



INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE PORTO ALEGRE

AGOSTO / 2021



AGOSTO / 2021



INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE PORTO ALEGRE

Realização:



ISBN 978-65-995611-0-8

SUMÁRIO

MENSAGENS	10
------------------	----

1

INTRODUÇÃO	14
-------------------	----

METODOLOGIA	16
--------------------	----

2

2.1	Fronteiras do Inventário	19
2.2	Período Coberto	21
2.3	Gases de Efeito Estufa	21
2.4	Método de Cálculo	22
2.5	Setores de Atividade	23
2.6	Abordagem do Inventário	26

RESULTADO GERAL DO INVENTÁRIO	28
--------------------------------------	----

3

3.1	Emissões totais - Abordagem Basic+	30
3.2	Comparativo Inventário Anterior	33
3.3	Indicadores de Intensidade	34
3.4	Emissões Renováveis	35
3.5	Análise de Incertezas	36

4

AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS POR SETOR DE ATIVIDADE

.....	38
4.1 Setor de Energia Estacionária	40
4.1.1 Energia Elétrica	41
4.1.2 Gás Natural e Consumo de Energia Elétrica	43
4.2 Setor de Transportes	45
4.2.1 Transporte Terrestre	46
4.2.2 Transporte Aéreo	50
4.3 Setor de Resíduos	52
4.3.1 Disposição e Tratamento de Efluentes Domésticos	53
4.3.2 Disposição de Resíduos Sólidos	55
4.4 Setor AFOLU	56
4.4.1 Rebanhos	58
4.4.2 Uso da Terra	59
4.5 Setor Outras Emissões de Escopo 3	60

5

CONCLUSÕES

.....	62
-------	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

.....	64
-------	----

ANEXOS

.....	68
-------	----

Anexo A. Mapeamento das Fontes de Emissão do Inventário	68
---	----

Anexo B. Método de Cálculo	80
----------------------------------	----

Anexo C. Fatores de Emissão	97
-----------------------------------	----

Anexo D. Emissões de GEE por Ano do Município de Porto Alegre	104
---	-----

COLABORADORES E PARTICIPANTES	108
--	------------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Delimitação dos Escopos considerados no método GPC	18
Figura 2. Evolução das emissões totais de Porto Alegre, por ano	30
Figura 3. Evolução das emissões por setor de atividade em Porto Alegre, por ano	31
Figura 4. Evolução das emissões totais e PIB de Porto Alegre, por ano	31
Figura 5. Evolução das emissões totais Basic+ e Outras Emissões de Escopo 3 de Porto Alegre, por ano	32
Figura 6. Emissões totais para o setor de Energia Estacionária em Porto Alegre, por ano	40
Figura 7. Emissões do setor de Energia Estacionária em Porto Alegre, por precursor, por ano	41
Figura 8. Índice da emissão e do consumo de eletricidade em Porto Alegre e do fator de emissão do SIN, por ano	42
Figura 9. Evolução da participação dos subsetores no setor de Energia Estacionária em Porto Alegre, por ano	42
Figura 10. Evolução da participação dos subsetores de Indústria de Energia; Agricultura, Silvicultura e Pesca e Outras Fontes no setor de Energia Estacionária em Porto Alegre, por ano	43
Figura 11. Evolução da participação de gás natural nos subsetores de Energia Estacionária em Porto Alegre, por ano	44
Figura 12. Evolução do consumo de gás natural e GLP residenciais em Porto Alegre, por ano	44
Figura 13. Emissões totais para o setor de Transportes em Porto Alegre, por ano	45
Figura 14. Emissões totais do setor de Transportes em Porto Alegre, por subsetor, por ano	46
Figura 15. Emissões por combustíveis na categoria de Transporte Terrestre em Porto Alegre, por ano	47
Figura 16. Índice de consumo de combustíveis no Transporte Terrestre em Porto Alegre, por ano	47
Figura 17. Índice de emissões de diesel por tipo de uso no Transporte Terrestre em Porto Alegre, por ano	48
Figura 18. Índice de variação de consumo e preço do diesel em Porto Alegre, por ano	49
Figura 19. Índices de consumo de GNV e gasolina no Transporte Terrestre em Porto Alegre, por ano	50
Figura 20. Evolução das emissões de Transporte Aéreo em Porto Alegre, por ano	50
Figura 21. Índice de emissões de viagens domésticas e internacionais em Porto Alegre, por ano	51
Figura 22. Índice de variação das emissões e da movimentação de passageiros e aeronaves do Aeroporto de Porto Alegre, por ano	51
Figura 23. Emissões totais para o setor de Resíduos em Porto Alegre, por ano	52

Figura 24. Emissões totais para os subsetores de Resíduos em Porto Alegre, por ano	53
Figura 25. Emissões por Disposição e Tratamento de Efluentes em Porto Alegre, por ano	54
Figura 26. Índice de Tratamento de Efluentes Domésticos em Porto Alegre, por ano	54
Figura 27. Representatividade (%) das ETEs que utilizam tratamentos anaeróbios de efluentes em Porto Alegre, por ano	55
Figura 28. Evolução das emissões de metano na Central de Resíduos do Recreio, de Minas do Leão (RS), por ano	56
Figura 29. Emissões totais para o setor AFOLU em Porto Alegre, por ano	57
Figura 30. Emissões e Remoções dos subsetores de AFOLU em Porto Alegre, por ano	57
Figura 31. Evolução das emissões do subsetor Rebanhos em Porto Alegre, por ano	58
Figura 32. Índice de emissões de rebanhos e quantidade de cabeças de galináceos e bovinos em Porto Alegre, por ano	59
Figura 33. Evolução das remoções de CO ₂ por aumento da cobertura vegetal e plantio de mudas em Porto Alegre, por ano	60
Figura 34: Emissões dos insumos de construção civil em Porto Alegre, por ano	61
Figura 35: Variações do Índice do PIB e o Índice das Outras Emissões do Escopo 3 em Porto Alegre, por ano	61

TABELAS

Tabela 1. Informações sobre o município de Porto Alegre	20
Tabela 2. Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos Gases de Efeito Estufa	21
Tabela 3. Setores e subsetores considerados no Inventário de Porto Alegre	25
Tabela 4. Modelo GPC para Reporte de Emissão por Escopo e Setor	27
Tabela 5. Principais alterações do inventário de Porto Alegre (série histórica 2016-2019) em comparação ao primeiro inventário (2013)	33
Tabela 6. Indicadores de intensidade do município de Porto Alegre, por ano	34
Tabela 7. Comparativo de indicadores de intensidade entre cidades brasileiras	35
Tabela 8. Resultados de emissões de CO ₂ renovável do município de Porto Alegre, por ano	35
Tabela 9. Resultados das incertezas do Inventário de GEE de Porto Alegre, por ano	37

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS –

- AFOLU** - Agriculture, Forestry and Other Land Use
- ANAC** - Agência Nacional de Aviação Civil
- ANP** - Agência Nacional do Petróleo
- C40** - Climate Leadership Group
- CEEE** - Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica
- DMAE** - Departamento Municipal de Água e Esgotos
- DMLU** - Departamento Municipal de Limpeza Urbana
- EPE** - Empresa de Pesquisa Energética
- EPTC** - Empresa Pública de Transporte e Circulação
- FIERGS** - Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- GEE** - Gases de Efeito Estufa
- GLP** - Gás liquefeito de petróleo
- GNV** - Gás Natural Veicular
- GPC** - Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories
- ICLEI** - Governos Locais para Sustentabilidade
- IDH** - Índice de Desenvolvimento Humano
- IPCC** - Intergovernmental Panel on Climate Change
- IPPU** - Industrial Processes and Product Use
- PAG** - Potencial de Aquecimento Global
- PIB** - Produto Interno Bruto
- PNUD** - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
- SEFAZ-RS** - Secretaria da Fazenda do Estado do Rio Grande do Sul
- SINDUSCON** - Sindicato das Indústrias da Construção Civil
- SULGÁS** - Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul
- SMAMUS** - Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade
- T&D** - Transmissão e Distribuição
- TRENSURB** - Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre
- UASB** - Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors
- UN** - Unidade
- WRI** - World Resources Institute



Foto: Thiago Santos



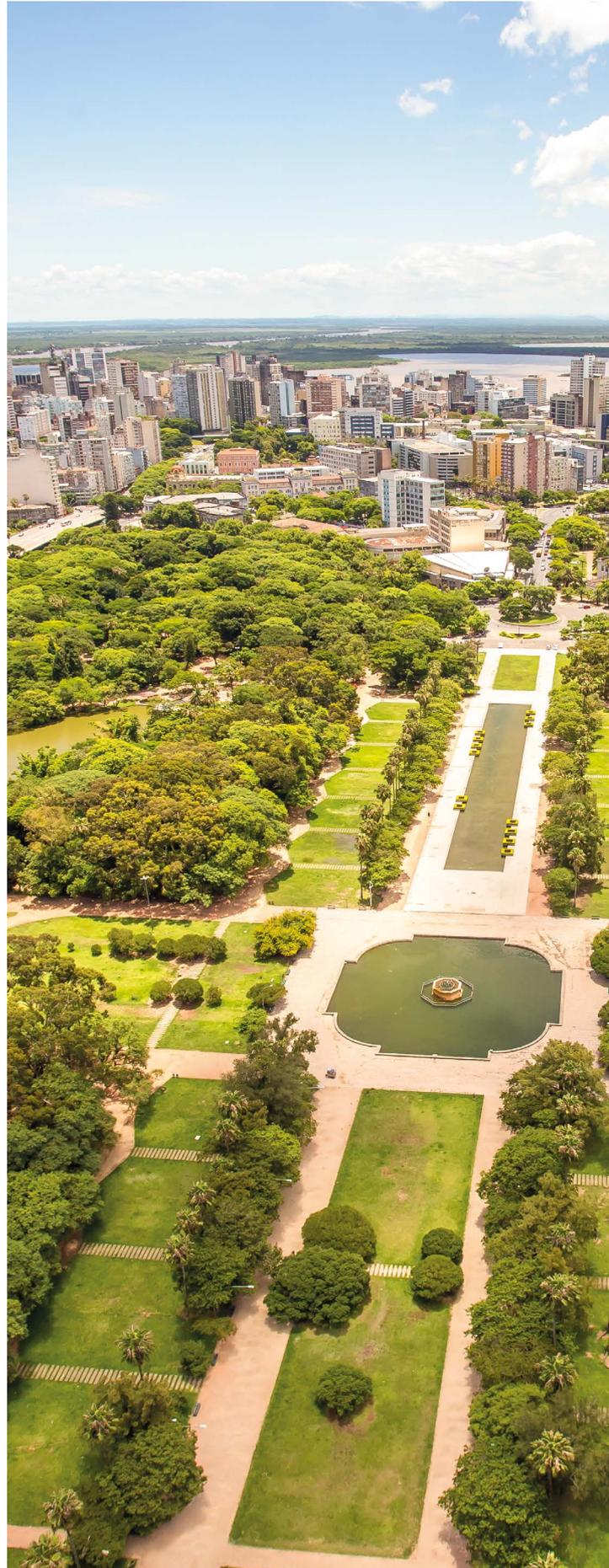
Germano Bremm

**Secretário na Secretaria de Urbanismo,
Meio Ambiente e Sustentabilidade**

O 2º Inventário de Gases de Efeito Estufa de Porto Alegre tem fundamental importância na inserção da dimensão ambiental e da sustentabilidade como elemento estratégico no processo de tomada de decisão e na formulação de políticas públicas, planos e programas governamentais.

O documento faz uma atualização do cenário das emissões na cidade e identifica alterações e tendências nos padrões das variáveis climáticas mais relevantes para o município. Com o conhecimento do perfil das emissões, nosso próximo passo é entender as vulnerabilidades e os riscos climáticos e elaborar uma estratégia de adaptação e um Plano de Redução.

Este Plano definirá ações e metas de compensação e mitigação do impacto das mudanças do clima sobre o território, podendo-se evitar, atenuar ou compensar impactos ambientais adversos. Neste processo, prevemos ainda o monitoramento da eficácia das ações tomadas para que os resultados sejam efetivamente alcançados. Todo este conjunto de medidas amplia a resiliência urbana de Porto Alegre e a insere na vanguarda do desenvolvimento sustentável e da ação climática.





Felipe Bittencourt

Diretor Executivo da WayCarbon

Estamos vivendo hoje desafios globais que impactam localmente as sociedades do mundo todo; a mudança do clima é um deles. Como grandes centros urbanos de consumo, onde se concentram mais de 80% das emissões globais, as cidades possuem um papel chave no enfrentamento da crise climática. E, certamente, a agenda de transição para uma economia de baixo carbono se tornará prioritária cada vez mais nas cidades brasileiras. É fundamental que as cidades integrem a gestão climática em seus planejamentos.

A atualização do inventário de gases de efeito estufa nas cidades é um passo fundamental para a implementação de ações efetivas de redução das emissões e o desenvolvimento de estratégias de mitigação. O Inventário é um diagnóstico, um “Raio-X”, que indica o quanto se emite, onde está sendo emitido e quais gases estão sendo emitidos. Com esses dados atualizados, um município passa a ter condições de avaliar onde focar seus esforços e o que pode ser feito para redução das emissões.

Com o 2º Inventário de Gases de Efeito Estufa de Porto Alegre, que avaliou a série histórica de 2016 a 2019, a cidade passa a contar com um importante instrumento de gestão. O trabalho desenvolvido reflete um processo realizado em cooperação com dezenas de organizações locais e parceiros estratégicos, que permitiram a construção de um Inventário inovador. A WayCarbon se orgulha por participar deste projeto, contribuindo com um diagnóstico relevante para a atual revisão do Plano Diretor de Porto Alegre. Desta forma, o município integra a agenda climática em sua gestão, facilitando a criação de políticas públicas transformadoras.

Foto: Eduardo Rocha



Rodrigo Perpétuo

Secretário Executivo do
ICLEI América do Sul

Porto Alegre ocupa um espaço de vanguarda no debate da sustentabilidade urbana. Associada à rede do ICLEI desde 1997, a cidade avança e consolida um longo caminho de parceria para o fortalecimento da agenda climática local. Como resultado desse empenho, se comprometeu em 2015 com o Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia, demonstrando o seu compromisso com a sustentabilidade e a pauta climática. Além disso, em 2020 Porto Alegre foi uma das capitais selecionadas para o projeto-piloto de planejamento climático EIE Action Fund, gerido pelo Google.org e implementado pelo ICLEI. Entre os fatores que contribuíram para a seleção da cidade, destaca-se o compromisso de Porto Alegre com a integração da agenda climática ao planejamento urbano, por meio da revisão do Plano Diretor.

O presente documento atualiza o perfil de emissões de gases de efeito estufa da cidade, que teve o seu primeiro inventário lançado em 2016 por meio da primeira fase do projeto Urban-LEDS, em parceria com o ICLEI. O projeto, do qual Porto Alegre participa como cidade-satélite, está em sua segunda fase e tem como um de seus compromissos o monitoramento das emissões realizado neste inventário. A atualização da quantificação das emissões é essencial para Porto Alegre desenvolver e implementar projetos de baixo carbono para o enfrentamento à crise climática em escala local.

No final de 2020, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), no marco do processo de revisão do Plano Diretor, lançou o edital para a elaboração do atual inventário como uma das oportunidades reconhecidas pelo Desafio Porto Alegre Resiliente. Esse documento é mais um passo no caminho para se construir uma cidade mais sustentável e com baixa emissão de carbono. A partir de seus resultados, a cidade poderá definir metas de redução de emissões e políticas de mitigação de gases de efeito estufa para os setores da economia, além de permanecer comprometida com a agenda climática global, fortalecendo em rede o desenvolvimento urbano sustentável.

Boa Leitura!



Eduardo Baltar

**Diretor Ecofinance
Negócios**

Construído de maneira participativa com envolvimento de diversos atores locais, o inventário de emissões de gases de efeito estufa de Porto Alegre do período 2016 – 2019 é um importante instrumento direcionador para o desenvolvimento de políticas públicas de baixo carbono na cidade de Porto Alegre.

Elaborado com base em padrões metodológicos internacionalmente reconhecidos, os resultados evidenciam que mais de 80% das emissões da cidade estão concentradas no consumo de combustível dos veículos que circulam na cidade, no transporte aéreo e no consumo de energia elétrica e gás liquefeito de petróleo dos edifícios residenciais e comerciais.

De forma inovadora, o inventário reporta também, além dos setores tradicionais, as emissões indiretas dos principais insumos emissores da construção civil, evidenciando a importante contribuição relativa desse setor na cidade.

O inventário é um ponto de partida para a discussão de um Plano de Ação Climática que aponte um caminho ambicioso de desenvolvimento de baixo carbono para Porto Alegre. Possibilitando, assim, que a cidade aumente a sua resiliência aos impactos climáticos e promova melhorias para a qualidade de vida de sua população.

A Ecofinance Negócios tem o orgulho de participar desse processo.

Foto: Drs Produções

1 INTRODUÇÃO

Os problemas decorrentes do aquecimento global e da mudança do clima colocam o tema da economia de baixo carbono como uma questão central para o desenvolvimento sustentável, e cada vez mais buscam-se meios de compatibilizar o desenvolvimento econômico e a proteção do sistema climático. Neste contexto, torna-se relevante quantificar e gerenciar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

O Inventário de Emissões de GEE é um instrumento gerencial que permite quantificar as emissões de uma determinada instituição ou de comunidades. Para cidades, a partir da definição de sua abrangência, da identificação das fontes e sumidouros de GEE e da contabilização de suas respectivas emissões ou remoções, o Inventário possibilita conhecer o perfil das emissões resultantes das atividades de seus diferentes setores.

O **Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa de Porto Alegre** representa o produto final do projeto desenvolvido pela WayCarbon em parceria com a Ecofinance e o Iclei para a Prefeitura Municipal de Porto Alegre, e visa apresentar as informações utilizadas para gerar os resultados das emissões de Gases de Efeito Estufa para todos os setores incluídos no estudo.

Esse relatório apresenta as informações utilizadas e os serviços desenvolvidos, tais como os dados utilizados, alocações realizadas, fatores de emissões e remoções, cálculos, informações sobre incertezas, resultados gerais, resultados por setor e conclusões. Sua estrutura é apresentada abaixo:

Capítulo 1 . Introdução

Apresenta o conteúdo e a estrutura do presente relatório.

Capítulo 2 . Metodologia

Apresenta os métodos utilizados para a elaboração do Inventário, define a abrangência e descreve os princípios de contabilização do Inventário; apresenta o método geral de cálculo e os setores de atividade incluídos.

Capítulo 3 . Resultado Geral do Inventário

Apresenta o resultado geral do Inventário de Porto Alegre; comparativo com outros inventários; indicadores de intensidade; emissões renováveis e a análise das incertezas.

Capítulo 4 . Resultado por Setor de Atividade

Apresenta a avaliação dos resultados e discussão para cada um dos cinco setores incluídos no Inventário.

Capítulo 5 . Conclusões

Apresenta as principais conclusões do trabalho realizado.

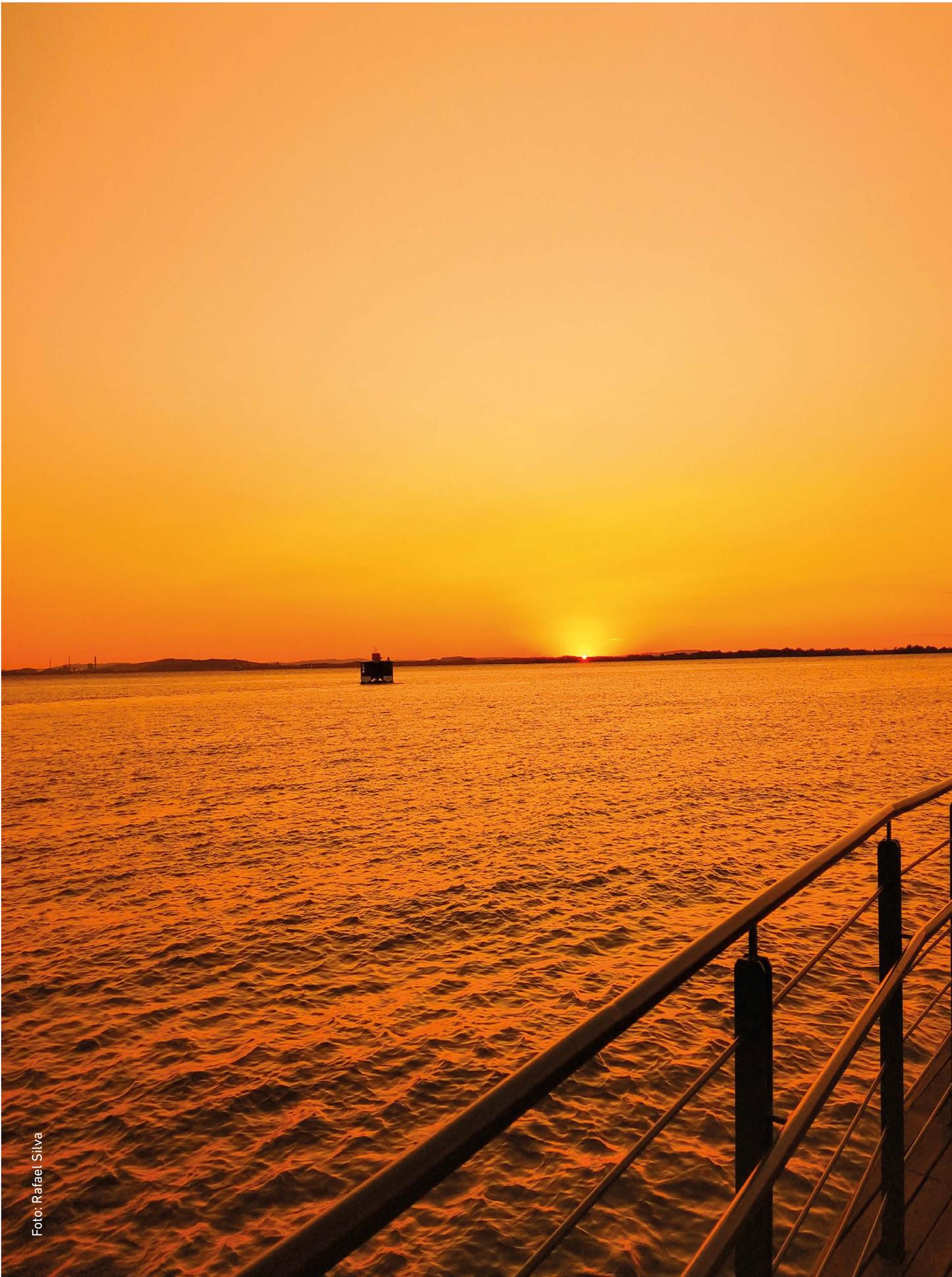


Foto: Rafael Silva

METODOLOGIA

2

- 2.1 Fronteiras do Inventário
- 2.2 Período Coberto
- 2.3 Gases de Efeito Estufa
- 2.4 Método de Cálculo
- 2.5 Setores de Atividade
- 2.6 Abordagem do Inventário

Para a elaboração do Inventário de Emissão de GEE de Porto Alegre, será utilizado o método proposto pelo GPC (*Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories*), desenvolvido pelo ICLEI, WRI (*World Resources Institute*) e C40 (*Climate Leadership Group*) em 2014, tendo como base o guia nacional de inventários, publicado em 2006 pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

O principal objetivo do GPC é ser um método robusto e claro que permite maior agregação e confiabilidade de dados para inventários de comunidades, cidades e/ou regiões. Esse método também permite análise comparativas entre inventários de emissões de diferentes governos locais, ao estabelecer requisitos e prover orientações para os cálculos e reporte dos GEE emitidos.

Nos inventários de cidades e regiões elaborados com base na metodologia do GPC, os Escopos 1, 2 e 3 são definidos de acordo com a localização geográfica da cidade ou região das atividades, como apresentado na Figura 1.

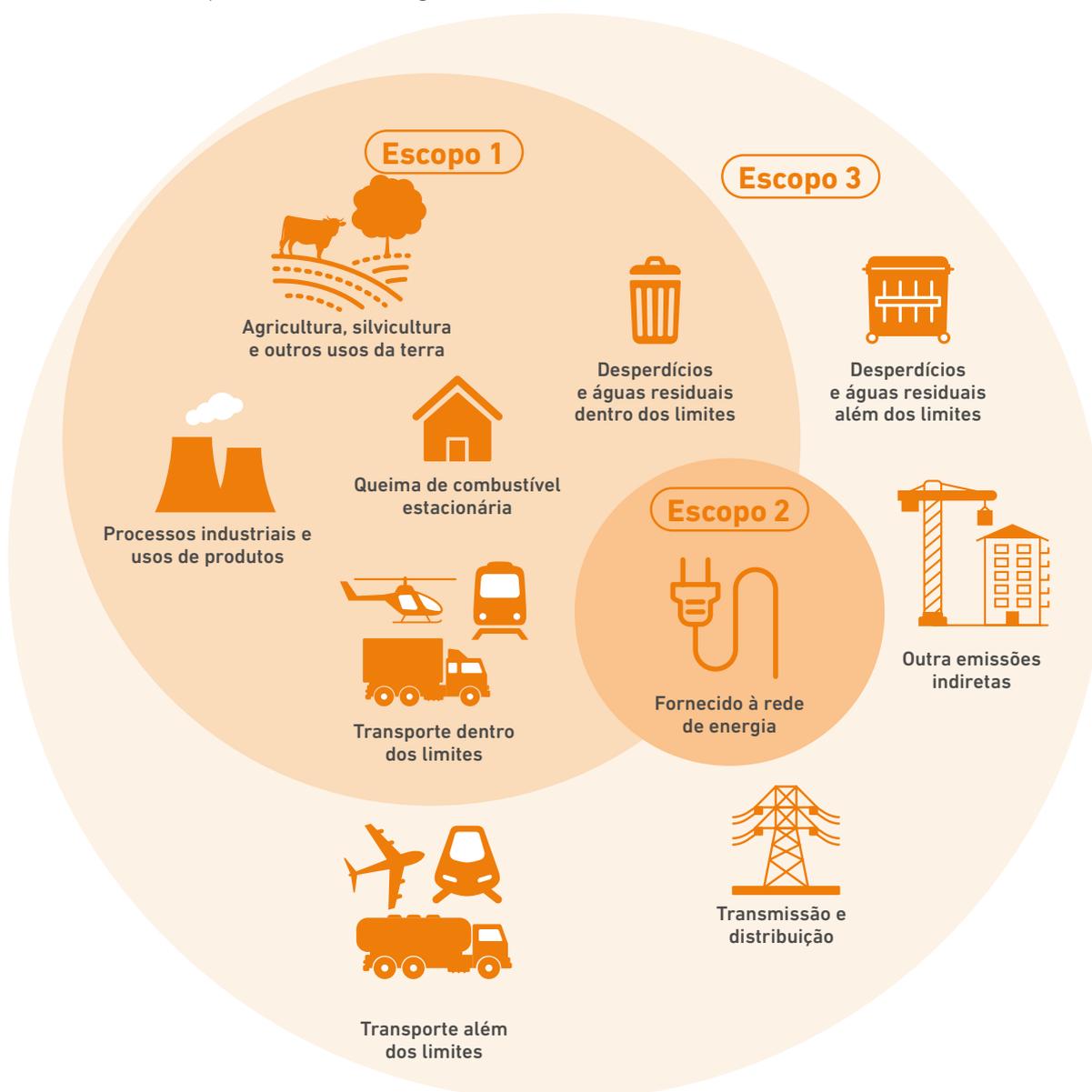


Figura 1 . Delimitação dos Escopos considerados no método GPC

Fonte: Adaptado de WRI, C40 e ICLEI, (2014).

Para o Inventário de Porto Alegre, os Escopos considerados foram:

Escopo 1:

Emissões de GEE por fontes localizadas dentro dos limites da cidade de Porto Alegre;

Escopo 2:

Emissões de GEE que ocorrem como consequência do uso de eletricidade fornecida pela rede nacional dentro dos limites da cidade de Porto Alegre;

Escopo 3:

Emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade de Porto Alegre.

O método GPC estabelece cinco princípios para a elaboração de inventários de GEE, assim como nos métodos de elaboração de inventários utilizados para corporações. O cumprimento desses princípios permite a elaboração de um Inventário de qualidade e consistência suficientes para ser utilizado como ferramenta para tomada de decisões. Os princípios são:

- **Relevância:** o Inventário de GEE deve refletir apropriadamente as emissões da cidade e deve ser organizado para refletir as áreas sobre as quais o governo exerce controle e tem responsabilidade;
- **Completeness:** todos os GEE e as atividades que causam emissões dentro das fronteiras escolhidas para o Inventário devem ser contabilizadas. Qualquer exclusão deve ser justificada;
- **Consistência:** metodologias consistentes devem ser usadas para identificar as fronteiras, coletar e analisar os dados e quantificar as emissões;
- **Transparência:** todas as questões relevantes devem ser consideradas e documentadas de maneira objetiva e coerente para estabelecer o histórico e a abordagem para futuras revisões e replicações. Todas as fontes de dados e hipóteses assumidas devem ser disponibilizadas junto com descrições específicas de metodologias e fontes de dados usados;
- **Exatidão:** a quantificação das emissões de GEE não deve ser sistematicamente sub ou supervalorizada.

2.1. Fronteiras do Inventário

Para a realização do Inventário de GEE pelo método GPC é necessário definir, primeiramente, suas fronteiras, os limites para identificação dos gases, fontes de emissão, a área geográfica e o intervalo de tempo coberto. As fronteiras do Inventário são projetadas para fornecer uma compreensão abrangente das principais fontes de emissões para uma determinada região, bem como uma indicação de onde ela poderia agir ou influenciar a mudança.

Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, é a segunda maior cidade da Região Sul do Brasil, com uma população estimada em 1.488.252 habitantes e área de 496,684 km² (PREFEITURA DE PORTO ALEGRE, 2021). Em 2018, a cidade possuía um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 77,13 bilhões, sendo o maior do Rio Grande do Sul, onde se destaca o setor de serviços. No tocante a agricultura, soja, milho e arroz, concentram 80% das exportações de Porto Alegre (PMSB-POA, 2015). O PIB per capita no ano de 2018 foi de R\$ 52.149,66, ocupando a posição de número 80 no ranking do estado (IBGE, 2021a). A cidade possui elevada qualidade de vida, com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,805, um dos maiores entre as grandes cidades brasileiras. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), em 2019 a cidade possuía 100% da sua população atendida com abastecimento de água e coleta de resíduos sólidos e 90% atendida com esgotamento sanitário.

A Tabela 1 a seguir apresenta algumas informações sobre o município de Porto Alegre.

Tabela 1. Informações sobre o município de Porto Alegre

Nome do município	Porto Alegre
Estado	Rio Grande do Sul
País	Brasil
Ano do inventário	2016-2019
Área	496,684 km ² (Prefeitura de Porto Alegre, 2021)
Limites geográficos	Lago Guaíba e municípios de Alvorada, Canoas, Cachoeirinha, Eldorado do Sul e Viamão
População (2020)	1.488.252 habitantes (IBGE, 2021a)
Produto Interno Bruto per capita (2018)	R\$ 52.149,66 por habitante (IBGE, 2021a)
Clima	Tropical
Bioma	Mata Atlântica e Pampa

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

2.2 Período Coberto

O método do GPC foi desenhado para contabilizar as emissões de GEE em um único ano de reporte. O guia recomenda que os inventários cubram um período contínuo de 12 (doze) meses, idealmente alinhado a um ano civil ou a um ano financeiro, consistente com os períodos mais comumente utilizados pelas cidades ou regiões.

A cidade de Porto Alegre elaborou o seu primeiro Inventário de emissões de GEE em 2013, e o presente trabalho irá elaborar os inventários dos anos de 2016 a 2019, sendo que 2019 foi o período comum mais recente de disponibilidade de dados a todas as fontes de emissão mapeadas.

2.3 Gases de Efeito Estufa

De acordo com o GPC, os Inventários devem contemplar os sete (7) 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), perfluorcarbono (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF_6), e trifluoreto de nitrogênio (NF_3).

Cada GEE possui um Potencial de Aquecimento Global (PAG) associado, que é a medida do quanto cada gás contribui para o aquecimento global. O PAG é um valor relativo que compara o potencial de aquecimento de uma determinada quantidade de gás com a mesma quantidade de CO_2 que, por padronização, tem PAG com valor igual a 1. O PAG é sempre expresso em termos de equivalência de CO_2 (CO_2e).

Para o inventário de Porto Alegre, foram considerados os potenciais de aquecimento global do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (Fourth Assessment Report ou AR4), seguindo as recomendações do Programa Brasileiro GHG Protocol (FGV, 2016). Os valores de PAG são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos Gases de Efeito Estufa

Gás de efeito estufa	PAG
Dióxido de carbono (CO_2)	1
Metano (CH_4)	25
Óxido nitroso (N_2O)	298
Hexafluoreto de enxofre (SF_6)	22.800
Trifluoreto de nitrogênio (NF_3)	17.200
PFCs	7.390 - 17.700
HFCs	12 - 14.800

Fonte: (FGV, 2016).

O Inventário de GEE de Porto Alegre considerou as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O, de acordo com as fontes de emissão mapeadas e a disponibilidade de dados. Adicionalmente, o inventário também computou as emissões de CO₂ de origem renovável¹. Os gases CO₂, CH₄ e N₂O são gerados no município de Porto Alegre das seguintes maneiras:

- **CO₂**: gerado na queima de combustíveis fósseis (como carvão, petróleo, gás natural e derivados) por fontes móveis e estacionárias e pelo desmatamento de floresta nativa;
- **CH₄**: gerado na queima de combustíveis por fontes móveis e estacionárias, na decomposição de matéria orgânica em processos de tratamento anaeróbico de efluentes e resíduos sólidos, fermentação entérica de animais e manejo de dejetos animais;
- **N₂O**: gerado na queima de combustíveis por fontes móveis e estacionárias e em processos de tratamento de efluentes.

2.4 Método de Cálculo

O Inventário de emissões de GEE do município de Porto Alegre foi elaborado via CLIMAS, software de cálculo desenvolvido pela WayCarbon, que possui um extenso banco de dados com os fatores de emissão mais atuais disponíveis para cada tipo de fonte (por exemplo, Programa Brasileiro GHG Protocol para o Brasil e, quando não disponíveis, referências internacionalmente aceitas como GHG Protocol, IPCC, EPA e DEFRA).

Genericamente, as emissões e remoções de GEE são calculadas para cada fonte e sumidouro individualmente, segundo a fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = DA_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Em que:

i: Índice que denota uma atividade da fonte ou sumidouro individual;

g: Índice que denota um tipo de GEE;

y: Ano de referência do relatório;

E_{i,g,y}: Emissões ou remoções do GEE *g* atribuíveis à fonte ou sumidouro *i* durante o ano *y*, em tCO₂e;

DA_{i,y}: Dado de atividade consolidado referente à fonte ou sumidouro *i* para o ano *y*, na unidade *u*. Como ressaltado anteriormente, o dado de atividade consolidado consistirá em todos os atributos registrados de cada fonte/sumidouro;

FE_{i,g,y}: Fator de emissão ou remoção do GEE *g* aplicável à fonte ou sumidouro *i* no ano *y*, em t GEE *g*/u;

PAG_g: Potencial de aquecimento global do GEE *g*, em tCO₂e/tGEE *g*;

1. Emissões Renováveis do Inventário de GEE do município de Porto Alegre - emissões de CO₂ oriundas da utilização energética de biomassa de origem renovável. Neste estudo foi adotado a definição de biomassa renovável formulada pelo Comitê Executivo do Mecanismo de desenvolvimento Limpo da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas - EB 23, Anexo 18 (UNFCCC/CCNUCC, 2006). Emissões desta natureza não contribuem para o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera em longo prazo, visto que fazem parte do ciclo natural de carbono.

A escolha do método de cálculo apropriado decorreu da disponibilidade de dados e de fatores de emissão específicos, das tecnologias utilizadas no processo, entre outros. O detalhamento sobre os métodos de cálculo para cada tipo de fonte de emissão pode ser encontrado no Anexo B e os fatores de emissão extraídos do Climas e utilizados nos cálculos são apresentados no Anexo C.

2.5 Setores de Atividade

O método do GPC busca desagregar os dados de emissões para permitir que as principais fontes de GEE sejam identificadas em uma cidade ou região. Para tanto, determina seis diferentes setores nos quais as atividades emissoras podem ser alocadas. São eles:

Energia Estacionária:



Atividades associadas à queima de combustíveis em edifícios residenciais, comerciais e institucionais, indústrias de manufatura e construção, usinas geradoras de energia e propriedades rurais, incluindo emissões fugitivas² que ocorrem durante a extração, transformação e transporte de carvão mineral, as emissões geradas nos processos da indústria de óleo e gás e na produção de combustíveis;



Transportes:

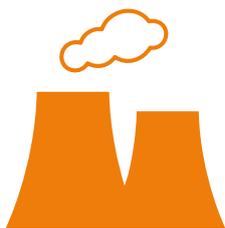
O uso de veículos e demais equipamentos móveis geram emissões de GEE a partir da queima dos combustíveis utilizados ou ainda do uso de eletricidade em veículos elétricos;



Resíduos:

As cidades geram resíduos sólidos e efluentes que podem ser tratados dentro de seus limites (Escopo 1) ou fora deles (Escopo 3). As emissões de GEE são provenientes do processo de decomposição de bactérias anaeróbicas e/ou através da queima dos resíduos em processos de coprocessamento ou incineração;

2. As emissões fugitivas são definidas pela Resolução 382/2006 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) como lançamentos difusos na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, efetuada por uma fonte que não possui dispositivo projetado para dirigir ou controlar seu fluxo.



Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU):

As emissões de GEE desse setor são resultantes de atividades industriais não relacionadas ao consumo de combustíveis para a geração de energia. Todas as emissões de GEE provenientes de processos industriais, do uso de produtos e do uso não energético de combustível fóssil devem ser avaliadas e reportadas neste setor;



Agricultura, Florestas e Uso da Terra (AFOLU):

Este setor gera emissões de GEE através de uma variedade de atividades, incluindo mudanças no uso da terra que alteram a composição do solo, metano produzido nos processos digestivos de animais ruminantes da pecuária (fermentação entérica), manejo de dejetos de animais e manejo de nutrientes para fins agrícolas;



Outras Emissões de Escopo 3:

Este setor inclui as emissões indiretas não contempladas nos demais setores. As cidades podem reportar fontes associadas a determinadas atividades que ocorrem na cidade, mas cujos bens e serviços se originam de outros municípios– como as emissões de GEE incorporadas em combustíveis, água, comida e materiais de construção.

Nos Inventários de GEE do município de Porto Alegre (período de 2016 a 2019), não foram identificadas fontes do setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU). Os demais setores são aplicáveis ao inventário de GEE e as fontes de emissão associadas a cada um são detalhadas no Anexo A.

A Tabela 3 a seguir apresenta um detalhamento dos setores incluídos no Inventário de Porto Alegre, bem como quais foram as fontes fornecedoras de dados para o cálculo das emissões.

Tabela 3. Setores e subsetores considerados no Inventário de Porto Alegre

Setor	Subsetor	Origem das emissões	Fornecedor de Dados
I. Energia Estacionária	I.1 - Construções residenciais	Emissões provenientes de combustão	Consumo de combustíveis - ANP; Consumo de energia elétrica - CEEE; Perdas na transmissão e distribuição - EPE.
	I.2 - Construções comerciais e institucionais	estacionária (consumo de Gás Natural, GLP, óleo combustível e óleo diesel);	
	I.3 - Indústria de manufatura e construção	Emissões provenientes do consumo de energia elétrica;	
	I.4 - Indústria de energia	Emissões provenientes da perda de transmissão e distribuição de energia elétrica.	
	I.5 - Agricultura, silvicultura e pesca		
	I.6 - Fontes não especificadas		
II. Transportes	II.1 - Transporte Terrestre	Emissões provenientes de combustão móvel em veículos e aeronaves;	Consumo de querosene em voos domésticos - ANAC; Consumo de combustíveis - ANP; Consumo de energia elétrica do trem - TRENSURB.
	II.2 - Transporte Ferroviário		
	II.4 - Transporte Aéreo	Consumo de energia elétrica do trem metropolitano.	
III. Resíduos	III.1 - Disposição de resíduos em aterro sanitário	Emissões provenientes da disposição de resíduos em aterro sanitário;	Quantidade de metano gerado e recuperado no aterro - CRVR; Massa de resíduos por tipo de tratamento - DMLU; Volume de efluentes tratados por tipo de tratamento e população - DMAE.
	III.2 - Tratamento biológico		
	III.4 - Disposição de efluentes domésticos (população sem coleta de efluentes, população sem tratamento de esgoto, volume de efluentes tratado por tipo de tratamento).	Emissões provenientes do tratamento biológico de resíduos sólidos;	
		Emissões provenientes da disposição e tratamento de efluentes domésticos.	

Setor	Subsetor	Origem das emissões	Fornecedor de Dados
V. AFOLU	<p>V.1 - Rebanhos: bovinos, bubalinos, equinos, caprinos, ovinos, suínos e galináceos</p> <p>V.2 - Uso da terra: aumento da cobertura vegetal e plantio de mudas</p> <p>V.3 - Emissões agregadas e outras de não CO2: cultivo de arroz</p>	<p>Emissões provenientes de metano produzido nos processos digestivos da pecuária (animais ruminantes) e no manejo de dejetos;</p> <p>Mudanças no uso da terra que alteram o solo;</p> <p>Emissões provenientes do cultivo de arroz.</p>	<p>Número de cabeças de rebanho - IBGE;</p> <p>Plantio de mudas - SMAMUS;</p> <p>Área de plantio de arroz -IBGE.</p>
VI. Outras Emissões de Escopo 3	VI.1 - Insumos da construção civil	Emissões provenientes do consumo de insumos da construção civil.	Consumo de ferro, cimento e madeira - SEFAZ/RS.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

2.6 Abordagem do Inventário

O GPC define o requisito de relato das emissões segundo duas abordagens distintas, porém complementares:

A abordagem de Escopos (Scopes Framework) permite que as cidades reportem de forma abrangente todas as emissões de GEE atribuíveis a atividades que ocorram dentro do limite geográfico da cidade, classificando as fontes de emissão em Escopo 1, 2 e 3, conforme definido anteriormente. A utilização dos Escopos em abordagem territorial possibilita que seja realizada agregação de inventários de várias cidades, consistente com relatórios de GEE a nível nacional.

A abordagem orientada pela cidade (City-induced Framework) contabiliza as emissões de GEE atribuíveis a atividades realizadas dentro do limite geográfico da cidade, abrangendo fontes selecionadas de emissão dos Escopos 1, 2 e 3. Essa abordagem fornece dois níveis de relatório demonstrando diferentes níveis de completude: o nível BASIC e o nível BASIC+.

- ▶ O nível BASIC contempla as fontes de emissão que normalmente ocorrem em cidades e que possuem métodos de cálculo estabelecidos e dados disponíveis, como as fontes de energia estacionária, transporte e resíduos gerados dentro dos limites geográficos estabelecidos.
- ▶ O nível BASIC+ é mais abrangente, incluindo, além das fontes do nível BASIC, o cálculo das emissões relacionadas a processos industriais e uso de produtos (IPPU), agricultura, floresta e uso da terra (AFOLU), transporte transfronteiriço, perdas de transmissão e distribuição de energia e outras emissões de Escopo 3. Sendo assim, a coleta de dados e os procedimentos de cálculo são mais desafiadores.

Para elaboração do Inventário do município de Porto Alegre, os Escopos 1, 2 e 3 foram definidos de acordo com a abordagem de localização geográfica da cidade, nível BASIC+, e as emissões são reportadas conforme modelo apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Modelo GPC para Reporte de Emissão por Escopo e Setor

Setor	Total por Escopo (t CO ₂ e)		
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
I. Energia Estacionária	✓	✓	✓
II. Transportes	✓	✓	✓
III. Resíduos	✓		✓
IV. IPPU	—		
V. AFOLU	✓		
VI. Outras Emissões de Escopo 3			✓

 Fontes de emissões exigidas para inventários Basic

 Fontes de emissões adicionais exigidas para inventários Basic+

 Fontes de emissões não aplicáveis ou não exigidas para inventários Basic+

 Fontes de emissão de Outras Emissões de Escopo 3

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance a partir de WRI; ICLEI; C40 (2014).



Foto: Thiago Santos

RESULTADO GERAL DO INVENTÁRIO

3

- 3.1 Emissões totais - Abordagem Basic+
- 3.2 Comparativo Inventário Anterior
- 3.3 Indicadores de Intensidade
- 3.4 Emissões Renováveis
- 3.5 Análise de Incertezas

3.1 Emissões Totais - Abordagem Basic+

O Inventário de emissões de GEE do município de Porto Alegre foi elaborado no software CLIMAS desenvolvido pela WayCarbon. Os resultados das emissões de GEE são apresentados de acordo com a abordagem BASIC+ definida pelo GPC. As emissões totais do município de Porto Alegre são apresentadas na Figura 2, para os anos 2016, 2017, 2018 e 2019. Já as emissões de cada um dos setores para os anos analisados são apresentadas na Figura 3.

As emissões diminuíram em média 5% ao longo dos anos, com contribuições principais advindas dos setores de Transportes e Energia Estacionária. Nos Transportes, houve redução do uso de gasolina e diesel nos anos de 2018 e 2019. No setor de Energia Estacionária, a redução nos anos de 2018 e 2019 ocorreu devido à diminuição do fator de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN). No setor de Resíduos, o aumento nos anos de 2017 e 2018 se deve principalmente ao maior volume de efluentes tratados neste período, que aumentou em boa parte das Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs), principalmente em 2017. A diminuição das emissões no setor AFOLU deve-se em maior parte à redução dos rebanhos de bovinos e galináceos, mais representativos na cidade, e à maior remoção de CO₂ ocorrida pelo plantio de mudas e aumento da cobertura vegetal.

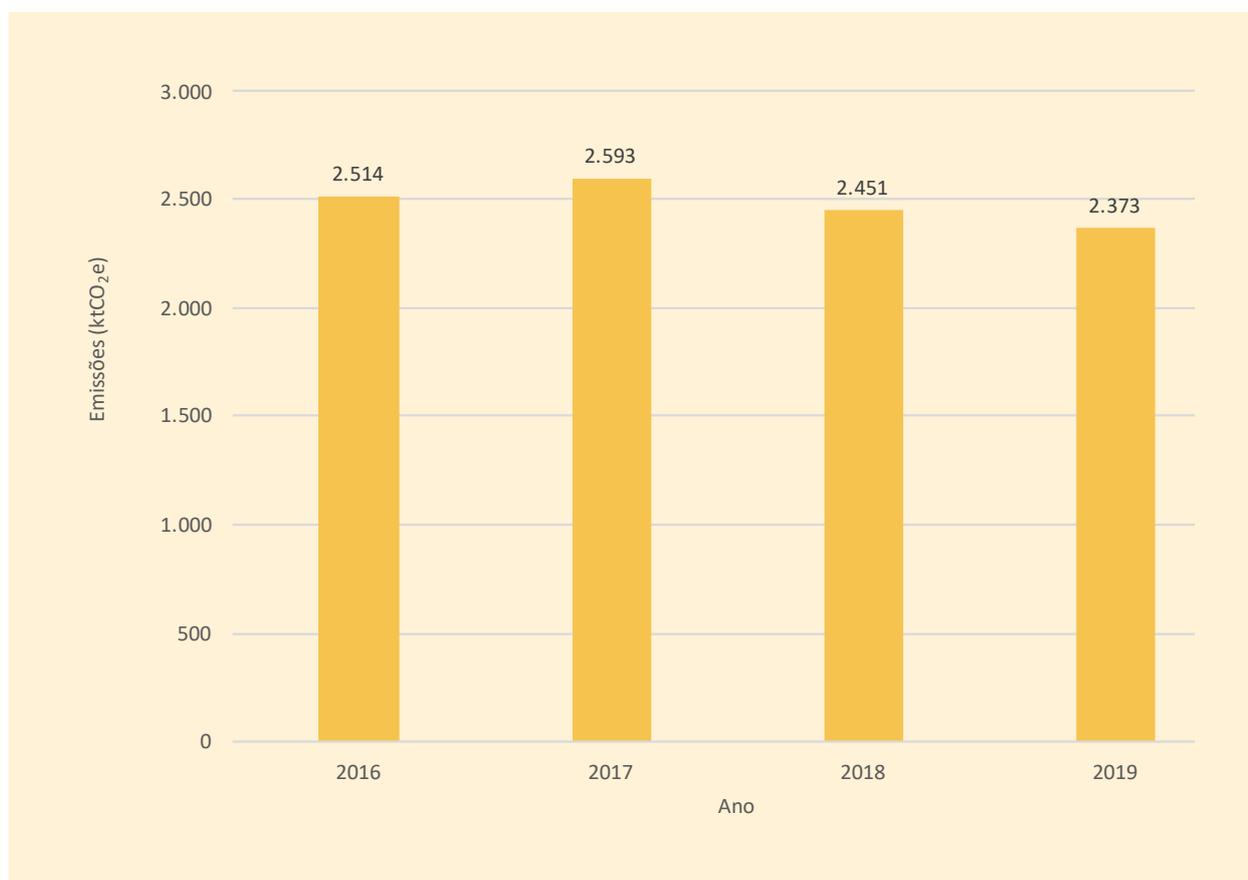


Figura 2 . Evolução das emissões totais de Porto Alegre, por ano

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

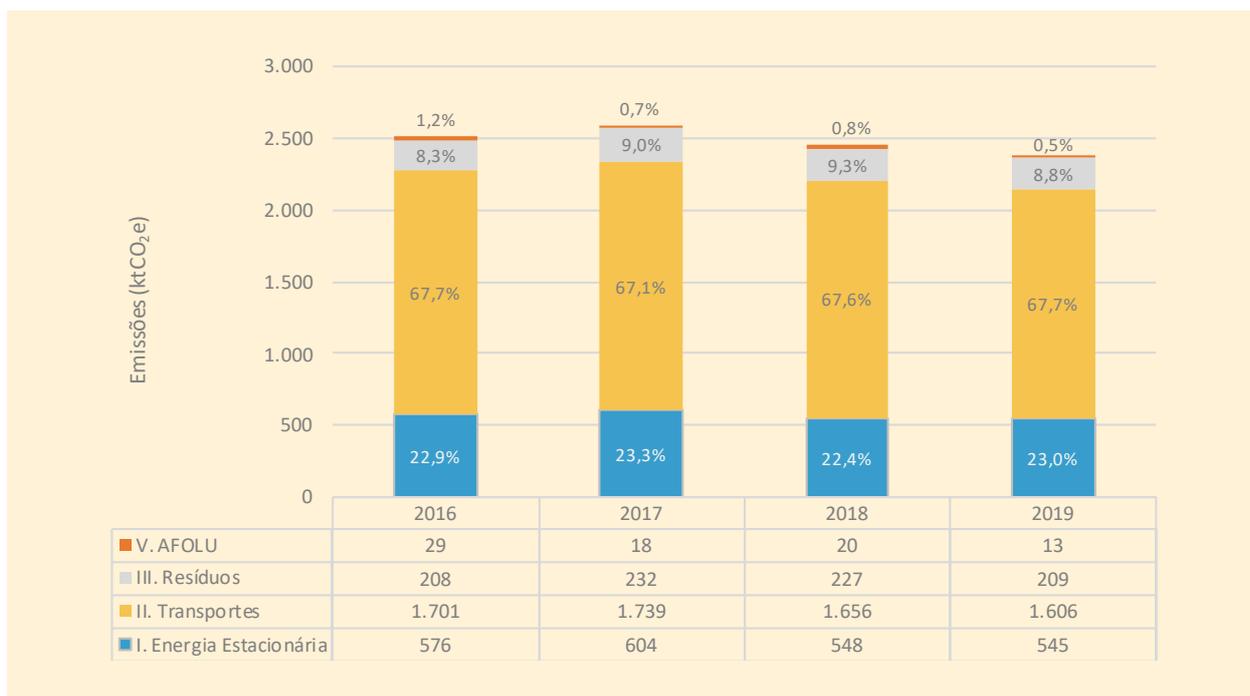


Figura 3 . Evolução das emissões por setor de atividade em Porto Alegre, por ano

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Ao comparar a evolução das emissões e a trajetória do Produto Interno Bruto - PIB⁴ da cidade, pode-se perceber que o PIB também apresenta baixa variação, com uma redução de 0,7% no ano de 2018 em relação a 2016. A Figura 4 ilustra a relação entre o indicador econômico e as emissões.

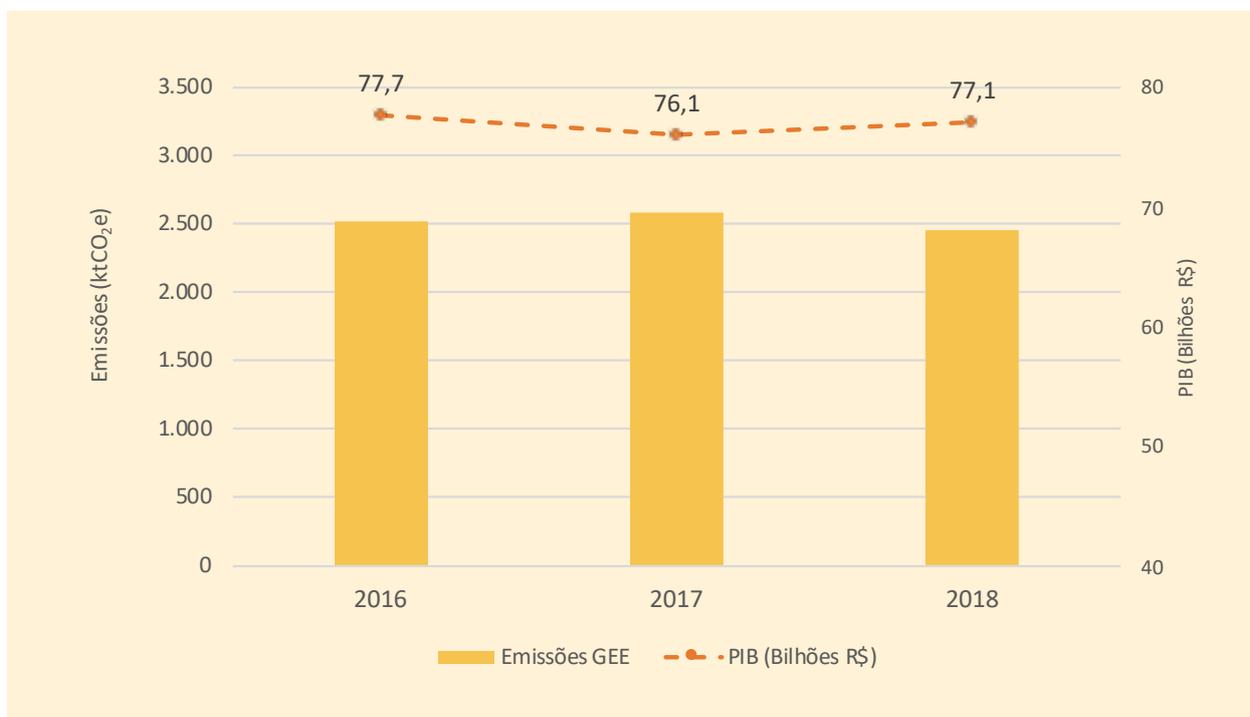


Figura 4 . Evolução das emissões totais e PIB de Porto Alegre, por ano

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4. Os valores apresentados para o PIB de Porto Alegre entre 2016 e 2018 foram corrigidos de acordo com o IPCA do período, tendo 2018 como ano base.

Para o Inventário de Porto Alegre, foram consideradas as Outras Emissões de Escopo 3, as emissões relacionadas com a produção dos insumos cimento, ferro e madeira utilizados na indústria de construção civil. Seguindo as recomendações do GPC, essas emissões não são somadas ao total de emissões na abordagem BASIC+. Pela Figura 5, pode-se perceber que as emissões relacionadas aos insumos da construção civil representam cerca de 30% das emissões totais da cidade.

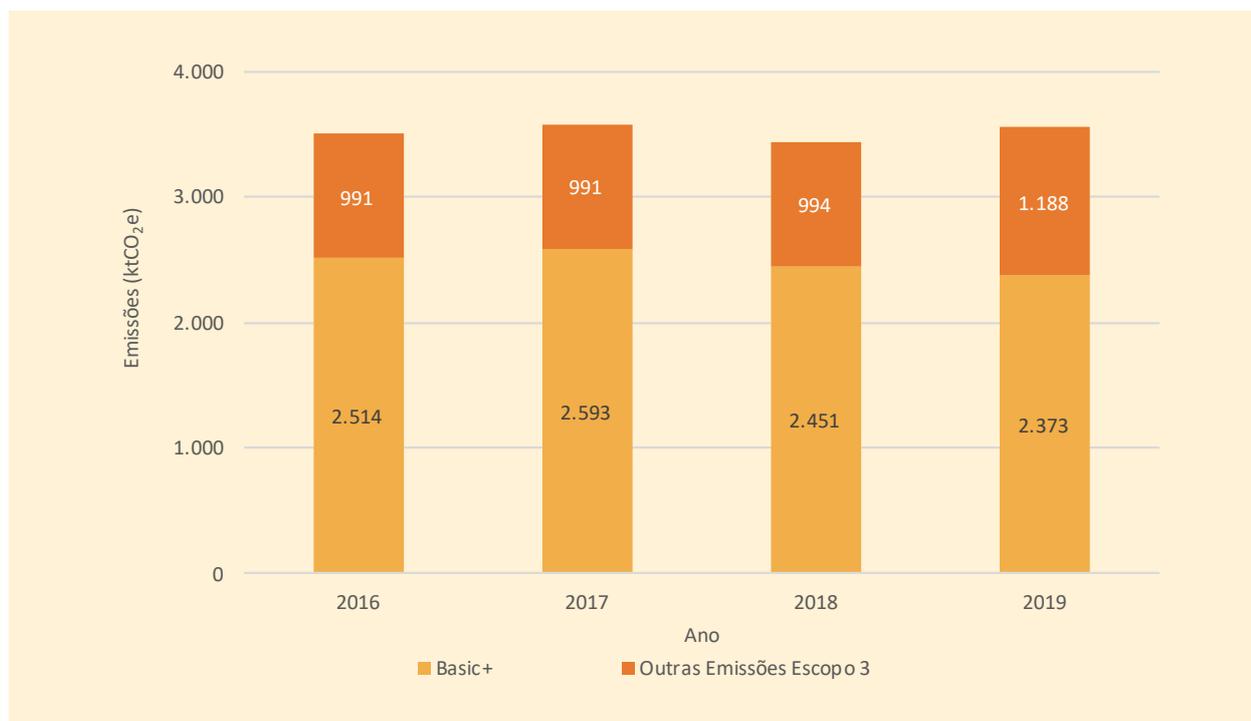


Figura 5 . Evolução das emissões totais Basic+ e Outras Emissões de Escopo 3 de Porto Alegre, por ano

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Estudos como o de LEÃO et al., 2020 e AFIONIS et al., 2017 sinalizam a importância das cidades contabilizarem emissões que ocorrem fora dos limites geográficos, mas que resultam em atividades no seu território. As metodologias que consistem em quantificar as emissões do consumo de bens e serviços (como combustíveis, água alimentos e materiais de construção) em uma determinada área, independentemente de onde estas emissões tenham ocorrido, ainda requerem suposições, estimativas e cálculos mais complexos.

No Inventário de emissões GEE de Porto Alegre, foram consideradas as emissões relacionadas aos principais insumos da construção civil, devido à representatividade deste setor no município. E, embora ainda não seja possível realizar a comparação dessas emissões com outras cidades, esta inclusão no Inventário apresenta um grande avanço, pois permite à cidade obter um diagnóstico de emissões decorrente das suas atividades mais adequado ao seu perfil.

3.2 Comparativo Inventário Anterior

Em 2015, foi publicado o “1º Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa para a cidade de Porto Alegre”, desenvolvido como parte de uma iniciativa do município de fortalecer políticas relacionadas a Mudanças Climáticas e Ecoeficiência. Utilizando 2013 como ano-base, este inventário foi o primeiro diagnóstico de emissões realizado para o município, e o único publicado até então. Como principais resultados, identificou-se que 66% das emissões de Porto Alegre no ano de 2013 foram oriundas do setor Transportes, 20% de Resíduos e 14% de Energia Estacionária (PREFEITURA DE PORTO ALEGRE; ICLEI, 2015).

O presente trabalho elaborou o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Porto Alegre para a série histórica de 2016 a 2019, e inclui algumas fontes de emissão e setores para se adequar a abordagem BASIC+, conforme apresentado na Tabela 5. As principais diferenças da série histórica em relação ao inventário de 2013 são devido à inclusão de alguns combustíveis, tanto no setor de Energia Estacionária quanto no de Transportes (Escopo 1). Ainda, incluiu-se a contabilização das perdas de energia elétrica no setor de Energia Estacionária e Transportes (Escopo 3), e foram contabilizadas, no setor de Resíduos, as emissões decorrentes do tratamento de efluentes (Escopo 1). Por fim, foram incluídas, na série histórica, as emissões dos setores AFOLU e Outras emissões de Escopo 3. O setor IPPU não foi contabilizado pois, de acordo com o levantamento realizado, não é significativo para a cidade.

Tabela 5. Principais alterações do inventário de Porto Alegre (série histórica 2016-2019) em comparação ao primeiro inventário (2013)

Setor	2013			2016-2019			Principais Alterações
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	
I. Energia Estacionária	✓	✓	-	✓	✓	✓	Inclusão das emissões referentes a perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica; Consumo de outros combustíveis.
II. Transportes	✓	-	✓	✓	✓	✓	Consumo de combustível foi obtido por dados da ANP e ANAC, com desagregação do diesel no transporte público.
III. Resíduos	-		✓	✓		✓	Contabilização de emissões decorrentes do tratamento de efluentes
IV. IPPU	-			-			
V. AFOLU	-			✓			Inclusão do setor AFOLU
VI. Outras Emissões de Escopo 3			-			✓	Inclusão das emissões de insumos da construção civil

	Fontes de emissões exigidas para inventários Basic
	Fontes de emissões adicionais exigidas para inventários Basic+

	Fontes de emissões não aplicáveis ou não exigidas para inventários Basic+
	Fontes de emissão de Outras Emissões de Escopo 3

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

Na série histórica (2016-2019), o setor mais significativo também foi o de Transportes, correspondendo a 67% do total das emissões, porcentagem bem próxima a do inventário de 2013, que foi de 66%. O setor de Energia Estacionária passou a representar 14% do total das emissões no inventário de 2013 para 23% na série histórica, aumento devido à contabilização de outros combustíveis, como a gasolina, o GLP e o diesel, bem como inclusão das emissões relacionadas a perdas na T&D. O setor de Resíduos representava 20% do total de emissões no primeiro inventário, tendo reduzido este percentual para 9% na série histórica, devido à mudança de abordagem que utilizou os dados de geração e recuperação de metano do aterro de Minas do Leão, diferente de 2013 onde foram estimadas as emissões do aterro.

3.3 Indicadores de Intensidade

Com os parâmetros de população estimada e PIB, é possível estabelecer indicadores de intensidade a partir dos resultados dos inventários de emissões. A Tabela 6 apresenta os resultados desta análise.

O primeiro indicador mostrado, de emissões de GEE por PIB, apresenta pouca variação para os anos avaliados, com pequeno aumento em 2017, e subsequente redução em 2018. Quanto ao indicador de emissões de GEE per capita, percebe-se um aumento pouco significativo em 2017, ano em que de fato as emissões foram mais elevadas, e a diminuição nos anos seguintes.

Tabela 6. Indicadores de intensidade do município de Porto Alegre, por ano

Indicador	2016	2017	2018	2019
Emissões de GEE pelo PIB (t CO ₂ e/ R\$1MM)	32,36	34,08	31,78	-
Emissões de GEE per capita (t CO ₂ e/ hab)	1,70	1,75	1,66	1,60

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas e (IBGE, 2021a).

Comparando o último ano inventariado entre as principais cidades brasileiras (Tabela 7), Porto Alegre apresenta emissões per capita na abordagem BASIC+ similares às de Belo Horizonte, que utilizou a abordagem BASIC, sendo que ambas as cidades possuem PIB per capita similares. Assim como Porto Alegre, o setor de Transportes também foi o mais representativo no total das emissões de Belo Horizonte.

Tabela 7. Comparativo de indicadores de intensidade entre cidades brasileiras

Cidade	Abordagem	Ano do Inventário	Emissões per capita (t CO ₂ e/ hab)	População 2020 (hab)	PIB per capita 2018 (R\$/hab)
Porto Alegre	Basic	2019	1,51	1.488.252	52.149,66
	Basic+	2019	1,65		
Belo Horizonte	Basic	2019	1,67	2.521.564	55.594,20
Salvador	Basic+	2018	1,07	2.886.698	22.232,68
São Paulo	Basic	2017	1,31	12.325.232	58.691,90
Recife	Basic	2017	1,43	1.653.461	31.994,38
	Basic+	2017	1,84		
Rio de Janeiro	Basic	2017	2,19	6.747.815	54.426,08
	Basic+	2017	3,15		
Curitiba	Basic	2016	1,81	1.948.626	45.458,29

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos inventários reportados pelas cidades e PIB per capita (IBGE, 2021a).

Algumas cidades com populações mais próximas a de Porto Alegre, como Recife e Curitiba, apresentam emissões per capita ligeiramente mais elevadas. A cidade de Curitiba, que possui características semelhantes à Porto Alegre em termos urbanísticos, apresentou também o setor de Transportes como maior emissor, representando 66,6% do total de emissões, enquanto o de Porto Alegre representa 67,5%.

3.4 Emissões Renováveis

No Inventário foram contabilizadas também as emissões de origem renovável referentes aos Escopos 1 e 3 (Tabela 8). As emissões renováveis do setor de Energia Estacionária são provenientes da queima do biodiesel presente no diesel comercializado no Brasil. Para o setor de Transportes, as emissões renováveis são provenientes da queima de etanol anidro (misturado na gasolina) e hidratado, e do biodiesel presente na composição do diesel. E para Resíduos, as emissões são provenientes da queima do biogás nos flares do aterro localizado em Minas do Leão.

Tabela 8. Resultados de emissões de CO₂ renovável do município de Porto Alegre, por ano

Setor	Emissões de CO ₂ renováveis (t CO ₂ e)			
	2016	2017	2018	2019
I. Energia Estacionária	541,68	850,37	1.226,17	1.234,92
II. Transportes	239.283,14	246.586,85	235.319,62	236.415,44
III. Resíduos	6.536,50	6.409,05	11.624,19	8.621,44
TOTAL	246.361,31	253.846,26	248.169,98	246.271,80

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

3.5 Análise de Incertezas

A elaboração de um inventário de emissões envolve o uso de ferramentas de cálculo que utilizam previsões, parâmetros e fatores de emissão padrão. O uso dessas ferramentas acarreta certos níveis de incertezas nos cálculos do inventário, que podem estar relacionadas com os dados de entrada e/ou com os fatores de emissão utilizados.

Para minimizar tais incertezas foram usados, sempre que possível, valores baseados em fontes oficiais, como os próprios métodos consultados ou padrões de mercado, sempre levando em consideração os princípios de conservadorismo, exatidão e transparência.

As incertezas associadas aos inventários podem ser classificadas segundo dois critérios:

- **Incerteza científica:** ciência da emissão real e/ou processo de remoção não foi perfeitamente compreendido. Cita-se, como exemplo, o envolvimento significativo da incerteza científica no uso de fatores diretos e indiretos associados ao aquecimento global para a estimativa das emissões de vários GEE.
- **Incerteza estimativa:** incerteza que surge sempre que as emissões de GEE são quantificadas. Essas ainda são classificadas em: incerteza modelo, quando está associada às equações matemáticas utilizadas para caracterizar as relações entre vários parâmetros e processos de emissão; e incertezas dos parâmetros introduzidos em modelos de estimativa usados como dados de entrada nos modelos estimados.

De acordo com as recomendações do IPCC no Good Practice Guidance (IPCC, 2000), os inventários não devem revelar emissões com vieses que poderiam ser identificados e eliminados, e as incertezas devem ser minimizadas considerando todo o conhecimento científico existente e os recursos disponíveis.

Essas recomendações foram seguidas em todas as etapas da construção do inventário, uma vez que houve uma grande preocupação em utilizar as metodologias de cálculos e fatores de emissão mais recentes de organizações com alta credibilidade. Em relação aos dados utilizados, houve atenção especial na conformidade desses com a realidade (verificação dos pontos focais), e a busca pelos dados nas unidades de medida que reduzissem as incertezas associadas às emissões. O detalhamento sobre o cálculo de incertezas encontra-se no Anexo B.

Para o inventário de GEE do município de Porto Alegre, as incertezas também foram calculadas utilizando-se o CLIMAS. Além disso, as incertezas foram avaliadas de forma qualitativa segundo recomendação do documento "GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty" (GHG PROTOCOL, 2003). Os resultados são apresentados na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9. Resultados das incertezas do Inventário de GEE de Porto Alegre, por ano

Setor	Incerteza baixa (%)				Incerteza alta (%)				Qualidade
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	
I. Energia Estacionária	0,49	0,45	0,49	0,49	1,07	1,01	1,07	1,07	Alta
II. Transportes	0,86	0,87	0,86	0,88	1,78	1,82	1,92	2,00	Alta
III. Resíduos	7,78	7,89	8,11	7,91	12,76	12,61	13,26	12,94	Boa
V. AFOLU	2,66	2,38	2,61	8,17	5,13	4,45	4,91	16,12	Razoável
VI. Outras Emissões de Escopo 3	0,99	1,08	1,05	1,10	2,97	3,22	3,14	3,29	Alta
TOTAL	0,69	0,73	0,74	0,72	1,43	1,51	1,57	1,62	Alta

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Pode-se observar, portanto, que o nível de incerteza geral para o cálculo das emissões do Inventário de Porto Alegre foi entre 0,69% e 1,62%. Verifica-se também que as maiores incertezas dos cálculos são referentes ao setor AFOLU (de 2,38% a 16,12%) e Resíduos (de 7,78% a 13,26%) devido à complexidade dos cálculos que envolvem remoção por cobertura vegetal, fermentação entérica, manejo de dejetos e degradação de compostos orgânicos por bactérias anaeróbicas e dependem de inúmeros fatores, como o bioma, clima, tipo de rebanho, composição dos resíduos e dos tipos de tratamento de efluentes.



Foto: Diego Grandi

AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS POR SETOR DE ATIVIDADE

4

- 4.1 Setor de Energia Estacionária
 - 4.1.1 Energia Elétrica
 - 4.1.2 Gás Natural e Consumo de Energia Elétrica
- 4.2 Setor de Transportes
 - 4.2.1 Transporte Terrestre
 - 4.2.2 Transporte Aéreo
- 4.3 Setor de Resíduos
 - 4.3.1 Disposição e Tratamento de Efluentes Domésticos
 - 4.3.2 Disposição de Resíduos Sólidos
- 4.4 Setor AFOLU
 - 4.4.1 Rebanhos
 - 4.4.2 Uso da Terra
- 4.5 Setor Outras Emissões de Escopo 3

4.1 Setor de Energia Estacionária



As emissões do setor de Energia Estacionária são provenientes da queima de combustíveis utilizados, em geral, para produção de vapor ou energia elétrica; do consumo de energia elétrica; e das perdas técnicas nos sistemas de Transmissão e Distribuição.

Para o Inventário de Porto Alegre, foram calculadas as emissões do setor de Energia Estacionária para os anos 2016, 2017, 2018 e 2019. O resultado para cada ano está apresentado na Figura 6. As emissões provenientes do setor de Energia Estacionária na cidade de Porto Alegre apresentaram pequenas variações ao longo dos anos. No ano de 2017 ocorreu um aumento de aproximadamente 5% nas emissões, com subsequente redução de 9% no ano de 2018. O ano de 2019 apresentou 5% de redução em comparação às emissões de 2016.

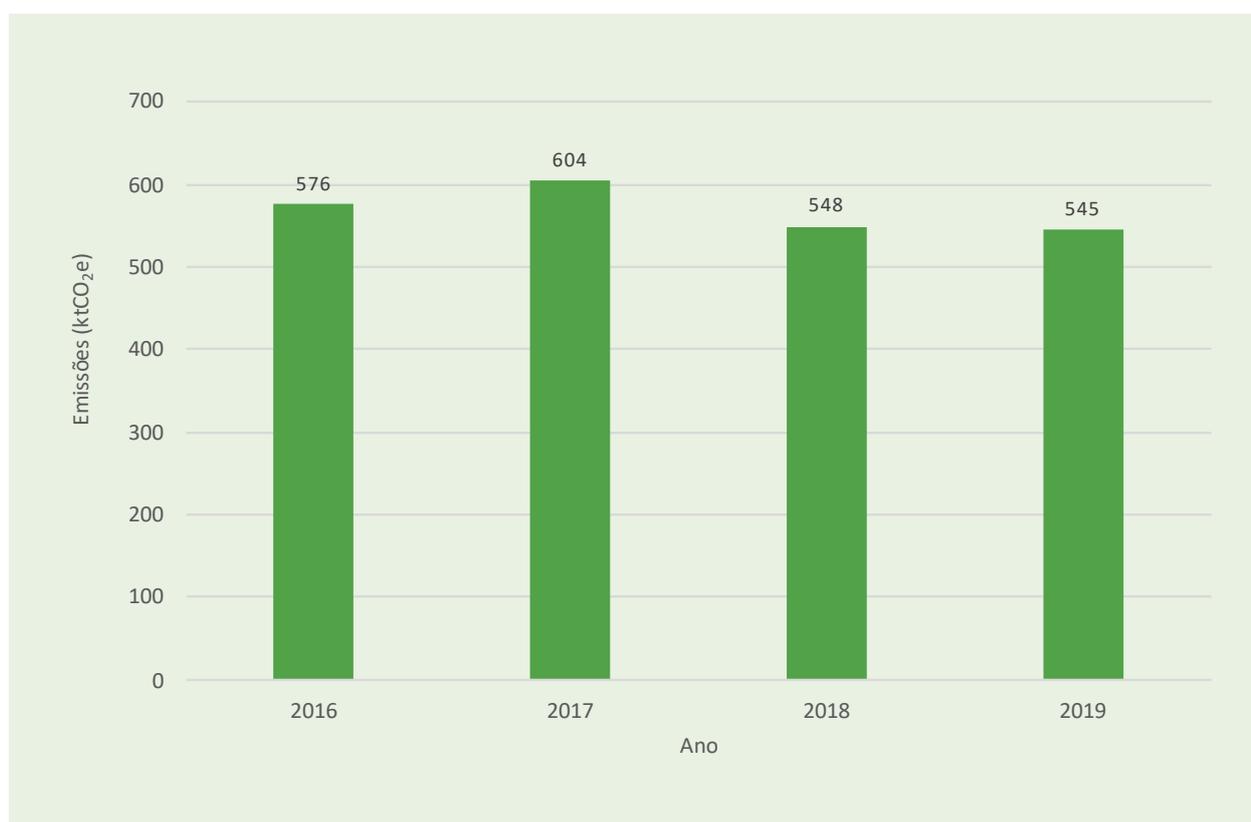


Figura 6 . Emissões totais para o setor de Energia Estacionária em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Avaliando as emissões por precursor na Figura 7, observa-se maior variação das emissões para energia elétrica, que apresentou aumento de aproximadamente 10% nas emissões no ano de 2017, e subsequente redução de 19%, de 2017 para 2018. O consumo de gás natural apresentou aumento ao longo dos anos, principalmente no ano de 2018, totalizando 24% de aumento das emissões ao se comparar o ano de 2019 com 2016.

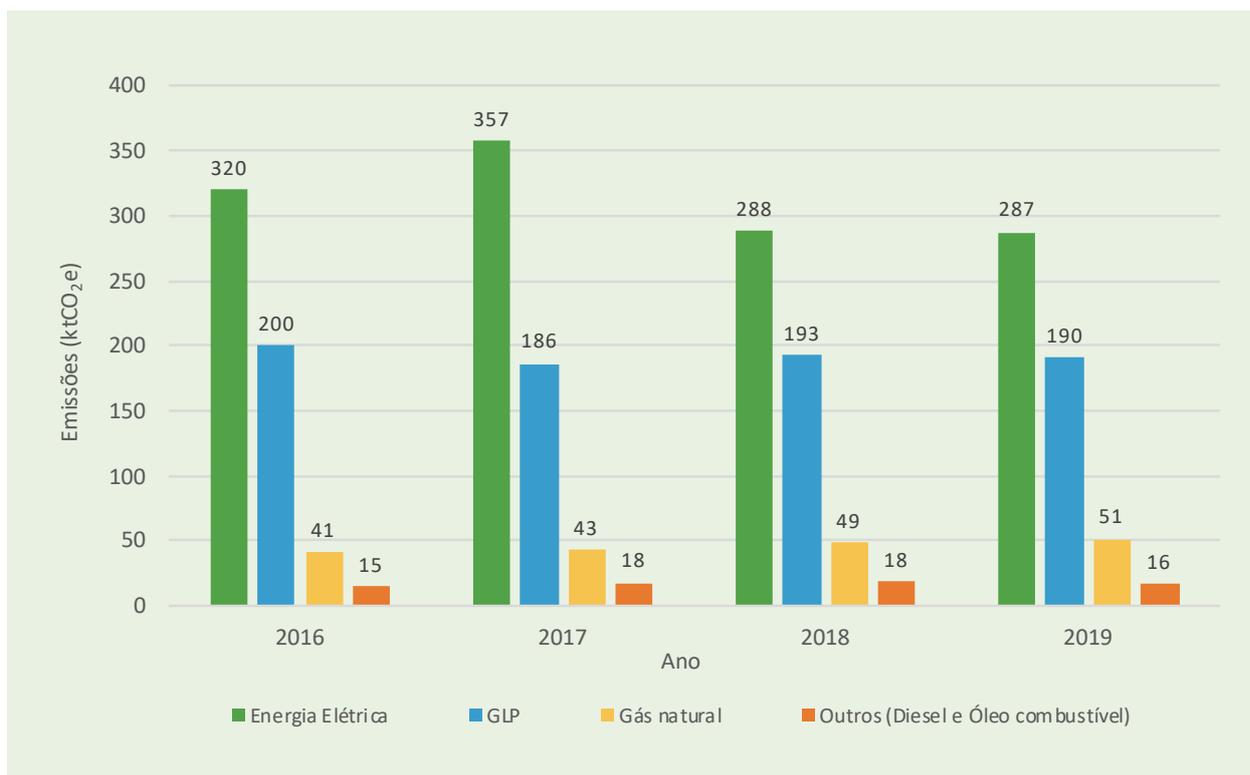


Figura 7 . Emissões do setor de Energia Estacionária em Porto Alegre, por precursor, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.1.1 Energia Elétrica

As emissões provenientes da utilização de Energia Elétrica na cidade de Porto Alegre correspondem a 55% das emissões do setor de Energia Estacionária. O cálculo destas emissões é feito a partir do fator de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN), divulgado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Esse fator é calculado em função da participação de cada uma das fontes geradoras de energia elétrica no Brasil.

Analisando-se a Figura 8, é visível um aumento das emissões provenientes da energia elétrica no ano de 2017, seguido por uma redução nos anos 2018 e 2019. Esta variação nas emissões deve-se principalmente à variação do fator de emissão do SIN, que foi mais alto no ano de 2017 em comparação a 2016 e aos anos subsequentes avaliados.

Pode-se perceber que o consumo de energia elétrica se manteve praticamente constante entre os anos de 2016 e 2019, com somente um ligeiro aumento em 2017 e 2018, para então voltar ao consumo de 2016. Porém, quando avaliamos as emissões, percebe-se que o aumento no ano de 2017 ocorreu devido ao aumento do fator de emissão do SIN, ou seja, houve maior geração de energia por fontes fósseis. Nos anos seguintes, 2018 e 2019, voltou a aumentar a geração de energia por usinas hidrelétricas e fontes renováveis, diminuindo o fator do SIN e, consequentemente, as emissões.

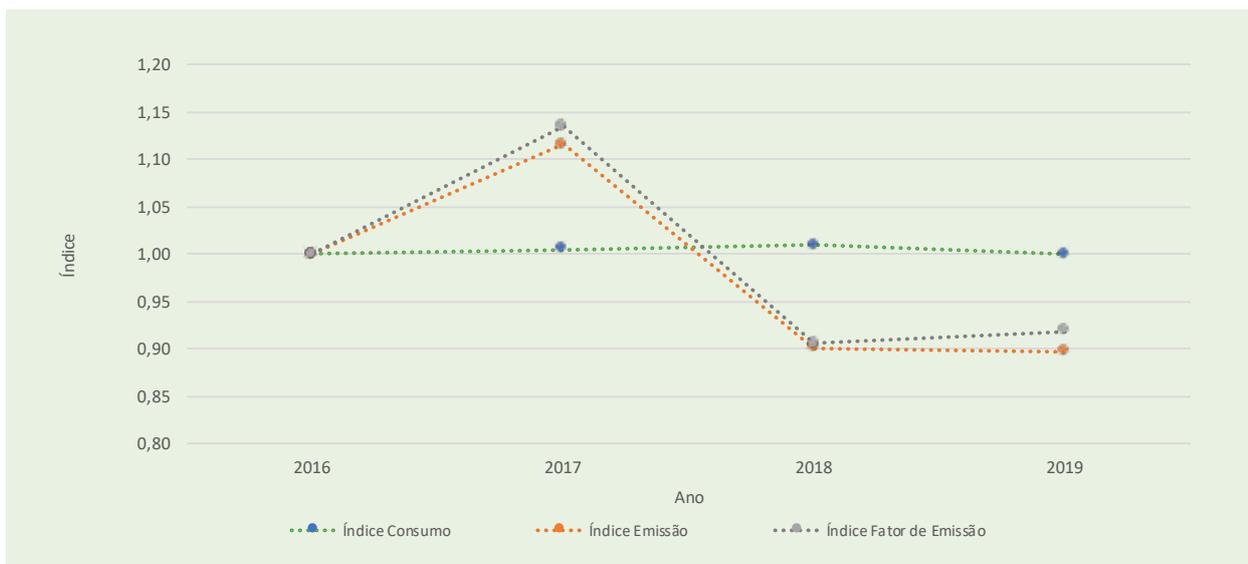


Figura 8 . Índice da emissão e do consumo de eletricidade em Porto Alegre e do fator de emissão do SIN, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Ao avaliarmos as emissões por subsetor, na Figura 9, observa-se que a maior parte das emissões se deve a Construções Residenciais e Construções Comerciais e Institucionais, que somam aproximadamente 89% das emissões do setor de Energia Estacionária. O comportamento das curvas dos dois subsetores se assemelha, assim como as emissões totais, ao comportamento do fator de emissão do SIN, mostrado na Figura 8. O subsetor Indústria de Manufatura e Construção corresponde a 10% do total das emissões, que também apresentaram aumento no ano de 2017, seguido por redução em 2018. Para todos os subsetores, houve pouca variação nas emissões entre os anos de 2018 e 2019.

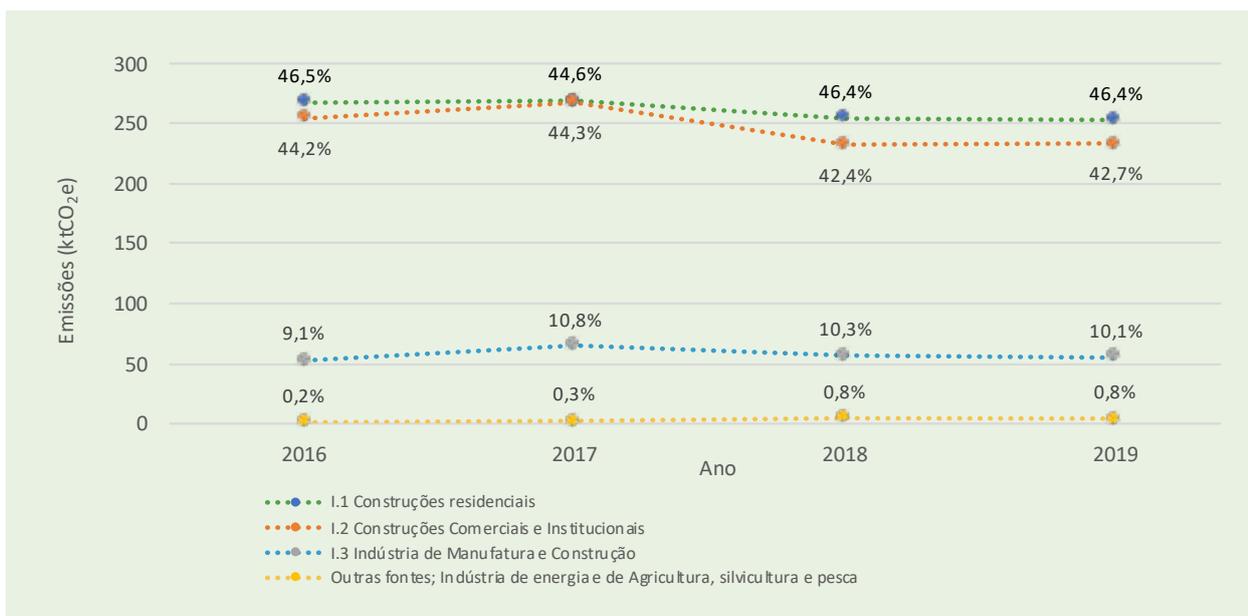


Figura 9 . Evolução da participação dos subsetores no setor de Energia Estacionária em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

As emissões dos subsetores da Indústria de Energia, de Agricultura, Silvicultura e Pesca e da categoria Outras Fontes estão apresentadas com mais detalhes na Figura 10. Enquanto a Indústria de Energia e Outras Fontes não especificadas apresentam emissões similares ao longo dos anos, o subsetor Agricultura, Silvicultura e Pesca apresentou elevação nos anos de 2018 e 2019. Estes dois anos coincidem com o aumento do número de lavouras de arroz na cidade de Porto Alegre, cujas emissões são apresentadas na seção 4.4, do setor AFOLU.

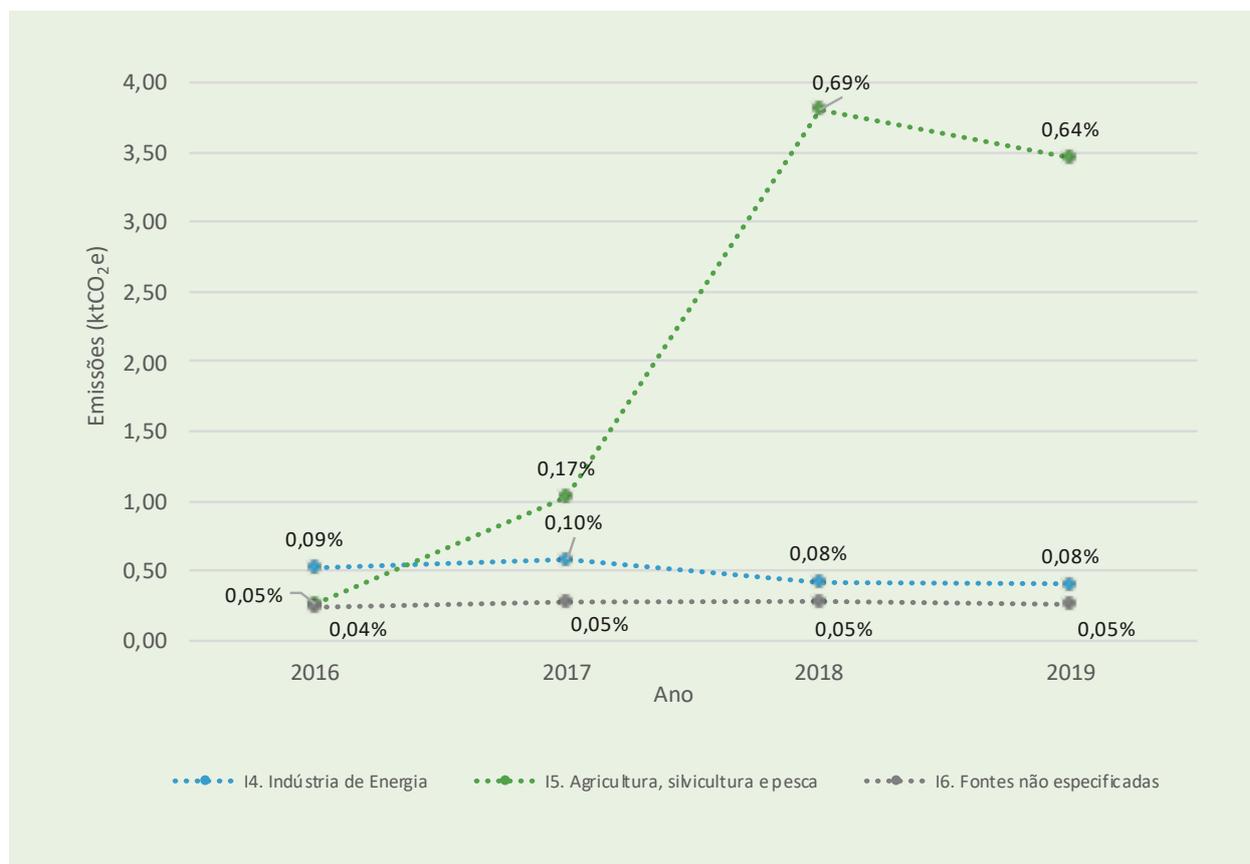


Figura 10 . Evolução da participação dos subsetores de Indústria de Energia; Agricultura, Silvicultura e Pesca e Outras Fontes no setor de Energia Estacionária em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.1.2 Gás Natural e Consumo de Energia Elétrica

As emissões provenientes do uso de gás natural em Porto Alegre apresentaram variações significativas ao longo dos anos. Conforme pode-se visualizar na Figura 11, houve um aumento das emissões ao longo dos anos para todos os subsectores, sendo o mais significativo Construções Comerciais e Institucionais, representando cerca de 46% das emissões. Percebe-se que o uso do gás natural aumentou ao longo dos anos tanto para este subsetor quanto para o de Construções Residenciais, sendo que o aumento foi em torno de 13% e 25%, respectivamente, de 2017 para 2018.

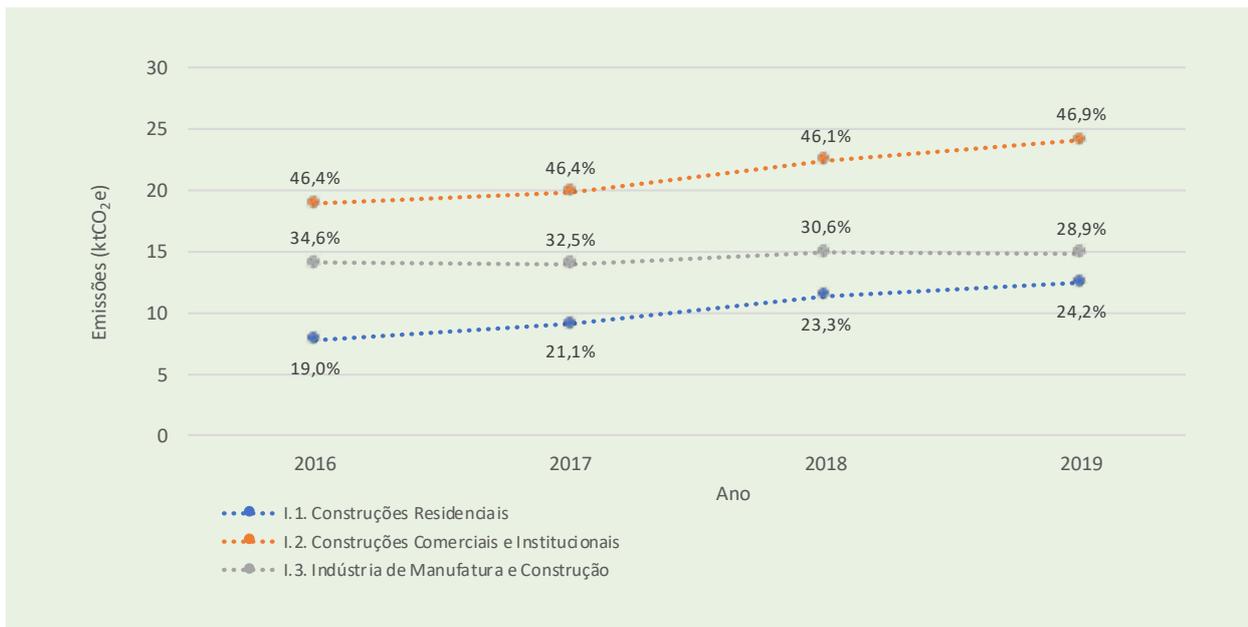


Figura 11 . Evolução da participação de gás natural nos subsetores de Energia Estacionária em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

O aumento das emissões de gás natural residencial também está relacionado ao consumo, que em Porto Alegre teve um aumento significativo no ano de 2017, em comparação a 2016. No mesmo período, o consumo de GLP residencial sofreu uma diminuição (Figura 12). Segundo CORREIO DO POVO (2017), o ano de 2017 foi de expansão do uso de gás natural, com estimativa de 5 mil novos clientes residenciais. Esta expansão do consumo seguiu no ano de 2018, sofrendo queda no ano seguinte. Ressalta-se que o aumento das emissões do subsetor de Construções Residenciais não está relacionado ao aumento do consumo de gás natural, visto que a variação ao longo dos anos se deve principalmente ao fator do SIN, conforme apresentado anteriormente (Figura 8).

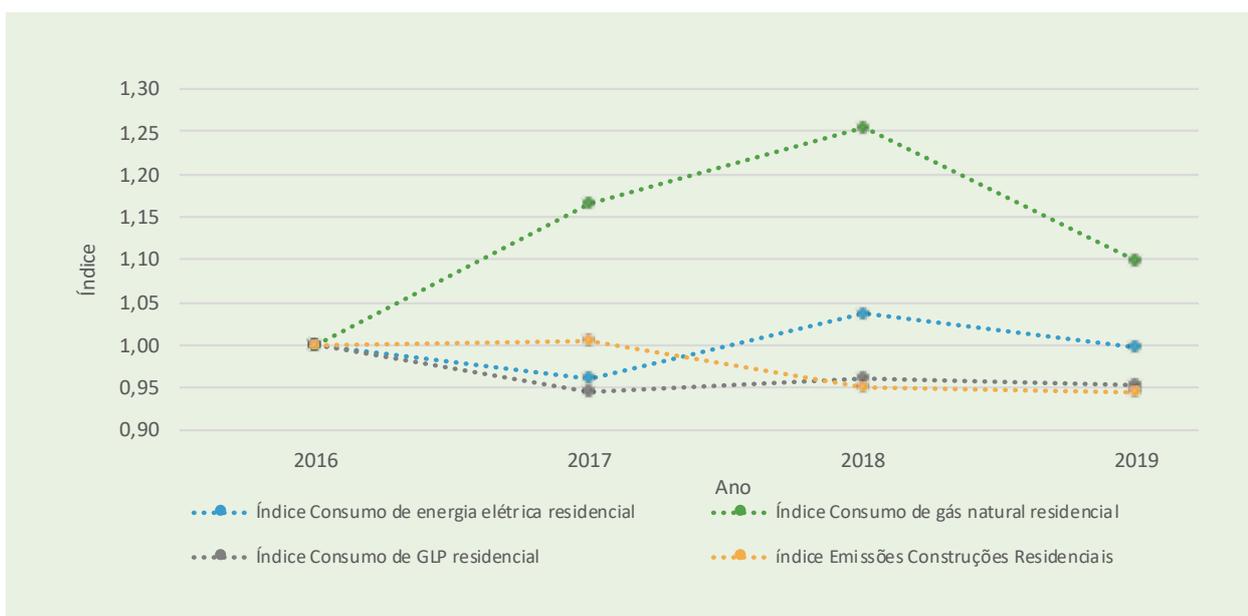


Figura 12 . Evolução do consumo de gás natural e GLP residenciais em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.2 Setor de Transportes



As emissões do setor de Transportes são provenientes da queima de combustíveis em veículos e equipamentos móveis e do consumo de energia elétrica do trem metropolitano.

Para o Inventário de Porto Alegre, foram calculadas as emissões do setor de Transportes para os anos 2016, 2017, 2018 e 2019. O resultado para cada ano está apresentado na Figura 13. As emissões provenientes do setor de Transportes na cidade de Porto Alegre apresentaram pouca variação ao longo dos anos. No ano de 2017 ocorreu um leve aumento de 2% nas emissões, com redução nos anos seguintes. O ano de 2019 apresentou aproximadamente 6% de redução em comparação às emissões de 2016.

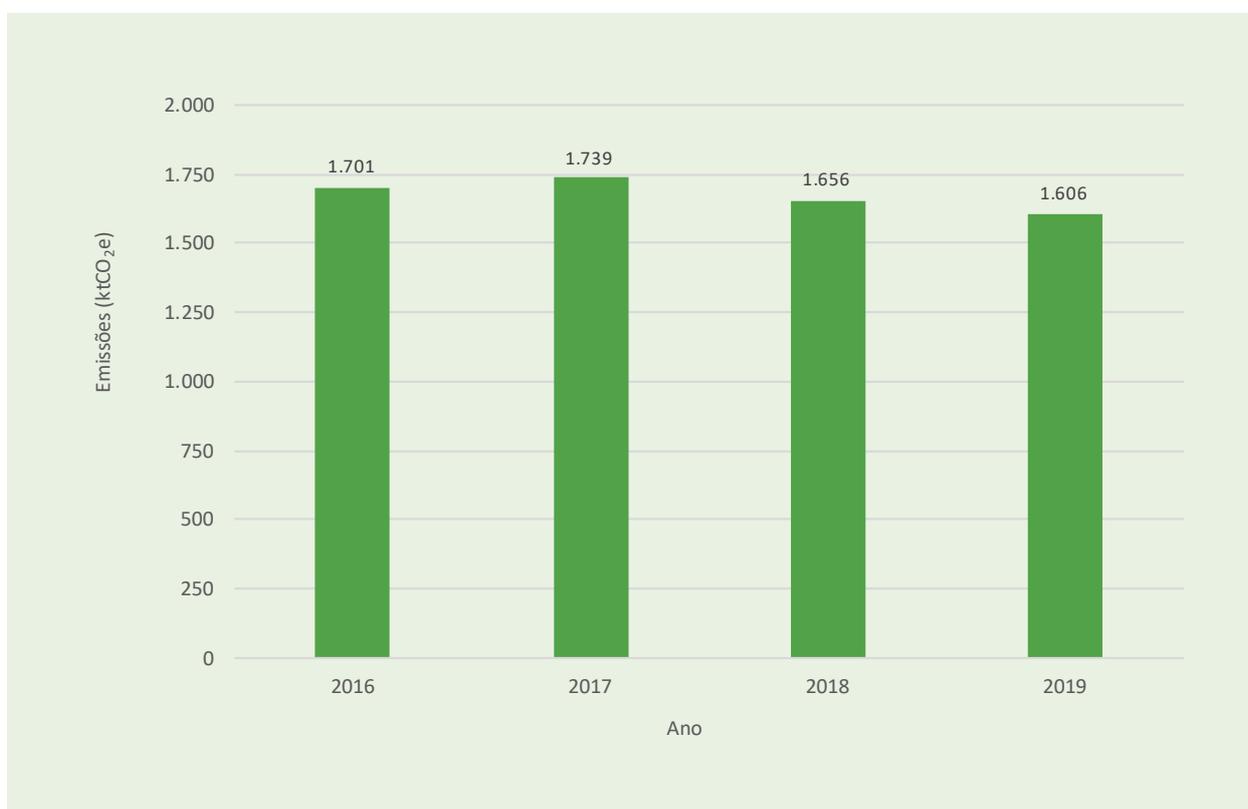


Figura 13 . Emissões totais para o setor de Transportes em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Ao analisar a Figura 14, que apresenta as emissões por subsetor, pode-se perceber que a categoria de Transporte Terrestre é a mais representativa, sendo responsável por cerca de 75% das emissões. Em seguida se têm o Transporte Aéreo, que representou 25% das emissões do setor, em média. O Transporte Ferroviário tem baixa representatividade, com menos de 1% das emissões no período.

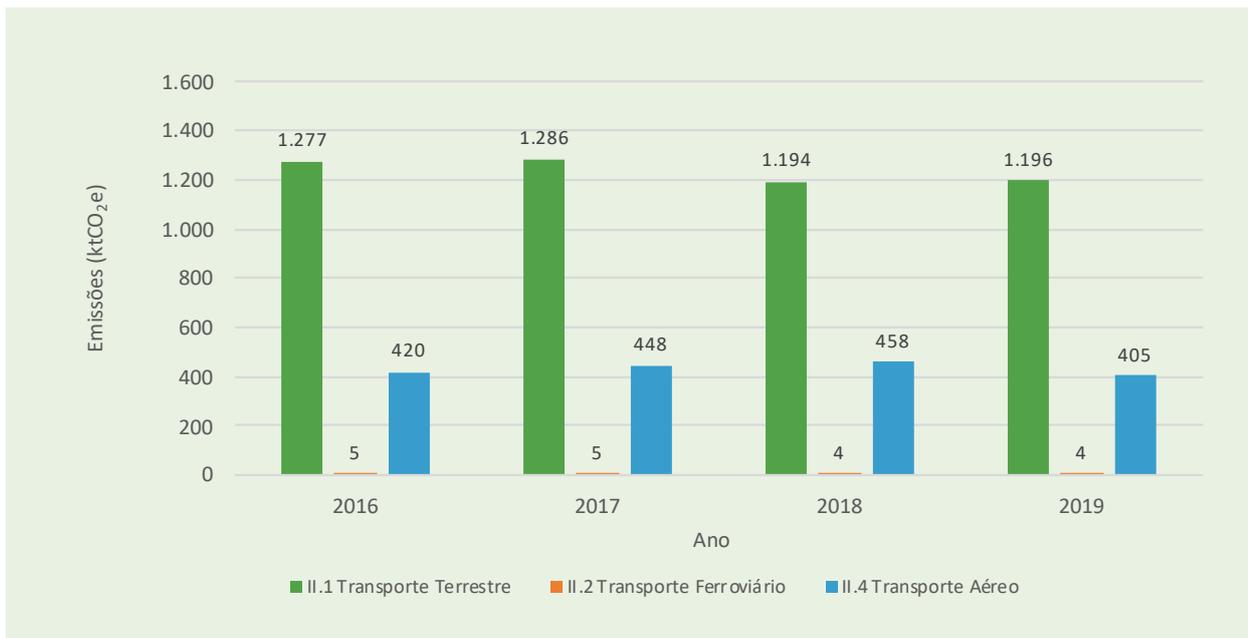


Figura 14 . Emissões totais do setor de Transportes em Porto Alegre, por subsetor, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.2.1 Transporte Terrestre

As emissões do transporte terrestre são oriundas da queima de gasolina, etanol, GNV e diesel, sendo este último segregado entre público e privado. As emissões dessa subcategoria podem ser observadas na Figura 8, que apresenta a evolução das emissões de transporte terrestre por tipo de combustível e transporte público/privado. Ao longo do período, é possível observar a grande representatividade das emissões oriundas da queima de gasolina, frente aos outros combustíveis. Em 2019, as emissões da gasolina respondiam por cerca de 64,7% do total, seguido pelo diesel (29,7% - sendo 11,0% do transporte público), gás natural veicular - GNV (5,5%) e etanol (0,01%).

É necessário ressaltar que o consumo de diesel do transporte terrestre compreende também o diesel consumido pela CatSul, empresa que realiza o transporte hidroviário entre Porto Alegre e Guaíba. No entanto, não foram obtidos dados específicos da empresa, de forma que não foi possível contabilizar separadamente esta parcela.

Em todo o período, houve diminuição progressiva das emissões do diesel, como é possível observar na Figura 15. Em 2019, as emissões totais de diesel (transporte público e privado) reduziram 19% se comparadas com 2016. Em contrapartida, as emissões do GNV aumentaram ao longo dos anos, crescendo 48% nesse mesmo período. Para a gasolina, as emissões de 2019 tiveram uma redução de 3% em relação a 2016, embora estas tenham variado entre queda e crescimento ao longo dos anos. O comportamento das emissões da gasolina influenciou de maneira significativa nas emissões do setor como um todo, que reduziram 6% de 2016 para 2019.

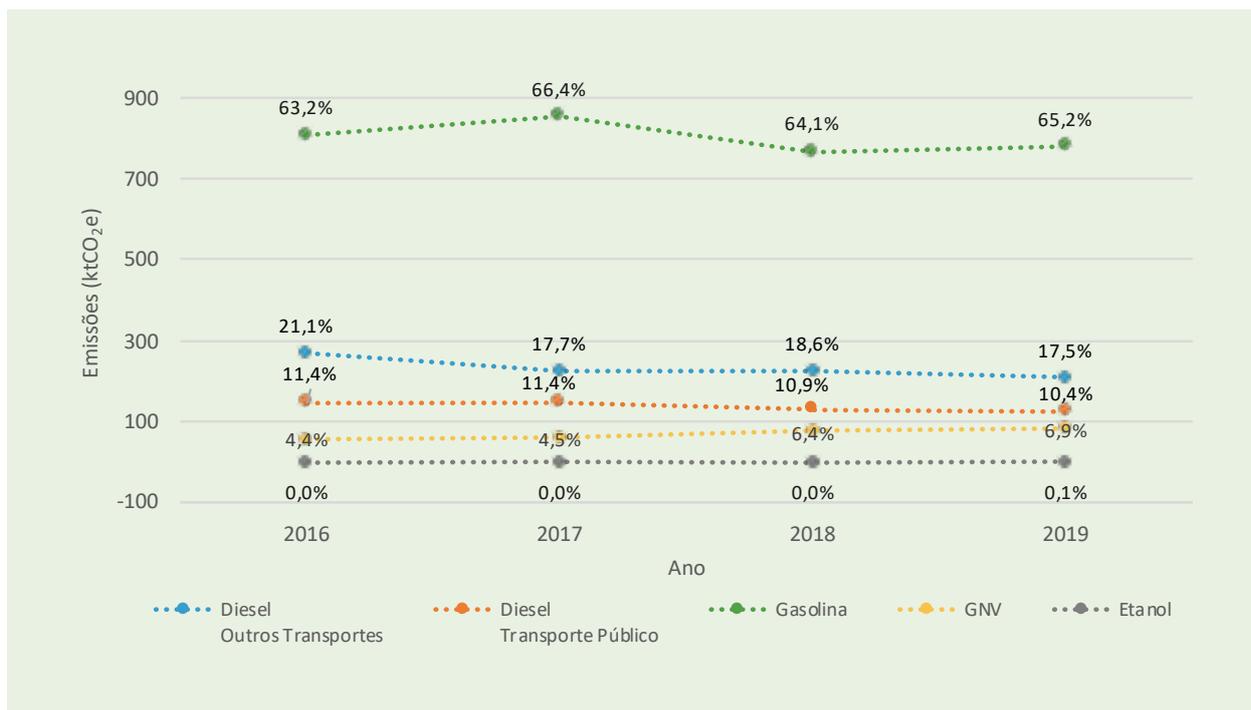


Figura 15 . Emissões por combustíveis na categoria de Transporte Terrestre em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

O comportamento das emissões no período de 2016 a 2019 é explicado pelas variações no consumo de combustíveis, que pode ser mais bem visualizado na Figura 16. Assim como na Figura 15, se percebe o aumento expressivo do GNV, e as diminuições do consumo de gasolina e diesel.

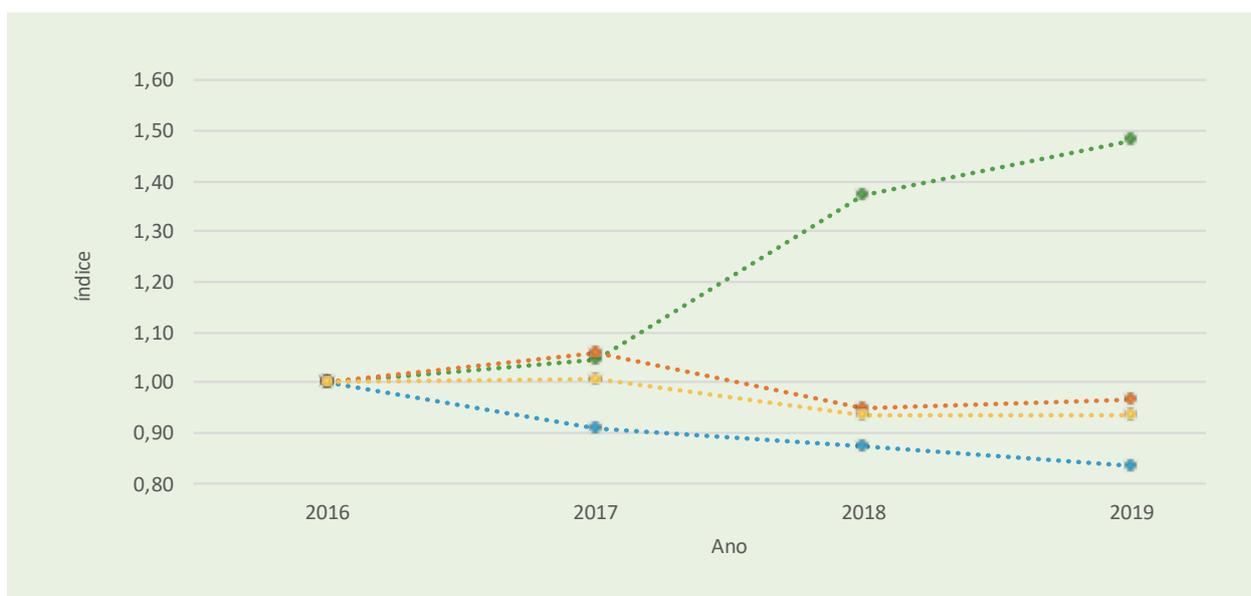


Figura 16 . Índice de consumo de combustíveis no Transporte Terrestre em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

► 4.2.1.1 Diesel

A redução mais expressiva de combustível no período de 2016 a 2019 foi o diesel, que teve variação negativa de 16% no consumo (Figura 16). Do consumo total de diesel em Porto Alegre, foi segregada a parcela que corresponde especificamente ao consumo do Transporte Público da cidade. Desta forma, os dados de emissão são apresentados em duas categorias: Transporte Público e Outros Transportes. A Figura 17 mostra como a queda nas emissões de diesel ocorreu nas duas categorias, mas em momentos diferentes. De 2016 para 2017, houve queda expressiva nas emissões de Outros Transportes e um singelo aumento no Transporte Público. Em 2018, houve uma queda de emissões mais acentuada no Transporte Público. Em 2019, a variação negativa para as duas categorias é semelhante.

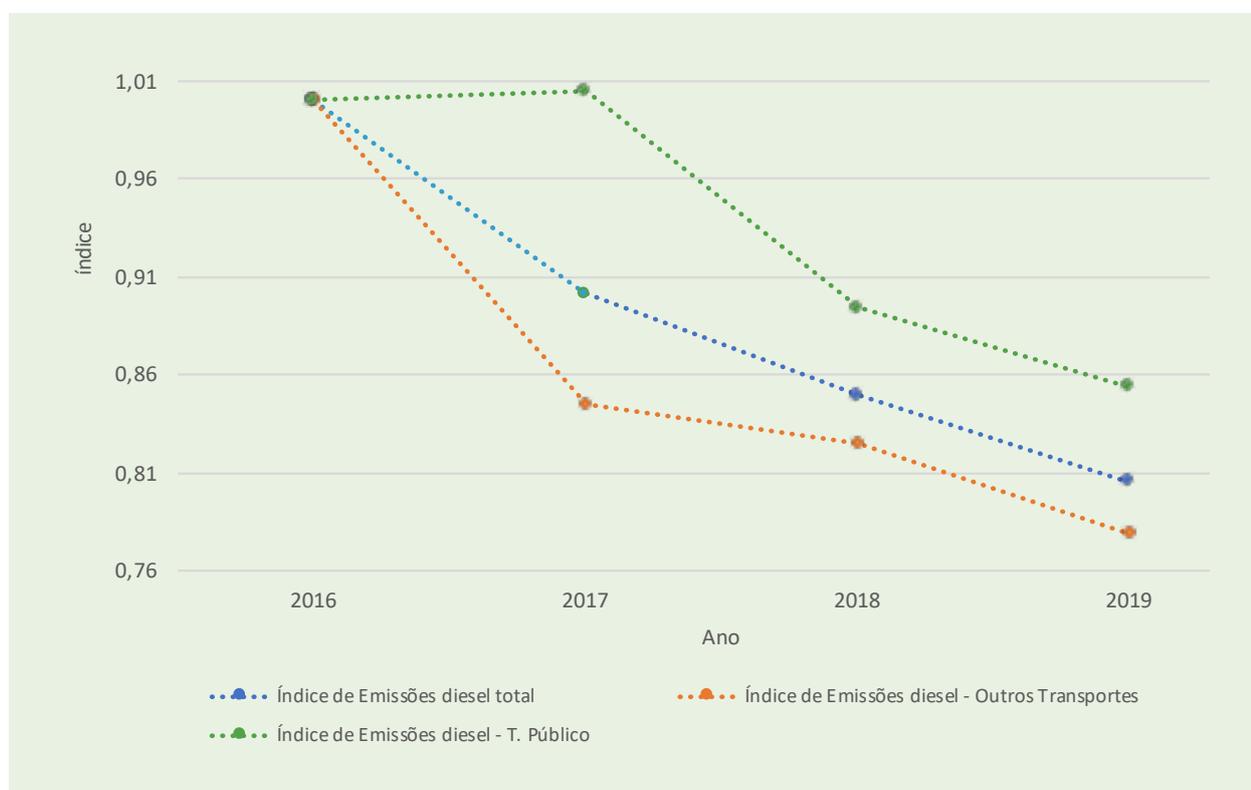


Figura 17 . Índice de emissões de diesel por tipo de uso no Transporte Terrestre em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Como o transporte de cargas em rodovias responde por grande parte do consumo de diesel no Brasil, sua evolução histórica costuma apresentar variações que acompanham a trajetória de crescimento ou retração da economia do país (LEGGIO, 2018). Este, no entanto, não foi o caso de Porto Alegre, uma vez que o PIB da cidade, quando corrigido pela inflação, apresentou uma pequena retração em 2017 em relação a 2016, mas voltou a crescer em 2018.

Desta forma, a queda na utilização do diesel pode estar relacionada ao aumento do preço. Como é possível observar na Figura 18, o preço do diesel apresentou crescimento constante desde 2016 (ANP, 2021), enquanto o consumo em Porto Alegre diminuiu progressivamente neste mesmo período.

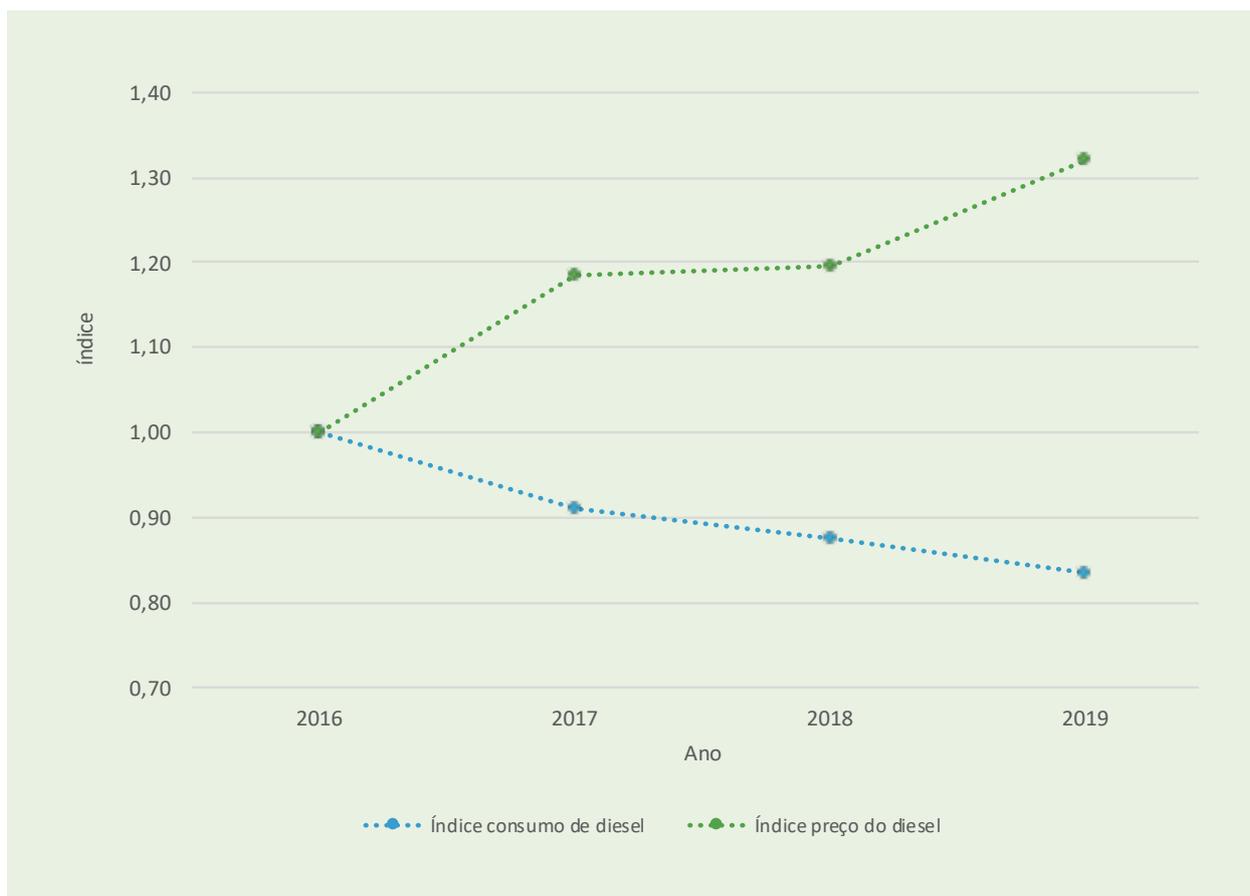


Figura 18 . Índice de variação de consumo e preço do diesel em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas e ANP (2021).

► 4.2.1.2 Gasolina e GNV

Os resultados do setor de Transporte Terrestre sugerem uma relação entre a redução nas emissões da queima de gasolina e o aumento daquelas associadas ao gás natural veicular (GNV). Na Figura 9, é possível observar o crescimento do consumo de GNV, que foi de 26.476 m³ (2016) para 39.175 m³ (2019), um aumento de 48%. Este aumento foi impulsionado pela elevação do preço da gasolina, que neste mesmo período, teve uma redução de 3% no consumo. Em 2019, o Rio Grande do Sul possuía uma das gasolinas mais caras do país, com o preço de R\$ 4,588 por litro, e os progressivos aumentos ao longo dos anos levaram muitos motoristas a instalarem o kit de gás natural nos veículos (CORREIO DO POVO, 2019; GZH, 2017). Desta forma, o GNV passou a ser uma alternativa mais rentável, principalmente para quem trabalha com carro, apresentando uma economia em relação à gasolina que ficava entre 60% e 65%, em 2017 (G1, 2018; GZH, 2017). A relação existente entre o consumo da gasolina e GNV pode ser observada com mais detalhes na Figura 19.

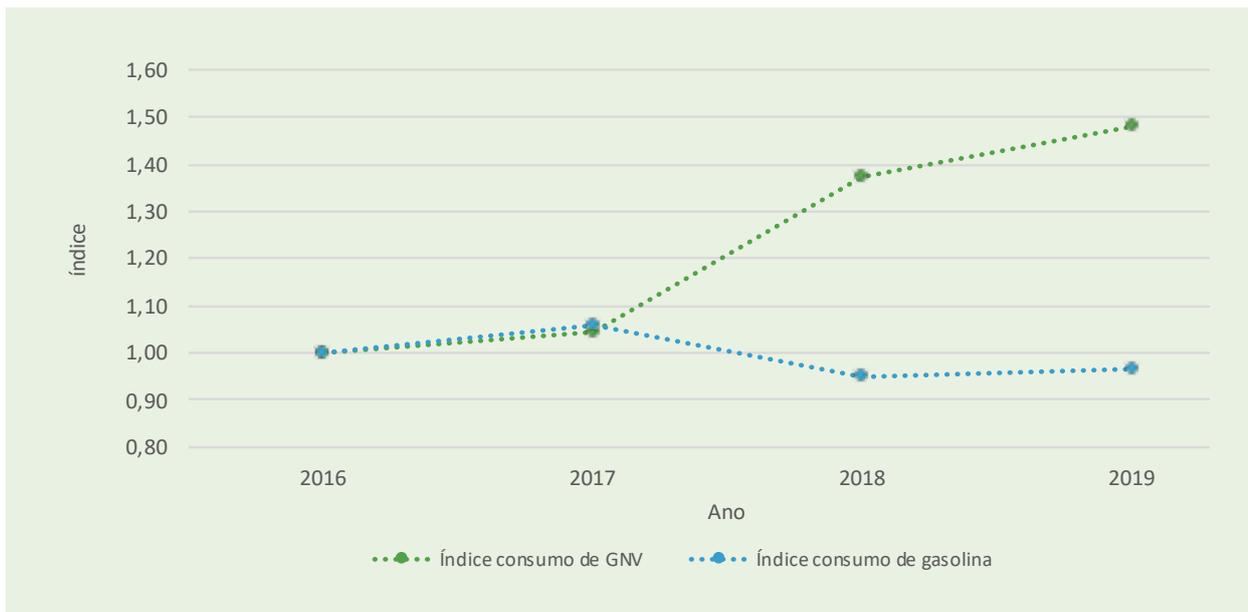


Figura 19 . Índices de consumo de GNV e gasolina no Transporte Terrestre em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.2.2 Transporte Aéreo

As emissões do Transporte Aéreo são oriundas da queima de querosene de aviação em aeronaves abastecidas na cidade de Porto Alegre e de gasolina de aviação para veículos aéreos de pequeno porte. A Figura 20 mostra a evolução das emissões relacionadas ao Transporte Aéreo em Porto Alegre, de 2016 a 2019. É possível observar que as emissões cresceram progressivamente até 2018, e em 2019 se observa queda de 12%, em comparação ao ano anterior. No geral, houve uma redução de 3% nas emissões deste setor em 2019, comparadas às de 2016.

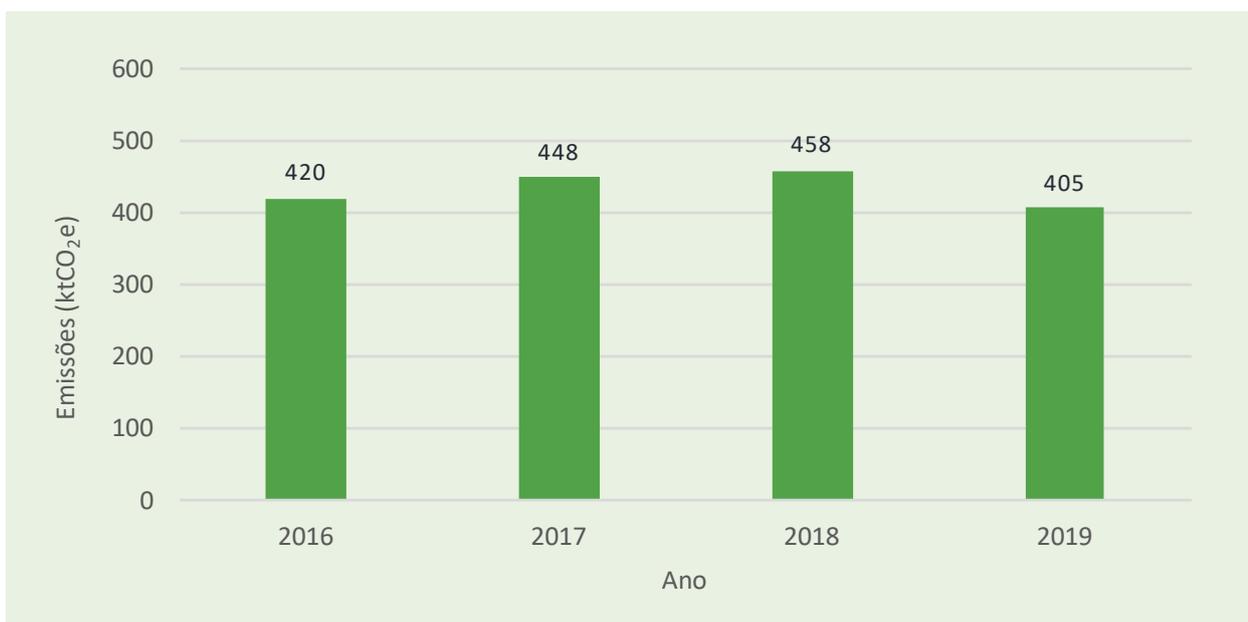


Figura 20 . Evolução das emissões de Transporte Aéreo em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Ao observar o índice das emissões de viagens domésticas e internacionais, na Figura 21, pode-se perceber que as emissões das viagens domésticas se mantiveram constantes durante o período, com variações singelas. Em contrapartida, as viagens internacionais, que representaram em média 75% das emissões do setor, apresentaram crescimento de 34% em emissões em 2017, e posterior redução de 32% em 2019, em comparação a 2018.

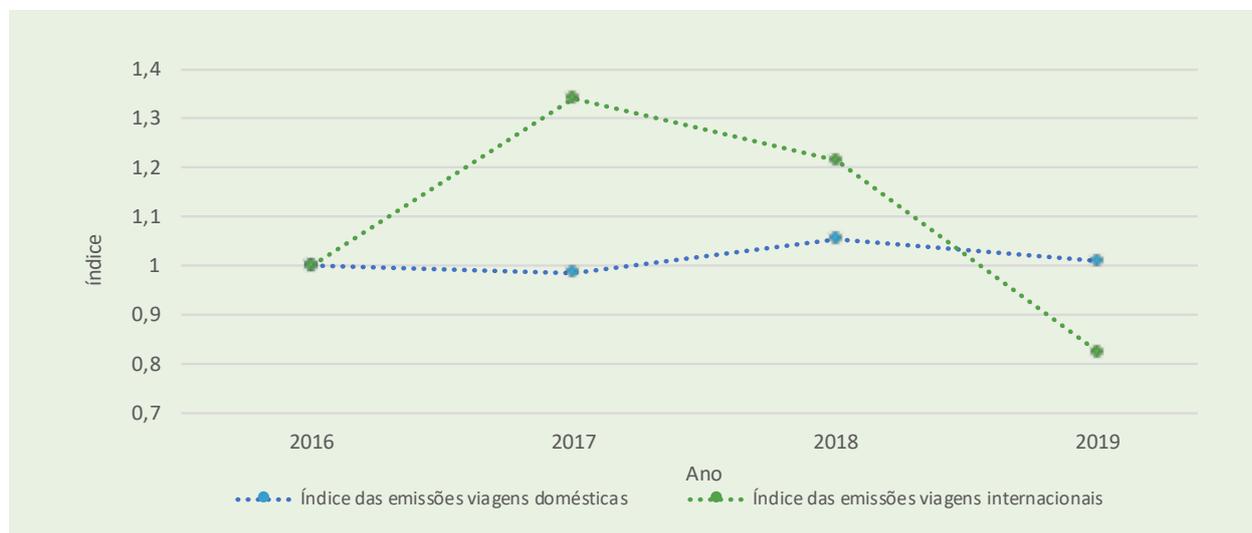


Figura 21 . Índice de emissões de viagens domésticas e internacionais em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Observando o índice de passageiros, aeronaves e emissões na Figura 22, pode-se perceber que o número de passageiros cresceu durante todo o período, mas o número de aeronaves e emissões teve uma variação negativa em 2019. É possível, portanto, associar a redução de emissões em 2019 com a redução no número de aeronaves, sobretudo em viagens internacionais, o que denota uma eficiência maior de passageiros transportados por combustível utilizado.

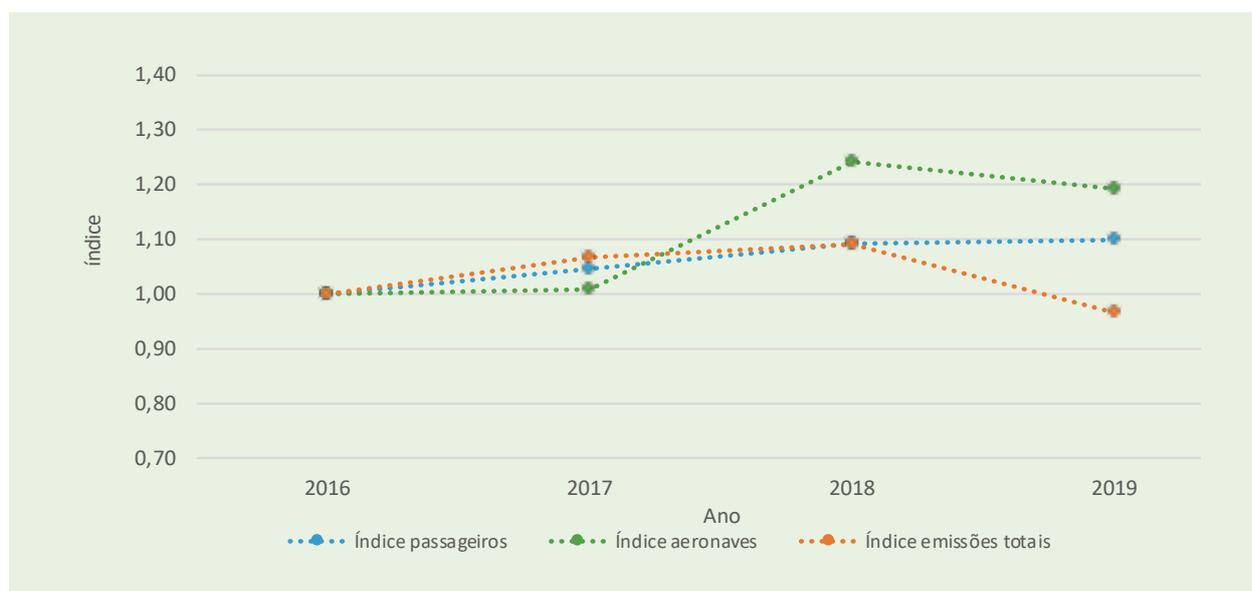


Figura 22 . Índice de variação das emissões e da movimentação de passageiros e aeronaves do aeroporto de Porto Alegre, por ano. Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados da ANAC (2021) e FRAPORT⁵.

5. Os dados de passageiros e aeronaves dos anos 2018 e 2019 foi fornecido diretamente pela Fraport Brasil – Porto Alegre, operadora do Aeroporto Salgado Filho Porto Alegre.



4.3 Setor de Resíduos

As emissões do setor de Resíduos são provenientes do processo de decomposição de bactérias anaeróbicas e/ou através da queima dos resíduos em processos de coprocessamento ou incineração.

Para o Inventário de Porto Alegre, foram calculadas as emissões do setor de Resíduos para os anos 2016, 2017, 2018 e 2019. O resultado para cada ano está apresentado na Figura 23. As emissões sofreram variações expressivas ao longo dos anos, com um aumento de 11% em 2017, seguido por subsequente redução das emissões em 2018 e 2019, até atingir o mesmo patamar do ano de 2016.

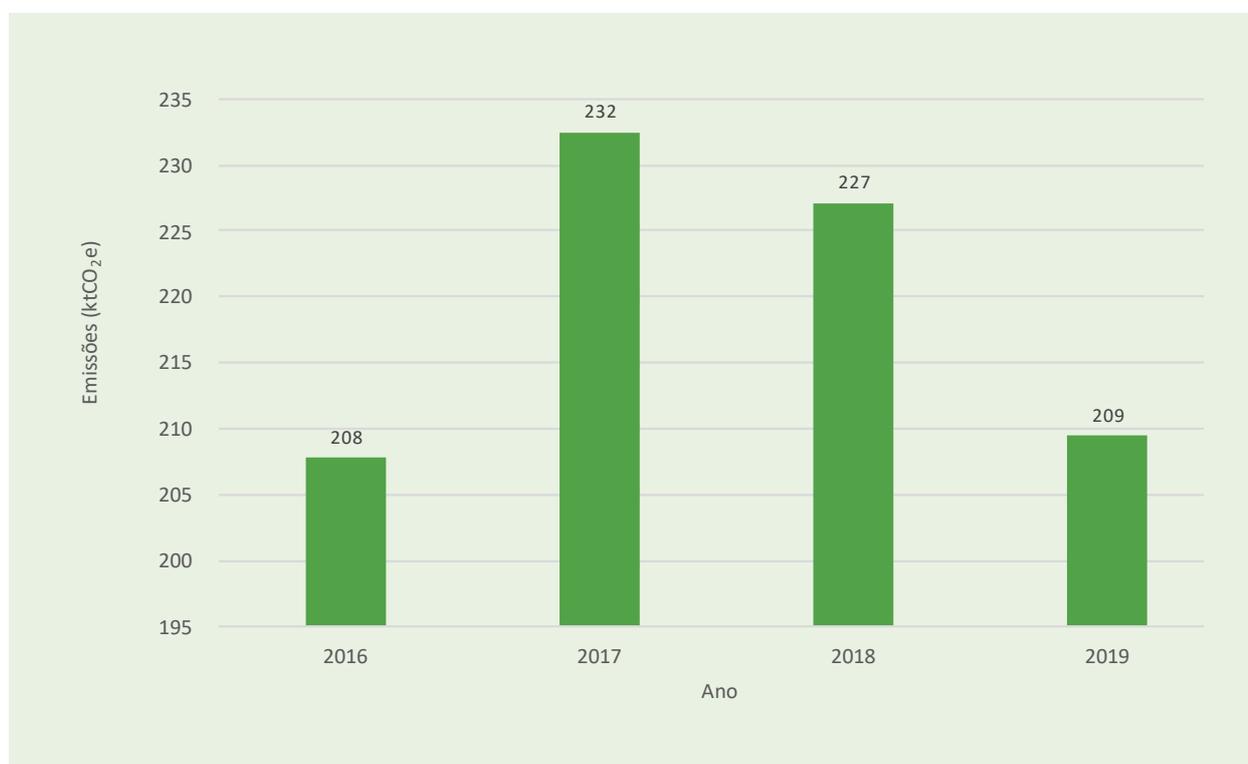


Figura 23 . Emissões totais para o setor de Resíduos em Porto Alegre, por ano

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Ao avaliarmos as emissões por subsetores, na Figura 24, verifica-se que o subsetor de Disposição e Tratamento de Efluentes Domésticos é o que mais gera emissões de Resíduos na cidade de Porto Alegre, representando 96% do total. Este subsetor também é o responsável pela variação das emissões ao longo dos anos, visto que as emissões do Tratamento Biológico de Resíduos tiveram um pequeno aumento somente em 2019, enquanto aquelas provenientes da Disposição de Resíduos Sólidos aumentaram em 2018, sem impactar nas emissões gerais, que diminuíram no mesmo ano.

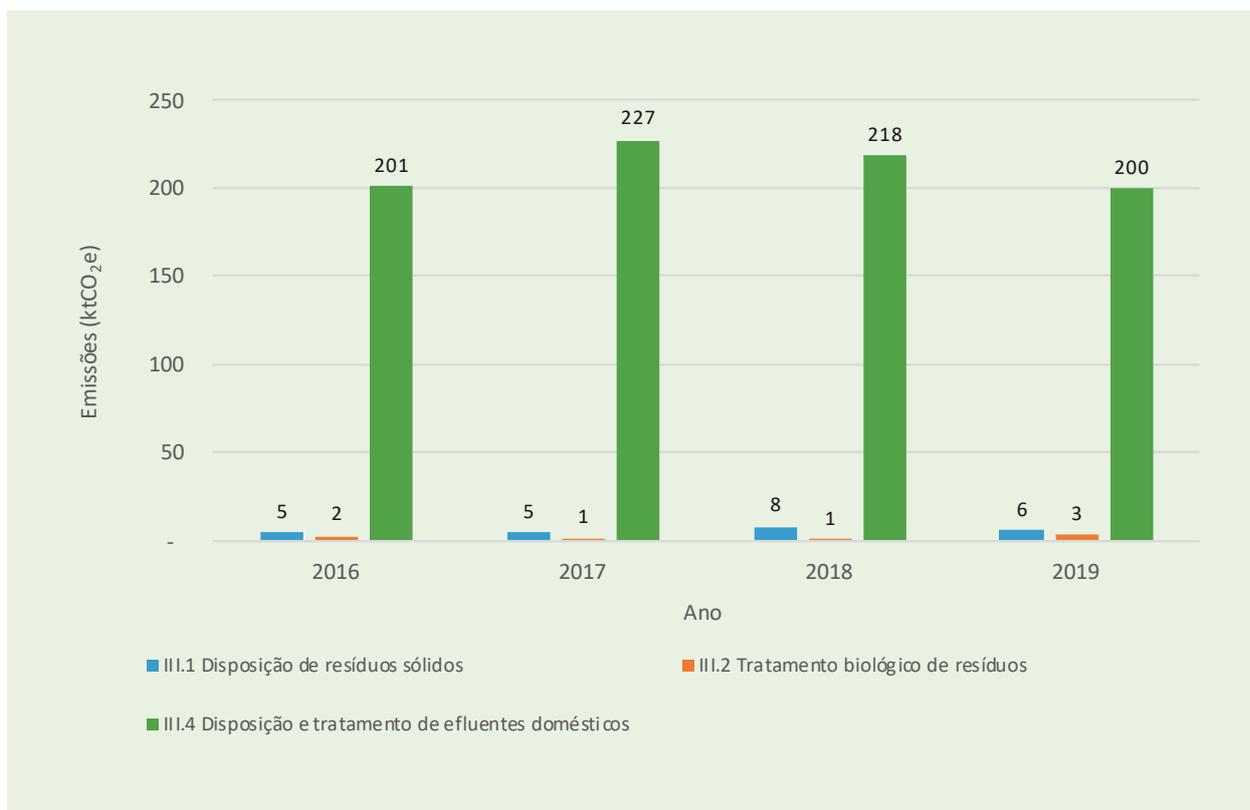


Figura 24 . Emissões totais para os subsetores de Resíduos em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.3.1 Disposição e Tratamento de Efluentes Domésticos

O sistema de esgotamento sanitário de Porto Alegre, operado pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), constitui-se de 11 Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) em operação, entre os anos de 2016 e 2019, que utilizam os seguintes tratamentos: (i) reator anaeróbio de fluxo ascendente, do tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket); (ii) lagoas de estabilização anaeróbicas e (iii) lodos ativados e valo de oxidação, tratamentos aeróbios.

Parte dos efluentes coletados não é direcionada a nenhum tipo de tratamento, o que foi considerado como se ocorresse lançamento direto em corpos hídricos. Ainda, a porcentagem dos efluentes da população não coberta pela coleta foi considerada como lançamento de esgoto a céu aberto.

As emissões por cada tipo de tratamento das ETEs; pelos efluentes coletados, mas não tratados; e para os efluentes não coletados estão apresentadas na Figura 25. Pode-se perceber que as emissões devido ao tratamento por reator anaeróbio são as mais significativas, representando 74% do total. As ETEs que possuem tratamento de efluentes por métodos aeróbicos (lodo ativado e valo de oxidação) não geram emissões de metano, pois estas emissões ocorrem apenas nos tratamentos anaeróbicos.

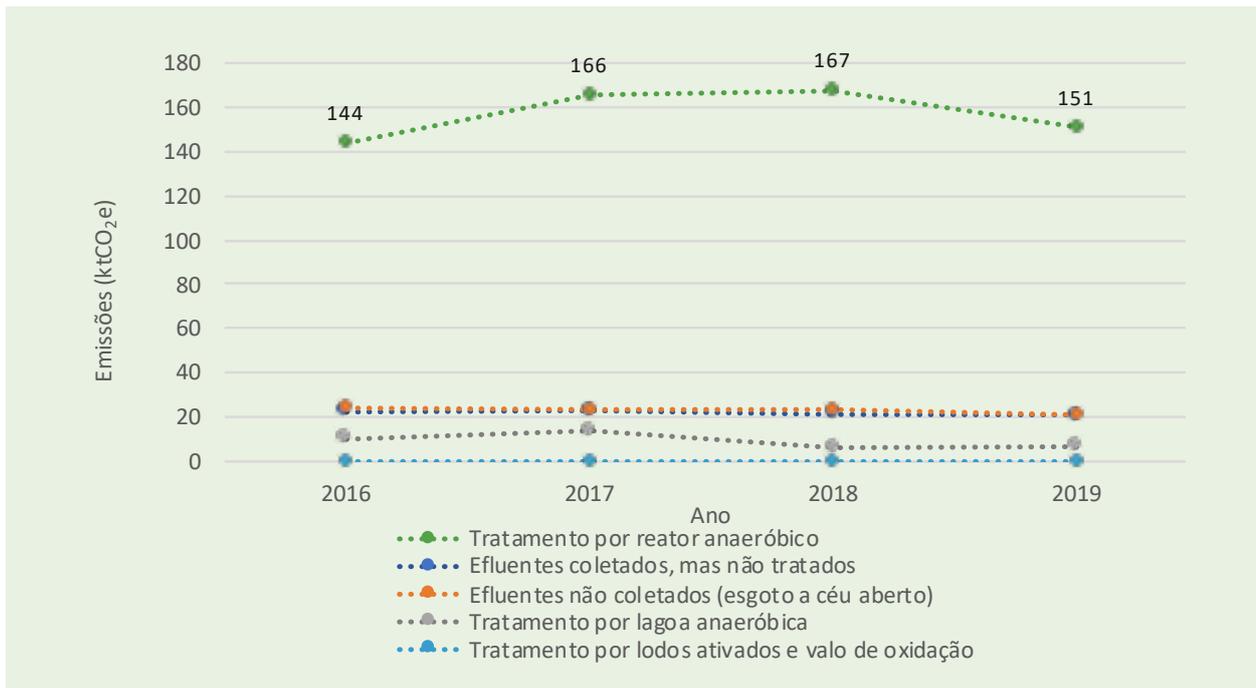


Figura 25 . Emissões por Disposição e Tratamento de Efluentes em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

A Figura 26 mostra a variação das emissões do tratamento de efluentes ao longo dos anos, e para os tratamentos por reator anaeróbico e lagoa anaeróbica. Verifica-se que as emissões totais de tratamento de efluentes estão bastante relacionadas com as emissões do tratamento por reator anaeróbico, visto que a variação nas emissões do tratamento por lagoa não provoca alterações tão significativas no total.

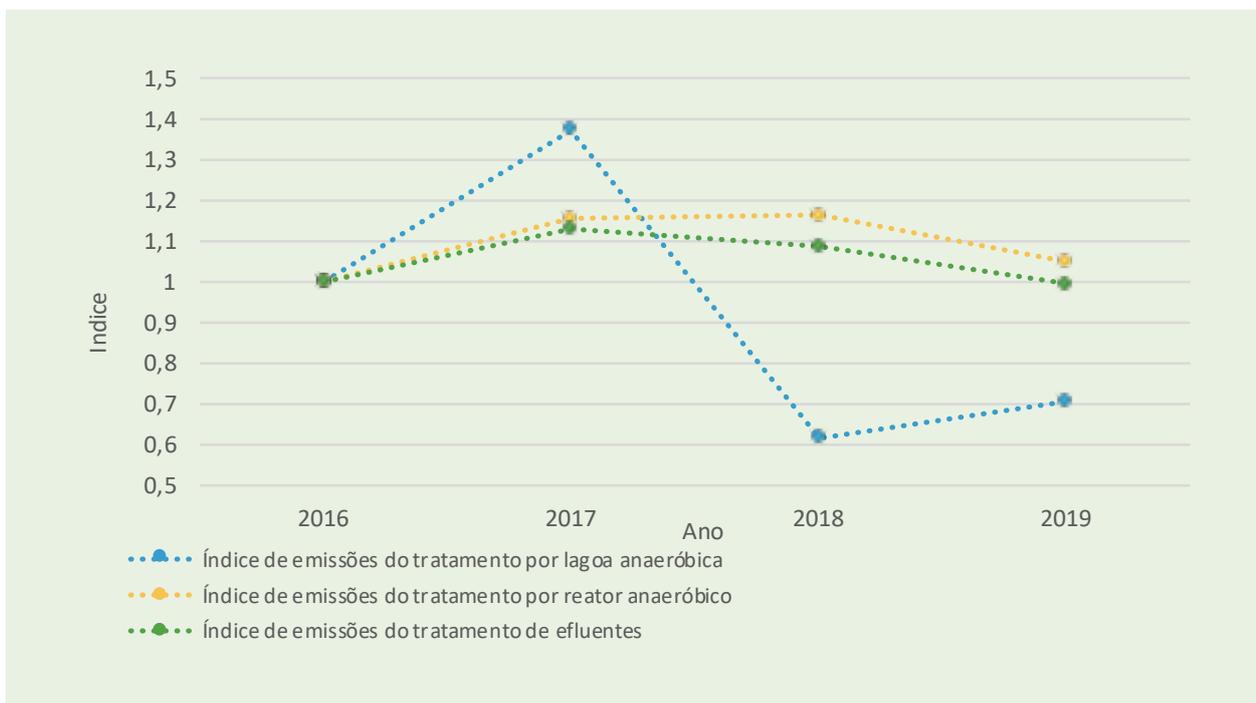


Figura 26 . Índice de Tratamento de Efluentes Domésticos em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Quando avaliamos cada uma das Estações de Tratamento de Efluentes da cidade, verifica-se emissão zero para as ETEs Chácara dos Nascentes, Parque do Arvoredo, Rubem Berta, Sarandi e SJ Navegantes, por utilizarem tratamento por lodos ativados ou valo de oxidação (somente na Rubem Berta). Ao avaliarmos as outras ETEs (Figura 27), aproximadamente 94% das emissões se referem à ETE Serraria, que utiliza reatores UASB e tratou 64% dos efluentes do município (entre os anos 2016 e 2019). Em seguida vem a ETE Ipanema, que utiliza no tratamento lagoas de estabilização, e representou 13% do total de efluentes tratados entre 2016 e 2019.

Ressalta-se que embora a ETE Serraria utilize em parte do tratamento o processo Unitank, considerou-se no cálculo a premissa mais conservadora, visto que também são utilizados reatores anaeróbios do tipo UASB. Por sua vez, a ETE Ipanema foi desativada no ano de 2020, o que possivelmente resultará em variação das emissões por tratamento de efluentes nos anos subsequentes.

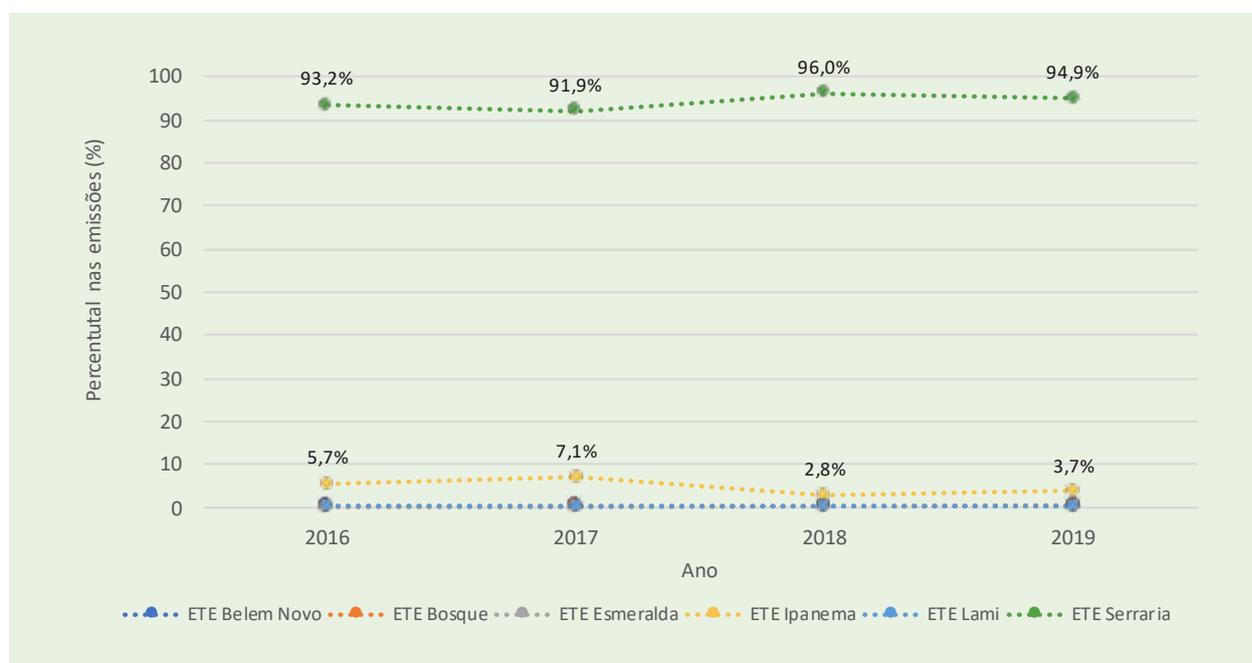


Figura 27 . Representatividade (%) das ETEs que utilizam tratamentos anaeróbios de efluentes em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.3.2 Disposição de Resíduos Sólidos

Em Porto Alegre, a maior parte dos resíduos são tratados fora dos limites da cidade, sendo enviados para a Central de Resíduos do Recreio, aterro localizado no município de Minas do Leão/RS. O aterro do Recreio possui estação de recuperação do biogás gerado, que recupera cerca de 92% do biogás conforme dados do projeto no MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CRVR, 2017). No aterro, parte do biogás recuperado é queimado nos flares e o restante é aproveitado para geração de energia. As emissões da queima do biogás são categorizadas como emissões biogênicas, assim foram consideradas as emissões fugitivas do biogás não recuperado no aterro apenas referente a parcela de biogás queimada nos flares, pois a

parcela referente a geração de energia está fora dos limites geográficos de Porto Alegre.

Devido à elevada taxa de recuperação de biogás, as emissões de metano no aterro são relativamente baixas. Ao avaliar a quantidade de metano gerado e recuperado no período (Figura 28), pode-se perceber que os anos de 2016 e 2017 foram similares, enquanto o ano de 2018 apresentou um aumento de 60%, em comparação a 2017, e com subsequente redução de 25% em 2019.

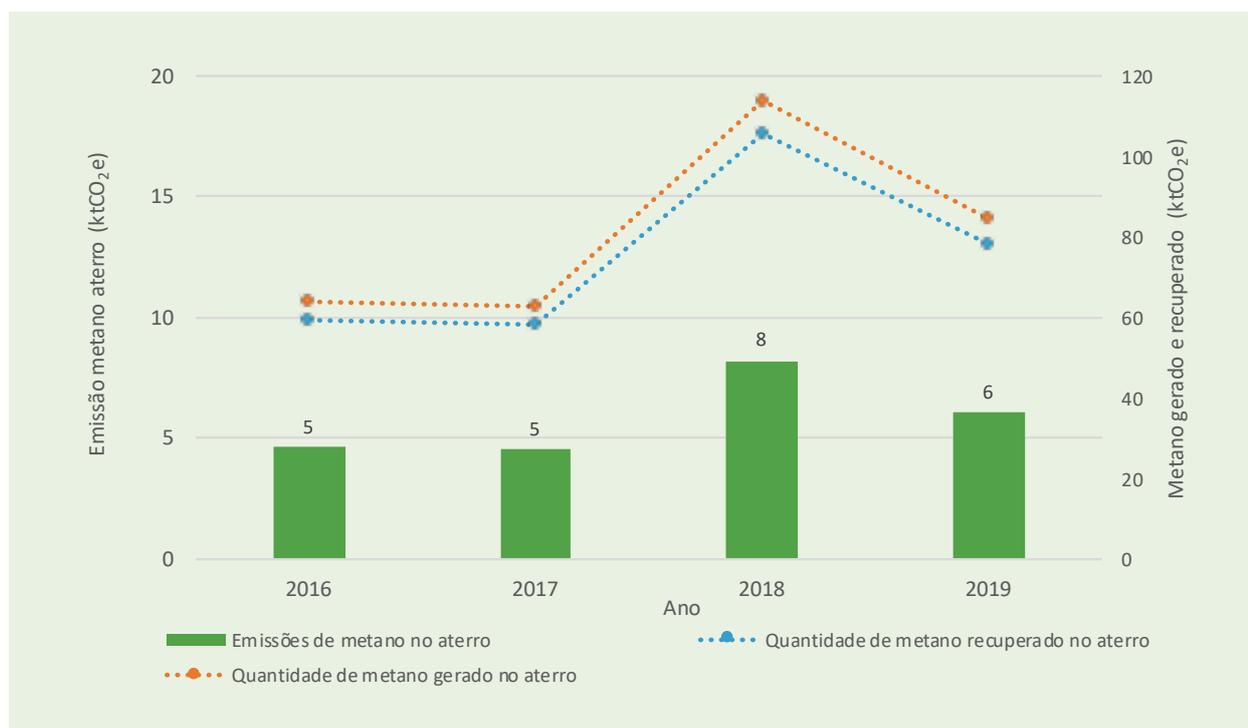


Figura 28 . Evolução das emissões de metano na Central de Resíduos do Recreio, de Minas do Leão (RS), por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.4 Setor AFOLU



As emissões do setor de AFOLU para o município de Porto Alegre são provenientes da fermentação entérica que ocorre no sistema digestório de animais ruminantes e do manejo ou não dos dejetos gerados por esses e outros animais de rebanho; remoções provenientes do uso da terra e das emissões provenientes da lavoura temporária de arroz (emissões agregadas e outras de não CO₂). A Figura 29 apresenta a evolução das emissões para o setor, de 2016 a 2019.

Como pode-se perceber, houve uma redução significativa nas emissões de 2016 para 2017, de aproximadamente 38%. Quando se compara o ano de 2019 com 2016, verifica-se uma redução total de 55% nas emissões.

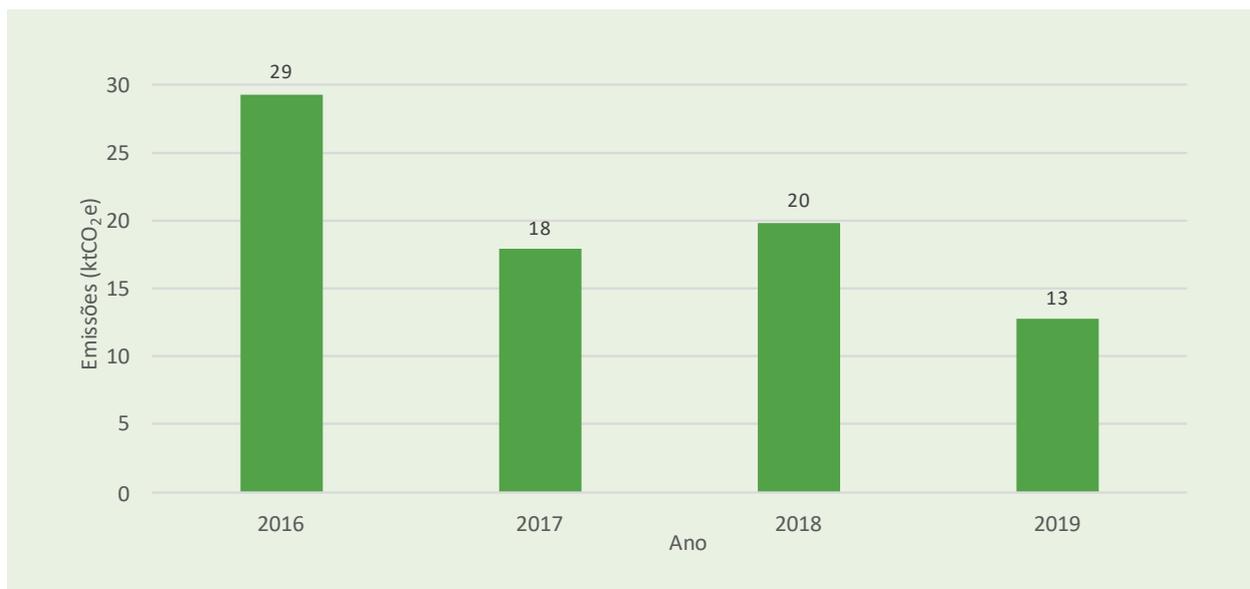


Figura 29 . Emissões totais para o setor AFOLU em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Ao avaliarmos as emissões por subsetores na Figura 30, verifica-se que o subsetor Rebanhos é o que mais gera emissões em AFOLU na cidade de Porto Alegre, representando mais de 80% do total. As emissões agregadas e outras de não CO₂, referentes às lavouras temporárias de arroz, aumentaram 75% em 2018 e 2019, em comparação à 2017, resultados diretamente relacionados aos hectares de arroz plantados nestes anos. Ao avaliarmos as emissões por Rebanhos, percebe-se redução significativa em 2017, seguida por estabilidade nos anos subsequentes. Quanto ao Uso da Terra, referente ao aumento da cobertura vegetal e ao plantio de mudas, ocorre remoção de CO₂ ao longo dos anos, mais significativa em 2019.

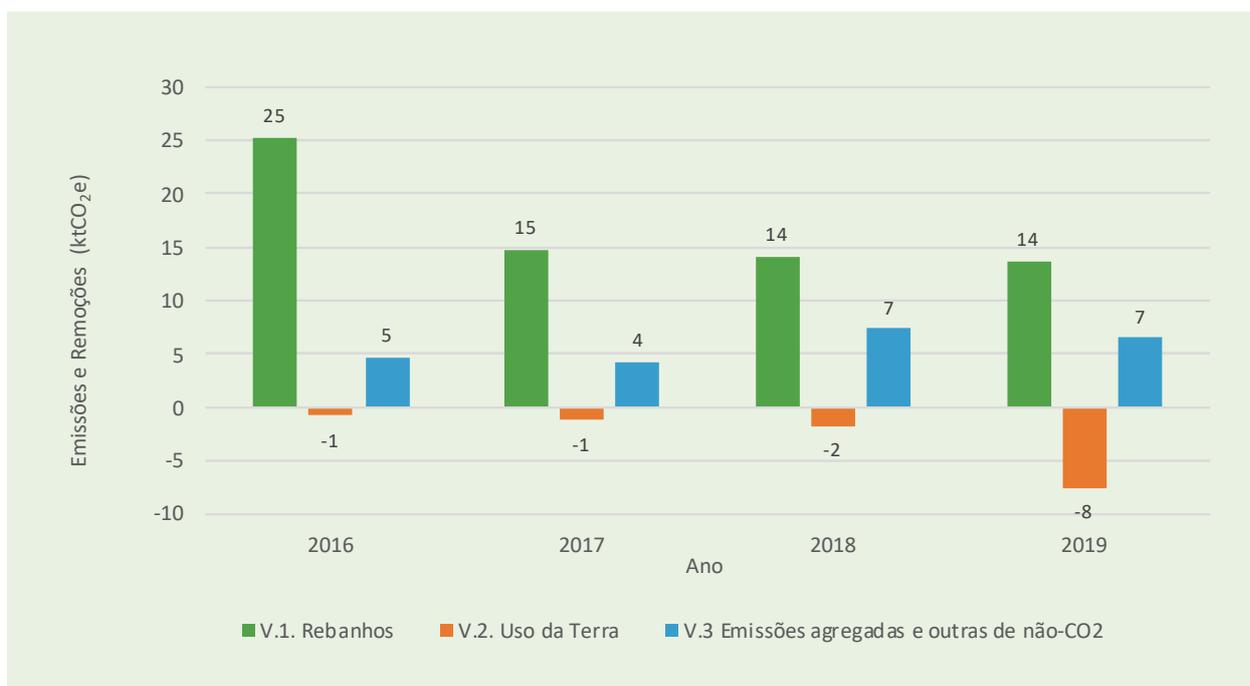


Figura 30 . Emissões e Remoções dos subsetores de AFOLU em Porto Alegre, por ano

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.4.1 Rebanhos

O subsetor de Rebanhos é subdividido nas categorias “Fermentação Entérica” e Manejo de Dejetos de Animais”, cujas emissões variaram conforme a Figura 31. Percebe-se que a maior parte das emissões deste subsetor, 82%, é provocada pela fermentação entérica, que apresentou redução de 43% do ano de 2016 para 2017, enquanto a redução pelo manejo de dejetos foi de 25%, no mesmo período.

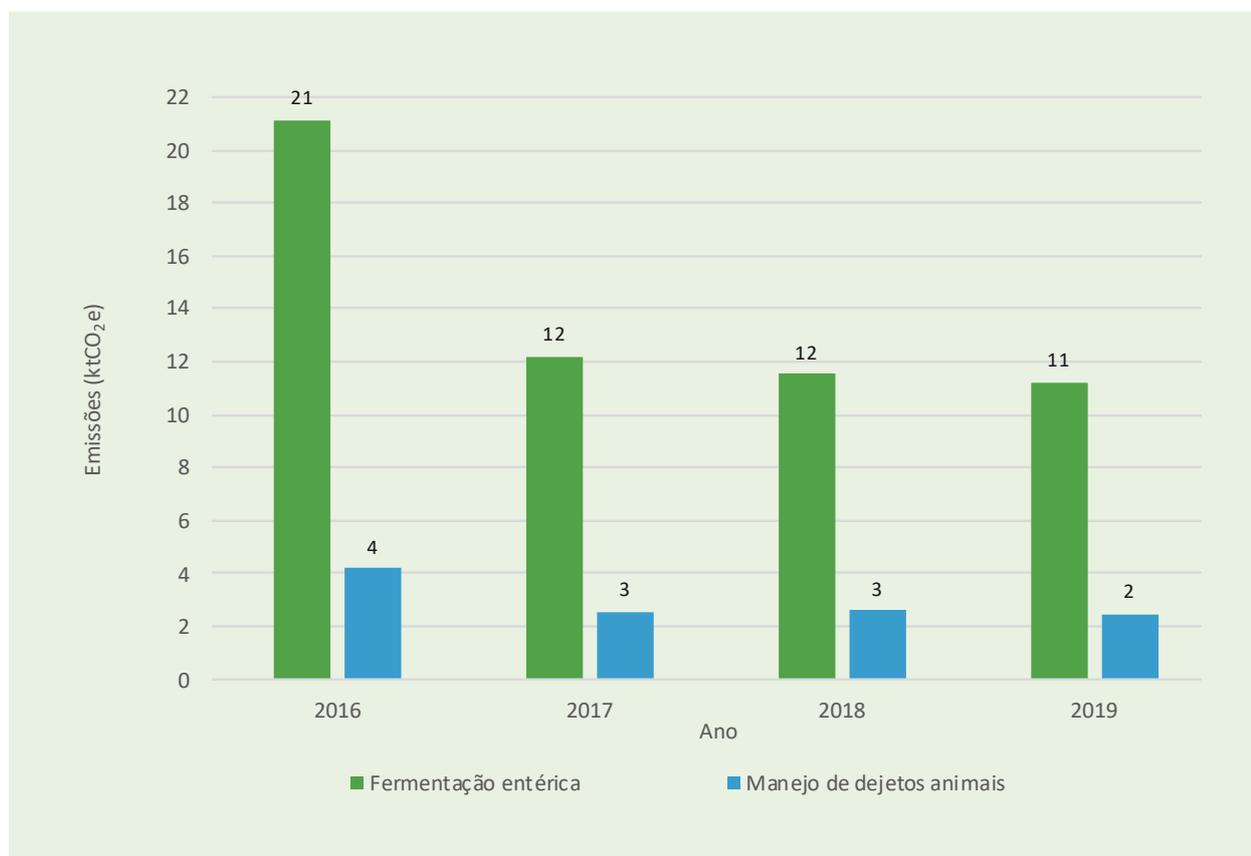


Figura 31 . Evolução das emissões do subsetor Rebanhos em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Quando avaliamos os rebanhos mais significativos para o município, verificamos que os galináceos representam 41% do total, enquanto os bovinos, 27%. Comparando-se as emissões totais de rebanhos e as quantidades de cabeça de galináceos e bovinos, na Figura 32, verifica-se diminuição das emissões ao longo dos anos em que ocorre redução da quantidade de cabeças.

A redução do rebanho de bovinos pode estar, em parte, relacionada com o aumento da lavoura de soja verificado em algumas partes do estado do Rio Grande do Sul, incluindo região metropolitana (EMBRAPA, 2018). Em Porto Alegre, os hectares de soja plantados cresceram de 80, em 2016, para 180, em 2019, um aumento de 125% (IBGE, 2021b). Além deste fator, a expansão urbana da cidade pode estar reduzindo algumas áreas previamente destinadas a rebanhos.

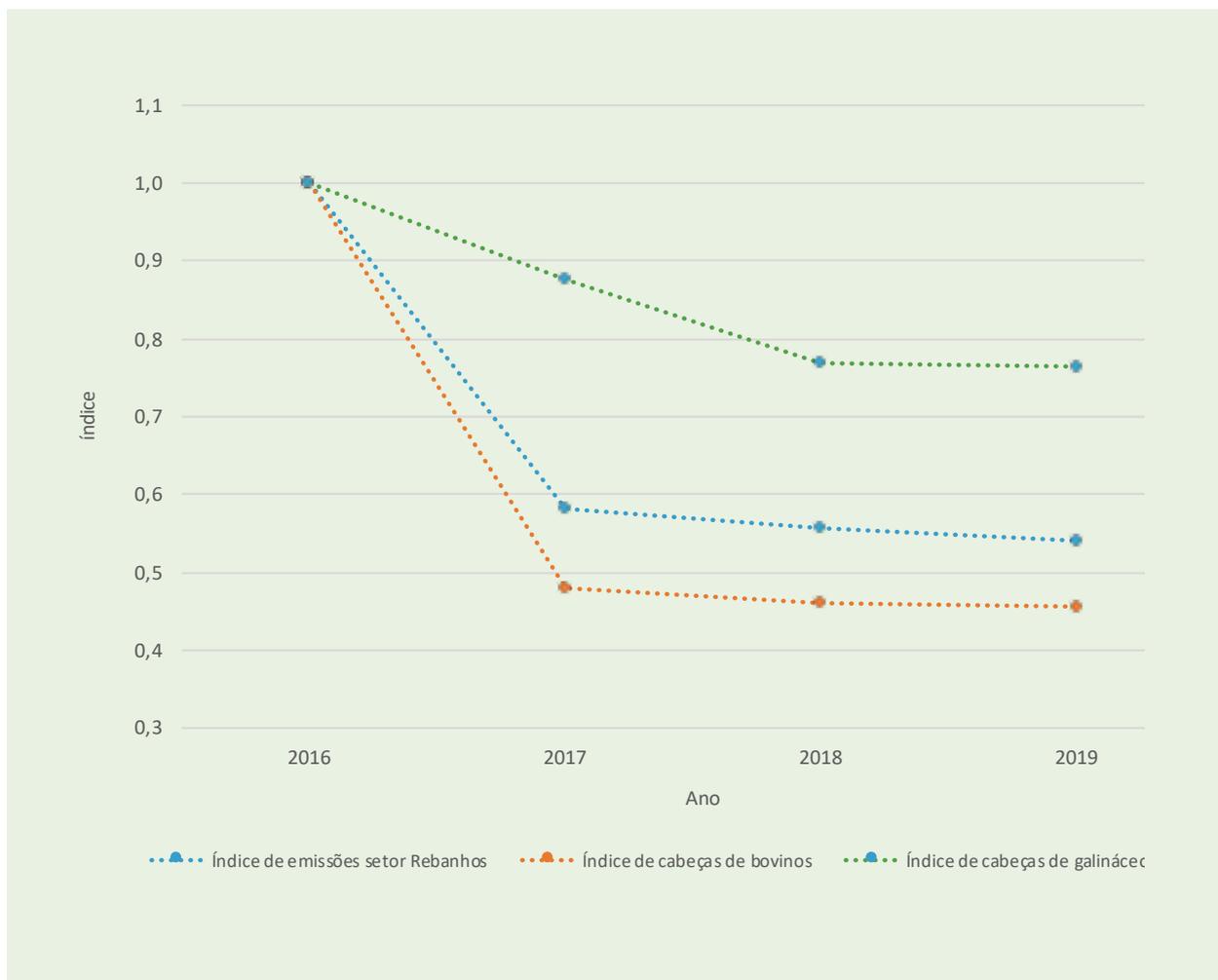


Figura 32 . Índice de emissões de rebanhos e quantidade de cabeças de galináceos e bovinos em Porto Alegre, por ano.
 Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.4.2 Uso da Terra

Ao avaliarmos em detalhes as remoções devido ao subsetor Uso da Terra, na Figura 33, verifica-se que ocorreu maior remoção de CO₂ devido ao plantio de mudas no ano de 2019, mesmo ano em o setor AFOLU apresentou as menores emissões (Figura 29), seguido pelo ano de 2017. Embora esta remoção de carbono, ocorrida a partir do plantio ainda represente uma pequena parcela, é interessante avaliar este efeito ao longo dos anos, no que concerne a ações relacionadas à ampliação da cobertura vegetal no município.

Quanto ao aumento anual da cobertura vegetal, este foi mais significativo no ano de 2019, muito em vista decorrente da mudança de metodologia em que diversas áreas verdes complementares tiveram o status alterado para praça, ou seja, já existiam, somente foram recategorizadas. Porém, da mesma forma que para o plantio de mudas, este acompanhamento ao longo dos anos permite avaliar o impacto das ações na remoção de CO₂.

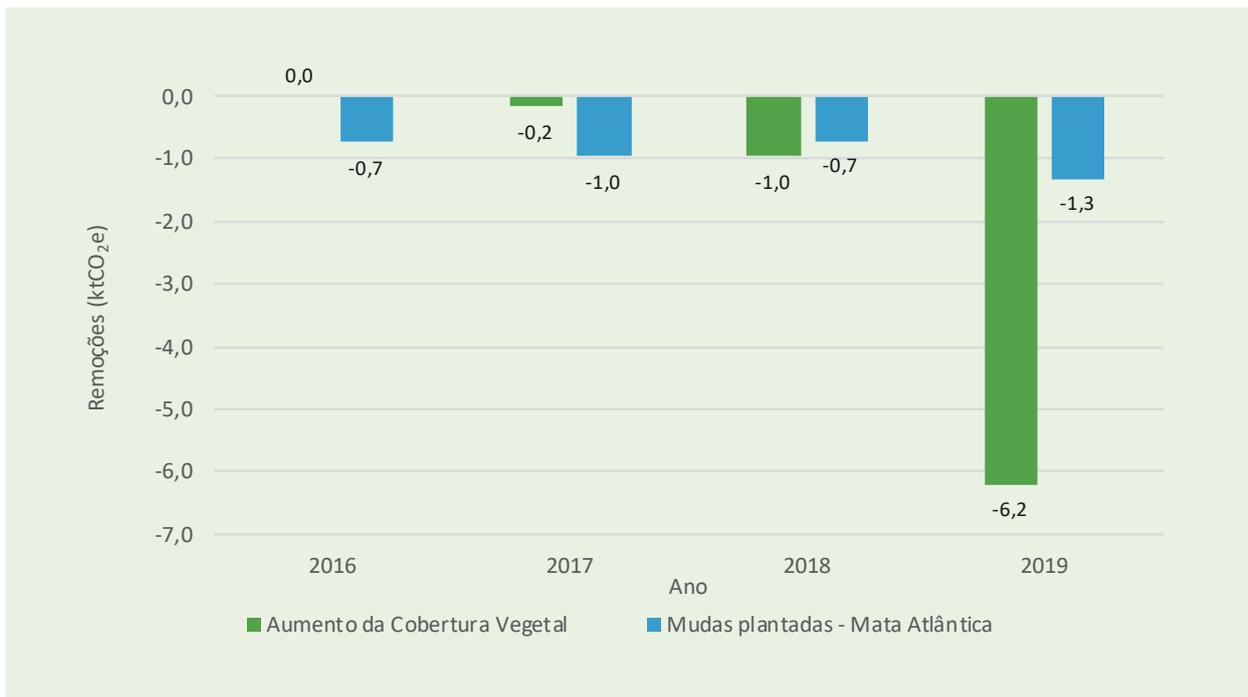


Figura 33 . Evolução das remoções de CO₂ por aumento da cobertura vegetal e plantio de mudas em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

4.5 Setor Outras Emissões de Escopo 3



O setor de Outras Emissões de Escopo 3 inclui as emissões indiretas não contempladas nos demais setores como fontes associadas a determinadas atividades que ocorrem em uma cidade – emissões de GEE incorporadas em combustíveis, água, comida e materiais de construção. Para a cidade de Porto Alegre, foram consideradas as emissões relacionadas aos insumos da construção civil, em específico, o consumo de Cimento, Ferro e Madeira.

Na Figura 34, é possível observar que as emissões do Ferro foram as mais representativas no período de 2016 a 2019, seguido pelo Cimento e, por fim, a Madeira. Dentre os insumos, é possível observar uma redução de 38% nas emissões do Cimento, e aumentos de 71% e 55% na Madeira e Ferro, respectivamente. Devido ao crescimento das emissões do Ferro e diminuição do Cimento, o Ferro aumentou sua representatividade total, que em 2019 era de 73% do total de emissões da categoria, frente a 53% em 2016.

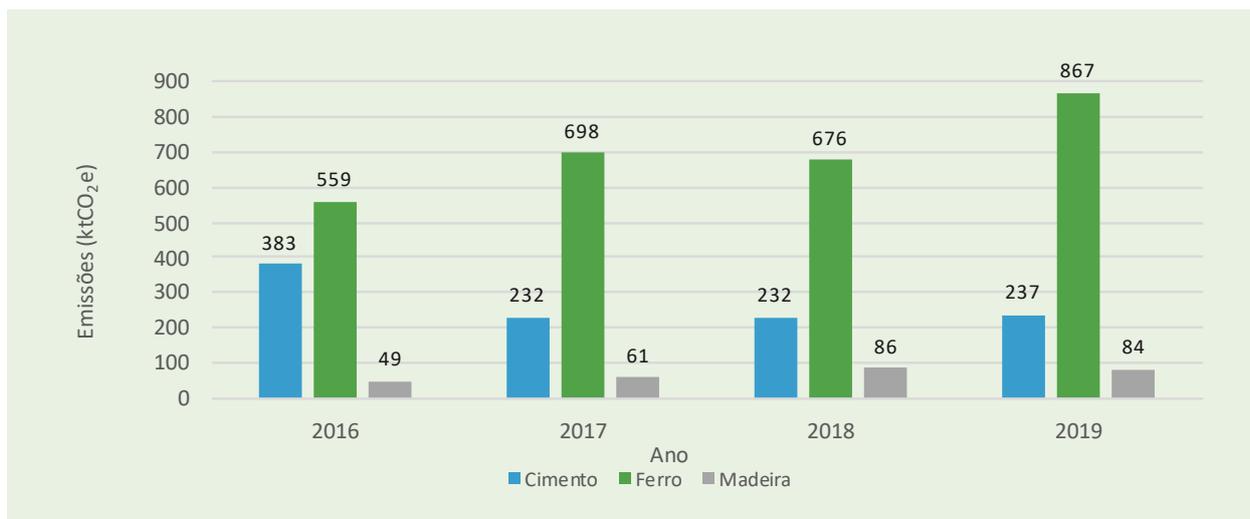


Figura 34 . Emissões dos insumos de construção civil em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

As Outras Emissões do Escopo 3, por estarem diretamente relacionadas ao consumo dos insumos para a construção civil, são consequentemente determinadas por parâmetros da economia que determinam a atividade do setor, como o PIB, a taxa de juros, e a realização de financiamentos imobiliários e investimentos (FOLHA DO MATE, 2019; SINDUSCON-RS, 2020). O setor de construção civil corresponde a mais de 11% do PIB do Rio Grande do Sul e, devido à crise econômica, este esteve em decréscimo por 20 trimestres, desde o segundo trimestre de 2014 até o segundo trimestre de 2019 (GZH, 2019a; JORNAL DO COMÉRCIO, 2019).

Especificamente para Porto Alegre, a relação entre o PIB e as Outras Emissões do Escopo 3 está mais explícita na Figura 35. No período de 2016 a 2018, tanto o PIB quanto as emissões apresentam certa estabilidade. Em 2019, as emissões se elevam, sobretudo devido ao aumento do consumo de Ferro. Neste mesmo ano, a partir do segundo trimestre, o setor de construção já dá sinais de recuperação, apresentando crescimento de 2,2% no terceiro trimestre (FOLHA DO MATE, 2019; GZH, 2019a). Embora ainda não tenha atingido o patamar de 2014, em 2019 houve recuperação dos investimentos e da indústria, sobretudo do setor de construção, o que pode ser um fator que explica o aumento do consumo e das emissões destes materiais (GZH, 2019b).

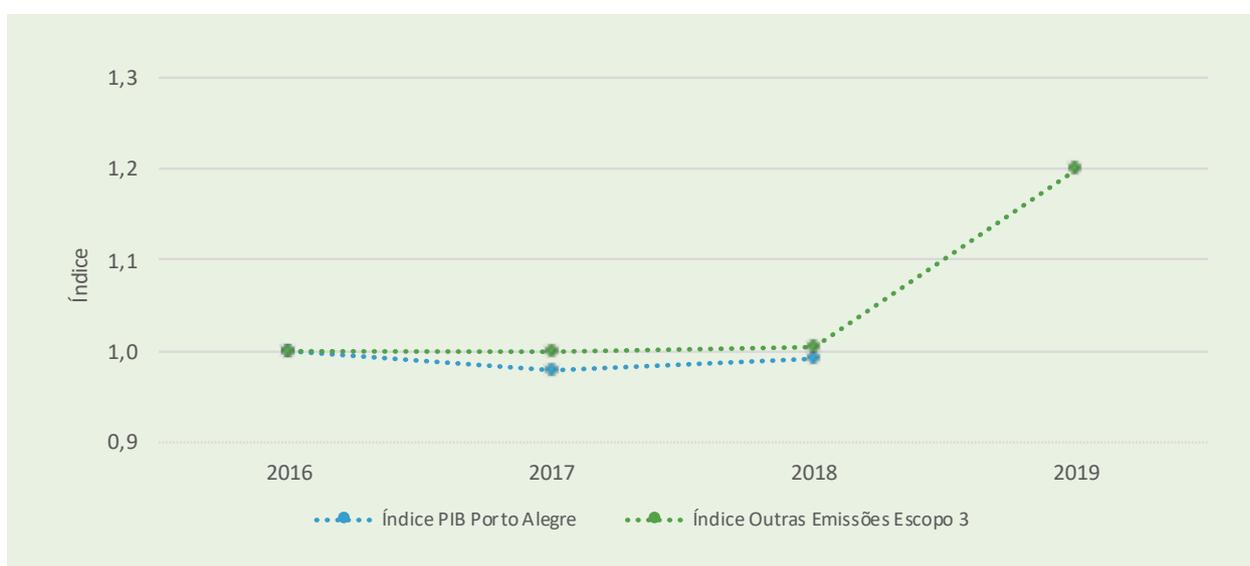


Figura 35 . Variações do Índice do PIB e o Índice das Outras Emissões do Escopo 3 em Porto Alegre, por ano.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.



5

CONCLUSÕES

Como parte de uma iniciativa do município de fortalecer políticas relacionadas a Mudanças Climáticas e Ecoeficiência, foi publicado, em 2015 (ano-base 2013) o “1º Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa para a cidade de Porto Alegre”, primeiro diagnóstico de emissões realizados para o município, e o único publicado até então.

Com a atualização do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (base na série histórica de 2016 a 2019), Porto Alegre avança mais um passo fundamental para o planejamento climático municipal. Tradicionalmente, as metodologias utilizadas para reporte de emissões de Gases de Efeito Estufa não contabilizam emissões de bens de consumo de bens e serviços (como combustíveis, água alimentos e materiais de construção). Com caráter inovador, para o Inventário de Porto Alegre, foram contabilizadas as emissões relacionadas aos insumos da construção civil. E, embora ainda não seja possível realizar a comparação dessas emissões com outras cidades, esta inclusão no Inventário apresenta um grande avanço, pois permite à cidade obter um diagnóstico de emissões decorrente das suas atividades mais adequado ao seu perfil. Sendo assim, a elaboração e atualização sistemática de inventários anuais fornece subsídios para elaboração de cenários, auxiliando no planejamento de ações e políticas públicas, na definição de estratégias a serem seguidas e no monitoramento do esforço de redução das emissões na cidade.

As emissões do município de Porto Alegre em 2019 totalizaram 2,4 MtCO₂e, sendo que o setor de Transportes se manteve o mais representativo, como no 1º Inventário, sendo responsável por cerca de 67% das emissões, seguido do setor de Energia Estacionária (cerca de 23%), Resíduos (cerca de 9%) e AFOLU (cerca de 1%). A análise geral do reporte revela uma certa estabilidade nas emissões de GEE entre os anos estudados devido a um possível conjunto de fatores, como a manutenção do padrão de consumo da população, tais como de energia elétrica e de combustíveis, refletindo na baixa variação no PIB de Porto Alegre.

A pouca variação da demanda agregada da cidade ao longo dos anos é reforçada pela crise econômica, apresentada neste documento por meio da relação entre o indicador econômico e as emissões. Apesar dos resultados não apontarem aumento nas emissões, Porto Alegre pode se inspirar nas melhores práticas já adotadas por outras capitais no enfrentamento à mudança do clima e adoção de Planos Climáticos. Além disso, os principais resultados desse estudo podem ser considerados como subsídios para a revisão do Plano Diretor. Portanto, faz-se necessário que a cidade e os setores se apropriem do diagnóstico do Inventário para promoção de ações mais efetivas, de forma a assegurar menor custo ambiental em cenários socioeconômicos favoráveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR-9.649 Projeto de Redes de Esgoto**. 1986. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.649-Projeto-de-Redes-de-Esgoto.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2021.

ANAC. **Base de Dados Estatísticos do Transporte Aéreo**. 2021. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/empresas/envio-de-informacoes/base-de-dados-estatisticos-do-transporte-aereo>. Acesso em: 8 jun. 2021.

ANEEL. **Perdas de Energia Elétrica na Distribuição**. 2019. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/654800/18766993/Relat%C3%B3rio+Perdas+de+Energia_+Edi%C3%A7%C3%A3o+1-2019-02-07.pdf/d7cc619e-0f85-2556-17ff-f84ad74f1c8d. Acesso em: 17 maio. 2021.

ANP. **SLP - Sistema de Levantamento de Preço**. 2021. Disponível em: https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Mensal_Index.asp. Acesso em: 7 jun. 2021.

CORREIO DO POVO. **Gás natural vira sinônimo de economia e segurança em Porto Alegre**. 2017. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/geral/g%C3%A1s-natural-vira-sin%C3%B4nimo-de-economia-e-seguran%C3%A7a-em-porto-alegre-1.239220>. Acesso em: 2 jun. 2021.

CORREIO DO POVO. **Preço da gasolina no país vai ao maior nível desde novembro de 2018**. 2019. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/economia/pre%C3%A7o-da-gasolina-no-pa%C3%ADs-vai-ao-maior-n%C3%ADvel-desde-novembro-de-2018-1.330109>. Acesso em: 7 jun. 2021.

CRVR. **Central de Resíduos do Recreio Landfill Gas Project (CRRLGP)**. 2017. Disponível em: https://cdm.unfccc.int/filestorage/1/B/9/1B9WNTSXAL70U32VHCYR6JM0DK5FQZ/PDD_Recreio%209.2-clean%20version.pdf?t=dzB8cXRvNHEyfDCGIPBaDtOwYGx2bwkoS5H9. Acesso em: 25 maio. 2021.

EMBRAPA, N. INFORMATIVO - PECUÁRIA SUL BOVINOCULTURA DE CORTE NO RIO GRANDE DO SUL. v. 1, n. 4, p. 52, 2018.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020 - Ano base 2019**. 2020a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202020.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

EPE. **Balanco Energético Nacional 2020 - Ano Base 2019**. 2020b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 26 maio. 2021.

FGV. **ghg-protocol_nota-tecnica_valores-de-gwp_v1.pdf**. 2016. Disponível em: <http://bi->

blotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/30246/ghg-protocol_nota-tecnica_valores-de-gwp_v1.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 24 maio. 2021.

FGV. **Ferramenta de Cálculo - Programa Brasileiro GHG Protocol**. 2021. Disponível em: <http://ferramenta.ghgprotocolbrasil.com.br/index.php?r=site/ferramenta>. Acesso em: 26 maio. 2021.

FOLHA DO MATE. **Construção civil comemora bons números e projeta 2020 ainda melhor**. 2019. Disponível em: <https://folhadomate.com/noticias/geral/construcao-civil-comemora-bons-numeros-e-projeta-2020-ainda-melhor/>.

G1. **Novo aumento do gás natural gera reclamações de motoristas no Rio Grande do Sul**. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2018/11/18/novo-aumento-do-gas-natural-gera-reclamacoes-de-motoristas-no-rio-grande-do-sul.ghtml>.

GHG PROTOCOL. **GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty**. 2003. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghg-uncertainty.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2021.

GZH. **Calcule se vale mais a pena ter carro com gasolina ou gás natural**. 2017. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2017/08/calculasevalemaisapenatercarrocomgasolinaougasnatural9876612.html>. Acesso em: 7 jun. 2021.

GZH. **Construção civil registra sinais de retomada no RS**. 2019a. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/noticia/2019/12/construcao-civil-registra-sinais-de-retomada-no-rs-ck47jxo6g05pe01rz7sl46gdk.html>. Acesso em: 7 jun. 2021.

GZH. **Crescimento anual acumulado da economia brasileira é de 1%**. 2019b. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/economia/noticia/2019/08/crescimento-anual-acumulado-da-economia-brasileira-e-de-1-cjzx4p2p600em01qthw8sjrqv.html>. Acesso em: 8 jun. 2021.

IBGE. **Censo Agropecuário**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/pesquisa/24/76693>. Acesso em: 3 maio. 2021.

IBGE. **Plataforma IBGE Cidades**. 2021a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>. Acesso em: 27 abr. 2021.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Porto Alegre | Pesquisa | Produção Agrícola - Lavoura Temporária**. 2021b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/pesquisa/14/10193?ano=2017>. Acesso em: 7 jun. 2021.

IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal**. 2021c. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/pesquisa/18/16459>. Acesso em: 27 abr. 2021.

IPCC. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. 2000. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Switzerland: Intergovernmen-

tal Panel on Climate Change, 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso em: 26 abr. 2021.

IPCC. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019 a. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

JOLY, C. A. et al. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. **Biota Neotropica**, v. 12, p. 125–145, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/hKzRPp64WxR7CtM8d5C9Snd/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 7 jun. 2021.

JORNAL DO COMÉRCIO. **Setor da construção acredita em recuperação com estabilidade**. 2019. Disponível em: https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/especiais/construcao_civil_2019/2019/10/705496-setor-da-construcao-acredita-em-recuperacao-com-estabilidade.html. Acesso em: 8 jun. 2021.

LEÃO, E. B. de S.; NASCIMENTO, L. F. M. do; ANDRADE, J. C. S. de; PUPPIM DE OLIVEIRA, J. A. Carbon accounting approaches and reporting gaps in urban emissions: An analysis of the Greenhouse Gas inventories and climate action plans in Brazilian cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 245, p. 118930, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619338004>. Acesso em: 9 jun. 2021.

LEGGIO. **Estudo de Demanda e Oferta - Ciclo Otto/Ciclo Diesel**. Rio de Janeiro (RJ): Leggio, 2018. Disponível em: http://antigo.mme.gov.br/documents/36224/916038/participacao_pdf_0.7389391225908539.pdf/949f8c00-87f4-5bf8-6aa6-15e47e649171. Acesso em: 7 jun. 2021.

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC (Volume 1)**. 2010. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/Comunicacao_Nacional/Comunicacao_Nacional.html. Acesso em: 7 jun. 2021.

MCTIC. **Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência - Setor de Tratamento de Resíduos**. Brasil: 2015 a. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/Comunicacao_Nacional/Comunicacao_Nacional.html.

MCTIC. **Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Emissões de óxido nitroso de solos agrícolas e de manejo de dejetos**. Brasil: 2015 b. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/Comunicacao_Nacional/Comunicacao_Nacional.html.

MCTIC. **Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Emissões de Metano por Fermentação Entérica e Manejo de Dejetos de Animais**. Brasil: 2015 c. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/Comunicacao_Nacional/Comunicacao_Nacional.html.

MCTIC. **Fator médio - Inventários corporativos**. 2021. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html. Acesso em: 26 maio. 2021.

PMSB-POA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre**. 2015. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/01_pmsb_diagnostico_web.pdf. Acesso em: 3 maio. 2021.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. **Conheça Porto Alegre**. 2021. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/gp/projetos/conheca-porto-alegre>. Acesso em: 3 maio. 2021.

PREFEITURA DE PORTO ALEGRE; ICLEI. **1o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa para cidade de Porto Alegre**. 2015. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/1inventariogeepoa.pdf. Acesso em: 25 maio. 2021.

SINDUSCON-RS. **Análise Setorial**. 2020. Disponível em: <https://www.sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads/2020/08/S%C3%ADntese-Balan%C3%A7o-2020.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2021.

SINDUSCON-SP. **Guia metodológico para inventários de emissões de gases de efeito estufa na construção civil – Setor edificações**. 2012. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/biblioteca/guia-metodologico-para-inventarios-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-na-construcao-civil-setor-edificacoes/>. Acesso em: 25 maio. 2021.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**. 2019. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Publicacao_31032021.pdf. Acesso em: 30 abr. 2021.

SPERLING, M. von; CHERNICHARO, C. A. de L. **Biological wastewater treatment in warm climate regions. Vol. 1: ...** London: IWA [u.a.], 2005.

UNFCCC/CCNUCC. **EB 23, ANNEX 18: DEFINITION OF RENEWABLE BIOMASS**. 2006. Disponível em: https://cdm.unfccc.int/EB/023/eb23_repan18.pdf. Acesso em: 9 jun. 2021.

WERNET, G.; BAUER, C.; STEUBING, B.; REINHARD, J.; MORENO-RUIZ, E.; WEIDEMA, B. The ecoinvent database version 3: overview and methodology. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, n. 9, p. 1218–1230, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>. Acesso em: 4 maio. 2021.

WRI; ICLEI; C40. **Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories**. 2014. Disponível em: <https://www.wri.org/research/global-protocol-community-scale-greenhouse-gas-emission-inventories>. Acesso em: 28 abr. 2021.

WRI; UNICAMP. **Metodologia do GHG Protocol da Agricultura**. 2015. Disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/Metodologia.pdf. Acesso em: 26 maio. 2021.

ANEXOS

Anexo A. Mapeamento das Fontes de emissão do Inventário

O método do GPC busca desagregar os dados utilizados para o cálculo das emissões, de forma a viabilizar a identificação das principais fontes de GEE em uma cidade ou região. Para tanto, o método determina seis diferentes setores nos quais as atividades emissoras podem ser alocadas. São eles:

- **I. Energia Estacionária;**
- **II. Transportes;**
- **III. Resíduos;**
- **IV. Processos industriais e uso de produtos (IPPU);**
- **V. Agricultura, floresta e uso da terra (AFOLU);**
- **VI. Outras Emissões Indiretas (de Escopo 3).**

Os cálculos das fontes de emissão serão realizados no software CLIMAS, com a inclusão de todos os setores acima citados, e as suas fontes de emissões associadas. Eventuais exclusões de fontes de emissão serão explicadas ao longo deste relatório e no capítulo de considerações.



A.1 Energia Estacionária

As emissões do setor de energia estacionária estão associadas à queima de combustíveis em edifícios residenciais, comerciais e institucionais, indústrias de manufatura e construção, bem como em usinas geradoras de energia e propriedades rurais. Este setor também inclui emissões fugitivas que ocorrem durante a extração, transformação e transporte de carvão mineral, emissões fugitivas geradas nos processos da indústria de óleo e gás e na produção de combustíveis.

O GPC divide as fontes do setor de energia estacionária em 8 (oito) sub-setores, que foram parametrizadas no sistema CLIMAS da WayCarbon, de acordo com as nomenclaturas apresentadas na Figura A.1:



Figura A.1 . Estrutura de parametrização e nomenclatura utilizadas no CLIMAS - setor de Energia Estacionária.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

O mapeamento das fontes de emissão relacionadas ao consumo de energia elétrica foi realizado a partir dos dados enviados pela Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE), responsável pela distribuição no estado do Rio Grande do Sul. Foram enviados os dados de 2016 a 2019 do Consumo Cativo e Livre na cidade de Porto Alegre, em MWh, para as seguintes categorias: Residencial, Industrial, Comercial, Rural, Setor Público e Consumo próprio. Para o cálculo da perda de transmissão e distribuição, o valor de T&D foi coletado no Anuário Estatístico de Energia Elétrica (ano base 2019), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (EPE, 2020a), referente à região Sul, para cada ano inventariado.

O mapeamento das fontes relacionadas ao consumo de combustíveis foi realizado a partir de dados fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), através do contato via formulário no site, para os anos de 2016 a 2019, incluindo os combustíveis: Gás natural, GLP, óleo combustível, óleo diesel e querosene iluminante. Com base no mapeamento realizado pela Consultoria WayCarbon, foram identificadas um total de 27 (vinte e sete) categorias de fontes de emissão para esse setor, sendo 15 (quinze) categorias relacionadas com o consumo de combustíveis em fontes fixas de combustão (Escopo 1), 6 (seis) com o consumo de energia elétrica (Escopo 2) e 6 (seis) com as perdas técnicas nos sistemas de transmissão e distribuição - T&D (Escopo 3).

Os subsetores I.7 (atividades de mineração de carvão) e o I.8 (produção de óleo e gás) foram excluídos da contabilização devido a sua baixa relevância no município de Porto Alegre, de

acordo com o posicionamento da Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (FIERGS, 2021)⁶.

A Tabela A.1 apresenta as 27 categorias distribuídas por subsetor de atividade e por fonte de emissão.

Tabela A.1. Fontes de emissão do setor Energia Estacionária.

Escopo	Subsetor	Parâmetro
Escopo 1	I.1 Construções Residenciais	Consumo de gás natural – Residencial
	I.1 Construções Residenciais	Consumo de GLP – Residencial
	I.2 Construções Comerciais e Institucionais	Consumo de gás natural - Comercial
	I.2 Construções Comerciais e Institucionais	Consumo de GLP – Público
	I.2 Construções Comerciais e Institucionais	Consumo de GLP – Comercial
	I.2 Construções Comerciais e Institucionais	Consumo de óleo combustível – Público
	I.2 Construções Comerciais e Institucionais	Consumo de óleo diesel – Público
	I.2 Construções Comerciais e Institucionais	Consumo de óleo diesel – Comercial
	I.3 Indústria de Manufatura e Construção	Consumo de gás natural – Industrial
	I.3 Indústria de Manufatura e Construção	Consumo de GLP – Industrial
	I.3 Indústria de Manufatura e Construção	Consumo de óleo combustível – Industrial
	I.3 Indústria de Manufatura e Construção	Consumo de óleo diesel – Industrial
	I.5 Atividades agrícolas, florestais e de pesca	Consumo de GLP – Agricultura
	I.5 Atividades agrícolas, florestais e de pesca	Consumo de óleo diesel – Agricultura
	I.6 Fontes não especificadas	Consumo de GLP – Outros
Escopo 2	I.1 Construções Residenciais	Consumo de energia elétrica – Residencial
	I.2. Construções Comerciais e Institucionais	Consumo de energia elétrica – Comercial
	I.2. Construções Comerciais e Institucionais	Consumo de energia elétrica – Setor Público
	I.3 Indústria de Manufatura e Construção	Consumo de energia elétrica – Industrial
	I.4 Indústria de Energia	Consumo de energia elétrica – Consumo próprio
	I.5 Atividades agrícolas, florestais e de pesca	Consumo de energia elétrica – Rural
Escopo 3	I.1 Construções Residenciais	Perdas de T&D – Residencial
	I.2. Construções Comerciais e Institucionais	Perdas de T&D – Comercial
	I.2. Construções Comerciais e Institucionais	Perdas de T&D – Setor Público
	I.3 Indústria de Manufatura e Construção	Perdas de T&D – Industrial
	I.4 Indústria de Energia	Perdas de T&D – Consumo próprio
	I.5 Atividades agrícolas, florestais e de pesca	Perdas de T&D – Rural

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

6. A FIERGS, representada pelo atual Coordenador do Conselho de Meio Ambiente, Newton Mário Battastini, enviou Ofício no dia 27 de abril de 2021 ao Secretário Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade, Germano Bremm. O ofício contemplou explicações sobre a representatividade do setor de indústrias e uso de produtos em Porto Alegre, salientando que os setores industriais listados no setor IPPU não tem relevância no município.



A.2 Transportes

O uso de veículos e demais equipamentos móveis geram emissões de GEE a partir da queima dos combustíveis utilizados, ou ainda, do uso de eletricidade em veículos elétricos. O GPC divide o setor de transporte em 5 (cinco) subsetores que foram parametrizados no sistema CLIMAS de acordo com as nomenclaturas apresentadas na Figura A.2:



Figura A.2 . Estrutura de parametrização e nomenclatura utilizadas no sistema CLIMAS - setor Transportes.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

O mapeamento das fontes de emissão do setor transporte foi realizado a partir dos dados fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP) para uso dos combustíveis etanol, gasolina e óleo diesel. O dado de consumo de óleo diesel no transporte público foi fornecido pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (ETPC) e os dados de consumo de energia elétrica do trem metropolitano foram obtidos pela Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre (Trensub).

Não foi possível obter os dados de consumo de combustível dos catamarãs, cujas emissões foram consideradas na categoria II.1 Transporte Terrestre. Da mesma forma, as emissões de consumo de óleo diesel no transporte off-road não puderam ser desagregadas e foram consideradas juntamente com a categoria II.1 Transporte terrestre.

Por recomendação do GPC, as emissões oriundas de viagens internacionais do transporte aéreo devem ser reportadas separadamente como bunker. Essa desagregação foi realizada pelo cálculo da diferença entre o total de querosene de aviação vendida na cidade de Porto Alegre (dado da ANP) e de querosene de aviação utilizada nos voos domésticos (dado da ANAC).

Com base no mapeamento realizado pela Consultoria, foram identificadas um total de 10

(dez) categorias de fontes de emissão para esse setor, conforme mostrado na Tabela A.2, sendo 7 (sete) de Escopo 1, 1 (uma) de Escopo 2 e 2 (duas) de Escopo 3.

Tabela A.2. Fontes de emissão relacionadas com o setor de Transportes.

Escopo	Subsetor	Parâmetro
Escopo 1	II.1 Transporte terrestre	Consumo de Etanol
	II.1 Transporte terrestre	Consumo de Gasolina
	II.1 Transporte terrestre	Consumo de GNV
	II.1 Transporte terrestre	Consumo de Óleo diesel
	II.1 Transporte terrestre	Consumo de Óleo diesel – transporte público
	II.4 Transporte aéreo	Consumo de Gasolina de aviação
	II.4 Transporte aéreo	Consumo de Querosene de aviação
Escopo 2	II.2 Transporte ferroviário	Consumo de energia elétrica – trem metropolitano
Escopo 3	II.2 Transporte ferroviário	Perdas de T&D – trem metropolitano
	II.4 Transporte aéreo	Consumo de Querosene de aviação - bunker

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.



A.3 Resíduos

As cidades geram resíduos sólidos e efluentes líquidos que podem ser tratados dentro de seus limites (Escopo 1) ou fora deles (Escopo 3). As emissões de GEE são provenientes do processo de decomposição de bactérias anaeróbicas e/ou através da queima dos resíduos em processos de coprocessamento ou incineração.

O GPC divide o setor de resíduos em 4 (quatro) subsectores que foram parametrizados, no sistema CLIMAS, de acordo com as nomenclaturas apresentadas na Figura A.3.

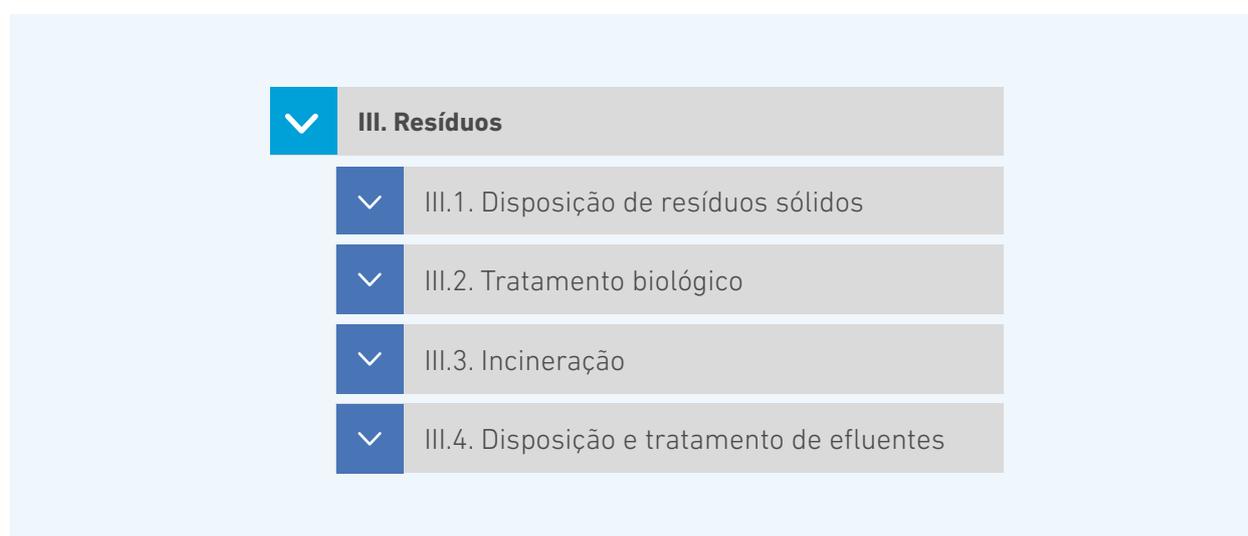


Figura A.3 . Estrutura de parametrização e nomenclatura utilizadas no sistema CLIMAS - setor Resíduos.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

Em Porto Alegre, a maior parte dos resíduos são tratados fora dos limites da cidade (Escopo 3), e um pequeno percentual destinado para compostagem dentro dos limites da cidade (Escopo 1). Os efluentes são tratados em 11 (onze) Estações de Tratamento que utilizam lodos ativados, reatores UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente de alta eficiência) ou lagoas de estabilização como métodos de tratamento.

Na Central de Resíduos do Recreio, aterro para onde são encaminhados a maior parte dos resíduos sólidos gerados em Porto Alegre, ocorre recuperação de gás metano. Entretanto, uma vez que o aterro está localizado em Minas do Leão, com geração de energia fora dos limites geográficos de Porto Alegre, esta geração não foi contabilizada no Setor de Energia Estacionária.

As emissões provenientes do tratamento de resíduos sólidos urbanos e industriais por incineração e provenientes de tratamento de efluentes industriais não serão consideradas no inventário de Porto Alegre por não serem representativas em relação ao total coletado na cidade.

Com base no mapeamento realizado pela Consultoria WayCarbon, foram identificadas um total de 7 (sete) categorias de fontes de emissão para esse setor, conforme mostrado na Tabela A.3, sendo 6 (seis) de Escopo 1 e uma de Escopo 3:

Tabela A.3. Fontes de emissão relacionadas com o setor de resíduos.

Escopo	Subsetor	Parâmetro
Escopo 1	III.2. Tratamento biológico	Massa de resíduos sólidos gerados e tratados dentro dos limites da cidade
	III.4 Disposição e tratamento de efluentes domésticos	Volume de efluentes tratados por lagoas de estabilização
	III.4 Disposição e tratamento de efluentes domésticos	Volume de efluentes tratados por lodos ativados
	III.4 Disposição e tratamento de efluentes domésticos	Volume de efluentes tratados por reatores UASB
	III.4 Disposição e tratamento de efluentes domésticos	População não atendida pelo serviço de coleta de efluentes domésticos
	III.4 Disposição e tratamento de efluentes domésticos	População atendida pelo serviço de coleta, mas não atendida pelo serviço de tratamento de efluentes domésticos
Escopo 3	III.1. Disposição de resíduos sólidos	Massa de resíduos sólidos gerados dentro dos limites da cidade, e enviados para tratamento fora dos limites da cidade

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.



A.4 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)

As emissões de GEE desse setor são resultantes de atividades industriais não relacionadas ao consumo de combustíveis para a geração de energia. Todas as emissões de GEE, provenientes de processos industriais, uso de produtos e uso não energético de combustível fóssil, devem ser avaliadas e reportadas no setor de IPPU, de acordo com a abordagem BASIC+ do GPC.

O setor é dividido em 2 (dois) subsetores e essas fontes de emissão foram parametrizadas no sistema CLIMAS de acordo com as nomenclaturas apresentadas na Figura A.4.

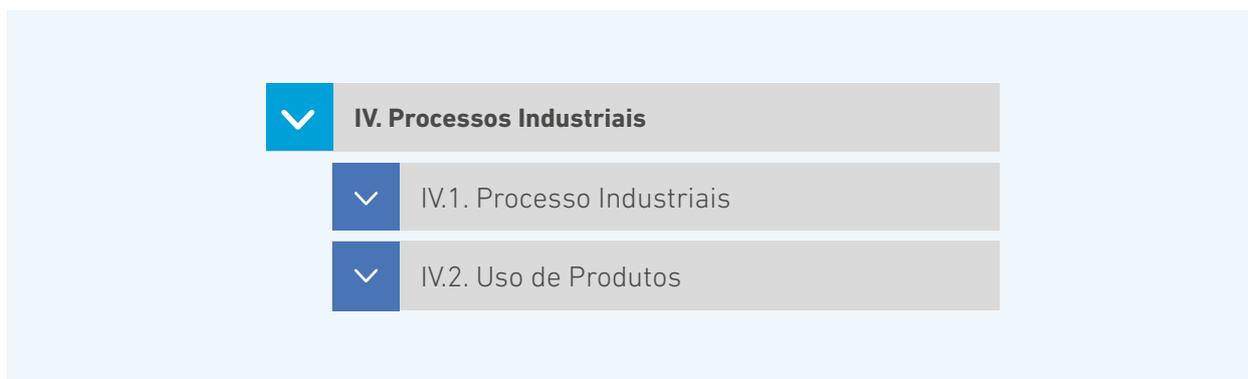
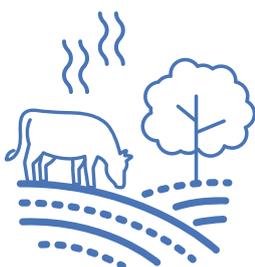


Figura A.4 . Estrutura de parametrização e nomenclatura utilizadas no sistema CLIMAS - setor IPPU.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

Com base no mapeamento realizado pela Consultoria junto à FIERGS, a instituição apontou que os segmentos industriais para elaboração do Inventário de Porto Alegre não possuem relevância no município, e não há base de dados sobre produção e uso de produtos nos setores industriais que haviam sido inicialmente apontados para elaboração do inventário (indústria mineral, química e de metais e o uso de SF₆, lubrificantes e solventes). Conforme os dados do IBGE para o ano de 2018, a Indústria de Porto Alegre participou com apenas 6,2% do total do Valor Adicionado pela Indústria Gaúcha naquele ano. Destaca-se que os Serviços e Administração Pública são as principais atividades econômicas do município. Em termos de composição setorial, conforme os dados do Ministério da Economia, 51,7% dos trabalhadores empregados na indústria de Porto Alegre encontram-se na Indústria da Construção, seguido pelas atividades de Eletricidade, Água, Esgoto e Saneamento com participação de 8,6%, sendo esses os segmentos industriais preponderantes na Capital (FIERGS, 2021).



A.5 Agricultura, Florestas e Uso da Terra (AFOLU) _____

O setor de Agricultura, Florestas e outros Usos da Terra (AFOLU) gera emissões de GEE através de uma variedade de atividades, incluindo mudanças no uso da terra que alteram a composição do solo, metano produzido nos processos digestivos de animais ruminantes da pecuária

ria, manejo de dejetos de animais e manejo de nutrientes para fins agrícolas.

Assim como o setor de IPPU, essas emissões devem ser contempladas nos inventários que utilizam a abordagem BASIC+. O GPC divide o setor em 3 (três) subsetores que foram parametrizados no sistema CLIMAS de acordo com as nomenclaturas apresentadas na Figura A.5:

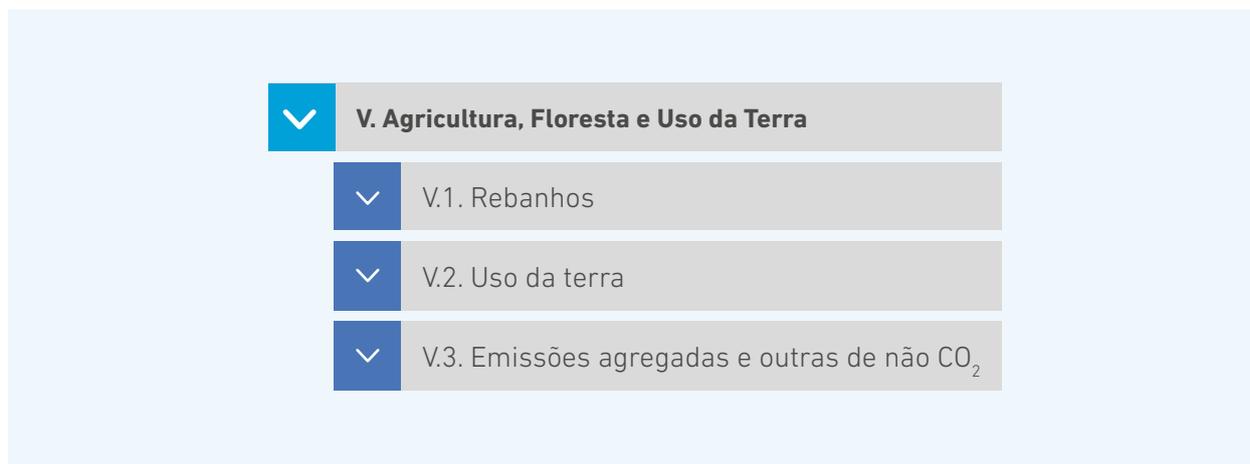


Figura A.5 . Estrutura de parametrização e nomenclatura utilizadas no sistema CLIMAS - setor AFOLU.

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

As emissões das fontes classificadas no subsetor Rebanhos são provenientes da fermentação entérica que ocorre no sistema digestório de animais ruminantes e, do manejo dos dejetos gerados por esses e outros animais de rebanho. A partir dos dados disponíveis publicamente, no website do IBGE, por meio da Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2021c) foram identificadas 14 (quatorze) categorias desta fonte de emissão representativas para a cidade de Porto Alegre.

As emissões e remoções de GEE do subsetor de uso da terra são referentes às mudanças nos estoques de carbono do solo. Para o Inventário do município de Porto Alegre foram mapeadas 2 (duas) categorias, uma relacionada ao monitoramento de cobertura vegetal no município e outra relacionada ao plantio de mudas, informações obtidas na Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade (SMAMUS).

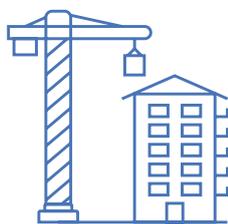
O subsetor de emissões agregadas e outras de não-CO₂ contempla atividades agrícolas como o cultivo de arroz, o uso de fertilizantes, a calagem e a aplicação de ureia no solo. Os dados de cultivo de arroz em Porto Alegre foram coletados por meio da Pesquisa de Produção Agrícola Municipal para lavouras temporárias (IBGE, 2021b). Para o município de Porto Alegre, o consumo de fertilizantes (subsetor V.3) não foi contabilizado no cálculo do Inventário devido à pouca representatividade da área agrícola em relação à área total. Dos 7.340 hectares de estabelecimentos agropecuários, cerca de 17% são lavouras temporárias, representadas em sua maior parte pelo cultivo de arroz; 47% são pastagens e 20% matas ou florestas (IBGE, 2017).

Com base no mapeamento realizado pela Consultoria WayCarbon, foram identificadas um total de 17 (dezessete) categorias de fontes de emissão e remoção para esse setor, sendo 14 (quatorze) de rebanhos, 2 (duas) de uso da terra e 1 (uma) relacionada às emissões agregadas e outras de não-CO₂, conforme mostrado na Tabela A.4.

Tabela A.4. Fontes de emissão relacionadas às atividades do setor AFOLU.

Escopo	Subsetor	Parâmetro
Escopo 1	V.1 Rebanhos	Fermentação entérica Gado Leiteiro
	V.1 Rebanhos	Fermentação entérica Gado de Corte
	V.1 Rebanhos	Fermentação entérica Bubalinos
	V.1 Rebanhos	Fermentação entérica Equinos
	V.1 Rebanhos	Fermentação entérica Caprinos
	V.1 Rebanhos	Fermentação entérica Suínos
	V.1 Rebanhos	Manejo de dejetos Gado Leiteiro
	V.1 Rebanhos	Manejo de dejetos Gado de Corte
	V.1 Rebanhos	Manejo de dejetos Bubalinos
	V.1 Rebanhos	Manejo de dejetos Equinos
	V.1 Rebanhos	Manejo de dejetos Caprinos
	V.1 Rebanhos	Manejo de dejetos Rebanhos
	V.1 Rebanhos	Manejo de dejetos Suínos
	V.1 Rebanhos	Manejo de dejetos Aves
	V.2. Uso da terra	Variação de cobertura vegetal
	V.2 Uso da terra	Plantio de mudas
	V.3 Emissões agregadas e outras de não CO ₂	Cultivo de arroz

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.



A.6 Outras Emissões de Escopo 3

O setor de Outras Emissões de Escopo 3 inclui as emissões indiretas não contempladas nos demais setores como fontes associadas a determinadas atividades que ocorrem em uma cidade – emissões de GEE incorporadas em combustíveis, água, comida e materiais de construção.

Para a cidade de Porto Alegre, foram consideradas as emissões relacionadas aos insumos da construção civil, em específico, o consumo de cimento, ferro e madeira. Com base no mapeamento realizado pela Consultoria, junto a Secretaria da Fazenda (SEFAZ), foram identificadas um total de 3 (três) categorias de fontes de emissão para esse setor, conforme mostrado na Tabela A.5.

Tabela A.5. Fontes de emissão relacionadas a outras emissões de Escopo 3.

Escopo	Subsetor	Parâmetro
Escopo 3	VI.1 Insumos da construção civil	Consumo de Ferro
	VI.1 Insumos da construção civil	Consumo da Madeira
	VI.1 Insumos da construção civil	Consumo de Cimento

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

A.7 Considerações do Inventário

As diretrizes do GPC estabelecem notações para os dados para que seja possível identificar limitações dos inventários de cidades. As notações definidas pelo GPC são:

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

Algumas emissões de GEE do município de Porto Alegre não puderam ser desagregadas e foram consideradas em outras categorias (IE):

- As emissões provenientes de transporte off-road (II.5) foram consideradas juntamente com a categoria de transporte terrestre (II.1);
- As emissões provenientes de transporte hidroviário (II.3) foram consideradas juntamente com a categoria de transporte terrestre (II.1).

No inventário de GEE foram excluídas algumas fontes de emissão dado indisponibilidade de dados e/ou baixa representatividade (NE):

- As emissões de Escopo 3 referentes ao transporte terrestre e hidroviário não foram calculados devido à dificuldade de obtenção de dados.

Adicionalmente, alguns setores de atividades mapeados no GPC não ocorrem no município de Porto Alegre (NO):

- Emissões fugitivas das atividades de mineração de carvão - atividade não ocorre no município, portanto não foi considerada no inventário;
- As emissões referentes ao consumo de energia de veículos elétricos particulares não são significantes visto a baixa quantidade de veículos elétricos na cidade;
- As emissões referentes ao consumo de energia nos transportes hidroviário e aéreo não são aplicáveis;

- As emissões referentes aos resíduos destinados para aterro sanitário não foram consideradas, uma vez que a maior parte é destinada a aterro fora dos limites da cidade;
- As emissões provenientes do tratamento de resíduos sólidos urbanos e industriais por incineração não foram consideradas por não serem representativas;
- As emissões provenientes do tratamento de efluentes industriais não foram consideradas por não serem representativas em relação ao total coletado na cidade;
- Emissões fugitivas de indústria de óleo e gás - atividade não ocorre no município, portanto não foi considerada no inventário;
- Atividades industriais - não foram identificadas indústrias metalúrgicas, de produção de cimento, cal e vidros no município.

A Tabela A.6 apresenta a notação para as fontes de emissão não incluídas no inventário de GEE do município de Porto Alegre, de acordo com a descrição acima:

Tabela A.6. Considerações do Inventário de GEE do município de Porto Alegre.

Escopo	Subsetor	Notação
I. Energia Estacionária	I.7 - Emissões fugitivas referentes a atividades de mineração de carvão	NO
	I.8 - Emissões fugitivas referentes a indústria de óleo e gás	NO
II. Transportes	II.1.2 - Transporte terrestre	NO
	II.1.3 - Transporte terrestre	NE
	II.3.1 - Transporte hidroviário	IE
	II.3.2 - Transporte hidroviário	NO
	II.3.3 - Transporte hidroviário	NE
	II.4.2 - Transporte aéreo	NO
	II.5 - Off-road	IE
III. Resíduos	III.1.1 Disposição e tratamento de resíduos sólidos em aterros sanitários na cidade	NO
	III.3.2 - Incineração	NO
	III.4.2 - Disposição e tratamento de efluentes industriais	NO
IV IPPU	IV.1 - Produção da indústria metalúrgica, de cal, cimento, vidros e outras indústrias	NO
	IV.2 - Uso de produtos	NO

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

Foto: Lisandro Luis Trarbach



Anexo B. Método de Cálculo

O Inventário de emissões de GEE do município de Porto Alegre foi elaborado via CLIMAS, software de cálculo desenvolvido pela WayCarbon, que possui um extenso banco de dados com os fatores de emissão mais atuais disponíveis para cada tipo de fonte (por exemplo, Programa Brasileiro GHG Protocol para o Brasil e, quando não disponíveis, referências internacionalmente aceitas como GHG Protocol, IPCC, EPA e DEFRA).

Genericamente, as emissões e remoções de GEE são calculadas para cada fonte e sumidouro individualmente segundo a fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = DA_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Em que:

i : Índice que denota uma atividade da fonte ou sumidouro individual;

g : Índice que denota um tipo de GEE;

y : Ano de referência do relatório;

E_{i,g,y} : Emissões ou remoções do GEE *g* atribuíveis à fonte ou sumidouro *i* durante o ano *y*, em tCO₂e;

DA_{i,y} : Dado de atividade consolidado referente à fonte ou sumidouro *i* para o ano *y*, na unidade *u*. Como ressaltado anteriormente, o dado de atividade consolidado consistirá em todos os atributos registrados de cada fonte/sumidouro;

FE_{i,g,y} : Fator de emissão ou remoção do GEE *g* aplicável à fonte ou sumidouro *i* no ano *y*, em t GEE *g*/u;

PAG_g : Potencial de aquecimento global do GEE *g*, em tCO₂e/t GEE *g*;

A escolha do método de cálculo apropriado decorreu da disponibilidade de dados e de fatores de emissão específicos, das tecnologias utilizadas no processo, entre outros.

A seguir são descritos os métodos de cálculo e equações específicas para cada tipo de fonte de emissão relacionada aos setores. Os fatores de emissão extraídos do CLIMAS e utilizados no inventário que não são apresentados ao longo dos próximos itens são apresentados no Anexo C deste relatório.

B.1 Energia Estacionária e Transportes

B.1.1 Consumo de energia elétrica e perdas na transmissão e distribuição (T&D)

O cálculo de emissões de GEE provenientes do consumo de eletricidade e perdas na transmissão e distribuição (T&D) foi realizado a partir dos dados de eletricidade consumida pelo município, em MWh, para os anos do inventário por tipo de atividade. Para o cálculo das emissões foram considerados os fatores de emissão mensal do Sistema Interligado Nacional (SIN), pois foram recebidos os valores de consumo mensal por tipo de atividade.

O tipo de GEE considerado na geração de energia do SIN é o CO₂ e as emissões são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{CO_2,m,y} = C_{m,y} \cdot FE_{CO_2,m,y}$$

Onde:

m : Mês do consumo referente ao consumo de eletricidade;

y : Ano do inventário;

***E*_{CO₂,m,y}** : Emissões de CO₂ atribuíveis ao consumo de eletricidade do SIN no mês *m* do ano *y*, em tCO₂e;

***C*_{m,y}** : Consumo de eletricidade da rede nacional no mês *m* do ano *y*, em MWh;

***FE*_{i,g,y}** : Fator de emissão de CO₂ aplicável à eletricidade da rede nacional no mês *m* do ano *y*, em tCO₂/MWh.

Já para o cálculo das emissões derivadas das perdas na T&D, é necessário aplicar o fator de perdas ao consumo de eletricidade. Ou seja, a mesma fórmula aplicada para consumo de energia elétrica é aplicada para perdas na T&D, utilizando o fator de perdas para o estado do Rio Grande do Sul para cada ano incluso no inventário, de acordo com o Anuário Estatístico de Energia (EPE, 2020a).

B.1.2 Consumo de Combustíveis

O cálculo das emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis foi elaborado a partir do consumo em volume de combustível, por tipo, por ano. As emissões de GEE para essa fonte são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = C_{i,y} \cdot PCI_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Onde

i : Índice que denota o tipo de combustível;

g : Índice que denota um tipo de GEE;

y : Ano do inventário;

***E*_{*i,g,y*}** : Emissões ou remoções do GEE *g* atribuíveis à fonte *i* durante o ano *y*, em tCO₂e;

***C*_{*i,y*}** : Consumo do combustível *i* para o ano *y*, na unidade de medida *u*, sendo *u* m³ ou kg;

***PCI*_{*i,y*}** : Poder Calorífico Interno do combustível *i* para o ano *y*, na unidade de medida TJ/*u*;

***FE*_{*i,g,y*}** : Fator de emissão do GEE *g* aplicável ao combustível *i* no ano *y*, em t GEE g/TJ;

***PAG*_{*g*}** : Potencial de aquecimento global do GEE *g*, em tCO₂e/t GEE *g*.

Os tipos de GEE emitidos na queima de combustíveis são CO₂, CH₄ e N₂O.

Os consumos de gasolina e diesel exigem uma etapa adicional de cálculo, devido à variação do percentual de etanol anidro e de biodiesel em suas composições, respectivamente, dependendo do ano analisado. Previamente ao uso da equação acima, aplica-se a porcentagem do biocombustível presente na gasolina e no diesel. Por fim, é realizado o cálculo das emissões por meio da equação apresentada.

B.2 Resíduos

B.2.1 Resíduos sólidos destinados para aterro fora dos limites da cidade

Os resíduos sólidos gerados no município de Porto Alegre são tratados no aterro controlado de Minas do Leão. O aterro do Recreio possui estação de recuperação do biogás gerado que recupera cerca de 92% do biogás, conforme dados do projeto no MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) (CRVR, 2017), sendo parte do biogás recuperado queimado nos *flares*, e o restante aproveitado para geração de energia. Foram consideradas as emissões fugitivas do biogás não recuperado no aterro apenas referente a parcela de biogás queimada nos *flares*, pois a parcela referente a geração de energia está fora dos limites geográficos de Porto Alegre.

As emissões de metano no aterro são calculadas a partir do balanço de massa, de acordo com a seguinte equação:

$$E_{CH_4,y} = (G_y - R_y)$$

Onde:

y : Ano do relatório;

$E_{CH_4,y}$: Emissões CH_4 atribuíveis às emissões fugitivas de biogás não recuperado em aterros no ano y , em $t CH_4$ não recuperadas;

G_y : Geração de metano no aterro no ano y em $t CH_4$;

R_y : Recuperação de metano no aterro no ano y em $t CH_4$.

B.2.2 Resíduos sólidos destinados para compostagem e reciclagem

Antes de destinar os resíduos sólidos ao aterro do Recreio, o município de Porto Alegre realiza a triagem dos resíduos, sendo parte do resíduo destinado para a reciclagem e parte para compostagem. Para os resíduos destinados a reciclagem, não são atribuídas emissões. Já as emissões dos resíduos destinados a compostagem são calculadas conforme equações detalhadas a seguir:

Emissões de CH_4

$$E_{CH_4,y} = \frac{IW \cdot EF_{CH_4}}{10^3}$$

Onde:

y : Ano do inventário;

$E_{CH_4,y}$: Emissões CH_4 atribuíveis à compostagem do resíduo no ano y , em $t CH_4$;

IW : Quantidade de resíduos destinados para compostagem, em tonelada de resíduos;

EF_{CH_4} : Fator de emissões CH_4 para compostagem, em $kg CH_4$ por tonelada de resíduo (utilizado $4 kgCH_4/t$ resíduo (IPCC, 2006)).

Emissões de N₂O

$$E_{N_2O,y} = \frac{IW \cdot EF_{N_2O}}{10^3}$$

Onde:

y : Ano do inventário;

E_{N₂O,y} : Emissões N₂O atribuíveis à compostagem do resíduo no ano y, em t N₂O;

IW : Quantidade de resíduos destinados para compostagem, em tonelada de resíduos;

EF_{N₂O} : Fator de emissões N₂O por tipo de resíduo *i*, em kg N₂O por tonelada de resíduo (utilizado 0,2kg N₂O/t resíduo (IPCC, 2006)).

B.2.3 Efluentes líquidos

► B.2.3.1 Efluentes líquidos - População coberta pelo tratamento de efluentes

No município de Porto Alegre, os efluentes são tratados em 11 Estações de Tratamento (ETEs) que utilizam lodos ativados, reatores UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente de alta eficiência) ou lagoas de estabilização como métodos de tratamento.

As emissões de CH₄ decorrente das estações de tratamento de efluentes foram estimadas segundo a fórmula a seguir:

$$E_{CH_4,i,y} = \frac{V_{i,y} \cdot MCF_i \cdot B_0 \cdot BOD_{rate}}{10^6}$$

Onde:

y : Ano do inventário;

i : Tipo de tratamento de efluente (esgoto a céu aberto ou descarte em corpo hídrico);

E_{CH₄,i,y} : Emissões CH₄ atribuíveis ao tratamento de efluentes do tipo *i* no ano y, em t CH₄;

V_{i,y} : Volume de efluente tratado no tratamento tipo *i*, no ano y;

BOD : Concentração média de Demanda Bioquímica de Oxigênio (BOD do inglês *Biochemical Oxygen Demand*) em efluente doméstico em *mg/l* (utilizada 300mg/l (SPERLING; CHERNICHARO, 2005));

MCF_i : Fator de correção de metano para o tipo de tratamento *i*, adimensional;

B₀ : Valor máximo de produção de CH₄ em efluentes sanitários em *kg CH₄/kg BOD* (valor default de 0,6 *kg CH₄/kg BOD* (IPCC, 2019a)).

► B.2.3.2 Efluentes líquidos - População não coberta pelo tratamento de efluentes

Para a população coberta pela coleta, mas não coberta pelo tratamento de efluentes, foi considerado o lançamento em corpos hídricos. Já para a população não coberta pela coleta, foi considerado o lançamento direto do esgoto bruto, por ser um perfil mais conservador de estimativas de emissões. Nesses casos, as emissões de CH₄ decorrente dos efluentes não tratados foram estimadas segundo a fórmula a seguir:

$$E_{CH_4,i,y} = \frac{\text{População}_{i,y} \cdot MCF_i \cdot B_0 \cdot BOD_{rate} \cdot 0,001 \cdot 365}{10^3}$$

Onde:

y : Ano do inventário;

i : Tipo de tratamento de efluente (esgoto a céu aberto ou descarte em corpo hídrico);

E_{CH₄,i,y} : Emissões CH₄ atribuíveis ao tratamento de efluentes do tipo *i* no ano *y*, em *t CH₄*;

População_{i,y} : Número de habitantes do município sem tratamento de efluentes do tipo *i*, no ano *y*;

BOD_{rate} : Quantidade média de Demanda Bioquímica de Oxigênio (BOD do inglês *Biochemical Oxygen Demand*) gerada por habitante por dia em *g BOD/hab/dia* (utilizada a média nacional de 54g *BOD/hab/dia* (MCTIC, 2015a));

MCF_i : Fator de correção de metano para o tipo de tratamento *i*, adimensional;

B₀ : Valor máximo de produção de CH₄ em efluentes sanitários em *kg CH₄/kg BOD* (valor default de 0,6 *kg CH₄/kg BOD* (IPCC, 2019a)).

As emissões de N₂O são significativas apenas para os efluentes sem tratamentos, sendo considerada zero para os tratamentos em ETEs. Nesses casos, as emissões de N₂O decorrente dos efluentes não tratados foram estimadas segundo a fórmula a seguir:

$$E_{N_2O,i,y} = População_{i,y} \cdot C_{\acute{a}gua} \cdot R_{\acute{a}gua} \cdot N_{rate} \cdot FE_{N_2O,i} \cdot 365 \frac{44}{28}$$

Onde:

y : Ano do inventário;

i : Tipo de tratamento de efluente (esgoto a céu aberto ou descarte em corpo hídrico);

$E_{N_2O,i,y}$: Emissões N_2O atribuíveis ao tratamento de efluentes do tipo *i* no ano *y*, em $t N_2O$;

População_{*i,y*} : Número de habitantes do município sem tratamento de efluentes do tipo *i*, no ano *y*;

$FE_{N_2O,i}$: Fator de Emissão de N_2O atribuíveis ao tratamento de efluentes do tipo *i*, em $kg N_2O-N / kg N$;

N_{rate} : Quantidade média de Nitrogênio em efluente doméstico, em mg/l (valor *default* $40mg/l$ (IPCC, 2019a));

$C_{\acute{a}gua}$: Consumo per capita de água, $l/usuário.dia$ (utilizado valor Rio Grande do Sul $149,9 l/usuário.dia$ (SNIS, 2019));

$R_{\acute{a}gua}$: Coeficiente de retorno de água, *adimensional* (valor *default* de $0,8$ (ABNT, 1986));

$\frac{44}{28}$: Fator de conversão de N para N_2O .

B.3 Agricultura, Florestas e Uso da terra

B.3.1 Rebanhos

As emissões dessa fonte são provenientes da fermentação entérica que ocorre no sistema digestório de animais ruminantes e do manejo ou não dos dejetos gerados por esses e outros animais de rebanho. O dado de entrada necessário para o cálculo dessas emissões é a quantidade de animais, por tipo. Os tipos de animais contemplados no inventário do município de Porto Alegre foram bovinos, bubalinos, equinos, caprinos, ovinos, suínos e aves, dos quais bovinos são divididos em gado leiteiro e gado de corte macho.

O CH_4 é produzido durante a fermentação entérica e as emissões são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CH_4,i,y} = N_{i,y} \cdot FE_{CH_4,i,y}$$

Onde:

y : Ano de referência do relatório;

i : Tipo de animal;

$E_{CH_4,i,y}$: Emissões CH_4 atribuíveis à fermentação entérica de animais do tipo *i* no ano *y*, em t CH_4 ;

$N_{i,y}$: Número de animais do tipo *i* no ano *y*;

$FE_{i,y}$: Fator de emissão de CH_4 aplicável para fermentação entérica do animal do tipo *i*, em t CH_4 /animal *i*.

De maneira similar, o dado de entrada necessário para o cálculo das emissões provenientes do manejo dos dejetos dos animais é a quantidade de animais por tipo. As emissões de CH_4 para essa fonte são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CH_4,i,y} = N_{i,y} \cdot FE_{CH_4,i,y}$$

Onde:

y : Ano do relatório;

i : Tipo de animal;

$E_{CH_4,i,y}$: Emissões CH_4 atribuíveis ao manejo de dejetos do animal do tipo *i* no ano *y*, em t CH_4 ;

$N_{i,y}$: Número de animais do tipo *i* no ano *y*;

$FE_{CH_4,i,y}$: Fator de emissão do CH_4 aplicável ao manejo de dejetos do animal *i*, em t CH_4 /cabeça de animal.

O N_2O também é produzido no processo de manejo de dejetos e essa fonte é calculada segundo as equações a seguir:

$$E_{N_2O,y} = E_{N_2Odir,i,y} + E_{N_2Ovot,i,y} + E_{N_2Oesc,i,y}$$

$$E_{N_2Odir,i,y} = \frac{44}{28} \cdot N_{i,y} \cdot Nex_{i,y} \cdot \sum (MS_{t,i} \cdot FE3_{N,t})$$

$$E_{N_2Ovot,i,y} = \frac{44}{28} \cdot N_{i,y} \cdot Nex_{i,y} \cdot \sum (MS_{t,i} \cdot FracGasMS_{t,i} \cdot FE4_N)$$

$$E_{N_2Oesc,i,y} = \frac{44}{28} \cdot N_{i,y} \cdot Nex_{i,y} \cdot \sum (MS_{t,i} \cdot FracLeach_{t,i} \cdot FE5_N)$$

Onde:

y : Ano do inventário;

i : Tipo de animal;

t : Tipo de manejo do dejetos

$E_{N_2O,i,y}$: Emissões N_2O atribuíveis ao manejo de dejetos do animal *i* pelo tipo de tratamento *t* no ano *y*, em $t N_2O$;

$E_{N_2Odir,i,y}$: Emissões de N_2O diretas⁷ atribuíveis ao manejo de dejetos do animal *i* pelo tipo de tratamento *t* no ano *y*, em $t N_2O$;

$E_{N_2Ovot,i,y}$: Emissões de N_2O provenientes de volatilização atribuíveis ao manejo de dejetos do animal *i* pelo tipo de tratamento *t* no ano *y*, em $t N_2O$;

$E_{N_2Oesc,i,y}$: Emissões de N_2O provenientes de escoamento⁸ atribuíveis ao manejo de dejetos do animal *i* pelo tipo de tratamento *t* no ano *y*, em $t N_2O$;

$N_{i,y}$: Número de animais do tipo *i* no ano *y*;

$Nex_{i,y}$: Média de quantidade de nitrogênio dos dejetos excretados por tipo de animal *i* no ano *y*;

$FE3_{N,t}$: Fator de emissão de N_2O diretas aplicável ao manejo de dejetos pelo tipo de tratamento *t*, em $t N_2O-N/kg N$;

$FE4_N$: Fator de volatilização e re-deposição aplicável ao manejo de dejetos, *adimensional* (valor default de 0,010 (IPCC, 2019a));

$FE5_N$: Fator de escoamento aplicável ao manejo de dejetos, *adimensional* (valor default de 0,011 (IPCC, 2019a));

$MS_{t,i}$: Fração de dejetos dos animais do tipo *i* manejados pelo tipo de tratamento *t*, *adimensional*;

$FracGasMS_{t,i}$: Fator de perda de N por volatilização de NH_3 e NO_x para o tipo de animal *i* e tipo de tratamento *t*, *adimensional*;

$FracLeach_t$: Fator de perda de N para escoamento por tipo de tratamento *t*, *adimensional*.

$\frac{44}{28}$: Fator de conversão de N para N_2O .

7. De acordo com IPCC 2006, não há emissões diretas aplicáveis aos tipos de tratamento de dejetos: lagoa anaeróbica e reator anaeróbico

8. As emissões de N_2O provenientes de escoamento são aplicáveis somente para dejetos sem tratamento (pastagem).

De acordo com o IPCC 2019, foram identificados os tipos de tratamento de dejetos por tipo de rebanho para a região América Latina e Caribe (vide tabela C.10). Para gado de corte e leiteiro, bubalinos, caprinos e ovinos, foram identificados três tipos de tratamento de dejetos: pastagem, *dry lot*⁹ e estocagem seca¹⁰. Para aves, apenas os tratamentos de estocagem seca e estocagem líquida. Para equinos, apenas os tratamentos de pastagem e esterco seco (*daily spread*). E para suínos, adicionam-se os tratamentos de lagoa anaeróbica e estocagem líquida e não há pastagem.

B.3.2 Emissões de uso da terra

As emissões e remoções de GEE do subsetor de Uso da Terra são referentes às mudanças nos estoques de carbono do solo. O município de Porto Alegre está localizado dentro do bioma Mata Atlântica e foram calculadas as remoções decorrentes do aumento da cobertura vegetal e do plantio de mudas segundo as equações a seguir:

Remoção de CO₂ devido ao aumento da cobertura vegetal:

$$R_{CO_2,y} = - a_y \cdot CC \cdot \frac{44}{12}$$

Onde:

y : Ano do inventário;

R_{CO₂,y} : Remoções de CO₂ atribuíveis ao aumento de cobertura vegetal no ano y, em t CO₂;

a_y : Aumento de área de cobertura vegetal no ano y, em ha;

CC : Conteúdo de carbono em vegetação, em t C/ha (valor de 166,93 para Mata Atlântica (MCTI, 2010));

$\frac{44}{12}$: Fator de conversão de C para CO₂.

9. No tipo de manejo denominado *dry lot* acontece em clima seco em que os animais podem ser mantidos em confinamento não pavimentado e esterco seco até ser periodicamente removido. Após a remoção, o esterco pode ser distribuído nos campos (MCTIC, 2015b)

10. No tipo de manejo Estocagem Sólida (*solid storage*), o esterco e a urina são coletados e armazenados empilhados por um longo tempo (meses) antes de serem eliminados, com ou sem escoamento de água de chuva para um sistema de fossa (MCTIC, 2015b)

Remoção de CO₂ de plantio de mudas:

$$R_{CO_2,y} = \frac{n_y \cdot CC}{N} \cdot \frac{44}{12}$$

Onde:

y : Ano do inventário;

R_{CO₂,y} : Remoções de CO₂ atribuíveis ao plantio de árvores no ano y, em t CO₂;

n_y : Número de mudas plantadas no ano y, em unidade;

CC : Conteúdo de carbono em vegetação, em t C/ha (valor de 166,93 para Mata Atlântica (MCTI, 2010));

N : Número de espécies por hectare, em un/ha (valor de 1264 para Mata Atlântica (JOLY et al., 2012)).

$\frac{44}{12}$: Fator de conversão de C para CO₂.

B.3.3 Emissões agregadas e outras de não-CO₂

As emissões agregadas e outras de não-CO₂ contempla atividades agrícolas de cultivo de arroz. A partir do dado de entrada de área de cultivo, as emissões são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CH_4,y} = A_y \cdot FE_{CH_4}$$

Onde:

y : Ano do inventário;

E_{CH₄,y} : Emissões CH₄ atribuíveis ao cultivo de arroz no ano y, em t CH₄;

A_y : Área de cultivo de arroz no ano y, em ha;

FE_{CH₄} : Fator de emissão de CH₄ aplicável para o cultivo de arroz no Rio Grande do Sul, em t CH₄/ha.

B.4 Outras Emissões de Escopo 3

Para o inventário de Porto Alegre, foram consideradas as Outras emissões de escopo 3 relacionadas aos insumos da construção civil, em específico, o consumo de cimento, ferro e madeira. A partir do dado de entrada de consumo do insumo, as emissões são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CO_2,e,i,y} = C_{i,y} \cdot FE_{CO_2,e,i}$$

Onde:

y : Ano do inventário;

i : Tipo de material;

$E_{CO_2,e,i,y}$: Emissões CO₂e atribuíveis ao material i , no ano y , em t CO₂e;

$C_{i,y}$: Consumo do material i no ano y , em kg para Cimento e Ferro e m³ para madeira;

$FE_{CO_2,e,i}$: Fator de emissão de CO₂e para o material i , em t CO₂e /unidade material.

B.5 Análise de Incertezas

A elaboração de um inventário de emissões envolve o uso de ferramentas de cálculo que utilizam previsões, parâmetros e fatores de emissão padrão. O uso dessas ferramentas acarreta certos níveis de incertezas nos cálculos do inventário, que podem estar relacionadas com os dados de entrada e/ou fatores de emissão utilizados.

Os próximos parágrafos descrevem os procedimentos utilizados para o cálculo de combinação de incertezas conforme recomendações do IPCC *Good Practice Guidance* (IPCC, 2000).

- Combinação de incerteza de componentes (não correlacionados) de uma multiplicação ou divisão:

$$I_{total} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

Onde:

I_{total} : Incerteza percentual total do produto de quantidades (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem). Para intervalos de confiança assimétricos foi considerada a maior diferença percentual entre a média e o limite de confiança;

I_i : Incerteza percentual associada a cada uma das quantidades de uma multiplicação.

- Combinação de incerteza de componentes (não correlacionados) de uma soma ou subtração:

$$I_{total} = \frac{\sqrt{(I_1 \cdot x_1)^2 + (I_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (I_n \cdot x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Onde:

I_{total} : Incerteza percentual total da soma ou subtração de quantidades (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem). Para intervalos de confiança assimétricos foi considerada a maior diferença percentual entre a média e o limite de confiança;

x_i e I_i : Quantidades e incerteza porcentual associada a cada uma das quantidades de uma multiplicação.

Por meio do modelo de propagação de incertezas descrito acima, é produzida uma estimativa da metade do intervalo de confiança de 95%, expressa como uma porcentagem do resultado do inventário. À medida que a incerteza do inventário aumenta, a abordagem de propagação descrita acima sistematicamente subestima a incerteza, exceto nos casos em que os modelos de quantificação são puramente aditivos. Portanto, nos casos em que a incerteza é superior a 100% e inferior a 230% essa deve ser corrigida por meio dos procedimentos descritos abaixo:

$$I_{corrigida} = I \cdot F_C$$

$$F_C = \left[\frac{(-0,720 + 1,0921 \cdot U - 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot U^2 + 1,11 \cdot 10^{-5} \cdot U^3)}{I} \right]^2$$

Onde:

$I_{corrigida}$: Incerteza total corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);

I : Incerteza total não corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);

F_C : Fator de correção de incerteza.

Para o cálculo de intervalos de confiança do resultado total a partir do modelo baseado na média e da metade do intervalo de confiança de 95% das quantidades componentes, uma determinada distribuição deve ser assumida. Se o modelo é puramente aditivo e a metade do intervalo de confiança é menor que 50%, uma distribuição normal é uma estimativa acurada. Nesse caso, pode ser assumida uma distribuição de probabilidade simétrica. Para modelos multiplicativos ou nos casos em que a incerteza é maior que 50% para variáveis que devem ser não-negativas, uma distribuição lognormal é tipicamente uma suposição acurada. Nesses casos a distribuição de probabilidade não é simétrica em relação à média. Para essas situações as seguintes fórmulas serão aplicadas para o cálculo dos limites superior e inferior do intervalo de confiança de 95%:

$$I_{baixa} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) - 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100$$

$$I_{alta} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) + 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100$$

$$\sigma_g = \exp \cdot \left\{ \sqrt{\ln \left(1 + \left[\frac{I}{100} \right]^2 \right)} \right\}$$

$$\mu_g = \exp \cdot \left\{ \ln(\mu) - \frac{1}{2} \cdot \ln \left(1 + \left[\frac{I}{100} \right]^2 \right) \right\}$$

Onde:

I_{baixa} : Limite inferior do intervalo de confiança de 95%, em%;

I_{alta} : Limite superior do intervalo de confiança de 95%, em%;

μ_g : Média geométrica;

μ : Média aritmética;

σ_g : Desvio padrão geométrico;

I : Incerteza total simétrica do intervalo de confiança de 95%, em%;

As incertezas associadas aos elementos de cálculo e fatores de emissão foram retiradas das referências de onde os fatores de emissão foram obtidos.

As incertezas associadas aos dados de entradas foram estimadas segundo recomendação do documento "GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty" (GHG PROTOCOL, 2003). Dado as limitações em se estabelecer valores de incerteza para dados de entrada do Inventário de Porto Alegre, o método utilizado quantifica as incertezas a partir de uma análise qualitativa dos dados, conforme apresentado na Tabela B.1:

Tabela B.1. Análise qualitativa das incertezas dos dados de entrada.

Precisão de dados	Intervalo médio de incerteza	Maior incerteza adotada	Menor incerteza adotada
Alta	+/- 5%	1%	5%
Boa	+/- 15%	5%	15%
Razoável	+/- 30%	15%	30%
Pobre	> 30%	30%	50%

Fonte: (GHG PROTOCOL, 2003).

Os dados de entrada foram qualificados conforme as características das coletadas de dados (Tabela B.2):

Tabela B.2. Avaliação dos dados de entrada do Inventário de Porto Alegre.

Setor	Parâmetro	Fonte de informação	Precisão de dados
I. Energia Estacionária	Consumo de energia elétrica	CEEE	Alta
	Consumo de GLP	ANP	Alta
	Consumo de gás natural	Sulgás	Alta
	Consumo de óleo combustível	ANP	Alta
	Consumo de óleo diesel	ANP	Alta
	Perdas na T&D	EPE	Razoável
II. Transporte	Consumo de etanol hidratado	ANP	Alta
	Consumo de gasolina	ANP	Alta
	Consumo de gás natural veicular	Sulgás	Alta
	Consumo de óleo diesel – outros transportes	ANP	Alta
	Consumo de óleo diesel – transporte público	EPTC	Alta
	Consumo de gasolina de aviação	ANP	Alta
	Consumo de querosene de aviação	ANAC	Boa
	Consumo de querosene de aviação - bunker	ANP; ANAC	Boa

Setor	Parâmetro	Fonte de informação	Precisão de dados
III. Resíduos	Massa de resíduo enviado para triagem - reciclagem	DMAE	Alta
	Massa de resíduo enviado para compostagem (massa úmida)	DMAE	Alta
	Quantidade de biogás (CH4) recuperado (t)	CRVR	Alta
	Quantidade de biogás (CH4) gerado (t)	CRVR	Razoável
	Número de moradores sem coleta e sem tratamento de efluentes - esgoto a céu aberto	DMAE; IBGE	Razoável
	Número de moradores com coleta, mas sem tratamento de efluentes - descarte em corpos hídricos	DMAE; IBGE	Razoável
	Volume de efluentes tratados, por tipo de tratamento	DMAE	Alta
V. AFOLU	Número de cabeças, por tipo de rebanho	IBGE	Razoável
	Aumento da cobertura vegetal	SMAMUS	Razoável
	Mudas plantadas	SMAMUS	Razoável
	Cultivo de arroz	IBGE	Razoável
VI. Outras Emissões	Consumo de insumos da construção civil (madeira, ferro e cimento)	SEFAZ	Boa

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance.

Foto: Lisandro Luis Trarbach



Anexo C. Fatores de Emissão

Abaixo são apresentados os fatores de emissão e outros elementos de cálculo utilizados no Inventário de GEE do município de Porto Alegre para cálculo das emissões.

Tabela C.1. Fatores de Emissão do Sistema Interligado Nacional – Fator mensal

Ano	FE CO ₂ (t/MWh)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2016	0,0960	0,0815	0,0710	0,0757	0,0701	0,0760	0,0725	0,0836	0,0897	0,0925	0,1002	0,0714
2017	0,0566	0,0536	0,0696	0,0815	0,0847	0,0676	0,0965	0,1312	0,1264	0,1366	0,1193	0,0892
2018	0,0640	0,0608	0,0635	0,0523	0,0607	0,0915	0,1076	0,1181	0,1182	0,0802	0,0366	0,0343
2019	0,0355	0,0667	0,0530	0,0514	0,0482	0,0426	0,0906	0,1070	0,1024	0,1040	0,1078	0,0913

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (MCTIC, 2021).

Tabela C.2. Densidades e Poder Calorífico Inferior (PCI)

Precursor	Densidade (kg/m ³)	PCI (kcal/kg)	Fonte
Biodiesel (B100)	880	9.000	Tabela VIII.9 (EPE, 2020b)
Etanol Anidro	791	6.750	
Etanol Hidratado	809	6.300	
Gás Liquefeito de Petróleo	552	11.100	
Gás Natural	0,74	8.800	
Gasolina Automotiva	742	10.400	
Gasolina de Aviação	726	10.600	
Óleo Combustível	1.000	9.590	
Óleo Diesel	840	10.100	
Querosene de aviação	799	10.400	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (EPE, 2020b).

Tabela C.3. Fatores de Emissão de GEE – Fontes Estacionárias

Precursor	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	Unidade de medida	Fonte
Subsetor – Construções Residenciais, Agricultura, Silvicultura e Pesca					
Gás Liquefeito de Petróleo	63.100	5	0,1	kg GEE/TJ	V2_Ch2 Tabela 2.5 (IPCC, 2006)
Gás Natural	56.100	5	0,1	kg GEE/TJ	
Óleo Diesel	74.100	10	0,6	kg GEE/TJ	
Subsetor – Construções Comerciais e Institucionais					
Gás Liquefeito de Petróleo	63.100	5	0,1	kg GEE/TJ	V2_Ch2 Tabela 2.4 (IPCC, 2006)
Gás Natural	56.100	5	0,1	kg GEE/TJ	
Óleo Diesel	74.100	10	0,6	kg GEE/TJ	
Óleo combustível	77.400	10	0,6	kg GEE/TJ	
Subsetor – Indústria de Manufatura e Construção					
Gás Liquefeito de Petróleo	63.100	5	0,1	kg GEE/TJ	V2_Ch2 Tabela 2.3 (IPCC, 2006)
Gás Natural	56.100	1	0,1	kg GEE/TJ	
Óleo Diesel	74.100	3	0,1	kg GEE/TJ	
Óleo combustível	77.400	10	0,6	kg GEE/TJ	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (IPCC, 2006).

Tabela C.4. Fatores de Emissão de GEE – Fontes Móveis – transporte terrestre

Precursor	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	Unidade de medida	Fonte
Biodiesel (B100)	0	0,332	0,02	kg GEE/m3	(FGV, 2021)
Etanol Anidro	0	0,224	0,013	kg GEE/m3	
Etanol Hidratado	0	0,384	0,013	kg GEE/m3	
Gás Natural	56.100	92	3	kg GEE/TJ	V2_Ch3 Tabela 3.2.1 e Tabela 3.2.2 – (IPCC, 2006)
Gasolina Automotiva	69.300	25	8	kg GEE/TJ	
Óleo Diesel - terrestre	74.100	3.9	3.9	kg GEE/TJ	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (IPCC, 2006) e (FGV, 2021).

Tabela C.5. Fatores de Emissão de GEE – Fontes Móveis – transporte aéreo

Precursor	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	Unidade de medida	Fonte
Gasolina de Aviação	69.300	0,5	2	kg GEE/TJ	V2_Ch3 Tabela 3.6.4 e Tabela 3.6.5 – (IPCC, 2006)
Querosene de Aviação	71.500	0,5	2	kg GEE/TJ	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (IPCC, 2006).

Tabela C.6. Fatores de Emissão de Tratamento de Efluentes

Tipo de tratamento de efluente	MCF	Fonte	FE N ₂ O (kg N ₂ O-N /kg N)	Fonte
Lagoa Facultativa	0,2	V5_Ch06 Tabela 6.3 (IPCC, 2019a)	0	V5_Ch06 Tabela 6.8A (IPCC, 2019a)
Reator Anaeróbico (UASB)	0,8		0	
Tratamento aeróbico (lodo ativado e valo de oxidação)	0		0	
Esgoto coletado e não tratado – descarte em corpos hídricos	0,11		0,005	
Esgoto não coletado e não tratado – esgoto a céu aberto	0,5		0,019	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (IPCC, 2019a).

Tabela C.7. Fatores de Emissão de Metano na Fermentação Entérica de Rebanhos

Tipo de Animal	FE CH ₄ (kg/cabeça/ano)	Fonte
Gado Leiteiro	70	Tabela 20 - Estado Rio Grande do Sul – 2010 (MCTIC, 2015c)
Gado Macho	55	Tabela 19 - Estado Rio Grande do Sul – 2010 (MCTIC, 2015c)
Suínos	1	Tabela 22 – Média nacional (MCTIC, 2015c)
Bubalinos	55	
Caprinos	5	
Equinos	18	
Ovinos	5	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (MCTIC, 2015c).

Tabela C.8. Fatores de Emissão de Metano no Manejo de Dejetos de Rebanhos

Tipo de Animal	FE CH₄ (kg/cabeça/ano)	Fonte
Gado Leiteiro	2,00	Tabela - Estado Rio Grande do Sul - 2010 (MCTIC, 2015c)
Gado Macho	1,50	Tabela 24 - Estado Rio Grande do Sul - 2010 (MCTIC, 2015c)
Suínos	3,90	Tabela 27 - Estado Rio Grande do Sul - 2010 (MCTIC, 2015c)
Bubalinos	1,00	Tabela 28 - Estado Rio Grande do Sul (MCTIC, 2015c)
Caprinos	0,17	
Equinos	1,60	
Ovinos	0,16	
Aves	0,117	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (MCTIC, 2015c).

Tabela C.9. Quantidade de Nitrogênio Excretado - Manejo de Dejetos de Rebanhos

Tipo de Animal	FE Nex (kg/cabeça/ano)	Fonte
Gado Leiteiro	70,0	Tabela 5 (MCTIC, 2015b)
Gado Macho	40,0	
Bubalinos	40	
Suínos	16,0	
Caprinos	12,0	
Equinos	40,0	
Ovinos	12,0	
Aves	0,6	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (MCTIC, 2015b).

Tabela C.10. Fração de dejetos dos animais do tipo de animal e por tipo de manejo - Manejo de dejetos

Tipo de Animal	Pastagem	Lagoa Anaerob.	Armaz. sólida	Armaz. líquida	Daily spread	Dry lot	Fonte
Gado Leiteiro	57	-	5	-	-	38	V4_Ch10 Tabela 10A.6 (IPCC, 2019a)
Gado Macho	92	-	3	-	-	5	
Bubalinos	93	-	2	-	-	5	
Suínos	-	11	12	34	2	41	V4_Ch10 Tabela 10A.7 (IPCC, 2019a)
Caprinos	80	-	17	-	-	3	V4_Ch10 Tabela 10A.8 (IPCC, 2019a)
Ovinos	80	-	17	-	-	3	
Equinos	50	-	-	-	50	-	V4_Ch10 Tabela 10A.9 (IPCC, 2019a)
Aves	-	-	42	58	-	-	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (IPCC, 2019a).

Tabela C.11. Fator de perda de N por volatilização de NH₃ e NO_x para o tipo de animal e tipo de manejo (Frac_{Gas-MS}) - Manejo de dejetos

Tipo de Animal	Lagoa Anaeróbica	Armaz. sólida	Armaz. líquida	Daily spread	Dry lot	Fonte
Gado Leiteiro	0,35	0,30	0,48	0,07	0,30	V4_Ch10 Tabela 10.22 (IPCC, 2019a)
Gado Macho	0,35	0,45	0,48	0,07	0,30	
Suínos	0,40	0,45	0,48	0,07	0,45	
Bubalinos	0,35	0,12	-	0,07	0,30	
Caprinos	0,35	0,12	-	0,07	0,30	
Equinos	0,35	0,12	-	0,07	0,30	
Ovinos	0,35	0,12	-	0,07	0,30	
Aves	0,40	0,40	-	0,07	-	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (IPCC, 2019a).

Tabela C.12. Fator de perda de N por lixiviação por tipo de animal e tipo de manejo ($Frac_{Leach-MS}$) - Manejo de dejetos

Tipo de Animal	Lagoa Anaeróbica	Armaz. sólida	Armaz. líquida	Daily spread	Dry lot	Fonte
Gado Leiteiro	0	0,02	0	0	0,035	V4_Ch10 Tabela 10.22 (IPCC, 2019a)
Gado Macho	0	0,02	0	0	0,035	
Suínos	0	0,02	0	0	0,035	
Bubalinos	0	0,02	0	0	0,035	
Caprinos	0	0,02	0	0	0,035	
Equinos	0	0,02	0	0	0,035	
Ovinos	0	0,02	0	0	0,035	
Aves	0	0,02	0	0	0,035	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (IPCC, 2019a).

Tabela C.13. Fatores de Emissão de N_2O diretas - Manejo de Dejetos

Tipo de Animal	FE N_2O (kg N_2O-N /kg N)	Fonte
Pastagem (Gado, bubalino, aves e suínos)	0,004	V4_Ch11 Tabela 11.1 (IPCC, 2019a)
Pastagem (ovinos, caprinos e equinos)	0,003	
Daily spread (esterco seco)	0	V4_Ch10 Tabela 10.21 (IPCC, 2019a)
Armazenagem sólida	0,010	
Armazenagem líquida	0	
Dry lot	0,020	

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base em (IPCC, 2019a).

Tabela C.14. Fatores de Emissão Cultivo de Arroz

Tipo de Cultivo	FE CH_4 (kg/ha/ano)	Fonte
Preparo convencional – Rio Grande do Sul	0,417	Tabela 9 (WRI; UNICAMP, 2015)

Fonte: WayCarbon/ICLEI/Ecofinance com base em (WRI; UNICAMP, 2015).

Tabela C.15. Fatores de Emissão Materiais da Construção Civil

Material	Unidade	FE CO_2e (kg/un)	Fonte
Cimento	kg	0,583	(SINDUSCON-SP, 2012)
Ferro	kg	1,35	(SINDUSCON-SP, 2012)
Madeira	m ³	148,53	Ecoinvent 3.7 (WERNET et al., 2016)

Fonte: WayCarbon/ICLEI/Ecofinance com base em (SINDUSCON-SP, 2012) e (WERNET et al., 2016).

Foto: Beto Galleto



Anexo D. Emissões de GEE por Ano do Município de Porto Alegre

Tabela D.1. Emissões de GEE do Município de Porto Alegre em 2016, por escopo e setor.

	2016 (tCO ₂ e)			
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total Basic+
I. Energia Estacionária				
I.1. Construções Residenciais	147.794	104.794	15.300	267.888
I.2. Construções Comerciais e Institucionais	74.908	156.829	22.897	254.633
I.3. Indústria de Manufatura e Construção	33.047	17.020	2.485	52.552
I.4.1/2/3 Indústria de Energia	NO	463	68	530
I.4.4 Geração de Energia exportada para o SIN	NO			
I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	12	221	32	265
I.6. Fontes não especificadas	241	NO	NO	241
I.7. Emissões Fugitivas - Mineração	NO			
I.8. Emissões Fugitivas – Óleo e Gás	NO			
Subtotal	256.001	279.326	40.782	576.108
II. Transportes				
II.1. Transporte terrestre	1.276.677	NO	NE	1.276.677
II.2. Transporte ferroviário	NO	3.954	577	4.531
II.3. Transporte hidroviário	IE	NO	NE	
II.4. Transporte aéreo	322.149	NO	97.731	419.880
II.5. <i>Off-road</i>	IE	NO	NO	
Subtotal	1.598.826	3.954	98.308	1.701.088
III. Resíduos				
III.1.1/2 Disposição de resíduos sólidos gerados na cidade	NO		4.610	NO
III.2.1/2 Compostagem de resíduos gerados na cidade	2.446		NO	2.446
III.3.1/2 Incineração de resíduos sólidos gerados na cidade	NO		NO	NO
III.4.1/2 Tratamento de efluentes doméstico gerados na cidade	200.757		NO	200.757
III.1.3 Disposição de resíduos sólidos gerados fora da cidade	NO			
III.2.3 Compostagem de resíduos gerados fora da cidade	NO			
III.3.3 Incineração de resíduos sólidos gerados fora da cidade	NO			
III.1.3 Tratamento de efluentes doméstico gerados fora da cidade	NO			
Subtotal	203.203		4.610	203.203
IV. IPPU				
IV.1- Produção industrial	NO			
IV.2 - Uso de produtos	NO			
V. AFOLU				
V.1. Rebanhos	25.355			
V.2. Uso da Terra	-740			
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO2	4.713			
Subtotal	29.327			
VI. Outras Emissões				
VI. Outras Emissões Escopo 3			990.624	
Subtotal			990.624	
Total Geral	2.087.357	283.280	143.700	2.514.337

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Tabela D.2. Emissões de GEE do Município de Porto Alegre em 2017, por escopo e setor.

	2017 (tCO ₂ e)			
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total Basic+
I. Energia Estacionária				
I.1. Construções Residenciais	141.354	112.063	15.689	269.105
I.2. Construções Comerciais e Institucionais	70.613	172.662	24.173	267.448
I.3. Indústria de Manufatura e Construção	33.314	27.873	3.902	65.089
I.4.1/2/3 Indústria de Energia	NO	511	72	583
I.4.4 Geração de Energia exportada para o SIN	NO			
I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	793	212	30	1.035
I.6. Fontes não especificadas	282	NO	NO	282
I.7. Emissões Fugitivas - Mineração	NO			
I.8. Emissões Fugitivas – Óleo e Gás	NO			
Subtotal	246.356	313.320	43.865	603.542
II. Transportes				
II.1. Transporte terrestre	1.285.622	NO	NE	1.285.622
II.2. Transporte ferroviário	NO	4.318	605	4.923
II.3. Transporte hidroviário	IE	NO	NE	
II.4. Transporte aéreo	317.045	NO	131.083	448.127
II.5. <i>Off-road</i>	IE	NO	NO	
Subtotal	1.602.667	4.318	131.687	1.738.673
III. Resíduos				
III.1.1/2 Disposição de resíduos sólidos gerados na cidade	NO		4.520	4.520
III.2.1/2 Compostagem de resíduos gerados na cidade	1.228		NO	1.228
III.3.1/2 Incineração de resíduos sólidos gerados na cidade	NO		NO	
III.4.1/2 Tratamento de efluentes doméstico gerados na cidade	226.741		NO	226.741
III.1.3 Disposição de resíduos sólidos gerados fora da cidade	NO			
III.2.3 Compostagem de resíduos gerados fora da cidade	NO			
III.3.3 Incineração de resíduos sólidos gerados fora da cidade	NO			
III.1.3 Tratamento de efluentes doméstico gerados fora da cidade	NO			
Subtotal	227.968		4.520	232.489
IV. IPPU				
IV.1- Produção industrial	NO			
IV.2 - Uso de produtos	NO			
V. AFOLU				
V.1. Rebanhos	14.755			14.755
V.2. Uso da Terra	-1.130			-1.130
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO2	4.285			4.285
Subtotal	17.910			17.910
VI. Outras Emissões				
VI. Outras Emissões Escopo 3			990.732	
Subtotal			990.732	
Total Geral	2.094.901	317.639	180.073	2.592.613

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

- Fontes de emissões exigidas para inventários Basic
- Fontes de emissões adicionais exigidas para inventários Basic+
- Fontes de emissões não aplicáveis ou não exigidas para inventários Basic+
- Fontes de emissão não somadas no inventário Basic+, porém reportadas sob a perspectiva territorial
- Fontes de emissão de Outras Emissões de Escopo 3

Tabela D.3. Emissões de GEE do Município de Porto Alegre em 2018, por escopo e setor.

	2018 (tCO ₂ e)			
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total Basic+
I. Energia Estacionária				
I.1. Construções Residenciais	145.695	95.484	13.272	254.451
I.2. Construções Comerciais e Institucionais	77.674	135.891	18.889	232.454
I.3. Indústria de Manufatura e Construção	32.344	21.221	2.950	56.515
I.4.1/2/3 Indústria de Energia	NO	369	51	421
I.4.4 Geração de Energia exportada para o SIN	NO			
I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	3.602	176	24	3.803
I.6. Fontes não especificadas	283	NO	NO	283
I.7. Emissões Fugitivas - Mineração	NO			
I.8. Emissões Fugitivas – Óleo e Gás	NO			
Subtotal	259.598	253.142	35.187	547.927
II. Transportes				
II.1. Transporte terrestre	1.194.026	NO	NE	1.194.026
II.2. Transporte ferroviário	NO	3.735	519	4.254
II.3. Transporte hidroviário	IE	NO	NE	
II.4. Transporte aéreo	339.171	NO	118.874	458.046
II.5. <i>Off-road</i>	IE	NO	NO	
Subtotal	1.533.198	3.735	119.393	1.656.326
III. Resíduos				
III.1.1/2 Disposição de resíduos sólidos gerados na cidade	NO		8.199	8.199
III.2.1/2 Compostagem de resíduos gerados na cidade	858		NO	858
III.3.1/2 Incineração de resíduos sólidos gerados na cidade	NO		NO	
III.4.1/2 Tratamento de efluentes doméstico gerados na cidade	218.116		NO	218.116
III.1.3 Disposição de resíduos sólidos gerados fora da cidade	NO			
III.2.3 Compostagem de resíduos gerados fora da cidade	NO			
III.3.3 Incineração de resíduos sólidos gerados fora da cidade	NO			
III.1.3 Tratamento de efluentes doméstico gerados fora da cidade	NO			
Subtotal	218.974		8.199	227.173
IV. IPPU				
IV.1 - Produção industrial	NO			
IV.2 - Uso de produtos	NO			
V. AFOLU				
V.1. Rebanhos	14.132			14.132
V.2. Uso da Terra	-1.691			-1.691
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO2	7.402			7.402
Subtotal	19.843			19.843
VI. Outras Emissões				
VI. Outras Emissões Escopo 3			993.955	
Subtotal			993.955	
Total Geral	2.031.612	256.877	162.779	2.451.269

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

Tabela D.4. Emissões de GEE do Município de Porto Alegre em 2019, por escopo e setor.

	2019 (tCO ₂ e)			
	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total Basic+
I. Energia Estacionária				
I.1. Construções Residenciais	145.967	94.520	12.477	252.964
I.2. Construções Comerciais e Institucionais	77.197	137.244	18.116	232.558
I.3. Indústria de Manufatura e Construção	31.057	21.303	2.812	55.171
I.4.1/2/3 Indústria de Energia	NO	361	48	409
I.4.4 Geração de Energia exportada para o SIN	NO			
I.5. Agricultura, silvicultura e Pesca	3.346	102	13	3.461
I.6. Fontes não especificadas	256	NO	NO	256
I.7. Emissões Fugitivas - Mineração	NO			
I.8. Emissões Fugitivas – Óleo e Gás	NO			
Subtotal	257.823	253.530	33.466	544.819
II. Transportes				
II.1. Transporte terrestre	1.196.321	NO	NE	1.196.321
II.2. Transporte ferroviário	NO	3.441	454	3.895
II.3. Transporte hidroviário	IE	NO	NE	
II.4. Transporte aéreo	324.894	NO	80.591	405.485
II.5. <i>Off-road</i>	IE	NO	NO	
Subtotal	1.521.215	3.441	81.046	1.605.702
III. Resíduos				
III.1.1/2 Disposição de resíduos sólidos gerados na cidade	NO		6.081	6.081
III.2.1/2 Compostagem de resíduos gerados na cidade	3.463		NO	3.463
III.3.1/2 Incineração de resíduos sólidos gerados na cidade	NO		NO	
III.4.1/2 Tratamento de efluentes doméstico gerados na cidade	199.877		NO	199.877
III.1.3 Disposição de resíduos sólidos gerados fora da cidade	NO			
III.2.3 Compostagem de resíduos gerados fora da cidade	NO			
III.3.3 Incineração de resíduos sólidos gerados fora da cidade	NO			
III.1.3 Tratamento de efluentes doméstico gerados fora da cidade	NO			
Subtotal	203.340		6.081	209.421
IV. IPPU				
IV.1- Produção industrial	NO			
IV.2 - Uso de produtos	NO			
V. AFOLU				
V.1. Rebanhos	13.705			13.705
V.2. Uso da Terra	-7.522			-7.522
V.3. Emissões agregadas e outras de não-CO2	6.568			6.568
Subtotal	12.752			12.752
VI. Outras Emissões				
VI. Outras Emissões Escopo 3			1.188.394	
Subtotal			1.188.394	
Total Geral	1.995.129	256.971	120.593	2.372.693

Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas.

- Fontes de emissões exigidas para inventários Basic
- Fontes de emissões adicionais exigidas para inventários Basic+
- Fontes de emissões não aplicáveis ou não exigidas para inventários Basic+
- Fontes de emissão não somadas no inventário Basic+, porém reportadas sob a perspectiva territorial
- Fontes de emissão de Outras Emissões de Escopo 3



COLABORADORES E PARTICIPANTES

COLABORADORES E PARTICIPANTES EQUIPE WAYCARBON, ICLEI E ECOFINANCE

Felipe Bittencourt

Diretor Executivo WayCarbon

Rodrigo Perpétuo

Secretário Executivo ICLEI América do Sul

Henrique Pereira

Diretor da Consultoria WayCarbon

Bruna Dias

Gerente Estratégias de Mitigação
WayCarbon

Igor Albuquerque

Gerente de Projetos ICLEI América do Sul

Rosangela Silva

Coordenadora de Estratégias de Mitigação
WayCarbon

Leta Vieira

Coordenadora de Baixo Carbono e
Resiliência

Eduardo Baltar

Diretor Ecofinance Negócios

Flora Simon

Analista Estratégias de Mitigação
WayCarbon

Iris Coluna

Assessora de Projetos ICLEI América do Sul

Mariana Meireles

Consultora Risco Climático e Adaptação

Matheus Fernandes

Analista Estratégias de Mitigação
WayCarbon

Letícia Gavioli

Consultora Estratégias de Mitigação

Larissa Lima

Assistente de Mudança do Clima ICLEI
América do Sul

EQUIPE PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE

Germano Bremm

Secretário na Secretaria de Urbanismo, Meio Ambiente e Sustentabilidade (SMAMUS)

Rovana Reale Bortolini

Diretora de Projetos e Políticas de Sustentabilidade SMAMUS

Patrícia da Silva Tschoepke

Diretora de Planejamento Urbano e Sustentável SMAMUS

Natércia Munari Domingos

Coordenadora de Projetos de Sustentabilidade SMAMUS

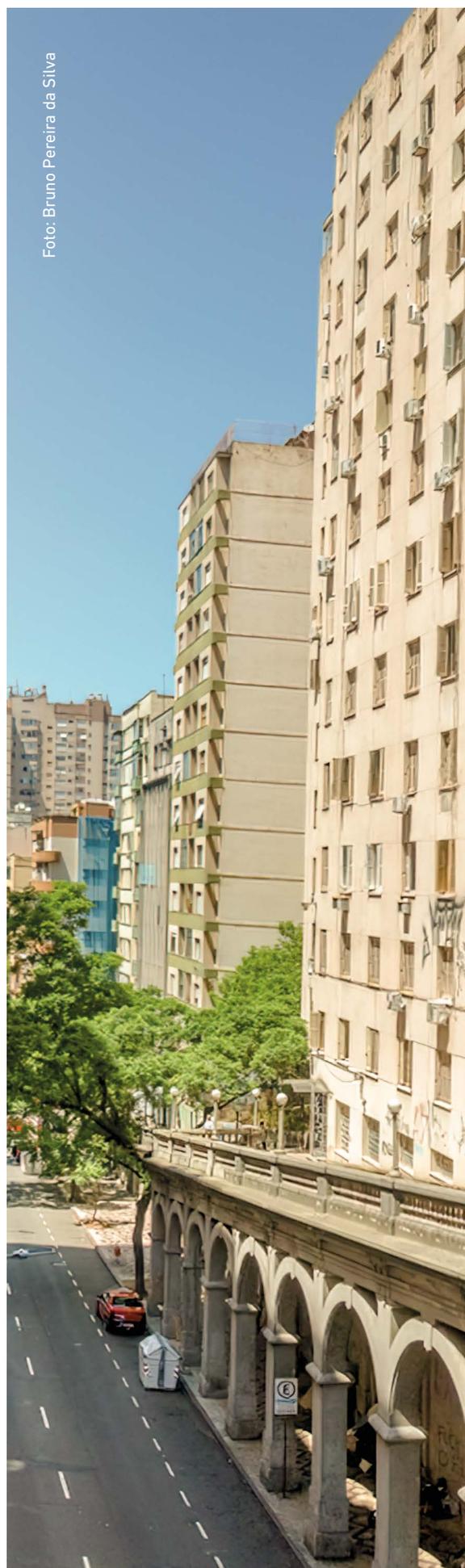
Renata Saffer

Assessora da Diretoria de Planejamento Urbano e Sustentável SMAMUS

Gisele Coelho Vargas

Arquiteta e Urbanista SMAMUS

Foto: Bruno Pereira da Silva



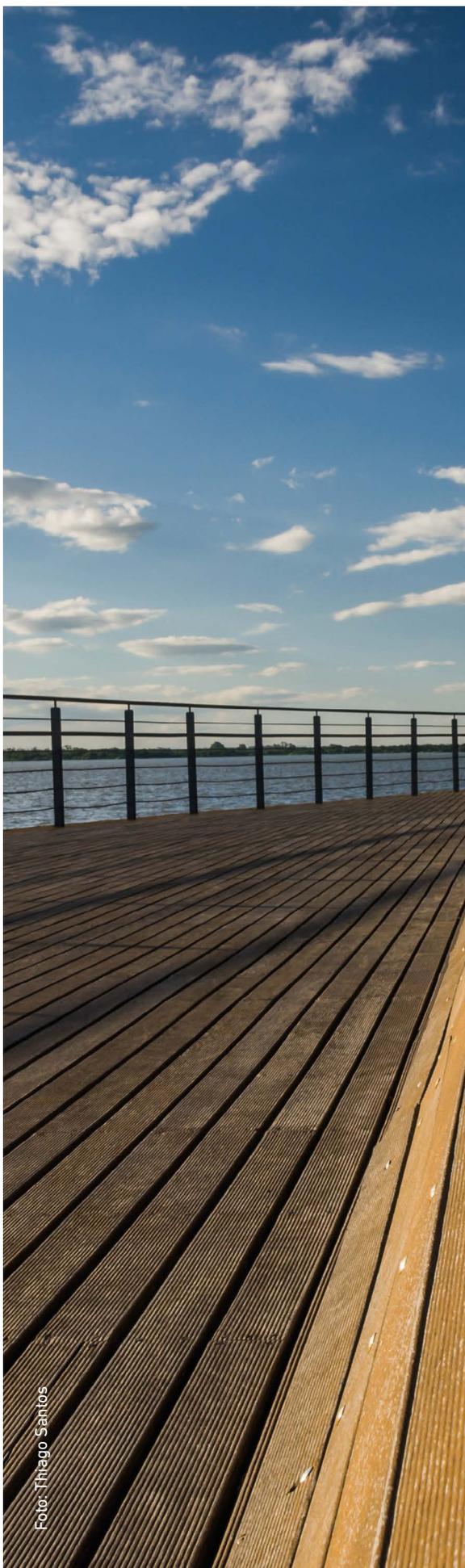


Foto: Thiago Santos

FORNECEDORES DE DADOS

Eduardo Fleck

Engenheiro Químico – DMLU

Guilherme Dutra de Campos

Chefe do Setor de Responsabilidade Ambiental – TREN SURB

Henrique Bolacel Antunes

Coordenador da UVS Minas do Leão – CRVR

Letícia Lagemann

SEFAZ-RS

Lucas Rubbo Gonçalves

Engenheiro Sanitarista e Ambiental – CEEE

Lucio Mauro Locatelli

Engenheiro Cartógrafo – DMAE

Maicon Leal

Gerente de Projetos e Inteligência do Mercado – SINDUSCON-RS

Marielen Cozer Ribas

Analista Ambiental – Fraport

Marluce Coutinho

Coordenadora de Indicadores e Engenharia de Tráfego – EPTC

Priscila Huning Spohr

Coordenadora de Gestão de Áreas Verdes

Simone Rojahn Gonçalves

Diretora Técnica – FEPAM

Tiago Pereira

Especialista – CODEMA/FIERGS

Vancler Correa Pinto

Gerente Qualidade, Segurança e Meio Ambiente – SULGÁS

Fotos retiradas dos bancos de imagens UNSPLASH, Shutterstock, Istockphotos. Créditos dos autores identificados em cada foto.



Foto: Eduardo Rocha

