Elétrico na região Sul*. 2024. Disponível em: olitoraneo.com.br/noticia/18907/rio-grande/logistica-e-negocios/portonave-e-pioneira-na-operacao-do-primeiro-terminal-tractor-eletrico-na-regiao-sul.html. Acesso em: 16 jul. 25.

OUR WORLD IN DATA. *Our World in Data* [online]. Oxford: Our World in Data, 2025. Disponível em: ourworldindata.org. Acesso em: 08 out. 2025.

PORTONAVE S.A. – Terminais Portuários de Navegantes. *Relatório de sustentabilidade* 2024. 2025. Disponível em: cdn.sanity.io/files/17gxgtne/production/d97927f1258da07fb983966ed02be59f832dff30.pdf. Acesso em: 12 jun. 25.

PPI. Programa de Parcerias de Investimentos. *Rumo – Malha Sul*. 2025. Disponível em: ppi.gov.br/projetos/rumo-malha-sul. Acesso em: 1 set. 25.

RESERVA ÁGUIA BRANCA. *Conheça a Reserva Ambiental Águia Branca*. Disponível em: reservaaguiabranca.com.br/?page_id=19. Acesso em: 9 out. 25.

REVISTA PORTUÁRIA. *Portonave é premiada pelo compromisso com a redução de gases poluentes nas operações*. 2024. Disponível em: revistaportuaria.com.br/noticia/24640. Acesso em: 16 jul. 25.

RIZZI (2008). *Desenvolvimento de um engate tipo quinta roda*: Pino rei com amortecimento ativo para o uso em veículos comerciais. Disponível em: sites.poli.usp.br/d/pme2600/2008/Artigos/Art_TCC_030_2008.pdf. Acesso em: 7 ago. 25.

RUMO LOGÍSTICA. *Relatório Anual de Sustentabilidade 2024*. 2025. Disponível em: rumolog.com/wp-content/uploads/2025/05/250428_Rumo24_PT_VF.pdf. Acesso em: 12 jun. 25.

RUMO LOGÍSTICA. *Rumo investe em locomotivas híbridas para operação de carga com menor impacto ambiental*. Disponível em: site.dev.ti.rumolog.com/sala-de-imprensa/rumo-investe-em-locomotivas-hibridas-para-operacao-de-carga-com-menor-impacto-ambiental. Acesso em: 10 jul. 25.

SBTI. Science Based Target Initiative. *About Us*. 2024. Disponível em: sciencebasedtargets.org/about-us. Acesso em: 11 jul. 25.

SEN, Arijit; MILLER, Josh; HILLMAN ALVAREZ, Gabriel; RODRIGUES, Patricia Ferrini. *Vision 2050: Strategies to Align Global Road Transport with Well Below 2* °C. Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation (ICCT), 2023. 65 p. (ICCT Report). Disponível em: theicct.org/publication/vision-2050-global-road-transport-nov23. Acesso em: 6 out. 2025.

SETCESP. Sindicato das Empresas de Transportes de Carga de São Paulo e Região. *Trans Kothe é premiada por reduzir emissão de carbono em rotas de longa distância*. 2023. Disponível em: setcesp.org.br/direspecialidade/sustentabilidade/responsabilidade-ambiental/trans-kothe-e-premiada-por-reduzir-emissao-de-carbono-em-rotas-de-longa-distancia. Acesso em: 12 jun. 25.

SMILES. *Turbine seus sonhos*. Disponível em: smiles.com.br/home. Acesso em: 2 set. 25.

TBL. Transportes Bertolini Ltda. *Projeto Itucumã*: Nosso amor pela Amazônia. 2024. Disponível em: tbl.com.br/projeto-itucuma#section2. Acesso em: 12 jun. 25.

TBL. Transportes Bertolini Ltda. *Relatório de Sustentabilidade 2023*. 2024. Disponível em: tbl.com.br/userfiles/esg/esg/downloads/bertolini_relatoriodesustentabilidade.pdf. Acesso em: 12 jun. 25.

TRIUNFO. *Relatório de Sustentabilidade 2024*. 2025. Disponível em: triunfo.com/relatorio-de-sustentabilidade. Acesso em: 2 set. 25.

TRIUNFO. *Viracopos*. Disponível em: triunfo.com/a-companhia/empresas-triunfo/aeroporto/viracopos. Acesso em: 29 ago. 25.

UNICEF. Fundo das Nações Unidas para a Infância. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:* Ainda é possível mudar 2030. Disponível em: unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel. Acesso em: 1 set. 25.

UNIMED. *Nossa História*. Disponível em: unimed.coop.br/site/web/concordia/a-cooperativa-m%C3%A9dica. Acesso em: 16 jul. 25.

VALE. *Curiosidade*: Maria Fumaça. 2020. Disponível em: museuvale.org/2020/08/04/curiosidade-maria-fumaca. Acesso em: 2 set. 25.

VARIG. *Viação Aérea Rio Grandense*. Disponível em: varig-airlines.com/pt/2000.htm. Acesso em: 11 jul. 25.

VIAÇÃO OURO E PRATA. *Principais Destinos*. Disponível em: viacaoouroeprata.com.br/site. Acesso em: 1 set. 25.

VIRACOPOS. *Aeroporto de Viracopos é eleito o Melhor Aeroporto do Brasil pela 5ª vez em sua categoria*. 2025. Disponível em: viracopos.com/pt_br/noticias/aeroporto-de-viracopos-e-eleito-o-melhor-aeroporto-do-brasil-pela-5-vez-em-sua-categoria.htm. Acesso em: 24 set. 25.

VIRACOPOS. *Viracopos é eleito Aeroporto de Carga do Ano em premiação internacional em Xangai*. 2024. Disponível em: viracopos.com/pt_br/noticias/viracopos-e-eleito-aeroporto-de-carga-do-ano-em-premiacao-internacional-em-xangai.htm. Acesso em: 24 set. 25.

VIRACOPOS. *Viracopos inicia Projeto AGILE para reduzir as emissões de CO_2, elevar os índices de pontualidade e aumentar a capacidade de pousos e decolagens por hora*. 2020. Disponível em: viracopos.com/pt_br/noticias/viracopos-inicia-projeto-agile-para-reduzir-as-emissoes-de-co2-elevar-os-indices-de-pontualidade-e-aumentar-a-capacidade-de-pousos-e-decolagens-por-hora.htm. Acesso em: 29 ago. 25.

VIXPAR. *Relatório de Sustentabilidade 2024*. 2025. Disponível em: vixpar.com/wp-content/themes/vixpar/assets/pdf/Relatorio-de-Sustentabilidade-VIXPar-2024.pdf. Acesso em: 1 set. 25.

WILSON SONS. *Sustentabilidade 2023*. 2024. Disponível em: wilsonsons.com.br/pt-br/sustentabilidade. Acesso em: 12 jun. 25.

WRI BRASIL. *Entenda o que é GHG Protocol, seus três escopos e como evoluíram os inventários corporativos*. 2024. Disponível em: wribrasil.org.br/noticias/entenda-ghg-protocol-tres-escopos-inventarios-corporativos. Acesso em: 6 set. 25.

WRI BRASIL. *O que são as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) e por que são importantes?* 2024. Disponível em: wribrasil.org.br/noticias/o-que-sao-contribuicoes-nacionalmente-determinadas-ndcs-e-por-que-sao-importantes. Acesso em: 8 out. 25.

8

Glossário

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas): entidade privada, sem fins lucrativos e de utilidade pública, responsável pela normalização técnica no Brasil, apoiando o desenvolvimento tecnológico brasileiro.

Acordo de Paris: tratado internacional assinado por 195 países e adotado em 2015 com o objetivo de combater as mudanças climáticas, limitando o aquecimento global abaixo de 2 °C, de preferência a 1,5 °C, em relação aos níveis pré-industriais.

AeroShark: camada especial do tipo filme sintético, utilizada na parte externa do avião, que simula a textura da pele de tubarão, com milhões de escamas microscópicas que permitem reduzir a fricção da fuselagem com o ar e diminuir as emissões de CO_2.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica): autarquia sob regime especial, criada com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, de acordo com a legislação brasileira vigente.

APU (Auxiliary Power Unit, unidade auxiliar de energia): pequeno motor, normalmente localizado na parte traseira da fuselagem de uma aeronave, com a função de gerar energia elétrica e, em alguns casos, ar comprimido para diversos sistemas, principalmente quando o veículo se encontra em solo e com as turbinas principais desligadas.

ASK (Available Seat Kilometer, assentos-quilômetros disponíveis, em português): indicador comumente utilizado por companhias aéreas para medir a sua capacidade de transporte.

Biometano: combustível gasoso produzido a partir da purificação do gás proveniente da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, como resíduos agrícolas, dejetos de animais e resíduos urbanos em aterros sanitários.

Book & Claim (reserva e reivindicação, em português): sistema que permite à empresa aérea adquirir os benefícios ambientais do Combustível de Aviação Sustentável (SAF) sem receber fisicamente o combustível, permitindo-lhe reivindicar as reduções de emissões associadas às suas metas de sustentabilidade.

CDP (Carbon Disclosure Project): é uma organização global sem fins lucrativos que administra um sistema independente de divulgação ambiental para auxiliar empresas, cidades, estados e regiões a desenvolver estratégias de redução de emissões de carbono por meio de relato e gerenciamento.

CO_2 (dióxido de carbono): também conhecido como gás carbônico, esse composto químico é formado por um átomo de carbono e dois de oxigênio. Ele é incolor, inodoro e resulta da queima de combustíveis e de processos industriais, sendo considerado um gás do efeito estufa.

CO_2/km (dióxido de carbono por quilômetro rodado): indicador de eficiência de combustível e de impacto ambiental utilizado para medir a quantidade de dióxido de carbono emitida por um veículo a cada quilômetro percorrido.

CO_2e (dióxido de carbono equivalente): unidade padronizada que permite comparar o impacto de diferentes gases do efeito estufa, convertendo suas emissões para um valor equivalente em dióxido de carbono, com base em seu potencial de aquecimento global.

Double deck: carroceria para veículos de carga com dois pisos internos para transporte de mercadorias.

Escopo 1: detalhamento de um inventário de emissões empresarial referente às emissões diretas de fontes que a empresa possui ou controla, como a queima de combustível em veículos ou caldeiras.

Escopo 2: detalhamento de um inventário de emissões empresarial referente à contratação de qualquer tipo de energia por parte da organização, como eletricidade, vapor, aquecimento e refrigeração.

Emissões diretas: GEE lançados diretamente na atmosfera por fontes que pertencem ou são controladas por uma organização ou atividade, como a queima de combustíveis em veículos da frota própria da empresa.

Emissões indiretas: GEE lançados na atmosfera como consequência das atividades de uma organização, mas que acontecem em locais que não pertencem ou não são controlados diretamente por ela. Por exemplo, compra de energia elétrica, vapor, aquecimento ou refrigeração e transporte de mercadorias feito por empresas terceirizadas.

Euro 6: análoga à Fase P8 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), essa é a tecnologia rodoviária veicular mais recente implementada no Brasil visando à redução da emissão de poluentes atmosféricos nos veículos pesados.

gCO_2e/pkm (gramas de dióxido de carbono equivalente por passageiro quilômetro): métrica de intensidade de emissões utilizada para avaliar o impacto ambiental do transporte de pessoas.

Gases do efeito estufa (GEE): gases existentes na atmosfera capazes de reter calor, auxiliando no controle de temperatura da Terra. Em excesso, causam o aquecimento global e a intensificação de eventos climáticos extremos.

GHG Protocol: metodologia internacionalmente reconhecida e utilizada para medir e gerenciar as emissões de GEE em âmbito empresarial, setorial ou nacional.

GNV (gás natural veicular): fonte de energia para veículos automotores, composto principalmente por gás metano.

GPTW (Great Place to Work): organização de âmbito global que certifica empresas dotadas de ambiente de trabalho qualificado e alto desempenho.

GPUs (Ground Power Unit, unidade de energia para aeronave em solo): equipamento terrestre que fornece energia elétrica a uma aeronave em solo com os motores desligados.

HVO (hydrotreated vegetable oil, óleo vegetal hidratado): combustível renovável com a mesma estrutura do diesel fóssil produzido pelo processo de hidrotratamento (adição de hidrogênio) de óleos vegetais e gorduras residuais.

IATA (International Air Transport Association, Associação Internacional de Transporte Aéreo): associação comercial das companhias aéreas do mundo, representando cerca de 350 empresas responsáveis por mais de 80% do tráfego aéreo global.

IBDN (Instituto Brasileiro de Defesa da Natureza): organização voltada à educação ambiental, à certificação de empresas e a projetos focados no desenvolvimento sustentável.

Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia): autarquia federal brasileira que promove a metrologia, a qualidade e a avaliação da conformidade de produtos e serviços no país.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas): órgão das Nações Unidas criado para fornecer aos governos a base científica sobre mudanças climáticas, seus impactos e riscos e as opções para adaptação e mitigação.

ISO (International Organization for Standardization, Organização Internacional de Normalização): organização internacional não governamental que desenvolve e publica normas para garantir a qualidade, segurança e eficiência de produtos e serviços em diversas áreas.

ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental (SGA): norma internacionalmente aceita com requisitos para a aplicação de um SGA que uma organização pode usar para aumentar seu desempenho ambiental.

ISO 45001 – Sistema de Gestão em Saúde e Segurança Ocupacional: norma internacional que fornece uma estrutura para as organizações gerenciarem seus riscos, melhorarem o desempenho em saúde e segurança e criarem locais de trabalho mais seguros e saudáveis, prevenindo lesões e doenças relacionadas ao trabalho.

ISO 9001 – Gestão da Qualidade (SGQ): norma internacional que estabelece os requisitos para SGQ, ajudando organizações a fornecerem produtos e serviços que atendam consistentemente às necessidades dos clientes e requisitos regulamentares.

kg CO_2 (quilograma de dióxido de carbono): unidade de massa para o dióxido de carbono, frequentemente usada em contextos de relatos de emissões.

kWh (quilowatt-hora): unidade de medida do consumo ou produção de energia elétrica, correspondente à utilização por uma hora de um aparelho de 1.000 watts de potência.

kWh/carro.km (quilowatt-hora por carro-quilômetro): unidade de medida de eficiência energética no modo metroferroviário que indica o quanto de energia elétrica é consumida para movimentar a composição de trens e vagões por um quilômetro.

kWp (quilowatt-pico): unidade de medida que indica a potência máxima de um sistema fotovoltaico em condições ideais.

LED (light-emitting diode, diodo emissor de luz): componente eletrônico semicondutor que converte energia elétrica diretamente em luz.

Lei do Combustível do Futuro: Lei nº 14.993, promulgada em 2024, que incentiva a descarbonização e a transição energética no Brasil e promove o uso de combustíveis sustentáveis e o desenvolvimento da bioenergia.

MJ (megajoule): unidade padrão de energia e trabalho, que permite comparar diferentes fontes de forma padronizada.

MWh (megawatt-hora): unidade de medida que representa a quantidade de energia gerada ou consumida quando uma potência de 1 milhão de watts opera por uma hora.

***Narrow-body* (fuselagem estreita, em português)**: modelo de avião comercial com apenas um corredor na cabine de passageiros, dotados de até seis assentos por fileira.

Nm³ (metro cúbico normal): unidade de medida que indica o valor que uma matéria de massa constante ocupa num determinado espaço em condições padrão.

***On shore power supply* (fornecimento de energia em terra)**: tecnologia que permite que navios atracados se conectem à rede elétrica local em vez de usar seus próprios motores auxiliares.

Open hatch: tipo de navio projetado para transportar mercadorias a granel e contentores, com acesso direto aos porões mediante escotilhas amplas para facilitar o carregamento e descarregamento de cargas pesadas e unitizadas.

PCAs (Pre-Conditioned Air Units, unidade de fornecimento de ar-condicionado para aeronave em solo): equipamentos usados em aeroportos para fornecer ar refrigerado ou aquecido a aeronaves estacionadas, enquanto suas turbinas estão desligadas.

PTC 2.0 (Power Train Control, controle de energia do trem): sistema avançado de controle e monitoramento ferroviário que fornece indicadores operacionais essenciais para a melhoria de eficiência energética, como localização, direção e velocidade das locomotivas, além de automatizar a frenagem em situações de risco.

QaV (querosene de aviação): combustível derivado do petróleo utilizado em aeronaves a jato e turboélices.

Quadrimotores: tipo de aeronaves equipadas com quatro motores, utilizadas no transporte de passageiros, de cargas e em aplicações militares.

RFFSA (Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima): empresa estatal brasileira, criada em 1957, para administrar e explorar grande parte do transporte ferroviário do país, extinta em 2007.

SAF (Sustainable Aviation Fuel, combustível sustentável de aviação): combustível alternativo ao querosene derivado do petróleo produzido a partir de fontes renováveis, como óleos vegetais, gordura animal, lixo orgânico e etanol de biomassa.

SASSMAQ (Sistema de Avaliação de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade): programa de certificação criado pela Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim) para avaliar prestadores de serviços de logística e transporte de produtos químicos.

SBTi (Science Based Targets Initiative): organização de ação climática e caráter internacional que desenvolve padrões, ferramentas e orientações que permitem que as empresas estabeleçam metas de redução de emissões de gases do efeito estufa baseadas na ciência.

STM (Secretaria dos Transportes Metropolitanos): órgão estadual responsável pelo planejamento e organização do transporte urbano de passageiros nas cinco regiões metropolitanas paulistas.

tCO_2e (tonelada de dióxido de carbono equivalente): unidade de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente, frequentemente usada em contextos de relato de emissões.

Terminal tractor: veículo fora de estrada, do tipo trator rebocador, projetado para o transporte terrestre de contêineres dos navios ao pátio de operações.

TEUs (Twenty-Foot Equivalent Unit, unidade equivalente a 20 pés): unidade de medida padrão utilizada para calcular o volume de contêineres com diferentes tamanhos, bem como para descrever a capacidade de carga de navios porta-contêineres e terminais portuários.

TKU (tonelada-quilômetro útil): unidade de medida equivalente ao transporte de uma tonelada à distância de um quilômetro, desconsiderando o peso do veículo.

TRIP Linhas Aéreas: empresa aérea brasileira de caráter regional, fundada em 1998, que se fundiu com a Azul Linhas Aéreas, em 2012, tornando-se parte da *holding* Azul TRIP S.A.

Turbocompressor: componente de motor que usa a energia dos gases de escape para comprimir o ar de admissão, aumentando sua potência e eficiência.

VCS (Verified Carbon Standard, Padrão de Carbono Verificado): programa internacional de créditos de carbono, gerenciado pela organização Verra, que garante a validade de projetos que reduzem ou removem emissões de GEE.

***Wide-body* (fuselagem larga)**: modelo de avião comercial com dois corredores e capacidade para sete ou mais assentos por fileira.

World Air Cargo Award (Prêmio Mundial de Carga Aérea): premiação anual que reconhece e celebra a excelência, a inovação e as contribuições significativas na indústria global de carga aérea, premiando empresas e serviços que se destacam em desempenho superior, eficiência e contribuição para o avanço do modo aeroviário.

Inventário CNT de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Setor de Transporte

ambipar CNT CNT / SEST SENAT / ITL Sistema Transporte

Inventário CNT de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Setor de Transporte

O Inventário representa um marco no compromisso com o desenvolvimento sustentável do Brasil. Mais do que um documento técnico, ele traduz o esforço da Confederação Nacional do Transporte em compreender, de forma abrangente e metodologicamente rigorosa, o papel do setor nas emissões nacionais e nas estratégias de mitigação das mudanças climáticas.

Elaborado pela Ambipar, o Inventário consolida, em um único documento, análises e avaliações das emissões de todas as modalidades de transporte e infraestruturas, com alta segregação entre categorias veiculares e subcategorias de fontes energéticas.

A predominância do uso de combustíveis fósseis ainda responde pela maior parte das emissões. No entanto, o avanço da transição para fontes alternativas e de soluções tecnológicas voltadas à eficiência energética demonstra um processo consistente de transformação setorial. O transporte brasileiro vem se destacando pela capacidade de inovação e adaptação, com práticas voltadas à redução de emissões, ao uso racional de energia e à modernização de infraestruturas e de suas frotas.

CNT.ORG.BR

ambipar CNT CNT / SEST SENAT / ITL Sistema Transporte