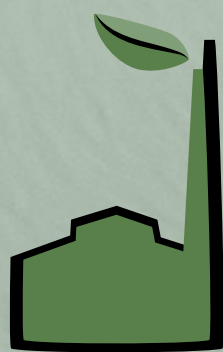




**Prefeitura de  
Porto Alegre**

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE,  
URBANISMO E SUSTENTABILIDADE



# PLANO DE AÇÃO CLIMÁTICA **PORTO ALEGRE**

PRODUTO 6 | RELATÓRIO FINAL  
Apêndice B | Cenários de Emissões

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### PROJETO

PMPOA23A

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática):

Apêndice B – Cenários de Emissões

### EQUIPE DO CONSÓRCIO

#### EQUIPE CHAVE

Sérgio Margulis, Coordenador Técnico;

[margulis.sergio@gmail.com](mailto:margulis.sergio@gmail.com)

Melina Amoni, Especialista em Desastre e Vulnerabilidade Climática;

[melina.amoni@waycarbon.com](mailto:melina.amoni@waycarbon.com)

Rosangela Silva, Especialista em Mitigação;

[rosangela.silva@waycarbon.com](mailto:rosangela.silva@waycarbon.com)

Flora Simon, Especialista em Adaptação;

[flora.simon@waycarbon.com](mailto:flora.simon@waycarbon.com)

Letícia Gavioli, Especialista em Finanças Climáticas;

[leticia.gavioli@waycarbon.com](mailto:leticia.gavioli@waycarbon.com)

Paulo Pelegrino, Especialista em Planejamento Urbano;

[prmpelle@usp.br](mailto:prmpelle@usp.br)

Gregory Pitta, Especialista em Análise de Dados Geoespaciais;

[gregory.pitta@waycarbon.com](mailto:gregory.pitta@waycarbon.com)

#### EXPERTS DE APOIO

Carlos Nobre, Especialista em Mudança do Clima;

[cnobre.res@gmail.com](mailto:cnobre.res@gmail.com)

Ludovino Lopes, Especialista em Políticas Climáticas;

[ludovinolopes@ludovinolopes.com.br](mailto:ludovinolopes@ludovinolopes.com.br)

Eduardo Baltar, Especialista em Gases de Efeito Estufa (GEE) – Parceiro Local;

[eduardo@grupocofinance.com.br](mailto:eduardo@grupocofinance.com.br)

#### EQUIPE DE ENGAJAMENTO E MOBILIZAÇÃO



Prefeitura de  
Porto Alegre

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE,  
URBANISMO E SUSTENTABILIDADE



THE WORLD BANK



## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Rodrigo Perpétuo, Secretário Executivo do ICLEI América do Sul;

rodrigo.perpetuo@iclei.org

Rodrigo Corradi, Secretário Executivo Adjunto do ICLEI América do Sul;

rodrigo.corradi@iclei.org

Armelle Cibaka, Coordenadora de Planejamento, Gestão e Conhecimento

arnelle.cibaka@iclei.org

Keila Ferreira, Coordenadora de Baixo Carbono e Resiliência do ICLEI Brasil;

keila.ferreira@iclei.org

### **EQUIPE TÉCNICA DE APOIO**

Roberta Santos, Analista de Sustentabilidade Júnior;

roberta.santos@waycarbon.com

Franciele Barros, Analista de Dados

franciele.barros@waycarbon.com

Júlia Stefano Finotti, Assistente de Baixo Carbono e Resiliência do ICLEI Brasil;

julia.finotti@iclei.org

Eduardo Azevedo, Assistente de Relações Institucionais e Advocacy do ICLEI Brasil;

eduardo.azevedo@iclei.org

Elysama Braz, Assistente de Relações Institucionais e Advocacy do ICLEI Brasil;

elysama.braz@iclei.org

### **EQUIPE DO BANCO MUNDIAL**

Adriana Torchelo Magliano, Consultora em Mudanças Climáticas

atorchelomaglian@worldbank.org

Ana Waksberg Guerrini, Economista Sênior em Transporte

aguerrini@worldbank.org

Emanuela Monteiro, Especialista Sênior em Desenvolvimento Urbano

emonteiro@worldbank.org

Hannah Kim, Especialista Sênior em Desenvolvimento Urbano

hkim9@worldbank.org

Jack Campbell, Especialista em Gestão de Riscos e Desastres

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### EQUIPE DA PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE

jcampbell2@worldbank.org

Luisa Pelucio Macieira De Sousa, Assistente de Projeto

lpelucio@worldbank.org

Yuka Maekawa, Consultora em Gestão de Riscos e Desastres e Resiliência Urbana

ymaekawa@worldbank.org

Germano Bremm, Secretário da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade (SMAMUS)

germano.bremm@portoalegre.rs.gov.br

Rovana Reale Bortolini, Diretora de Projetos e Políticas de Sustentabilidade da SMAMUS

rovana.bortolini@portoalegre.rs.gov.br

Giordana de Oliveira Sant'Anna, Assessora da Diretoria de Projetos e Políticas de Sustentabilidade da SMAMUS

giordana.santanna@portoalegre.rs.gov.br

Glênio Vianna Bohrer, Diretor Técnico da Secretaria Municipal de Planejamento e Assuntos Estratégicos (SMPAE)

glenio.bohrer@portoalegre.rs.gov.br

Isabel Cristina Guimarães Haifuch, Coordenadora Geral do Programa Orla-Poa da SMPAE

haifuch@portoalegre.rs.gov.br

Lúcia de Borba Maciel, Arquiteta da SMPAE

lmaciell@portoalegre.rs.gov.br

Daniela Reckziegel, Arquiteta da SMPAE

daniela.reckziegel@portoalegre.rs.gov.br

### HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Nome do documento	Data	Natureza da revisão
PMPOA23A_240830_P6_Apêndice_B_V0.0	30/08/2024	Primeira versão
PMPOA23A_240926_P6_Apêndice_B_V1.0	26/09/2024	Segunda versão, após revisão do cliente

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
2.	CONTRUÇÃO DOS CENÁRIOS.....	15
2.1	ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS.....	16
3.	METODOLOGIA – CENÁRIO BUSINESS-AS-USUAL (BAU) .....	17
3.1	ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO ECONÔMICO E POPULACIONAL .....	17
3.1.1	Estimativa do crescimento econômico a partir do PIB.....	17
3.1.2	Estimativa do crescimento populacional.....	19
3.2	SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA .....	20
3.2.1	Estimativa de Crescimento por Subsetor .....	21
3.2.2	Estimativa do Consumo de Energia Elétrica em Edificações .....	24
3.2.3	Estimativa do consumo de GLP e gás natural utilizado para Cocção – setor residencial.....	28
3.2.4	Estimativa do consumo dos demais Combustíveis.....	29
3.3	SETOR DE TRANSPORTES .....	30
3.3.1	Estimativa de crescimento do número de viagens .....	31
3.3.2	Estimativa de Distribuição modal.....	32
3.3.3	Estimativa de distribuição do uso de combustíveis e energia elétrica .....	32
3.4	SETOR DE RESÍDUOS .....	35
3.4.1	Estimativa de crescimento de geração de Resíduos Sólidos.....	35
3.4.2	Estimativa de crescimento de geração de Efluentes Líquidos .....	36
3.5	SETOR AFOLU .....	36
3.5.1	Estimativa de crescimento dos rebanhos.....	36

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões	
3.5.2	Estimativa de crescimento de produção de arroz..... 37
3.5.3	Estimativa de alterações na Cobertura vegetal..... 38
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA – CENÁRIO PLANEJADO ..... 38</b>
4.1	SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA ..... 38
4.1.1	Estimativa de Geração Distribuída Fotovoltaica ..... 38
4.1.2	Estimativa de redução de combustíveis para Cocção ..... 41
4.1.3	Estimativa de consumo de energia elétrica na Iluminação Pública ..... 42
4.2	SETOR DE TRANSPORTES ..... 42
4.2.1	Estimativa de crescimento do número de viagens ..... 43
4.2.2	Estimativa da Distribuição Modal..... 43
4.2.3	Estimativas de Mudanças Tecnológicas – eficiência energética e mudança de combustíveis..... 44
4.3	SETOR DE RESÍDUOS ..... 46
4.3.1	Estimativa da Recuperação de resíduos recicláveis secos ..... 46
4.3.2	Estimativa de Tratamento de fração orgânica ..... 47
4.3.3	Estimativa de tratamento dos Efluentes domésticos..... 48
4.4	SETOR AFOLU ..... 48
4.4.1	Estimativa de rebanhos ..... 48
4.4.2	Estimativa de cultivo de arroz ..... 48
4.4.3	Estimativa de aumento da Cobertura vegetal..... 49
<b>5.</b>	<b>METODOLOGIA - CENÁRIO AMBICIOSO ..... 49</b>
5.1	SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA ..... 49
5.1.1	Estimativa do consumo de energia elétrica em edificações ..... 49

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões	
5.1.2	Estimativa da ampliação da geração Distribuída ..... 50
5.1.3	Estimativa do consumo de combustíveis para Cocção ..... 51
5.1.4	Estimativa do consumo de energia elétrica na iluminação pública ..... 51
5.2	SETOR DE TRANSPORTES ..... 51
5.2.1	Estimativa da Distribuição Modal..... 51
5.2.2	Estimativas de Mudanças Tecnológicas – eficiência energética e mudança de combustíveis..... 52
5.2.3	Estimativa para o transporte aéreo..... 54
5.3	SETOR DE RESÍDUOS ..... 54
5.3.1	Estimativa da Recuperação de resíduos recicláveis secos ..... 54
5.3.2	Estimativa de Tratamento de fração orgânica ..... 55
5.3.3	Captura do biogás de aterro..... 56
5.4	SETOR AFOLU ..... 57
5.4.1	Estimativa de aumento da Cobertura vegetal..... 57
6.	<b>RESULTADOS E PRÓXIMOS PASSOS ..... 58</b>
6.1	Cenário BAU..... 58
6.2	Cenário Planejado..... 58
6.3	Cenário Ambicioso ..... 59
6.4	Próximos Passos..... 62
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 63</b>	

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de etapas para a elaboração de cenários de emissões de Porto Alegre..	16
Figura 2. Relação entre o índice do PIB de Porto Alegre e o índice do PIB do Brasil (2002 a 2019). .....	19
Figura 3. Relação entre o valor adicionado no setor comercial e o PIB Porto Alegre (2011 a 2019). .....	22
Figura 4. Relação entre o valor adicionado no setor industrial e o PIB Porto Alegre (2011 a 2019). .....	23
Figura 5. Relação entre o valor adicionado no setor comercial e o PIB Porto Alegre (2010 a 2019). .....	37
Figura 6. Evolução anual no número de novas ligações de GD em Porto Alegre (2015-2023)...	39
Figura 7. Resultados do Cenário BAU.....	58
Figura 8. Resultados do Cenário Planejado.....	59
Figura 9. Resultados do Cenário Ambicioso.....	60
Figura 10. Resultados do Cenário Ambicioso sem emissões de aviação. ....	61
Figura 11. Emissões residuais do Cenário Ambicioso em 2050. ....	61

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Projeções de crescimento econômico para o PIB do Brasil, em %.....	18
Tabela 2. Projeção do PIB de Porto Alegre, em %.....	19
Tabela 3. Projeção de variação anual da população no município de Porto Alegre, em %.....	20
Tabela 4. Número Médio de pessoas por domicílio.....	21
Tabela 5. Projeção de Domicílios 2019 -2050. ....	22
Tabela 6. Comparação entre Valor Adicionado no Setor Comercial (R\$ mil) e PIB municipal (R\$ mil) de Porto Alegre.....	23

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Tabela 7. Comparação entre Valor Adicionado no Setor Comercial (R\$ mil) e PIB municipal (R\$ mil) de Porto Alegre.....	24
Tabela 8. Consumo Médio mensal por domicílio em Porto Alegre. ....	24
Tabela 9. Consumo de energia elétrica por tipo por domicílio.....	25
Tabela 10. Domicílios com ar-condicionado no Rio Grande do Sul e região Sul.....	25
Tabela 11. Fontes de aquecimento de água no Rio Grande do Sul e região Sul.....	25
Tabela 12. Tipos de lâmpadas no Rio Grande do Sul e região Sul. ....	26
Tabela 13. Tempo médio de uso iluminação no Rio Grande do Sul. ....	26
Tabela 14. Intensidade energética na Indústria da Transformação.....	27
Tabela 15. Intensidade energética na Indústria de Energia.....	28
Tabela 16. Uso de combustível para cocção, por domicílio, em Porto Alegre.....	29
Tabela 17. Consumo médio por domicílio. ....	29
Tabela 18. Intensidade Energética (consumo de combustível por valor adicionado) na indústria. .....	30
Tabela 19. Taxa de crescimento das viagens diárias segundo a estimativa de fluxo de veículos. .....	31
Tabela 20. Estimativa do número de viagens diárias nos cenários futuros.....	32
Tabela 21. Distribuição das viagens por modo de transporte em 2019 na cidade de Porto Alegre. .....	32
Tabela 22. Consumo total de combustível e energia elétrica no setor de transportes em 2019. .....	33
Tabela 23. Distribuição de combustíveis nos modos de transporte movidos a mais de um combustível. ....	34
Tabela 24. Consumo de combustível nos modos de transporte movidos a um único combustível. .....	34

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Tabela 25. Estimativa de geração de resíduos sólidos no município de Porto Alegre.....	35
Tabela 26. Variação percentual da vazão de cada ETE com relação ao ano de 2016.....	36
Tabela 27. Comparação entre Valor Adicionado no Setor Agropecuário (R\$ mil) e PIB municipal (R\$ mil) de Porto Alegre. ....	37
Tabela 28. Número de novas conexões de GD em Porto Alegre. ....	39
Tabela 29. Projeção no número de novas conexões anuais em Porto Alegre, por segmento. ..	40
Tabela 30. Horas de insolação mensal. ....	40
Tabela 31. Quantidade de Unidades de GD e Potência instalada por segmento. ....	41
Tabela 32. Projeção de estabelecimentos com Geração Distribuída Porto Alegre, por setor, no Cenário Planejado.....	41
Tabela 33. Projeção Nacional para o uso de Gás Natural. ....	42
Tabela 34. Percentual de utilização de Gás Natural em domicílios. ....	42
Tabela 35. Projeção da distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de Porto Alegre, no cenário planejado.....	43
Tabela 36. Caracterização da frota rodoviária por tipo de veículo particular e combustível em 2050.....	44
Tabela 37. Caracterização da frota de transporte público por tipo de combustível em 2050 no cenário planejado.....	44
Tabela 38. Distribuição de combustíveis em veículos <i>flex</i> e híbridos para o cenário planejado.....	45
Tabela 39. Distribuição do combustível utilizado por modo de transporte para o cenário planejado.....	45
Tabela 40. Taxa de desvio de resíduos secos do aterro (Cenário Planejado). ....	46
Tabela 41. Composição gravimétrica dos resíduos de Porto Alegre em 2022.....	47
Tabela 42. Taxas de recuperação de plástico, papelão e papel (Cenário Planejado). ....	47
Tabela 43. Taxa de desvio de resíduos orgânicos do aterro (Cenário Planejado). ....	47

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Tabela 44. Taxas de universalização do tratamento de esgotos em Porto Alegre (Cenário Planejado).....	48
Tabela 45. Contribuição setorial para os ganhos de eficiência energética, por setor. ....	49
Tabela 46. Projeção de estabelecimentos com Geração Distribuída Porto Alegre, por setor, no Cenário Ambicioso.....	50
Tabela 47. Projeção para o uso de Gás Natural utilizada no cenário ambicioso. ....	51
Tabela 48. Projeção da distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de Porto Alegre, no cenário ambicioso. ....	52
Tabela 49. Caracterização da frota de transporte público por tipo de combustível em 2050 no cenário ambicioso.....	53
Tabela 50. Distribuição do combustível utilizado por modo de transporte para o cenário ambicioso.....	53
Tabela 51. Percentual de redução das emissões de querosene de aviação em viagens domésticas.....	54
Tabela 52. Taxa de desvio de resíduos secos do aterro (Cenário Ambicioso). ....	54
Tabela 53. Taxas de recuperação de plástico, papelão e papel (Cenário Ambicioso).....	55
Tabela 54. Taxa de desvio de resíduos orgânicos do aterro (Cenário Ambicioso). ....	55
Tabela 55. Valores padrão de eficiência de coleta de biogás em aterros sanitários. ....	56
Tabela 56. Mudanças plantadas por ano e acumulado de mudas plantadas ao final de cada década. ....	57

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

4D – Quarto (4°) Distrito

AFOLU – Agricultura, Florestas e Uso da Terra

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BAU – *Business as Usual*

CEEE – Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

DEP – Departamento de Esgotos Pluviais

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

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

GD – Geração Distribuída

GEE – Gases de Efeito Estufa

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

GN – Gás Natural

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICLEI – Governos Locais para Sustentabilidade

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

LED - *Light Emitting Diode*

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

METROPLAN – Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional

MME – Ministério de Minas e Energia

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

ONU – Organização das Nações Unidas

PIB – Produto Interno Bruto

PLAC - Plano de Ação Climática

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre

PMRS-POA – Política Municipal de Resíduos Sólidos de Porto Alegre

PPH – Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso

PPP – Parceria Público-Privada

RMPA – Região Metropolitana de Porto Alegre

SMAMUS – Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade

SMMU – Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana

TRENSURB – Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre

T&D – Transmissão e Distribuição

UN – Unidade

WRI – *World Resources Institute*

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### 1. INTRODUÇÃO

Este relatório representa o Apêndice B. Construção de Cenários, parte do Produto 6 (P6) – **Relatório Final do Plano de Ação Climática de Porto Alegre** e inclui a metodologia e resultados dos cenários de emissões, os quais irão projetar as emissões da cidade até 2050, a partir das emissões do ano base de 2019, e serão base para o desenvolvimento das metas do PLAC.

O presente relatório apresenta as premissas gerais para a construção dos cenários de emissões e os resultados. Sua estrutura é apresentada abaixo:

**Capítulo 1** – Introdução: apresenta o conteúdo e a estrutura do presente relatório.

**Capítulo 2** – Construção dos cenários: apresenta os conceitos e as etapas do projeto para a elaboração deste relatório.

**Capítulo 3** – Metodologia – Cenário *Business As Usual*: apresenta os métodos utilizados para a elaboração do Cenário BAU, contemplando a projeção de crescimento populacional, projeção de crescimento do PIB e os setores de energia estacionária, transportes, resíduos e AFOLU.

**Capítulo 4** – Metodologia – Cenário Planejado: apresenta os métodos utilizados para a elaboração do Cenário Planejado, contemplando as premissas de cálculo de emissões para os setores de energia estacionária, transportes, resíduos e AFOLU.

**Capítulo 5** – Metodologia – Cenário Ambicioso: apresenta os métodos utilizados para a elaboração do Cenário Ambicioso, contemplando as premissas de cálculo de emissões para os setores de energia estacionária, transportes, resíduos e AFOLU.

**Capítulo 6** – Resultados e Próximos Passos: apresenta os resultados de cada cenário e a conexão dos cenários de GEE com o PLAC.

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### 2. CONTRUÇÃO DOS CENÁRIOS

A construção de cenários permite a avaliação de uma série de “futuros” possíveis, apontando quais tendências e comportamentos são esperados em um determinado horizonte de tempo a partir de determinadas escolhas. Um cenário, portanto, requer a formulação de um conjunto de hipóteses e premissas distintas entre si, que irão determinar a trajetória e o comportamento futuro. Ademais, a sua elaboração também é uma ferramenta essencial para análises de atingimento de metas, uma vez que permite a comparação entre um cenário desejado e cenários possíveis<sup>1</sup>.

O município de Porto Alegre assumiu o compromisso junto à iniciativa *Race to Zero*, da UNFCCC, de zerar suas emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE) até 2050, isto é, reduzir o nível de emissões de forma que a o saldo entre emissões e remoções seja nulo, alcançando a neutralidade de emissões. Dessa forma, a construção de cenários irá apoiar no desenvolvimento do Plano de Ação Climática de Porto Alegre no entendimento de quais ações serão necessárias para se atingir esse resultado esperado.

Neste contexto foram elaborados três cenários de emissões, com base nas metodologias disponibilizadas pela C40 (C 40 Cities, 2024), a saber:

- Cenário *Business-as-usual* (BAU): contabiliza as emissões em determinado horizonte temporal considerando a inexistência de esforços e políticas futuras focadas na redução de emissões. Para tanto, são consideradas as projeções de crescimento da população e do PIB da cidade. O cenário BAU é também uma referência para os demais cenários, que terão suas reduções comparadas com o BAU no intuito de verificar o seu potencial de redução de emissões (WRI, 2014).
- Cenário Planejado: as emissões são estimadas considerando a existência de ações e políticas públicas de redução de emissões, sendo que essas ações podem estar em curso ou na fase de planejamento, já previstas pelo município. Além disso, o cenário Planejado pode abarcar tendências desde que adequadamente evidenciadas.
- Cenário Ambicioso: além de considerar as premissas do cenário Planejado, o cenário Ambicioso pressupõe novas ações e políticas públicas voltadas para a mitigação de

---

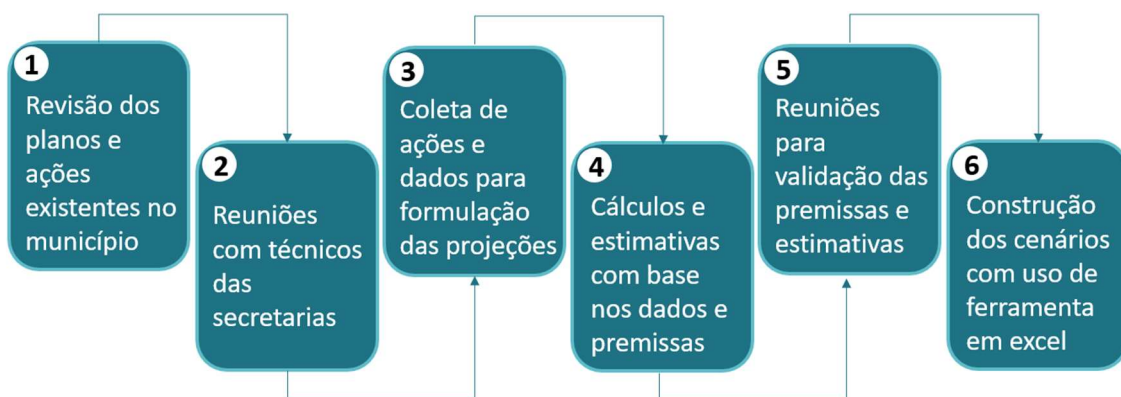
<sup>1</sup> A metodologia para análise de cenários teve seu texto adaptado para o presente trabalho com base nos projetos já realizados pela WayCarbon para outras cidades brasileiras.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

emissões com maior ambição climática que as ações planejadas. As estratégias consideradas devem ser condizentes com o contexto da cidade tendo em vista limitações tecnológicas, orçamentária, de poderes, entre outras.

### 2.1 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS

O desenvolvimento de cenários para a cidade de Porto Alegre considerou as etapas metodológicas apontadas na Figura 1.



**Figura 1. Fluxograma de etapas para a elaboração de cenários de emissões de Porto Alegre.**

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A primeira etapa consistiu no levantamento de políticas, programas e estudos do município. Essa etapa teve como objetivo selecionar medidas, políticas e programas que possuem intersecção com mitigação de gases de efeito estufa. Com base em tendências populacionais e econômicas e nas ações já existentes ou planejadas no município, foi possível elaborar premissas e hipóteses para construção dos cenários.

Nas duas etapas seguintes, foram realizadas reuniões com as secretarias da cidade com objetivo de levantar ações e informações sobre as medidas existentes e planejadas que poderiam ser incluídas para construção do cenário Planejado e Ambicioso. Adicionalmente, foi realizada uma revisão bibliográfica para embasar premissas socioeconômicas, priorizando o uso de dados municipais, mas, na falta destes, foram levantadas tendências estaduais e nacionais.

Com base nas informações coletadas foi possível traçar as projeções de emissões para os cenários BAU, Planejado e Ambicioso.

### 3. METODOLOGIA – CENÁRIO BUSINESS-AS-USUAL (BAU)

O cenário BAU foi desenvolvido a partir de estimativas de crescimento populacional e econômico da cidade de Porto Alegre a partir do último ano do inventário de emissões de GEE, 2019, até o ano de atingimento da meta de neutralidade, 2050, sem considerar qualquer medida capaz de reduzir as emissões da cidade, de forma assim a evitar que alguma medida de mitigação tenha seu efeito superestimado.

#### 3.1 ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO ECONÔMICO E POPULACIONAL

A dinâmica populacional nas cidades e a expansão de atividades nos diferentes setores, que é natural em capitais urbanizadas, resulta na expansão da geração e consumo de energia, intensificação no uso de combustível em diferentes meios de transporte e ampliação dos resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados. Como consequência, o crescimento econômico e populacional resulta em aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa, sendo coerente utilizar o comportamento futuro destas variáveis para calcular o cenário BAU.

##### 3.1.1 Estimativa do crescimento econômico a partir do PIB<sup>2</sup>

A metodologia proposta se baseia na hipótese que a dinâmica econômica das regiões metropolitanas brasileiras está fortemente correlacionada com a nacional, conforme estudo da ciência regional da economia brasileira (Diniz, 1993), apoiado pela análise de dados empíricos. O modelo adotado utiliza projeções para a economia nacional, desenvolvidas por instituições especializadas, combinadas com as estimativas da relação entre a economia das regiões metropolitanas, visando projetar a dinâmica econômica do município de Porto Alegre. A variável utilizada para explicar o crescimento do PIB de Porto Alegre foi a taxa de crescimento do PIB brasileiro.

As projeções da taxa de crescimento do PIB nacional utilizadas para o estudo foram desenvolvidas por instituições especializadas, como os bancos e instituições públicas interessadas no planejamento de longo prazo, que possuem equipes técnicas altamente capacitadas e utilizam modelos macroeconômicos complexos, já validados cientificamente. Portanto, utilizar essas projeções torna o estudo mais robusto e facilita a análise das

---

<sup>2</sup> A seção 3.1 descreve uma metodologia utilizada para estimativa do crescimento do PIB de Porto Alegre e o texto foi adaptado para o presente trabalho, com base nos projetos já realizados pela WayCarbon para outras cidades brasileiras.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

características econômica e socioespacial da região, o que favorece a atualização das estimativas.

As projeções mais recentes disponibilizadas de curto e longo prazo para o PIB Nacional são apresentadas na Tabela 1.

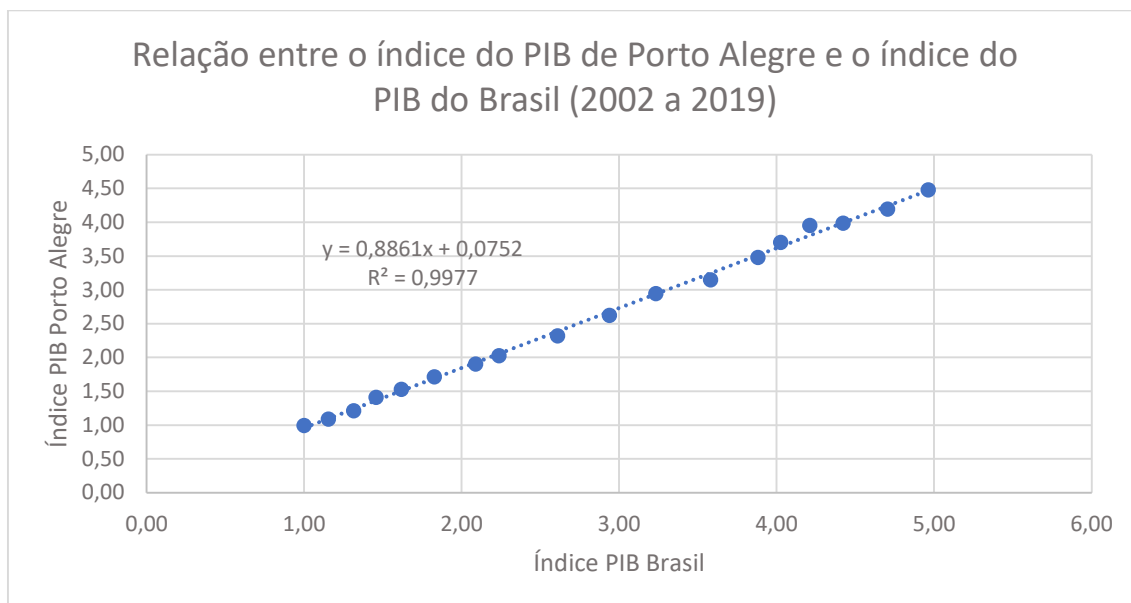
**Tabela 1. Projeções de crescimento econômico para o PIB do Brasil, em %.**

Fonte	2023	2024	2025	2026	2027-2030	2031-2040	2041-2050
Banco Central do Brasil (BCB)	2,9	-	-	-	-	-	-
Bradesco	2,7	1,9	1,9	1,9	-	-	-
Empresa de Pesquisa Energética (EPE)	2,1	2,4	2,4	2,4	2,4	-	-
Empresa de Pesquisa Energética (EPE)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,8	2,8	2,3
Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC)	-	-	-	-	2,0	2,0	2,0
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)	3,2	-	-	-	-	-	-
Fundo Monetário Internacional (FMI)	3,1	1,5	1,9	1,9	-	-	-
Itaú	2,9	1,8	-	-	-	-	-
Santander	2,8	1,2	-	-	-	-	-
<i>The Conference Board</i> (TCB)	3,2	1,3	1,4	1,4	1,3	-	-
<i>PricewaterhouseCoopers</i> (PWC)	4,8	4,8	4,8	4,8	2,9	2,9	2,4

Fontes: (BCB, 2023) (Bradesco, 2023) (EPE, 2021a) (EPE; MME, 2018) (FBMC, 2018) (IPEA, 2021) (FMI, 2023) (ITAÚ, 2023) (Santander, 2023) (The Conference Board, 2023) (FWC, 2017).

A correlação entre o PIB do município de Porto Alegre e a o PIB nacional é apresentado na Figura 2. O índice de PIB é obtido pela relação entre o valor do PIB em determinado ano em relação ao ano inicial considerado.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões



**Figura 2. Relação entre o índice do PIB de Porto Alegre e o índice do PIB do Brasil (2002 a 2019).**

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados do IBGE (2021a; 2021b).

Para se chegar ao resultado do PIB futuro de Porto Alegre, foram determinados coeficientes de relação histórica entre o PIB do Brasil e o PIB de Porto Alegre, visando estimar a relação entre a dinâmica nacional e a dinâmica econômica local. A partir da Figura 2, obteve-se uma relação linear entre a taxa de crescimento do PIB de Porto Alegre e a taxa de crescimento do PIB do Brasil, conforme a equação abaixo.

$$\Delta PIB_{Porto\ Alegre} = 0,8861 * \Delta PIB_{Brasil} + 0,0752$$

A partir desta relação e das projeções do PIB Nacional (Tabela 1), é estimado o crescimento do PIB para Porto Alegre, apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2. Projeção do PIB de Porto Alegre, em %.**

Ano	2020-2030	2030-2040	2040-2050
<b>Taxa de crescimento decenal (%)</b>	20,4	23,5	20,6

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

### 3.1.2 Estimativa do crescimento populacional

Para estimativa do crescimento populacional até 2050 no município de Porto Alegre, foram utilizadas as projeções, até o ano de 2032 presentes no diagnóstico do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS (PMPA, 2023a), com adaptações para adequar

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões a evolução da população na cidade entre os dois censos lançados em 2010 e 2022. Ainda, em alinhamentos com a Prefeitura de Porto Alegre, os técnicos apontaram a tendência de manutenção da população atual. Sendo assim, a Tabela 3 apresenta as projeções até 2050, considerando a redução prevista pelo PMGIRS.

**Tabela 3. Projeção de variação anual da população no município de Porto Alegre, em %.**

Ano	2010-2022	2022-2030	2030-2040	2040-2050
Taxa de variação anual (%)	-0,45	-0,07	-0,07	-0,07

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em IBGE (2010; 2023) e PMPA (2023a).

### 3.2 SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA

O setor de energia estacionária engloba todas as emissões de GEE provenientes da combustão estacionária (queima de combustível em pontos fixos), ou do uso de energia elétrica nos seguintes segmentos econômicos: Construções Residenciais; Construções Comerciais; Indústria de Manufatura e Construção; Indústria da Energia; Agricultura, Silvicultura e Pesca; Outros.

As emissões de Gases de Efeito Estufa em Porto Alegre neste setor representaram cerca de 23% do total no ano base de 2019, sendo que cerca de 50% deste total é devido ao consumo de energia elétrica nos diferentes segmentos e 35% devido ao consumo de GLP, especialmente nas construções residenciais.

A estimativa das emissões do setor de energia estacionária para o cenário *Business-as-usual* (BAU) foi feita com base na observação do comportamento histórico das emissões, analisando sua correlação com o crescimento do PIB e com o crescimento populacional.

As emissões associadas ao uso de energia elétrica dependem naturalmente da quantidade de energia consumida, mas principalmente das fontes energéticas utilizadas para sua geração, que estão associadas à matriz de energia elétrica do país. Espera-se que o consumo de energia elétrica seja sensível às variações dos níveis de atividade econômica para os setores comercial, industrial (incluindo energia), e agrícola. Assim, relação entre a variação do consumo de energia e variação de uma unidade do PIB nacional é denominado de elasticidade-renda. Há um efeito estrutural entre os setores, de forma que quanto mais retraído o cenário para a atividade econômica, maior a intensidade elétrica resultante (EPE, 2021b).

Para a projeção do consumo de energia estacionária no cenário BAU, a premissa principal é de que o comportamento entre a atividade econômica e a intensidade energética irá se manter conforme o padrão histórico observado para os segmentos comercial, industrial e agrícola.

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Nesta seção, serão apresentadas as projeções que foram utilizadas para o crescimento do consumo de energia estacionária e, em seguida, são apresentadas as projeções por cada uma das principais finalidades identificadas: a) crescimento dos subsetores; b) consumo de energia elétrica em edificações; c) uso de energia para cocção; d) uso de combustível.

### 3.2.1 Estimativa de Crescimento por Subsetor

#### 3.2.1.1 Estimativa de crescimento do subsetor residencial a partir do número de domicílios

Para o setor residencial, adota-se a premissa que o consumo de energia cresce conforme o número de residências, e está diretamente conectado ao crescimento populacional. A projeção foi feita com base no consumo histórico e padrão de comportamento dos domicílios residenciais

**Tabela 4. Número Médio de pessoas por domicílio.**

Ano	2010	2022
População	1.409.351	1.332.845
Domicílios	508.456	558.252
Pessoas por Domicílios	2,8	2,4

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em IBGE (2010); IBGE (2022).

Segundo dados recentes lançados pelo censo do IBGE (IBGE, 2024), o número médio de moradores por domicílio no município de Porto Alegre em 2022 foi de 2,4 pessoas/domicílio, e o número de domicílios teve um aumento total de 9,8% entre 2010 e 2022. Para a projeção do cenário BAU utilizou-se este percentual, mas considerando-se também a variação da população entre estes dois anos para determinar a taxa real de crescimento de domicílios no período, calculada em 0,12% de novos domicílios ao ano. Por fim, esta taxa anual foi replicada para projeção entre os anos de 2022 até 2050. Considerando constante o percentual de aumento no número de domicílios, foi possível traçar a projeção até 2050 para Porto Alegre (Tabela 5).

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Tabela 5. Projeção de Domicílios 2019 -2050.

Ano	Domicílios Totais
2019	545.803
2025	560.303
2030	563.737
2035	567.192
2040	573.457
2045	576.964
2050	580.491

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

3.2.1.2 Estimativa de crescimento do subsetor Comercial a partir do Valor adicionado por atividade econômica

A projeção do crescimento do setor comercial foi feita conforme estimativa de crescimento do PIB municipal. A correlação entre o valor adicionado no setor comercial e o PIB Municipal é muito forte, conforme demonstrado na Figura 3, a partir dos dados da Tabela 6.

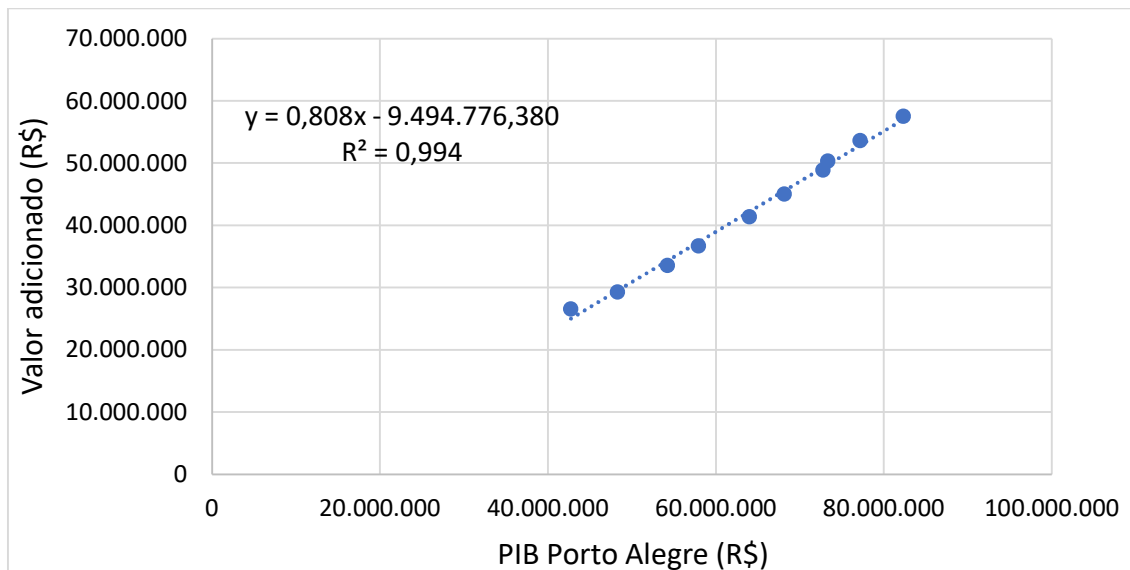


Figura 3. Relação entre o valor adicionado no setor comercial e o PIB Porto Alegre (2011 a 2019).

Fonte: IBGE (2020b).

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

**Tabela 6. Comparação entre Valor Adicionado no Setor Comercial (R\$ mil) e PIB municipal (R\$ mil) de Porto Alegre.**

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Serviços</b>	29.308	33.543	36.716	41.398	45.026	48.908	50.331	53.621	57.509
<b>PIB Municipal</b>	48.288	54.205	57.920	63.990	68.132	72.7345	73.314	77.182	82.321

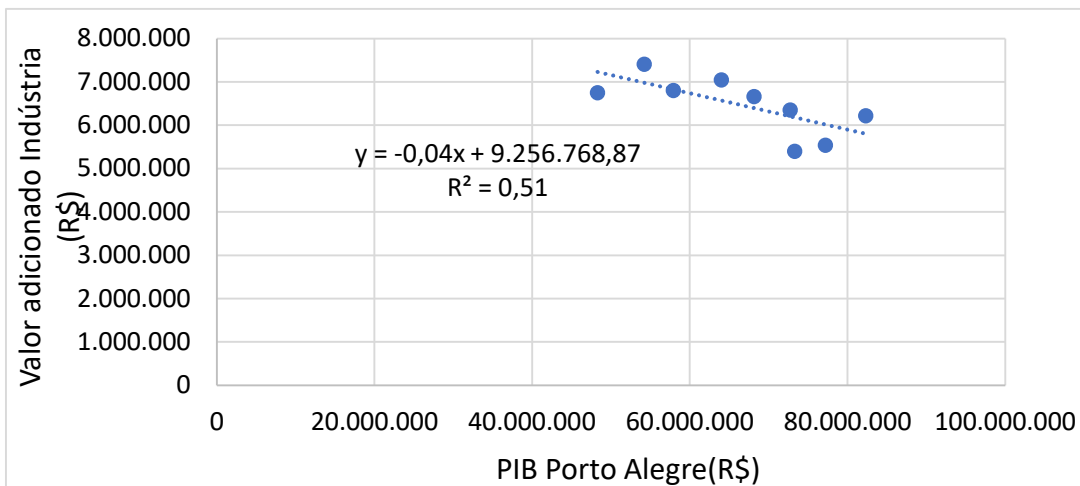
Fonte: IBGE (2020b).

A partir da Tabela 6, portanto, obteve-se a relação linear entre o valor adicionado no setor de serviços e o PIB Municipal.

$$\Delta \text{Valor adicionado Serviços}_{\text{Porto Alegre}} = 0,808 * \Delta \text{PIB}_{\text{Porto Alegre}} - 9.494.776,38$$

**3.2.1.1 Estimativa de crescimento do subsetor Industrial a partir do Valor adicionado por atividade econômica**

De forma similar, o crescimento do valor adicionado da Indústria foi utilizado como base para a projeção das emissões, porém foram estabelecidas algumas premissas para o crescimento nos subsetores. A correlação entre o valor adicionado no setor industrial e o PIB Municipal está demonstrada na Figura 4 a partir dos dados da Tabela 7.



**Figura 4. Relação entre o valor adicionado no setor industrial e o PIB Porto Alegre (2011 a 2019).**

Fonte: IBGE (2020b).

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

**Tabela 7. Comparação entre Valor Adicionado no Setor Comercial (R\$ mil) e PIB municipal (R\$ mil) de Porto Alegre.**

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Indústria</b>	6.758	7.413	6.803	7.050	6.668	6.356	5.404	5.542	6.225
<b>PIB Municipal</b>	48.288	54.205	57.920	63.990	68.132	72.7345	73.314.	77.182	82.321

Fonte: IBGE (2020b).

A relação linear entre o valor adicionado no setor Industrial e o PIB Municipal extraído da Figura 4 foi:

$$\Delta \text{Valor adicionado Indústria}_{\text{Porto Alegre}} = -0,04 * \Delta \text{PIB}_{\text{Porto Alegre}} + 9.256.769$$

### 3.2.2 Estimativa do Consumo de Energia Elétrica em Edificações

#### 3.2.2.1 Estimativa do consumo de energia elétrica no subsetor residencial

Para o segmento residencial, a projeção de crescimento foi baseada na média histórica observada entre 2016 e 2019. O valor do consumo médio por domicílio foi calculado a partir dos dados recebidos pela CEEE de consumo de energia elétrica para estes anos e o número de domicílios, conforme dados do Censo (IBGE, 2024). O valor de consumo médio por domicílio em Porto Alegre é apresentado na Tabela 8 e está próximo do consumo anual reportado pela Eletrobrás de 214,9 kWh/mês (ELETROBRAS, 2019).

**Tabela 8. Consumo Médio mensal por domicílio em Porto Alegre.**

Ano	2016	2017	2018	2019	Média (2016 – 2019)
kWh/mês	201,98	195,45	198,04	195,68	197,00

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em dados da CEEE e IBGE (2024).

Assim, para a projeção do consumo de energia, considerou-se que para o período (2019-2050), o consumo médio por domicílio será mantido. Para avaliar a validade dessa premissa, o valor médio do consumo mensal, indicado na Tabela 8, foi comparado com a projeção da média nacional, conforme o Plano Decenal de Energia (BRASIL, MME, EPE, 2022a), de 165 kWh/mês em 2021. A média nacional chegará a 196 kWh/mês em 2031, portanto, foi mantida a premissa para o consumo médio de 197,00 kWh/mês para as projeções, considerando uma tendência de manutenção do consumo.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Com base na Pesquisa de Posses e Hábitos de Uso - PPH (ELETROBRAS, 2019), foi possível calcular uma estimativa da principal finalidade do uso de energia elétrica no segmento residencial, utilizando os resultados da pesquisa para o Estado do Rio Grande do Sul.

**Tabela 9. Consumo de energia elétrica por tipo por domicílio.**

Tipo de Consumo	Tipo de Energia	Percentual
Iluminação	Energia Elétrica	8,42%
Sistema de Refrigeração (ar-condicionado)	Energia Elétrica	9,48%
Eletrodomésticos / Eletrônicos	Energia Elétrica	33,80%
Aquecimento Água	Energia Elétrica	48,30%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em ELETROBRAS (2019).

Em especial, para a estimativa do uso de eletricidade para refrigeração, foi considerado que apenas 24% dos domicílios possuem ar-condicionado, como apontado na Tabela 10.

**Tabela 10. Domicílios com ar-condicionado no Rio Grande do Sul e região Sul.**

Domicílios com ar-condicionado	Rio Grande do Sul	Sul
Ar-condicionado	24,0%	22,8%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em ELETROBRAS (2019).

No que se refere ao aquecimento de água, conforme Tabela 11, a maior parte dos domicílios possui aquecimento de água no estado do Rio Grande do Sul, sendo que 92,3% possuem sistema de aquecimento por energia elétrica, e o segundo maior percentual apontado pela pesquisa é por gás, em 1,6% dos domicílios (ELETROBRAS, 2019).

**Tabela 11. Fontes de aquecimento de água no Rio Grande do Sul e região Sul.**

Fontes de Aquecimento da Água	Rio Grande do Sul	Sul
Energia Elétrica	92,32%	96,32%
Gás	1,60%	1,12%
Energia Solar	0,16%	0,80%
Lenha/carvão	0,32%	0,11%
Outra forma	0,16%	0,05%
Não possui	0,16%	0,05%
Não sabe	6,72%	2,24%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em ELETROBRAS (2019).

No que tange à iluminação, os domicílios no Rio Grande do Sul possuem, em média, 6,31 lâmpadas, sendo 33% incandescentes, 42% fluorescentes e 21% LED, como apontado na Tabela 12. Para a estimativa da quantidade de energia gasta com iluminação também foram utilizados

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões dados da PPH (ELETROBRAS, 2019). A Tabela 13 apresenta o tempo médio de uso de iluminação ao longo de um dia no estado do Rio Grande do Sul.

**Tabela 12. Tipos de lâmpadas no Rio Grande do Sul e região Sul.**

Tipo de lâmpada	Rio Grande do Sul	Sul	Rio Grande do Sul	Sul
	Número absoluto		Proporção (%)	
Incandescente	2,07	1,09	33%	16%
Fluorescente	2,66	2,7	42%	39%
LED	1,32	2,96	21%	43%
Dicroica	0	0,04	0%	1%
Outros	0,26	0,1	4%	1%
Total	6,31	6,89	100%	100%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em ELETROBRAS (2019).

**Tabela 13. Tempo médio de uso iluminação no Rio Grande do Sul.**

Iluminação	Rio Grande do Sul	
	Número absoluto	Proporção (%)
00:00	468	11,86%
01:00	72	1,82%
02:00	51	1,29%
03:00	48	1,22%
04:00	62	1,57%
05:00	361	9,15%
06:00	917	23,24%
07:00	1.238	31,37%
08:00	937	23,75%
09:00	665	16,85%
10:00	722	18,30%
11:00	943	23,90%
12:00	869	22,02%
13:00	546	13,84%
14:00	265	6,72%
15:00	207	5,25%
16:00	429	10,87%
17:00	554	14,04%
18:00	1.301	32,97%
19:00	2.094	53,07%
20:00	2.196	55,65%
21:00	1.807	45,79%
22:00	1.120	28,38%
23:00	389	9,86%
Uso Eventual	109	2,76%

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Iluminação	Rio Grande do Sul		
	Horas	Número absoluto	Proporção (%)
Total Lâmpadas		<b>3.946</b>	-

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em ELETROBRAS (2019).

A estimativa dos principais tipos de uso de energia elétrica no segmento residencial é importante para direcionar ações e medidas e redução da intensidade e consumo de energia elétrica. De acordo com as estimativas realizadas para o Estado do Rio Grande do Sul e consideradas válidas também para sua capital, Porto Alegre, o principal consumo de energia elétrica nas residências deve-se ao sistema de aquecimento de água, seguido do uso de eletrodomésticos e eletrônicos. Neste sentido, podem ser estabelecidas medidas que otimizem os sistemas de aquecimento ou até ações educativas que orientem sob o impacto da utilização destes sistemas na conta de energia elétrica.

### 3.2.2.2 Estimativa do consumo de energia elétrica no subsetor industrial

Para traçar a projeção de consumo de energia elétrica na indústria, foi calculada a intensidade energética em consumo de energia elétrica por valor adicionado na indústria. Na Tabela 14 é possível perceber um decréscimo da intensidade energética, que pode ser tanto decorrente de ganhos de eficiência energética ao longo da última década, quanto por uma mudança no perfil do tipo de indústrias estabelecidas no município. Entre 2016 e 2019, a intensidade energética se manteve aproximadamente constante em 0,05 MWh/real adicionado na indústria da transformação. Portanto, a premissa principal adotada foi de que a intensidade seria mantida com o perfil do ano base, e o consumo de energia cresce conforme aumenta o valor adicionado da indústria.

**Tabela 14. Intensidade energética na Indústria da Transformação.**

Parâmetro	Unidade	2016	2017	2018	2019
Consumo de Energia Elétrica	MWh	211.693	302.730	291.485	285.429
Valor Adicionado Indústria	mil R\$	6.355.556	5.404.365	5.542.424	6.225.330
Intensidade Energética	MWh/R\$	0,03	0,06	0,05	0,05

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em CEE e IBGE (2020b).

Quanto ao consumo de energia das indústrias de Energia, devido à sua baixa representatividade (Tabela 15), decidiu-se por projetar a média entre 2016 e 2019 para os anos seguintes, assumindo que haveria uma manutenção da capacidade instalada.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

**Tabela 15. Intensidade energética na Indústria de Energia.**

Parâmetro	Unidade	2016	2017	2018	2019	Média
Consumo de Energia Elétrica	MWh	5.706	5.649	5.276	5.059	5.422

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em CEEE.

### 3.2.2.3 Estimativa do consumo de energia elétrica no subsetor comercial

A projeção do crescimento para o setor comercial considerou para o período de 2021 a 2032 a projeção de crescimento alinhado com a projeção no Plano Decenal de Expansão de Energia (BRASIL, MME, EPE, 2022b). O cenário de referência elaborado pela EPE, para o setor comercial, considera um crescimento médio de 4,3%. Em específico para este setor, o cenário considera que, após forte impacto em 2020 em consequência da pandemia, o comércio volta a apresentar protagonismo na evolução do consumo ao longo do horizonte de planejamento. Assim, foi considerado que o crescimento do consumo de energia elétrica no período de 2021 a 2032 será alinhado ao planejamento nacional, em uma taxa média de 4,3% ao ano. Já para o período de 2032 a 2050, foi considerado que as emissões crescem no mesmo ritmo de crescimento do PIB municipal.

### 3.2.2.4 Estimativa do consumo de energia elétrica no subsetor setor público e subsetor rural

No que se refere ao setor público e ao setor rural, não houve correlação significativa de crescimento dos setores com o aumento da população ou do PIB. Ainda, o consumo de energia elétrica reduziu ao longo da série histórica de 2016 a 2019. Assim, foi considerada que a variação do setor no cenário acompanhará a variação da média histórica (2016-2019) em todo o horizonte temporal até 2050.

### 3.2.2.5 Estimativa de perdas de transmissão e distribuição em todos os setores

O inventário de emissões de GEE de Porto Alegre calculou as emissões derivadas das perdas de transmissão e distribuição para os subsetores residencial, comercial, rural e público. Para cálculo do crescimento das perdas de T&D, utilizou-se as mesmas premissas de crescimento do consumo de energia determinado para cada um dos setores, apresentados acima.

## 3.2.3 Estimativa do consumo de GLP e gás natural utilizado para Cocção – setor residencial

A partir dos dados sobre Fontes de Aquecimento da Água no Estado do Rio Grande do Sul ELETROBRAS (2019), apresentado na Tabela 11, a maior parte do GLP e gás natural consumido

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

no estado são para fins de cocção, visto que somente 1,6% dos residentes utilizam gás para aquecimento de água.

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – IBGE (IBGE, 2022b), 81% dos domicílios de Porto Alegre usam GLP (gás de botijão) para cocção, enquanto 19% faz uso do gás natural (gás encanado) para tal finalidade, como pode ser visualizado na Tabela 16.

**Tabela 16. Uso de combustível para cocção, por domicílio, em Porto Alegre.**

Combustível utilizado na preparação de alimentos	2022	[%]
Gás de botijão	498.000	81%
Gás encanado	118.000	19%

Fonte: IBGE (2022b).

Assim, a partir dos dados de consumo do gás natural e do GLP do município de Porto Alegre, e da Tabela 16 foi possível calcular o consumo médio por domicílio para os dois combustíveis mencionados, como mostrado na Tabela 17.

**Tabela 17. Consumo médio por domicílio.**

Combustível	Unidade	Consumo Anual	Consumo Mensal
GN	[m <sup>3</sup> /domicílio]	52,8	4,4
GLP	[kg /domicílio]	81,8	6,8

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base na Tabela 17.

Para projeção do consumo de energia para cocção nos domicílios de Porto Alegre, portanto, foi considerado que a proporção de uso de GLP (gás de botijão) e Gás Natural (gás encanado) não seria alterada no período e que o consumo médio por domicílio seria mantido igual.

### 3.2.4 Estimativa do consumo dos demais Combustíveis

#### 3.2.4.1 Estimativa do consumo de combustíveis no subsector industrial

Para a indústria, o uso de combustíveis foi mais relevante em termos de emissão do que o consumo de eletricidade. Assim como no caso da energia elétrica, para sua projeção foi calculada a intensidade energética dos combustíveis por valor adicionado na indústria com o objetivo de traçar a projeção de consumo de combustíveis no setor industrial (Tabela 18). Além disso, as premissas consideradas em relação ao consumo industrial de combustíveis foram:

- Óleo combustível, GLP e Diesel: Projeção da intensidade a partir da média do período entre 2016 e 2019.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

- Gás Natural: Projeção de aumento a partir das tendências da demanda nacional para indústria até 2050 (Rovere *et al.*, 2018).

**Tabela 18. Intensidade Energética (consumo de combustível por valor adicionado) na indústria.**

Combustível	Unidade	Intensidade Energética
Óleo combustível	[kg/R\$]	0,31
GLP	[kg/R\$]	0,30
GN	[m <sup>3</sup> /R\$]	1,24
Diesel	[l/R\$]	0,49

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados da ANP, Sulgás e IBGE (2020b).

#### 3.2.4.2 Estimativa do consumo de combustíveis no subsetor comercial

Para o setor comercial, a projeção do consumo de gás natural, diesel e GLP foi feito a partir da taxa de crescimento do valor adicionado no setor.

#### 3.2.4.3 Estimativa do consumo de combustíveis no subsetor serviço público

As premissas para os combustíveis neste setor estão apresentadas abaixo:

- Óleo combustível: Projeção do consumo por meio da replicação do valor do ano base (2019) devido à alta variação entre os anos e baixa representatividade deste combustível.
- GLP e Diesel: Projeção do consumo a partir da média de variação no período entre 2016 e 2019.

#### 3.2.4.4 Estimativa do consumo de combustíveis no subsetor rural

As premissas para os combustíveis neste setor estão apresentadas abaixo:

- Diesel: Projeção do consumo por meio da replicação do valor do ano base (2019) devido à alta variação entre os anos;
- GLP: Projeção do consumo a partir da média de variação no período entre 2016 e 2019.

### 3.3 SETOR DE TRANSPORTES

O setor de Transporte é responsável pela maior parte das emissões de GEE do município Porto Alegre, representando em média 67,8% do total de emissões no ano de 2019. Para a elaboração dos cenários de emissões, foram consideradas apenas as variações referentes aos subsetores de

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões transporte terrestre e ferroviário, cujas emissões correspondem à quase totalidade do setor. Foram utilizados os fatores que mais interferem nas emissões ligadas ao transporte terrestre:

- Número total de viagens;
- Distribuição das viagens entre os diferentes modos de transporte;
- Distribuição do uso de combustível entre os meios de transporte.

Para o cenário BAU, foi estimada a distribuição modal e a distribuição do uso de combustível em cada modo para o ano-base (2019) e considerou-se que ambas permanecem constantes em todo o horizonte temporal dos cenários (até 2050). A variação das emissões se baseou então em uma projeção tendencial de crescimento das viagens nesse período, considerando que este fator está ligado às dinâmicas de população, emprego e renda do município.

### 3.3.1 Estimativa de crescimento do número de viagens

Para a estimativa do número total de viagens, foram utilizados dois documentos principais elaborados pela Prefeitura de Porto Alegre: O Plano de Mobilidade Urbana de Porto Alegre (MobiliPOA) de 2021, e o Estudo de Mobilidade Urbana do Centro Histórico de Porto Alegre, de 2022. O Estudo do Centro Histórico também utilizou como base o Plano Integrado de Transporte e Mobilidade Urbana (PITMURB), cujas premissas foram adaptadas para definir a projeção do número de viagens na cidade de Porto Alegre. Uma vez que a pesquisa Origem-Destino ainda estava em andamento, o dado base de número de viagens totais utilizado foi retirado do último relatório (PMPA; EPTC, 2004). A partir deste dado que foram feitas projeções para 2019, 2030, 2040 e 2050, com base nos demais estudos.

A pesquisa PITMURB, que foi utilizada como base para o estudo do Centro, projetou até 2033 a produção e atração de viagens da cidade de Porto Alegre. Desta forma, foi possível calcular o aumento destas viagens a cada década (2003, 2013, 2023 e 2033). Até 2033 foram utilizados os percentuais de produção de viagens do PITMURB e, a partir de 2033 até 2050, foram utilizados os percentuais de atração de viagens do estudo do Centro. A Tabela 19

**Tabela 19. Taxa de crescimento das viagens diárias segundo a estimativa de fluxo de veículos.**

Parâmetro	2003-2013	2013-2023	2023-2033	2033-2040	2040-2050
% aumento	4,4%	7,6%	5,8%	9,9%	10,2%
% aumento anual	0,44%	0,76%	0,58%	1,42%	1,46%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de EPTC; METROPLAN; TRENSURB (2009) e PMPA (2022b).

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

A partir das taxas de crescimento e da quantidade de viagens de 2003, foi possível obter a estimativa de viagens total da cidade até 2050. A Tabela 20 apresenta a estimativa do número de viagens diárias, utilizada como base para calcular o crescimento dos diferentes modos de transporte.

**Tabela 20. Estimativa do número de viagens diárias nos cenários futuros.**

Parâmetro	2003	2019	2030	2040	2050
<b>Número de viagens diárias</b>	2.345.713	2.560.034	2.722.996	3.080.735	3.486.526

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de PMPA; EPTC (2004), EPTC; METROPLAN; TRENSURB (2009) e PMPA (2022b).

### 3.3.2 Estimativa de Distribuição modal

Foi utilizada a distribuição modal da última pesquisa Origem-Destino, de 2003<sup>3</sup>, como ponto de partida para construção dos cenários. Neste ano, a maior parte das viagens (46%) era realizada por transporte coletivo público, seguida pelo transporte ativo, com 27%, e demais meios de transporte, com 27%. A Tabela 21 mostra a distribuição das viagens por modal no ano base, cujo percentual de participação de cada modal foi replicado a partir da pesquisa de 2003.

**Tabela 21. Distribuição das viagens por modo de transporte em 2019 na cidade de Porto Alegre.**

Classe	Modo de Transporte	Número de Viagens diárias	Divisão Modal (%)
TC	Trem	22.585	0,9%
TC	Ônibus e lotação	1.156.737	45,2%
TI	Carro - Condutor de automóvel	406.390	15,9%
TI	Carro - Passageiro de automóvel	172.813	6,8%
TI	Transporte Escolar	37.713	1,5%
TI	Motocicleta	23.425	0,9%
TI	Outros	57.106	2,2%
TA	A pé ou bicicleta	683.266	26,7%
<b>Total</b>		<b>2.560.034</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de PMPA; EPTC (2004), EPTC; METROPLAN; TRENSURB (2009) e PMPA (2022b).

No cenário BAU, a premissa utilizada para projeção até 2050 da distribuição modal foi a manutenção da atual divisão, sem nenhum tipo de mudança nos meios de transporte.

### 3.3.3 Estimativa de distribuição do uso de combustíveis e energia elétrica

A distribuição de consumo de combustível entre os modos de transporte no ano base, de 2019, foi feita a partir dos dados de consumo de combustível deste ano na cidade de Porto Alegre,

<sup>3</sup> A atualização da Pesquisa de Origem-Destino de Porto Alegre está em andamento e não havia sido finalizada até a conclusão do presente relatório.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões com base nas informações coletadas para a confecção do Inventário de Emissões de GEE (Tabela 22), e no consumo de energia elétrica do trem metropolitano. A partir dos dados de consumo total de cada combustível, foi feita uma estimativa da parcela consumida por cada modo de transporte, com base principalmente na proporção de viagens realizadas por cada um deles, segundo a distribuição modal apresentada na Tabela 21.

**Tabela 22. Consumo total de combustível e energia elétrica no setor de transportes em 2019.**

Meio de Transporte	Combustível	Consumo (un)	Unidade
Transporte Rodoviário	Gasolina / Brasil	448.992.344,04	L
	Etanol hidratado	11.752.152,00	L
	Diesel / Brasil - Transporte Público	50.797.812,96	L
	Diesel/ Brasil – Outros Transportes	85.739.898,00	L
	Gás Natural Veicular (GNV)	39.174.877,56	m3
Transporte Ferroviário	Consumo de energia elétrica	45.879,36	MWh
	Perdas Transmissão	6.056	MWh
Transporte Aéreo	Gasolina de aviação - Doméstico	228.500	L
	Querosene de aviação - Internacional	31.718.682,00	L

Fonte: Inventário de Emissões de GEE de Porto Alegre (PMPA, 2021).

### 3.3.3.1 Transporte Rodoviário

O consumo de gasolina foi dividido entre os modos de transporte Carro – Condutor de automóvel, Carro – Passageiro de automóvel, Transporte Escolar e Motocicleta. O consumo de GNV foi dividido entre os modos transporte Carro – Condutor de automóvel, Carro – Passageiro de automóvel e Outros. O consumo de etanol foi distribuído entre Carro – Condutor de automóvel e Carro – Passageiro de automóvel. É importante destacar que foi estabelecido que na categoria “Outros” se enquadrariam todos os demais modos de transporte não incluídos nas demais categorias, como caminhões e transporte hidroviário.<sup>4</sup>

A variável utilizada para a projeção de cenários futuros foi a participação do combustível no modo de transporte. Para calibrar essa participação no ano-base, foram utilizados os dados de consumo médio de combustível por veículo, conforme o estudo Modelagem Setorial de Opções de Baixo Carbono para o Setor de Transportes (BRASIL/MCTI; ONU Meio Ambiente, 2017) e as

<sup>4</sup> O diesel utilizado no transporte hidroviário foi classificado na categoria de transporte terrestre do inventário de emissões de GEE devido à falta de dados desagregados do consumo de combustível dos catamarãs.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões distâncias médias por viagem realizada, segundo EPTC (2011), para transporte público, e CTB DIGITAL (2024) para transporte individual, que foram de 17,28 km/viagem e 25,90 km/viagem, respectivamente.

Desta forma, foi possível estimar a quantidade de viagens realizadas anualmente com cada combustível no modo de transporte e, por fim, a parcela de cada combustível no modo foi equivalente à razão entre o número de viagens do modo com aquele combustível e o número total de viagens daquele modo. A Tabela 23 abaixo apresenta os dados finais calculados para a distribuição de combustíveis em cada modo de transporte.

**Tabela 23. Distribuição de combustíveis nos modos de transporte movidos a mais de um combustível.**

Distribuição Modal - Combustível	Consumo (un)	UN	Consumo (un) Frota de 2019	UN	Quantidade de viagens anuais (estimado)	Participação do combustível no modo (%)
Carro - Condutor de Automóvel - Gasolina	284.951.385	L	0,083	L/km	132.835.697	90,3%
Carro - Condutor de Automóvel - Etanol	8.245.747	L	0,118	L/km	2.706.133	1,8%
Carro - Condutor de Automóvel - GNV	25.019.760	m <sup>3</sup>	0,083	m <sup>3</sup> /km	11.592.167	7,9%
Carro - Passageiro de Automóvel - Gasolina	121.172.139	L	0,083	L/km	56.486.778	90,3%
Carro - Passageiro de Automóvel - Etanol	3.506.405	L	0,118	L/km	1.150.751	1,8%
Carro - Passageiro de Automóvel - GNV	10.639.351	m <sup>3</sup>	0,083	m <sup>3</sup> /km	4.929.429	7,9%
Outros - GNV	3.515.766	m <sup>3</sup>	0,083	m <sup>3</sup> /km	2.442.180	19,0%
Outros - Diesel	85.739.898	L	0,476	L/km	10.422.661	81,0%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Para os modos Transporte Escolar, Motocicleta, e Ônibus e Lotação, não foi necessário realizar essa distribuição, já que se adotou a premissa de que eles consomem apenas um tipo de combustível no ano-base. A Tabela 24 abaixo detalha o consumo adotado para cada um deles:

**Tabela 24. Consumo de combustível nos modos de transporte movidos a um único combustível.**

Distribuição Modal - Combustível	Consumo (un)	Unidade	Participação do combustível no modo (%)
Transporte Escolar - Gasolina	26.443.680	L	100%
Motocicleta - Gasolina	16.425.140	L	100%
Ônibus e Lotação - Diesel	50.797.813	L	100%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### 3.3.3.2 Transporte Ferroviário

O transporte ferroviário na cidade corresponde ao trem metropolitano, operado pela TRENURB, o qual opera com energia elétrica. O crescimento do consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, das perdas na T&D, foi calculado a partir do percentual de crescimento do número total de viagens na cidade, apresentando na Tabela 20.

### 3.3.3.3 Transporte aéreo

A projeção do crescimento do consumo de gasolina de aviação em viagens domésticas e querosene de aviação em viagens domésticas e internacionais foi feita com base em dados de períodos anteriores e premissas coerentes com o histórico. Para gasolina de aviação, geralmente utilizada em aeronaves de pequeno porte ou helicópteros, utilizou-se uma premissa de crescimento anual de 1% do consumo. Quanto para querosene de aviação, utilizada para abastecer aeronaves que pousam e decolam do aeroporto de Porto Alegre, foi estabelecida uma taxa de crescimento nos primeiros anos proporcionais à média do crescimento dos anos mais recentes e este valor foi mantido constante a partir de 2024, com a premissa de que este meio de transporte é muito volúvel e pode resultar em variações bruscas tanto de aumento quanto a de redução no número de viagens.

## 3.4 SETOR DE RESÍDUOS

A estimativa para o crescimento das emissões do setor de Resíduos foi desenvolvida com base em projeções de crescimento da geração de resíduos até 2032, para os resíduos sólidos, e de contribuições do esgotamento sanitário até 2033, para os efluentes líquidos.

### 3.4.1 Estimativa de crescimento de geração de Resíduos Sólidos

O cenário de crescimento de geração de resíduos utilizado foi o do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS (PMPA, 2023a). O Plano apresenta o crescimento das toneladas de resíduos sólidos gerados, por dia, até 2033. Para os anos seguintes, fez-se uma média do aumento anual dos últimos 10 anos (2023-2032) para projetar até 2050, o ano final do cenário BAU. Os resultados dos percentuais utilizados na projeção estão apresentados na Tabela 25.

**Tabela 25. Estimativa de geração de resíduos sólidos no município de Porto Alegre.**

Parâmetro	2023-2025	2026-2027	2028-2029	2030-2032	2033-2050
<b>Taxa de crescimento anual (%)</b>	0,70	0,69	0,68	0,67	0,69

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Fonte: PMPA (2023a).

### 3.4.2 Estimativa de crescimento de geração de Efluentes Líquidos

Quanto ao aumento da geração de efluentes líquidos, para o parâmetro de efluentes tratados, utilizou-se a projeção de crescimento da vazão média de tratamento para cada uma das estações de tratamentos (ETEs) que estavam operando no ano base de 2019, conforme apresentando no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMPA, 2015). A projeção do PMSB foi feita a partir do ano de 2016 até o ano de 2033, para cada ETE e ano a ano. A Tabela 26 mostra a variação de alguns anos-chave, em relação ao ano de 2016, com a premissa de que quatro das ETEs serão desativadas até 2033, conforme o PMSB. Entre 2033-2050 considerou-se que as ETEs desativadas permaneceriam desativadas, e as demais manteriam a vazão do ano de 2033.

**Tabela 26. Variação percentual da vazão de cada ETE com relação ao ano de 2016.**

ETE	2019	2025	2030	2033	2033-2050
ETE Esmeralda	-7%	-11%	-25%	-100%	-100%
ETE Belem Novo	4%	3%	3%	2%	0%
ETE SJ Navegantes	5%	4%	3%	3%	0%
ETE Serraria	2%	2%	1%	1%	0%
ETE Parque do Arvoredo	-7%	-11%	-25%	-100%	-100%
ETE Chácara Nascente	0%	0%	0%	0%	0%
ETE Bosque	-7%	-11%	-25%	-100%	-100%
ETE Sarandi	21%	9%	6%	5%	0%
ETE Rubem Berta	18%	9%	6%	5%	0%
ETE Lami	7%	6%	4%	4%	0%
ETE Ipanema	-8%	-11%	-25%	-100%	-100%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em PMPA (2015).

Quanto aos parâmetros de “Número de moradores sem coleta e sem tratamento” e “Número de moradores com coleta, mas sem tratamento de efluentes”, a projeção foi feita a partir da variação da população da cidade, conforme Tabela 3.

### 3.5 SETOR AFOLU

Para o setor AFOLU, foi necessário desenvolver projeções para o crescimento dos rebanhos, do cultivo de arroz no município e das alterações no uso da terra. Os capítulos seguintes apresentam as premissas para cada um destes parâmetros.

#### 3.5.1 Estimativa de crescimento dos rebanhos

Em Porto Alegre, no inventário de GEE, foram calculadas as emissões de manejo dos rebanhos de bovinos, bubalinos, suínos, caprinos, equinos, ovinos, bubalinos e galináceos, causada pelo

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

manejo de dejetos e fermentação entérica, essa para os casos aplicáveis. Uma vez que não há previsão municipal de crescimento para os rebanhos, utilizou-se a premissa de que eles se manteriam constantes. A projeção de todos os rebanhos foi feita com base na média do número de cabeças de cada rebanho, dos últimos seis anos (2016-2022), a partir dos dados de quantidade de rebanhos em Porto Alegre (IBGE, 2021a). Esta premissa é razoável, visto que boa parte dos rebanhos da cidade apresentou redução ao longo destes anos.

### 3.5.2 Estimativa de crescimento de produção de arroz

A projeção do crescimento do cultivo de arroz foi feita conforme utilizando-se os dados da correlação entre o valor adicionado no setor agropecuário e o PIB Municipal, conforme demonstrado na Figura 5, a partir dos dados da Tabela 27.

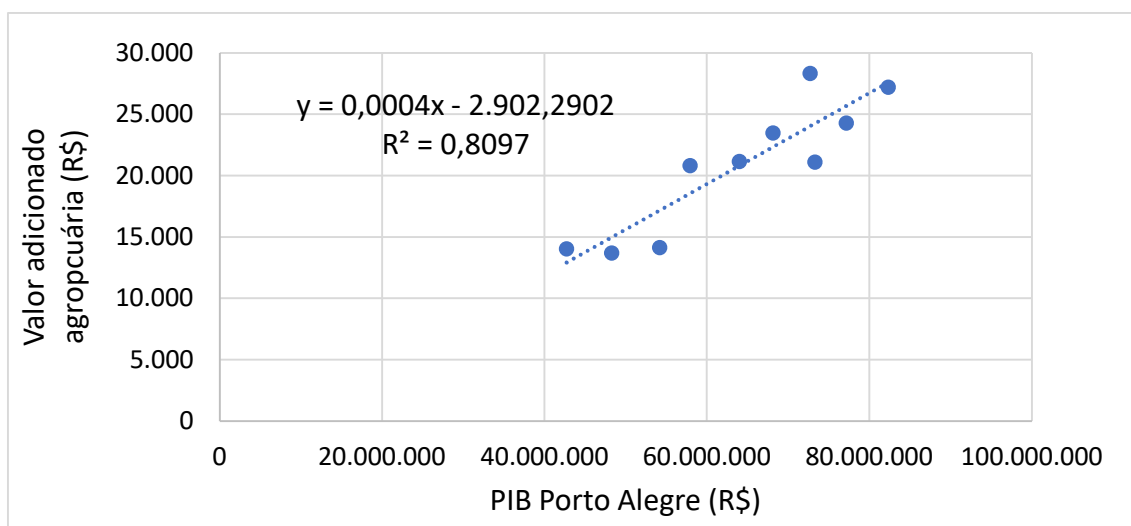


Figura 5. Relação entre o valor adicionado no setor comercial e o PIB Porto Alegre (2010 a 2019).

Fonte: IBGE (2020b).

Tabela 27. Comparação entre Valor Adicionado no Setor Agropecuário (R\$ mil) e PIB municipal (R\$ mil) de Porto Alegre.

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Agropecuária</b>	14.048	13.716	14.161	20.828	21.174	23.485	28.355	21.112	24.312	27.233
<b>PIB Municipal</b>	42.725	48.288	54.205	57.920	63.990	68.132	72.7345	73.314	77.182	82.321

Fonte: IBGE (2020b).

A partir da Tabela 27, portanto, obteve-se a relação linear entre o valor adicionado no setor agropecuário e o PIB Municipal.

$$\Delta \text{Valor adicionado Agropecuária}_{\text{Porto Alegre}} = 0,0004 * \Delta \text{PIB}_{\text{Porto Alegre}} - 2.902,29$$

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

A partir dos valores de hectares de arroz plantados entre 2016 e 2019, fez-se um indicador dividindo os hectares pelo valor adicionado da agropecuária nestes mesmos anos. Então, foi feita a média deste indicador entre 2016 e 2019. Por fim, multiplicou-se este valor médio, que foi fixado em 2,6%, pelo valor adicionado da agropecuária, para projetar até 2050, com base na equação linear que disponibilizou os dados para todos os anos seguintes.

### 3.5.3 Estimativa de alterações na Cobertura vegetal

O inventário de emissões de AFOLU incluiu também o cálculo da variação da cobertura vegetal da cidade e do plantio de mudas em espaços urbanos. Para o cenário BAU, considerou-se que não haveria alteração na cobertura vegetal e nem haveria plantios de novas mudas, portanto, o valor “0” foi replicado para todo o horizonte temporal, de 2020 até 2050.

## 4. METODOLOGIA – CENÁRIO PLANEJADO

Para a construção do Cenário Planejado, as emissões são estimadas considerando a existência de ações e políticas públicas de redução de emissões, sendo que essas ações podem estar em curso ou na fase de planejamento, já previstas pelo município. Além disso, também são consideradas tendências, desde que adequadamente evidenciadas. Nesta seção são apresentadas as premissas consideradas na elaboração do cenário Planejado.

### 4.1 SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA

O planejamento energético a nível municipal não é uma prática comum, contudo, a nível nacional a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) elabora anualmente cenários de projeção de consumo energético com horizontes decenais para todo o país. Para a projeção de consumo de energia ou combustíveis já realizados pelo município foram usados como referência tanto projeções nacionais quanto dados de projetos planejados ou em desenvolvimento pela Prefeitura de Porto Alegre, na área de energia.

#### 4.1.1 Estimativa de Geração Distribuída Fotovoltaica

O crescimento da geração distribuída fotovoltaica no cenário planejado foi estimado a partir da projeção de crescimento no número de GD, a quantidade de horas de insolação anual no território de Porto Alegre e dados do projeto que visa a instalação de placas solares em prédios públicos. Este projeto de Parceria Público-Privada (PPP) visa a implantação, operação, manutenção e gestão de usinas fotovoltaicas, com gestão dos serviços de compensação de

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

créditos para o Município de Porto Alegre (PMPA, 2023b), com capacidade de geração de 7.116.850 kWh/ano, segundo informações da Secretaria de Parcerias.

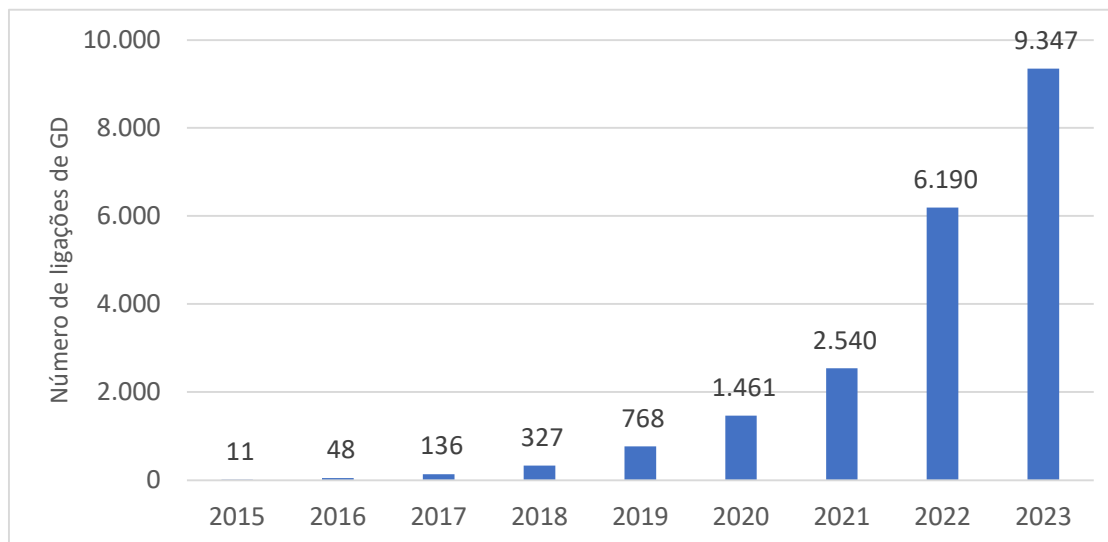
A Tabela 28 mostra as novas conexões anuais de GD ocorridas em Porto Alegre no período entre 2016 e 2023 segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A partir de sua série histórica foi gerado o gráfico, na Figura 6, que mostra a evolução no número de novas conexões de GD no período.

**Tabela 28. Número de novas conexões de GD em Porto Alegre.**

Ano	Novas Conexões Anual	Total
2015	11	11
2016	37	48
2017	88	136
2018	191	327
2019	441	768
2020	693	1.461
2021	1.079	2.540
2022	3.650	6.190
2023	3.157	9.347

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em ANEEL (2024).

**Figura 6. Evolução anual no número de novas ligações de GD em Porto Alegre (2015-2023)**



Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em ANEEL (2024).

Em análise da Figura 6, percebe-se que no período entre 2015 e 2023 houve um crescimento exponencial no que tange a quantidade conexões de geração distribuída na cidade, mostrando que, de 2021 a 2023, o número quase que quadruplicou. Nesse sentido, optando pelo conservadorismo, foi escolhido não projetar o crescimento no número de novas conexões a partir de sua série histórica para os setores comercial, industrial e residencial.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

A premissa utilizada, portanto, levou em consideração que a tendência de crescimento no número de conexões é desacelerar ao longo dos anos. Para demonstrar tal comportamento, portanto, foram adotados incrementos no crescimento anual diferentes por período e segmento, como demonstra a Tabela 29.

**Tabela 29. Projeção no número de novas conexões anuais em Porto Alegre, por segmento.**

Segmento	2024-2025	2026-2035	2036-2050
Comercial	400	300	150
Industrial	20	15	10
Residencial	3000	500	250

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Para estimar a capacidade de energia gerada no cenário planejado, foi necessário avaliar a quantidade anual de horas que Porto Alegre normalmente recebe de insolação. Para essa finalidade, foram usados dados sobre insolação mensal de uma estação meteorológica do Portal do INMET (INMET, 2020). Sua visualização está disponível na Tabela 30.

**Tabela 30. Horas de insolação mensal.**

Mês	Nº horas insolação diária	Nº dias mês	Total horas/ano
jan	7,7	31	238
fev	7,4	28	207
mar	6,7	31	207
abr	5,6	30	167
mai	4,6	31	144
jun	4,0	30	119
jul	4,3	31	134
ago	4,8	31	150
set	5,0	30	150
out	5,7	31	176
nov	7,5	30	224
dez	7,7	31	239
Total	71	365	2.153

Fonte: Dados da Estação Meteorológica 83967 (Porto Alegre) obtidos no Portal do INMET. Normal Climatológica 1991-2020 (INMET, 2020).

A Lei de Incentivo Estadual: Lei nº 14.898 de 05/07/2016 Institui a Política Estadual de Incentivo ao Aproveitamento da Energia Solar no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Segundo seu Art. 5º, observa-se “IV. a busca de parcerias com entidades, públicas ou privadas, para maximizar a produção e o incentivo à utilização dos produtos (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2016).

Em vista destas iniciativas, incluindo o projeto de PPP já citado anteriormente referente à instalação de usinas solares em prédios públicos, para o cálculo da projeção da capacidade de

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões energia gerada por geração distribuída, por setor, foi levado em consideração: (i) a projeção no incremento anual de conexões em Porto Alegre, até o ano de 2050; (ii) o total anual de horas de insolação que a cidade recebe; e (iii) o tamanho médio do sistema de geração de energia, obtido a partir de dados da ANEEL, demonstrados na Tabela 31. É importante destacar que a projeção da ampliação do consumo de energia elétrica por GD para o poder público considerou no cálculo a capacidade de geração prevista de 7.116.850 kWh/ano, com início no ano de 2026.

**Tabela 31. Quantidade de Unidades de GD e Potência instalada por segmento.**

Segmento	Qtd. GD	Ucs REC créditos	Potência Instalada (kW)	Tamanho Médio Sistema (kW/un)
Comercial	445	791	9.598	21,57
Industrial	18	79	389	21,62
Poder Público	1	4	9	9,00
Residencial	2.687	3.704	16.179	6,02
Rural	6	8	56	9,41
Total	3.157	4.586	26.232	8,31

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em ANEEL (2024).

Como resultado, a Tabela 32 apresenta a projeção da abrangência de estabelecimentos com Geração Distribuída em Porto Alegre, até o ano de 2050.

**Tabela 32. Projeção de estabelecimentos com Geração Distribuída Porto Alegre, por setor, no Cenário Planejado.**

Classe Consumo	2019	2030	2040	2050
Residencial	0,2%	2,8%	3,1%	3,2%
Comercial	0,3%	3,3%	5,4%	6,8%
Industrial	0,1%	1,4%	2,5%	4,1%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em dados da ANEEL (2024) apresentados nas tabelas acima.

#### 4.1.2 Estimativa de redução de combustíveis para Cocção

A construção das projeções do consumo de combustíveis na cocção se baseou no Estudo de Cenários de Mitigação de GEE do Setor Residencial (Pereira JR; Weiss, 2016) e no Projeto IES – Brasil 2050: Implicações Econômicas e Sociais dos Cenários de Mitigação de GEE no Brasil até 2050 (Rovere *et al.*, 2018).

A partir do estudo de Pereira Jr e Weiss, foi utilizada a projeção de crescimento de fogão a gás natural até o ano de 2030. Para construir a projeção de crescimento de 2030 até 2050, foram utilizados os dados do cenário de “1,5°C” do estudo do Projeto IES. A Tabela 33 mostra os valores percentuais que foram utilizados para a projeção com base nestes dois estudos.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

**Tabela 33. Projeção Nacional para o uso de Gás Natural.**

Gás natural	2020	2030	2040	2050
Taxa de crescimento ao ano no período (%)	-	4,5	1,8	1,5
Fonte do Dado		PEREIRA JR; WEISS (2016)	ROVERE et al. (2018)	ROVERE et al. (2018)

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em PEREIRA JR; WEISS (2016) e ROVERE et al. (2018).

Para projeção do consumo de energia para cocção, portanto, foi considerado o aumento no consumo de gás natural seguindo a taxa de crescimento projetado pelos dois estudos apresentados acima. O percentual de crescimento na utilização de gás natural resultante pode ser observado na Tabela 34.

**Tabela 34. Percentual de utilização de Gás Natural em domicílios.**

Gás natural	2022	2030	2040	2050
Utilização em domicílios (%)	19	21	29	31

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em <sup>1</sup>PEREIRA JR; WEISS (2016) e <sup>2</sup>ROVERE et al. (2018).

#### 4.1.3 Estimativa de consumo de energia elétrica na Iluminação Pública

Para a projeção do consumo de energia elétrica para iluminação pública foram considerados os seguintes dados do Relatório Técnico da Rede de Iluminação Pública de Porto Alegre (PMPA; BNDES, 2019):

- Pontos de iluminação em Porto Alegre (2017): 101.487
- Pontos de iluminação substituídos por LED (2023): 101.487

Para o cálculo do cenário Planejado, foi levado em consideração que em todos os novos pontos de iluminação da cidade serão iluminados por lâmpadas LED a partir de 2023.

#### 4.2 SETOR DE TRANSPORTES

As principais políticas, programas e estudos utilizados como referência para a cidade são listados a seguir:

- MobilIPOA – Plano de Mobilidade Urbana de Porto Alegre: Relatório Síntese e Plano de Ações Estratégicas (PMPA; SMMU; EPTC, 2021).
- PlanMob Centro (PMPA; SMMU, 2022) ;

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

- Cenário de Emissão de GEE – 2050 - Setor de Transportes (Projeto IES Brasil – 2050) (D’Agosto; Gonçalves; Oliveira, 2018);
- Modelagem Setorial de Opções de Baixo Carbono para o Setor de Transportes (BRASIL/MCTI; ONU Meio Ambiente, 2017);

### 4.2.1 Estimativa de crescimento do número de viagens

Para o número de viagens, não foram feitas alterações e utilizou-se as mesmas premissas do cenário BAU. As variações do cenário Planejado ocorreram na projeção da distribuição modal e no consumo de combustíveis.

### 4.2.2 Estimativa da Distribuição Modal

Para a estimativa da projeção da distribuição modal no cenário planejado, foram consideradas as tendências de crescimento do transporte ativo na cidade previstos pelo MobiliPOA, bem como utilizou-se a premissa de um pequeno crescimento na participação do trem metropolitano. Em reuniões realizadas com a Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana (SMMU) de Porto Alegre e a Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), ocorridas nos meses de janeiro e fevereiro, os representantes sinalizaram que o modal de transporte público coletivo deverá permanecer com participação similar ao que ocorre hoje. Cabe destacar que estas premissas apresentadas em reunião para validação são preliminares e ainda não foram aprovadas e publicadas em documento oficial, servindo apenas de referência para a construção deste cenário de emissões. As metas para cada modal estão apresentadas na Tabela 35.

**Tabela 35. Projeção da distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de Porto Alegre, no cenário planejado.**

Classe	Modo de Transporte	Divisão Modal (%)			
		2019	2030	2040	2050
TC	Trem	0,9%	1,3%	1,6%	2%
TC	Ônibus e lotação	45,2%	45,2%	45,2%	45%
TI	Carro - Condutor de automóvel	15,9%	14,1%	12,5%	11,0%
TI	Carro - Passageiro de automóvel	6,8%	6,0%	5,3%	4,7%
TI	Transporte Escolar	1,5%	1,3%	1,2%	1,0%
TI	Motocicleta	0,9%	0,8%	0,7%	0,6%
TI	Outros	2,2%	2,0%	1,8%	1,5%
TA	A pé ou bicicleta	26,7%	29,3%	31,6%	34,0%
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de PMPA; EPTC (2004), EPTC; METROPLAN; TRENSURB (2009) e PMPA (2022b) e reuniões com SMMU e EPTC.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### 4.2.3 Estimativas de Mudanças Tecnológicas – eficiência energética e mudança de combustíveis

O estudo Cenário de Emissão de GEE – 2050 - Setor de Transportes do foi utilizado para estimar as tendências do cenário planejado do município de Porto Alegre. As mudanças tecnológicas no setor de transportes, tais como a eficiência energética e a substituição de combustíveis, não são necessariamente fruto de mudanças locais, mas principalmente motivadas por tendências nacionais e internacionais, especialmente devido a mudanças de mercado e determinação de investimentos conforme estratégias energéticas nacionais (D’Agosto; Gonçalves; Oliveira, 2018).

Para a mudança de combustível, o Projeto IES estimou a projeção do tipo de combustível por tipo de veículo particular em 2050 conforme Tabela 36. Essa projeção contribuiu para as premissas que deram origem à projeção da divisão dos combustíveis no cenário planejado de Porto Alegre em 2050.

**Tabela 36. Caracterização da frota rodoviária por tipo de veículo particular e combustível em 2050.**

Tipo de veículo	Gasolina	Etanol	Flex	Híbridos	Elétricos	Diesel
Automóveis	0,34%	0,01%	27,85%	62,17%	9,63%	-
Comerciais Leves	0,39%	0,00%	20,84%	48,24%	-	30,53%
Motocicletas	12,15%	-	25,97%	-	61,88%	-

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de D’AGOSTO; GONÇALVES; OLIVEIRA (2018).

Para o transporte público coletivo, as premissas foram enviadas pela Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana e Empresa Pública de Transporte e Circulação, conforme apresentado na Tabela 37.

**Tabela 37. Caracterização da frota de transporte público por tipo de combustível em 2050 no cenário planejado.**

Tipo de veículo	Híbridos	Elétricos	Diesel
Ônibus e lotações	6%	55%	39%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados da SMMU e EPTC.

Adicionalmente, outras premissas foram consideradas na elaboração do cenário planejado de transporte, as quais serão detalhadas na sequência.

#### 4.2.3.1 Distribuição de Combustível entre Veículos Flex e Híbridos

Segundo a publicação Modelagem Setorial de Opções de Baixo Carbono para o Setor de Transportes (BRASIL/MCTI; ONU Meio Ambiente, 2017), espera-se que, em veículos *flex*, o consumo de etanol seja mantido em 36% até 2050. Para veículos híbridos (elétrico-etanol e

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões elétrico-diesel), foi considerado que estes terão como perfil de consumo 50% de eletricidade e 50% de combustível (Tabela 38).

**Tabela 38. Distribuição de combustíveis em veículos flex e híbridos para o cenário planejado.**

Veículo	Combustível	2049
Flex-fuel	Gasolina	64%
	Etanol	36%
Híbrido etanol - elétrico	Eletricidade	50%
	Etanol	50%
Híbrido diesel - elétrico	Eletricidade	50%
	Diesel	50%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de BRASIL/MCTIC e ONU MEIO AMBIENTE (2017).

#### 4.2.3.2 Resultado Consolidado – Mudanças Tecnológicas

Considerando as premissas descritas anteriormente, a projeção para os anos entre o intervalo do ano base (2019) e o ano previsto (2050) foi realizada a partir de interpolação linear entre os cenários atual e futuro. Assim, a distribuição de combustível por modal para o ano base e horizontes futuros está apresentada na Tabela 39 a seguir.

**Tabela 39. Distribuição do combustível utilizado por modo de transporte para o cenário planejado.**

Modo de Transporte	Combustível	2019	2030	2040	2050
Carro - Condutor de automóvel	Gasolina	90,3%	73,6%	45,9%	18,2%
Carro - Condutor de automóvel	Etanol	1,8%	10,9%	26,0%	41,1%
Carro - Condutor de automóvel	GNV	7,9%	6,1%	3,0%	0,0%
Carro - Condutor de automóvel	Eletricidade	0,0%	9,4%	25,1%	40,7%
Carro - Passageiro de Automóvel	Gasolina	90,3%	73,6%	45,9%	18,2%
Carro - Passageiro de Automóvel	Etanol	1,8%	10,9%	26,0%	41,1%
Carro - Passageiro de Automóvel	GNV	7,9%	6,1%	3,0%	0,0%
Carro - Passageiro de Automóvel	Eletricidade	0,0%	9,4%	25,1%	40,7%
Transporte Escolar - Gasolina	Gasolina	100,0%	81,1%	49,6%	18,2%
Transporte Escolar - Etanol	Etanol	0,0%	9,5%	25,3%	41,1%
Transporte Escolar - GNV	GNV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Transporte Escolar - Eletricidade	Eletricidade	0,0%	9,4%	25,1%	40,7%
Motocicleta - Gasolina	Gasolina	100,0%	83,6%	56,2%	28,8%
Motocicleta - Etanol	Etanol	0,0%	2,2%	5,8%	9,3%
Motocicleta - GNV	GNV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Motocicleta - Eletricidade	Eletricidade	0,0%	14,3%	38,1%	61,9%
Ônibus e Lotação - Diesel	Diesel	100,0%	92,3%	64,3%	42,0%
Ônibus e Lotação - Eletricidade	Eletricidade	0,0%	7,7%	35,7%	58,0%
Outros - GNV	GNV	19,0%	19,0%	19,0%	19,0%
Outros - Diesel	Diesel	81,0%	81,0%	81,0%	81,0%
Outros - Eletricidade	Eletricidade	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de D'AGOSTO; GONÇALVES; OLIVEIRA (2018) e BRASIL/MCTIC e ONU MEIO AMBIENTE (2017).

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

## 4.3 SETOR DE RESÍDUOS

A estimativa para o crescimento das emissões do setor de Resíduos foi desenvolvida com base nas metas do O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMPA, 2023a), para os resíduos sólidos, e do Plano Municipal de Saneamento Básico, para os efluentes líquidos (PMPA, 2015).

O subsetor de Resíduos Sólidos, no ano de 2019, caracterizou-se por cerca de 93% dos resíduos enviados ao aterro de Minas do Leão, 3,4% para reciclagem e 36% para compostagem. As principais metas da cidade envolvem a ampliação de resíduos úmidos enviados para tratamento e o aumento da taxa de reciclagem dos resíduos secos. Há também metas para reduzir as disposições irregulares de resíduos, que resultam tanto em emissões de gases de efeito estufa quanto amplificam o impacto de riscos climáticos como inundações e alagamentos.

Em relação ao tratamento de efluentes líquidos domésticos, a cidade apresentava cerca de 60% da população alcançada pela coleta e tratamento. Em 2019 o tratamento de efluentes era realizado por 11 ETEs, sendo que algumas ETEs foram desativadas após 2019.

Os tópicos a seguir se destinam a apresentar como as principais metas e objetivos das políticas e programas elencados impactarão quantitativamente o cenário deste setor para a cidade de Porto Alegre.

## 4.3.1 Estimativa da Recuperação de resíduos recicláveis secos

O desvio de resíduos secos dispostos no aterro sanitário foi estimado a partir da meta apresentada no PMGIRS (PMPA, 2023a). O cenário prevê desvio de 24,3% de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) secos dispostos no aterro sanitário até 2040. A Tabela 40 apresenta os resultados consolidados de taxa de desvio de resíduos secos do aterro no Cenário Planejado.

**Tabela 40. Taxa de desvio de resíduos secos do aterro (Cenário Planejado).**

Tipo de tratamento/destinação	2028	2033	2040	2050
Reciclagem (%)	11,4	17,2	24,3	24,3

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de PMPA (2023a).

Por meio do Estudo da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares da cidade de Porto Alegre, desenvolvido pelo DMLU (PMPA, 2023a), tem-se que 33,1% dos resíduos enviados ao Aterro de Minas do Leão, advindos do município, são secos (Tabela 41). Os resíduos secos constituem-se em 15,4% de plásticos, 11,8% papel e papelão, 4,7% de vidro e 1,7% metais diversos.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

**Tabela 41. Composição gravimétrica dos resíduos de Porto Alegre em 2022.**

Composição Gravimétrica	%
Resíduos de alimentos	32,6%
Resíduos verdes	6,0%
Papel, papelão	11,8%
Plástico filme	7,9%
Plásticos rígidos	7,5%
Vidros	4,7%
Metais ferrosos	0,7%
Metais não ferrosos	0,5%
Têxteis	6,3%
Borracha, couro	4,9%
Fraldas descartáveis e similares	2,6%
Madeira	0,4%
Resíduos minerais	13,2%
Outros rejeitos	0,9%
Total	100%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de PMPA (2023a).

Considerando-se que a maior parte dos resíduos secos são constituídos por papel, papelão e plástico, adotou-se uma taxa de recuperação destes materiais proporcional à quantidade enviada ao aterro. Os resultados da compilação das hipóteses para desvio de plásticos, papel e papelão estão apresentados na Tabela 42.

**Tabela 42. Taxas de recuperação de plástico, papelão e papel (Cenário Planejado).**

Tipo de material recuperado	2028	2033	2040	2050
Fração de plástico recuperada (%)	6,5	9,7	13,8	13,8
Fração de papel e papelão recuperada (%)	4,9	7,5	10,5	10,5

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

#### 4.3.2 Estimativa de Tratamento de fração orgânica

O desvio de resíduos orgânicos dispostos no aterro sanitário também foi estimado a partir da meta apresentada no PMGIRS (PMPA, 2023a). O cenário prevê desvio de 42,4% de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) orgânicos dispostos no aterro sanitário até 2040. A Tabela 43 apresenta os resultados consolidados de taxa de desvio de resíduos orgânicos do aterro no Cenário Planejado, considerando os tratamentos previstos no PMGRIS.

**Tabela 43. Taxa de desvio de resíduos orgânicos do aterro (Cenário Planejado).**

Tipo de tratamento/destinação	2028	2033	2040	2050
Compostagem e/ou digestão anaeróbia (%)	10,7	16,5	24,9	24,9
Tratamento térmico (%)	7,8	11,5	17,5	17,5
<b>Total de desvio de orgânicos (%)</b>	<b>18,5</b>	<b>28,0</b>	<b>42,4</b>	<b>42,4</b>

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de (PMPA, 2023a)

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Por fim, cabe destacar que não foram obtidas informações quantitativas em relação ao tratamento dos diferentes tipos de resíduos orgânicos, sendo adotadas as mesmas projeções para resíduos alimentares e de poda.

### 4.3.3 Estimativa de tratamento dos Efluentes domésticos

Os objetivos específicos relacionados ao setor de esgotamento sanitário de Porto Alegre estão em consonância com a Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007), sendo o principal deles a universalização dos serviços. Para o subsetor de tratamento de efluentes, prevê-se a ampliação do atendimento (PMPA, 2015) até 2035, com marcos intermediário em 2025 de 70% e em 2030 de 85%. Após alinhamento com o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), foi estabelecida a meta de 95% de tratamento completo de efluentes domésticos em 2025 (Tabela 44).

**Tabela 44. Taxas de universalização do tratamento de esgotos em Porto Alegre (Cenário Planejado).**

Tipo de tratamento/destinação	2025	2030	2035	2040	2050
População atendida pela coleta e tratamento (%)	70	85	95	95	95
População não atendida pela coleta e tratamento (%)	30	15	0	0	0

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de PMPA (2015).

Considerou-se também que as obras de melhorias no sistema de esgotamento sanitário previstas no Plano de Saneamento Básico e nas condições operacionais das ETE's serão realizadas, com ampliação da capacidade de tratamento em algumas das ETEs e desativação de outras.

## 4.4 SETOR AFOLU

### 4.4.1 Estimativa de rebanhos

Para o cenário planejado do setor AFOLU, não foi feita nenhuma alteração nas premissas utilizadas para os rebanhos, sendo as mesmas do cenário BAU.

### 4.4.2 Estimativa de cultivo de arroz

Para o cenário planejado, utilizou-se o estudo de Projeções do Agronegócio para o Brasil (período 2022/23 a 2032/33), que projetou uma redução de 0,2% ao ano na produção de arroz entre 2023 e 2033 (MAPA, 2023). Até 2050, a variação dos hectares foi calculada da seguinte forma, em dois períodos distintos:

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

- 2020 a 2023: Aumento dos hectares a partir do valor adicionado pela agropecuário a preços correntes.
- 2023 a 2050: Redução anual de 0,2% dos hectares plantados, conforme projeção do MAPA.

### 4.4.3 Estimativa de aumento da Cobertura vegetal

O inventário de emissões de AFOLU incluiu também o cálculo da variação da cobertura vegetal da cidade e do plantio de mudas em espaços urbanos. Para o cenário Planejado, considerou-se premissas com base em conversas realizadas com as secretarias para desenvolvimento das ações do PLAC, que incluem ampliação da arborização.

Para a projeção das mudas, utilizou-se a média de variação das mudas plantadas entre 2017 e 2020, segundo os dados disponibilizados pela SMAMUS durante o desenvolvimento do inventário de emissões de GEE. O percentual de 4,4% foi utilizado para a projeção do aumento das mudas, até 2030. Entre 2021 e 2050 fixou-se o valor médio dos últimos 10 anos para determinar a quantidade anual de novas mudas plantadas. Para o aumento da cobertura vegetal, fixou-se o valor médio dos anos anteriores, de 2017 a 2019, até 2050.

## 5. METODOLOGIA - CENÁRIO AMBICIOSO

### 5.1 SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA

#### 5.1.1 Estimativa do consumo de energia elétrica em edificações

Para os setores residencial, comercial, industrial e serviços públicos, a projeção do consumo de energia elétrica no cenário ambicioso levou em consideração a projeção do Ministério de Minas e Energia e da Empresa de Pesquisa Energética acerca dos ganhos com eficiência energética, por setor (BRASIL/MME, 2021). Assim, foram incorporados também a redução do consumo de energia elétrica, devido à ganhos de eficiência energética (Tabela 45).

**Tabela 45. Contribuição setorial para os ganhos de eficiência energética, por setor.**

Setor	Ganhos por eficiência energética [%]
Agropecuário	5%
Residencial	2%
Serviços	6%
Transporte	6%
Industrial	5%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de BRASIL/MME (2021b).

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

5.1.2 Estimativa da ampliação da Geração Distribuída

Para o cenário ambicioso de geração distribuída, as metas estabelecidas foram baseadas em metas de outras cidades e em projetos já em desenvolvimento na cidade de Porto Alegre, para os subsetores residencial, comercial, industrial e público.

Por meio da Parceria Público-Privada (PPP) e contratação de energia elétrica de fonte renovável pelo ambiente de contratação livre (ACL), prevê-se que todos os prédios próprios municipais estejam abastecidos com energia elétrica proveniente de fonte renovável a partir de dezembro de 2025. Sendo assim, para o horizonte de curto prazo se considerou o alcance de 100% de estabelecimentos públicos com geração distribuída de fonte renovável.

Para os subsetores residencial e comercial, as metas foram construídas inicialmente com base em outras cidades brasileiras, que estabeleceram ampliar a geração e/ou consumo de energia elétrica distribuída. As metas destas cidades são de 13% (São Paulo), 20% (Salvador) e 24% (Rio de Janeiro) nos estabelecimentos residenciais e 24% (São Paulo) e 30% (Salvador) nos estabelecimentos comerciais.

Considerando as diferentes iniciativas inseridas no PLAC de Porto Alegre, que inclui incentivos para geração de energia renovável nos diferentes setores, foram estabelecidas metas mais ambiciosas para o município. As ações do PLAC incluem não somente iniciativas já em andamento, como o Programa de Certificação Sustentável estabelecido pelo Decreto Municipal nº 21.789 (PMPA, 2022a), como também atualização do Código de Edificações para incluir critérios de sustentabilidade, ampliação e a criação de estudos e incentivos fiscais para construções existentes e novas.

**Tabela 46. Projeção de estabelecimentos com Geração Distribuída em Porto Alegre, por setor, no Cenário Ambicioso.**

Classe Consumo	2019	2030	2040	2050
Residencial	0,2%	8%	25%	40%
Comercial	0,3%	10%	30%	50%
Público	0,1%	100%	100%	100%
Industrial	0,1%	5%	15%	20%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em dados da ANEEL (2024), para o ano base de 2019, Secretaria Municipal de Parcerias, Planos de Ação Climática de outras cidades brasileiras (PMS, 2020; PMSP, 2020; PMRJ, 2020) e ações do PLAC, para os demais anos.

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### 5.1.3 Estimativa do consumo de combustíveis para Cocção

Para o cenário Ambicioso, foram estabelecidas novas premissas com base nas tendências de ampliação do uso do gás natural, ou seja, gás canalizado, para cocção, em substituição ao Gás Liquefeito de Petróleo (GPL), o gás de botijão. Para embasamento, foram utilizados os dados históricos de crescimento no número de clientes e quilômetros de redes de distribuição da Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul - Sulgás (Sulgás, 2022) e os dados futuros de oferta de gás natural da malha integrada, de 2022 a 2032 (EPE/MME, 2023), para estabelecer o percentual de crescimento do consumo para 2040 e 2050. Já o percentual de crescimento entre 2020 para 2030 foi feito com base no estudo do Projeto IES Brasil, que projetou a estimativa de crescimento de fogões que utilizam gás natural (PEREIRA JR; WEISS, 2016).

**Tabela 47. Projeção para o uso de Gás Natural utilizada no cenário ambicioso.**

Gás natural	2020	2030	2040	2050
<b>Taxa de crescimento ao ano no período (%)</b>	-	4,5	5,7	5,7
<b>Fonte do Dado</b>	-	PEREIRA JR; WEISS (2016)	Sulgás (2022) e EPE/MME (2023)	Sulgás (2022) e EPE/MME (2023)

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance com base em PEREIRA JR; WEISS (2016), Sulgás (2022) e EPE/MME (2023).

### 5.1.4 Estimativa do consumo de energia elétrica na iluminação pública

O cenário Ambicioso utilizou as mesmas premissas do Planejado, foi levado em consideração que em todos os novos pontos de iluminação da cidade serão iluminados por lâmpadas LED a partir de 2023.

## 5.2 SETOR DE TRANSPORTES

### 5.2.1 Estimativa da Distribuição Modal

Para a estimativa da projeção da distribuição modal no cenário ambicioso, foram feitas algumas reuniões de alinhamento com a Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana (SMMU) de Porto Alegre e a Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), ocorridas nos meses de janeiro, fevereiro e julho. Após a última reunião, os representantes enviaram as premissas para o crescimento do modal de transporte ativo (a pé ou bicicleta), com alcance de 50% de uso deste modal até 2050. Foram sinalizadas tendências futuras de redução do uso do transporte público, por este motivo este valor também foi reduzido para 2040 e 2050, sendo substituído pelos modais ativos. Há também redução do transporte individual, que passa a representar cerca de

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

13% das viagens, considerando carros, transporte escolar, motocicletas e outros. As metas para cada modal estão apresentadas na Tabela 48.

**Tabela 48. Projeção da distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de Porto Alegre, no cenário ambicioso.**

Classe	Modo de Transporte	Divisão Modal (%)			
		2019	2030	2040	2050
TC	Trem	0,9%	1,3%	1,6%	2%
TC	Ônibus e lotação	45,2%	45,2%	40,1%	35,0%
TI	Carro - Condutor de automóvel	15,9%	13,7%	10,6%	7,6%
TI	Carro - Passageiro de automóvel	6,8%	5,8%	4,5%	3,2%
TI	Transporte Escolar	1,5%	1,3%	1,0%	0,7%
TI	Motocicleta	0,9%	0,8%	0,6%	0,4%
TI	Outros	2,2%	1,9%	1,5%	1,1%
TA	A pé ou bicicleta	26,7%	30,0%	40,0%	50,0%
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de PMPA; EPTC (2004), EPTC; METROPLAN; TRENURB (2009) e PMPA (2022b) e reuniões com SMMU e EPTC.

## 5.2.2 Estimativas de Mudanças Tecnológicas – eficiência energética e mudança de combustíveis

### 5.2.2.1 Combustíveis do transporte particular

As estimativas de mudanças tecnológicas utilizadas para o transporte particular no cenário ambicioso partiram das do cenário planejado, considerando os estudos do Cenário de Emissão de GEE – 2050 - Setor de Transportes (D’Agosto; Gonçalves; Oliveira, 2018) e o Projeto IES (D’AGOSTO; GONÇALVES; OLIVEIRA (2018). Porém, com base nas ações do PLAC para redução das emissões no transporte terrestre, foram estabelecidas premissas mais ambiciosas para veículos privados. Algumas das ações do PLAC incluem implementação de estações de carregamento de veículos elétricos, criação de incentivos, regulamentações e subsídios para veículos de baixa emissão ou movidos a energia elétrica, e estabelecimento de políticas de restrição ao uso de transporte privado em determinados locais, entre outras.

Para a categoria Carros – condutor e passageiro – foi assumido um maior crescimento dos veículos elétricos em comparação ao cenário planejado, com 2050 chegando em 15% de veículos movidos a gasolina ou etanol, e em 85% de veículos híbridos ou elétricos. Para a categoria Outros da pesquisa origem-destino, estabeleceu-se a premissa de ampliação dos veículos híbridos e principalmente os elétricos, tendências que já podem ser observadas na medida em que os caminhões elétricos no mundo e no Brasil vêm sendo mais utilizados (PwC, 2022; Agência

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Infra, 2024). Embora sejam iniciativas atualmente em estágio inicial, prevê-se um crescimento mais significativo dentro dos próximos 15 anos, segundo o estudo da PwC (2022).

### 5.2.2.2 Combustíveis do transporte coletivo público

As premissas foram enviadas pela Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana e Empresa Pública de Transporte e Circulação, conforme apresentado na Tabela 49.

**Tabela 49. Caracterização da frota de transporte público por tipo de combustível em 2050 no cenário ambicioso.**

Tipo de veículo	Híbridos	Elétricos	Diesel
Ônibus e lotações	20%	80%	0%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados da SMMU e EPTC.

### 5.2.2.3 Resultado Consolidado – Mudanças Tecnológicas

Considerando as premissas descritas anteriormente, a projeção para os anos entre o intervalo do ano base (2019) e o ano previsto (2050) foi realizada a partir de interpolação linear entre os cenários atual e futuro. Assim, a distribuição de combustível por modal para o ano base e horizontes futuros está apresentada na Tabela 50 a seguir.

**Tabela 50. Distribuição do combustível utilizado por modo de transporte para o cenário ambicioso.**

Modo de Transporte	Combustível	2019	2030	2040	2050
Carro - Condutor de automóvel	Gasolina	90,3%	71,7%	40,7%	9,7%
Carro - Condutor de automóvel	Etanol	1,8%	9,6%	22,4%	35,3%
Carro - Condutor de automóvel	GNV	7,9%	6,1%	3,0%	0,0%
Carro - Condutor de automóvel	Eletricidade	0,0%	12,7%	33,8%	55,0%
Carro - Passageiro de Automóvel	Gasolina	90,3%	71,7%	40,7%	9,7%
Carro - Passageiro de Automóvel	Etanol	1,8%	9,6%	22,4%	35,3%
Carro - Passageiro de Automóvel	GNV	7,9%	6,1%	3,0%	0,0%
Carro - Passageiro de Automóvel	Eletricidade	0,0%	12,7%	33,8%	55,0%
Transporte Escolar	Gasolina	100,0%	79,2%	44,4%	9,7%
Transporte Escolar	Etanol	0,0%	9,5%	25,3%	41,1%
Transporte Escolar	GNV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Transporte Escolar	Eletricidade	0,0%	9,4%	25,1%	40,7%
Motocicleta	Gasolina	100,0%	83,6%	56,2%	28,8%
Motocicleta	Etanol	0,0%	2,2%	5,8%	9,3%
Motocicleta	GNV	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Motocicleta	Eletricidade	0,0%	14,3%	38,1%	61,9%
Ônibus e Lotação	Diesel	100,0%	79,2%	44,6%	10,0%
Ônibus e Lotação	Eletricidade	0,0%	20,8%	55,4%	90,0%
Outros	GNV	19,0%	18,1%	16,5%	15,0%
Outros	Diesel	81,0%	68,1%	46,5%	25,0%
Outros	Eletricidade	0,0%	16,2%	43,1%	70,0%

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de D'AGOSTO; GONÇALVES; OLIVEIRA (2018) e BRASIL/MCTIC e ONU MEIO AMBIENTE (2017).

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### 5.2.3 Estimativas para o transporte aéreo

Como já mencionado, a gasolina de aviação geralmente é utilizada em aeronaves de pequeno porte ou helicópteros, enquanto a querosene de aviação é utilizada nas aeronaves que pousam e decolam do aeroporto de Porto Alegre.

Tanto no Brasil quanto no mundo, as pesquisas e iniciativas que visam reduzir as emissões de gases de efeito estufa na aviação vem se intensificando. No Brasil, há um projeto de lei em discussão no Senado que visa instituir o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), entre outros objetivos. Dentro deste projeto há um percentual mínimo de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em operações domésticas pelos operadores aéreos. Sendo assim, para o cenário ambicioso, assumiu-se que este tipo de iniciativa irá crescer no Brasil e no mundo, e utilizou-se estes percentuais para a querosene de aviação de viagens domésticas (Tabela 51).

**Tabela 51. Percentual de redução das emissões de querosene de aviação em viagens domésticas.**

Ano	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Percentual de redução de GEE	1,0%	1,0%	2,0%	3,0%	4,0%	5,0%	6,0%	7,0%	8,0%	9,0%	10,0%

Fonte: Congresso Nacional (2024).

## 5.3 SETOR DE RESÍDUOS

Para o Cenário Ambicioso no setor de resíduos, a principal alteração foi a taxa de desvio de resíduos orgânicos do aterro, com manutenção das demais metas para o subsetor de efluentes.

### 5.3.1 Estimativa da Recuperação de resíduos recicláveis secos

O desvio de resíduos secos dispostos no aterro sanitário foi estimado a partir da meta apresentada no PMGIRS (PMPA, 2023a). O cenário prevê desvio de 24,3% de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) secos dispostos no aterro sanitário até 2040. Considerando-se a ampliação desta iniciativa, utilizou-se a premissa de que em 2050 a taxa de desvio chegaria em 25,5%. A Tabela 52 apresenta os resultados consolidados de taxa de desvio de resíduos secos do aterro no Cenário Ambicioso.

**Tabela 52. Taxa de desvio de resíduos secos do aterro (Cenário Ambicioso).**

Tipo de tratamento/destinação	2028	2033	2040	2050
Reciclagem (%)	11,4	17,2	24,3	25,5

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de PMPA (2023a).

Por meio do Estudo da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares da cidade de Porto Alegre, desenvolvido pelo DMLU (PMPA, 2023a), tem-se que 33,1% dos resíduos enviados ao Aterro de Minas do Leão, advindos do município, são secos (Tabela 41). Os resíduos secos constituem-se em 15,4% de plásticos, 11,8% papel e papelão, 4,7% de vidro e 1,7% metais diversos.

Considerando-se que a maior parte dos resíduos secos são constituídos por papel, papelão e plástico, adotou-se uma taxa de recuperação destes materiais proporcional à quantidade enviada ao aterro. Os resultados da compilação das hipóteses para desvio de plásticos, papel e papelão estão apresentados na Tabela 53.

**Tabela 53. Taxas de recuperação de plástico, papelão e papel (Cenário Ambicioso).**

Tipo de material recuperado	2028	2033	2040	2050
Fração de plástico recuperada (%)	6,5	9,7	13,8	14,4
Fração de papel e papelão recuperada (%)	4,9	7,5	10,5	11,1

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

### 5.3.2 Estimativa de Tratamento de fração orgânica

O desvio de resíduos orgânicos dispostos no aterro sanitário também foi estimado a partir da meta apresentada no PMGIRS (PMPA, 2023a). O cenário prevê desvio de 42,4% de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) orgânicos dispostos no aterro sanitário até 2040. Considerando-se a ampliação desta iniciativa, utilizou-se a premissa de que em 2050 a taxa de desvio chegaria em 44,5%. A Tabela 54 apresenta os resultados consolidados de taxa de desvio de resíduos orgânicos do aterro no Cenário Ambicioso, considerando os tratamentos previstos no PMGRIS.

**Tabela 54. Taxa de desvio de resíduos orgânicos do aterro (Cenário Ambicioso).**

Tipo de tratamento/destinação	2028	2033	2040	2050
Compostagem e/ou digestão anaeróbia (%)	10,7	16,5	24,9	26,1
Tratamento térmico (%)	7,8	11,5	17,5	18,4
<b>Total de desvio de orgânicos (%)</b>	<b>18,5</b>	<b>28,0</b>	<b>42,4</b>	<b>44,5</b>

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance a partir de dados de (PMPA, 2023a)

Por fim, cabe destacar que não foram obtidas informações quantitativas em relação ao tratamento dos diferentes tipos de resíduos orgânicos, sendo adotadas as mesmas projeções para resíduos alimentares e de poda.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### 5.3.3 Captura do biogás de aterro

Em aterros sanitários, o biogás é denominado como gás de aterro. O principal componente do biogás é o metano, que pode atingir de 45% a 55% da composição, dependendo de variáveis como gravimetria dos resíduos, condições climática, aspectos técnicos e outras especificações (GIZ, 2017). Nos aterros, há diversas tecnologias para captação do biogás, o qual pode ser utilizado para queima ou aproveitamento energético.

O aterro de Minas do Leão, onde hoje são direcionados a maior parte dos resíduos sólidos de Porto Alegre, possui um processo consolidado de recuperação de biogás e geração de energia, incluindo um projeto de geração de energia submetido ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (CRVR, 2024). Por este motivo, as emissões do Inventário de Porto Alegre para o subsetor Disposição de Resíduos Sólidos são reduzidas de forma significativa.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency – EPA*) estima que as eficiências de coleta de biogás variam de 60 a 95%, a depender do tipo de cobertura do aterro (Tabela 55).

**Tabela 55. Valores padrão de eficiência de coleta de biogás em aterros sanitários.**

Descrição	Eficiência de coleta de biogás de aterro
A1: Área sem disposição de resíduos	Não aplicável
A2: Área sem coleta ativa de biogás, independentemente do tipo de cobertura	CE2: 0%
A3: Área com cobertura diária e coleta ativa de biogás	CE3: 60%
A4: Área com cobertura intermediária, ou uma cobertura final que não atinge os parâmetros da A5. Além de possuir coleta ativa de biogás	CE4: 75%
A5: Área com cobertura final de cerca de 1 metro de argila e/ou sistema de geomembranas. Além da coleta ativa de biogás	CE5: 95%

Fonte: (EPA, 2010).

Legenda: A: Área (Area); CE – Eficiência de Coleta (*Collection Efficiency*).

Neste contexto, para o cenário ambicioso, foi estabelecida a premissa de que os resíduos sólidos remanescentes que ainda tiverem aterros como sua destinação final, cerca de 30% em 2050, serão direcionados a aterros com aproveitamento de biogás. A eficiência de coleta do biogás foi estabelecida em 75% até 2030, alcançando 95% a partir de 2030, e a eficiência de queima do flare foi estabelecida em 90% para todos os anos.

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### 5.4 SETOR AFOLU

#### 5.4.1 Estimativa de aumento da Cobertura vegetal

O inventário de emissões de AFOLU incluiu também o cálculo da variação da cobertura vegetal da cidade e do plantio de mudas em espaços urbanos. Para o cenário Ambicioso, considerou-se a meta indicada pela SMAMUS, que visa ampliar a cobertura de copa em vias públicas, até o alcance de 30% por bairro. Este percentual foi utilizado para replicar o aumento no total de mudas plantadas para os anos seguintes, alcançando os valores apresentados na Tabela 56.

**Tabela 56. Mudanças plantadas por ano e acumulado de mudas plantadas ao final de cada década.**

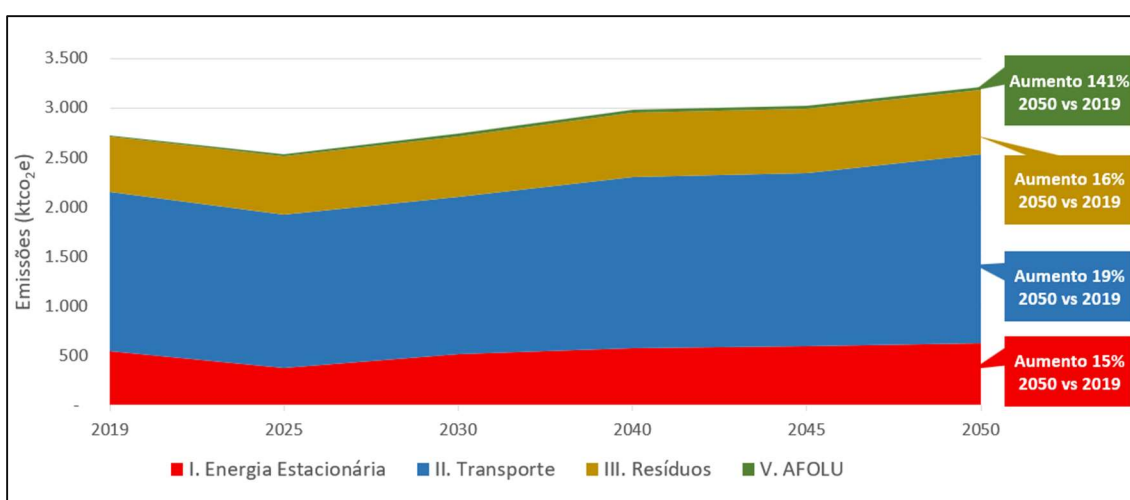
Parâmetro	2020	2030	2040	2050
Mudas plantadas por ano - unidade	2.861	3.650	4.071	4.491
Mudas plantadas por ano - acumulado de cada década	-	34.029	38.814	43.017

Fonte: Elaborado por WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

## 6. RESULTADOS E PRÓXIMOS PASSOS

### 6.1 CENÁRIO BAU

De acordo com a Figura 7, o Cenário BAU apontou aumento de GEE em todos os setores avaliados, sendo 19% de aumento no setor de Transporte — setor mais relevante em emissões no inventário de 2019 — 15% no setor de Energia Estacionária e 16% de aumento no setor de Resíduos. O aumento geral no ano de 2050 em relação ao ano de 2019 foi de 18%. O aumento geral no ano de 2050 em relação ao ano de 2019 foi de 22%. O setor de AFOLU aumentou de forma significativa, mas sua representatividade ainda é baixa perante os demais setores.



**Figura 7. Resultados do Cenário BAU.**

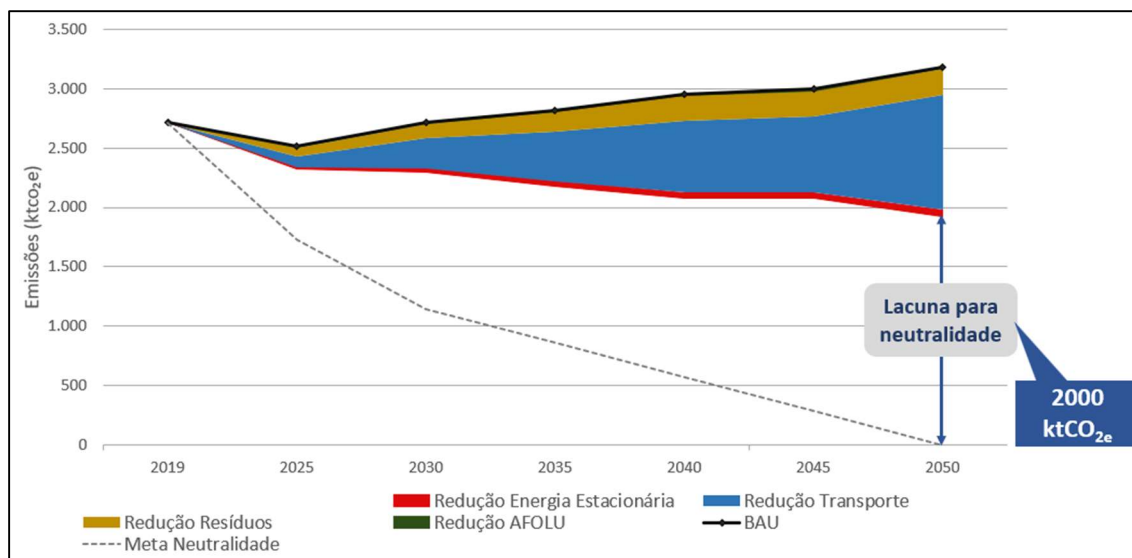
Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Esses resultados se devem, em sua maior parte, ao aumento da quantidade de domicílios, viagens por automóveis, resíduos sólidos e efluentes líquidos, bem como à ampliação de lavouras de arroz no território. É importante destacar que o BAU considera a não existência de medidas de mitigação, portanto, as premissas utilizadas incluem ampliação do uso de combustíveis fósseis em fontes estacionárias e móveis e os atuais métodos de tratamento e destinação de resíduos e efluentes.

### 6.2 CENÁRIO PLANEJADO

Os resultados das emissões de GEE para o Cenário Planejado na cidade de Porto Alegre, apresentado na Figura 8, apresenta reduções de emissões, em relação ao ano-base de 2019, de 15% (2030), 23% (2040) e 29% (2050). É possível observar que as reduções chegam a cerca de 1.200 mil toneladas, restando cerca de 2.000 mil toneladas de emissões remanescentes em 2050, sendo necessárias metas e ações mais ambiciosas.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões



**Figura 8. Resultados do Cenário Planejado.**

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

No cenário Planejado, foram incluídas ações previstas pelo município, como o aumento da frota do transporte público movida por eletricidade, a utilização de energia renovável em prédios públicos, a redução da quantidade de resíduos sólidos destinada para aterro, a universalização do tratamento de efluentes e a ampliação do plantio na cidade. No entanto, essas iniciativas não são ambiciosas suficientemente para abater a tendência de crescimento das emissões de GEE. Nesse sentido, deve-se pensar em ampliar a ambição das ações planejadas e propor novas, de forma que a lacuna para neutralidade seja reduzida.

### 6.3 CENÁRIO AMBICIOSO

Os resultados do cenário ambicioso serviram de apoio para a definição das metas de mitigação do Plano de Ação Climática de Porto Alegre. Estes resultados devem ser analisados como um direcionador para entender as oportunidades e os desafios de redução de GEE para alcançar o objetivo de neutralidade e as emissões residuais como subsídio sólido para discutir as ações de maneira embasada e assertiva.

O Cenário Ambicioso inclui novas ações e políticas públicas voltadas para a mitigação de emissões com maior ambição que as ações planejadas, visando o alcance da neutralidade climática. Foram incluídas ações e metas de ampliação de energia fotovoltaica em prédios residenciais, comerciais e públicos, além de ampliação do transporte ativo e migração de transporte coletivo público para veículos híbridos ou elétricos. No setor de resíduos, foi atribuída uma meta mais ambiciosa para desvio de resíduos do aterro sanitário.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

É possível observar que as reduções chegam a cerca de 1.870 mil toneladas, restando cerca de 1.330 mil toneladas de emissões remanescentes em 2050 para o alcance da neutralidade. As reduções de emissões para os horizontes temporais, em relação ao ano base de 2019, são de 27% (2030), 41% (2040) e 52% (2050), conforme Figura 9. Porém, é importante destacar que o inventário de emissões de Porto Alegre inclui emissões dos combustíveis utilizados pelas aeronaves que chegam e partem do aeroporto da cidade, os quais são de responsabilidade direta da companhia aérea e sob as quais a cidade não possui gerencia. Sem estas emissões no inventário, as reduções passam a ser de 33% (2030), 48% (2040) e 60% (2050), conforme pode-se visualizar na Figura 10.

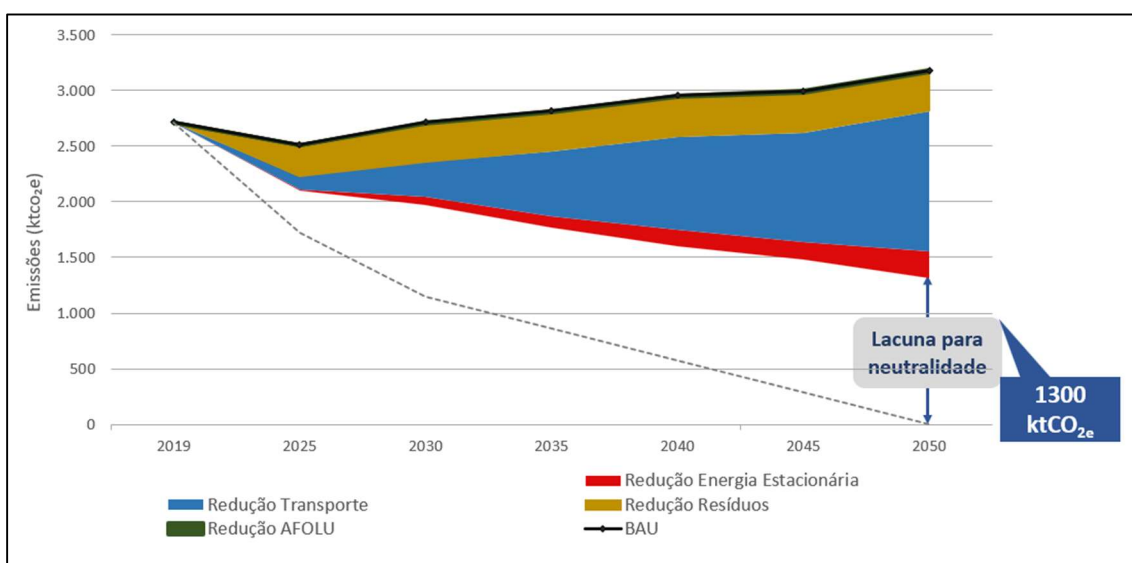
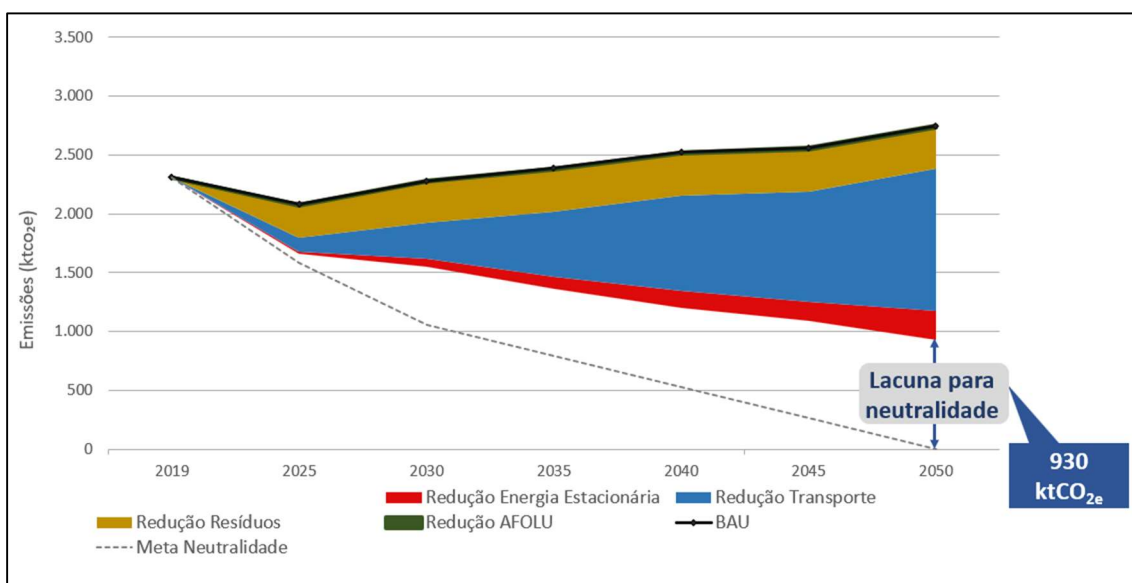


Figura 9. Resultados do Cenário Ambicioso.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

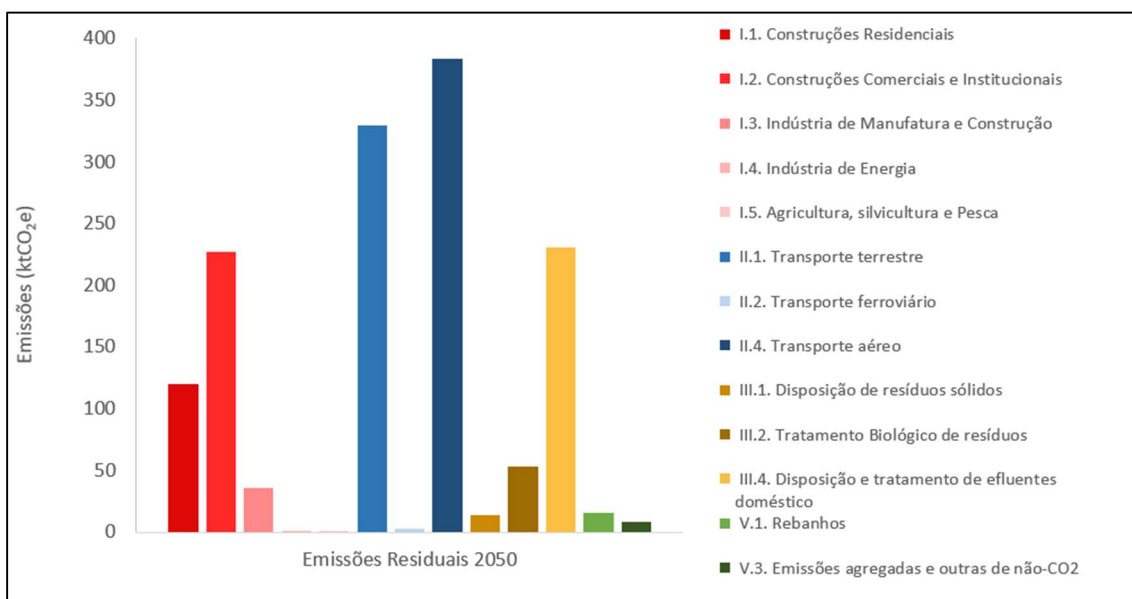


P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

**Figura 10. Resultados do Cenário Ambicioso sem emissões de aviação.**

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A Figura 9 mostra as emissões residuais do cenário ambicioso, e pode-se perceber que a maior emissão remanescente é justamente do transporte aéreo. As emissões do transporte terrestre também apresentam maior significância, especialmente devido ao consumo de diesel e gasolina no transporte particular, que representam 95% das residuais deste setor. Já as emissões remanescentes de energia estacionária são em sua maior parte por consumo de energia elétrica, mas incluem também o gás natural. Por fim, o setor de resíduos ainda apresenta algumas emissões remanescentes devido às estações que tratam de forma anaeróbia os efluentes.



**Figura 11. Emissões residuais do Cenário Ambicioso em 2050.**

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

### 6.4 PRÓXIMOS PASSOS

A construção dos cenários BAU, Planejado e Ambicioso permite avaliar as trajetórias caminhos possíveis de emissões e identificar os principais desafios para atingimento da meta de neutralidade.

Os resultados do cenário Ambicioso mostram que, mesmo adotando premissas mais ambiciosas, ainda existe uma lacuna de emissões a serem mitigadas para atingir a neutralidade em 2050. O desafio é significativo, mas isso não deve ser encarado como uma barreira para a concretização dos objetivos do Plano de Ação Climática de Porto Alegre, e sim como um elemento motivador para que Prefeitura, em parceria com a sociedade civil, a academia e o setor privado, se engajem de forma profunda nos próximos passos da construção do plano.

Olhar para o futuro almejado é essencial para compreender melhor o presente e, a partir daí, construir alternativas de mitigação viáveis e efetivas, priorizando as medidas que gerem um maior impacto positivo para a cidade. Ao analisar as emissões residuais, é possível identificar com maior clareza os desafios e oportunidades de mitigação, ajudando a construir uma abordagem mais estratégica na discussão de ações.

É importante destacar que embora o município ainda possua um desafio de redução de emissões para o alcance da neutralidade em 2050, a meta M0.1 e as demais metas estão igualmente ou mais ambiciosas que as de demais municípios brasileiros que já possuem um plano de ação climática. Mesmo ciente dos desafios, o município direciona os esforços no seu PLAC e seguirá trabalhando para reduzir a lacuna em direção a neutralidade, acompanhando o avanço das tecnologias e de novos projetos de redução ou remoção de emissões.

Além disso, as emissões remanescentes poderão ser neutralizadas por mecanismos de compensação que contribuam para remoção e, conseqüentemente, para o atingimento da meta de emissões líquidas zero em 2050. Isso é possível de diferentes formas, mas uma delas é a ampliação de projetos florestais dentro e fora do município, com ações já direcionadas no PLAC e novas que possam ser desenvolvidas ao longo da sua implementação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA INFRA. **Primeiros caminhões elétricos no Brasil começam a rodar em modelo de teste.** Abril 2024. Disponível em: <https://agenciainfra.com/blog/primeiros-caminhoes-eletricos-no-brasil-comecam-a-rodar-em-modelo-de-teste/>. Acesso em 12. set. 2024.

ANEEL. **Geração Distribuída.** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiY2VmMmUwN2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4MGU2NTkxliwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 1 abr. 2024.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **LEI Nº 14.898, DE 05 DE JULHO DE 2016. Institui a Política Estadual de Incentivo ao Aproveitamento da Energia Solar.** 2016. Disponível em: <https://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/LEI%2014.898.pdf>.

BCB. **Focus - Relatório de Mercado.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus>. Acesso em: 8 fev. 2024.

BRADESCO. **Bradesco | Economia em Dia.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.economiaemdia.com.br/SiteEconomiaEmDia/Projecoes/Longo-Prazo>. Acesso em: 8 fev. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.445 (2007).** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em: 31 mar. 2022.

BRASIL, MME, EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031.** Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética, 2022a. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031\\_RevisaoPosCP\\_rvFinal\\_v2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal_v2.pdf).

BRASIL, MME, EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2032.** Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética, 2022b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2032>.

BRASIL/MME. **Plano Decenal de Expansão de Energia.** Brasília, DF: EPE, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031\\_RevisaoPosCP\\_rvFinal.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal.pdf). Acesso em: 13 abr. 2021.

BRASIL/MCTI; ONU MEIO AMBIENTE. **Modelagem Setorial de Opções de Baixo Carbono para o Setor de Transportes.** Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações, 2017. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto\\_opcoes\\_mitigacao/publicacoes/Setor-Transportes.pdf](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto_opcoes_mitigacao/publicacoes/Setor-Transportes.pdf). Acesso em: 14 abr. 2022.

C 40 CITIES. **C40 Cities - A global network of mayors taking urgent climate action.** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.c40.org/>. Acesso em: 4 abr. 2024.

## P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

CTB DIGITAL. **Art. 61 - Código de Trânsito Brasileiro.** [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.ctbdigital.com.br//artigo/art61>. Acesso em: 1 abr. 2024.

CONGRESSO NACIONAL. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano; e altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999, 8.723, de 28 de outubro de 1993, e 13.033, de 24 de setembro de 2014. Brasília, DF. 2024.

D'AGOSTO, M. de A.; GONÇALVES, D.N.S.; OLIVEIRA, L. D. B. **Cenário de Emissão de GEE – 2050 - Setor de Transportes (Projeto IES Brasil - 2050).** Rio de Janeiro, RJ: Centro Clima/COPPE/UFRJ, 2018. Disponível em: [http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/ies-brasil-2050/3\\_-\\_Cenario\\_de\\_Emiss%C3%B5es\\_de\\_GEE\\_-\\_Setor\\_de\\_Transportes\\_Demanda\\_de\\_Energia\\_-\\_IES\\_Brasil\\_2050.pdf](http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/ies-brasil-2050/3_-_Cenario_de_Emiss%C3%B5es_de_GEE_-_Setor_de_Transportes_Demanda_de_Energia_-_IES_Brasil_2050.pdf). Acesso em: 27 abr. 2022.

DINIZ, C. C. Desenvolvimento Poligonal no Brasil: nem desconcentração, nem contínua polarização. **Nova Economia**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 35–64, 1993.

ELETOBRAS. **Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial - Rio Grande do Sul.** [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://q.eletobras.com/pt/Paginas/PPH-2019.aspx>.

EPE. **Cenários econômicos para os próximos 10 anos.** Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética, 2021a. Nota técnica. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-607/topico-593/NT.EPE.DEA.SEE.019.2021%20-%20Cen%C3%A1rio%20Econ%C3%B4mico%202022-2031%20Rev\(Dez21\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-607/topico-593/NT.EPE.DEA.SEE.019.2021%20-%20Cen%C3%A1rio%20Econ%C3%B4mico%202022-2031%20Rev(Dez21).pdf). .

EPE. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 - Demanda de Eletricidade.** [S. l.: s. n.], 2021b. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>. Acesso em: 15 abr. 2022.

EPE; MME. **Cenários Econômicos para o PNE 2050.** Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética / Ministério de Minas e Energia, 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-201/Cen%C3%A1rios%20Econ%C3%B4micos.pdf>. .

EPE; MME. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032 - Gás Natural.** 2023. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2023/07/Caderno-de-Gas-Natural-PDE-2032-rev1.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

EPTC. **Transporte em Números - Indicadores Anuais do Transporte Público.** [S. l.], 2011. Disponível em: [https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/revista\\_onibus.pdf](https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/revista_onibus.pdf). Acesso em: 1 abr. 2024.

EPTC; METROPLAN; TRENURB. **Plano Integrado de Transporte e Mobilidade Urbana (PITMUrb): Relatório Síntese.** Rio Grande do Sul: Empresa Pública de Transporte e Circulação; Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional; Empresa de Trens Urbanos de

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

Porto Alegre S/A, 2009. Disponível em:  
[https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smf/usu\\_doc/anexo\\_v-a\\_relatorio\\_sintese\\_do\\_pitmurb.pdf](https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smf/usu_doc/anexo_v-a_relatorio_sintese_do_pitmurb.pdf).

FBMC. **Brasil Carbono Zero em 2060**. Rio de Janeiro, RJ: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC. COPPE/UFRJ, 2018. Disponível em:  
[http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/Relat%C3%B3rio\\_Brasil\\_CarbonoZero\\_2060\\_final\\_1.pdf](http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/Relat%C3%B3rio_Brasil_CarbonoZero_2060_final_1.pdf). Acesso em: 8 fev. 2024.

FMI. **World Economic Outlook (October 2023) - Real GDP growth**. [S. l.], 2023. Disponível em:  
[https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP\\_RPCH@WEO](https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO). Acesso em: 8 fev. 2024.

FWC. **The Long View: How will the global economic order change by 2050?**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/world-2050/assets/pwc-the-world-in-2050-full-report-feb-2017.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2024.

GIZ. **Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management**. Alemanha: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2017. Disponível em:  
[https://www.giz.de/en/downloads/GIZ\\_WasteToEnergy\\_Guidelines\\_2017.pdf](https://www.giz.de/en/downloads/GIZ_WasteToEnergy_Guidelines_2017.pdf). Acesso em: 28 abr. 2022.

IBGE. **Censo Demográfico 2010 - Tabela 3175: População residente, por cor ou raça, segundo a situação do domicílio, o sexo e a idade - Porto Alegre**. [S. l.], 2010. Disponível em:  
<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3175#resultado>. Acesso em: 6 jul. 2023.

IBGE. **Censo Demográfico 2022 - Primeiros Resultados**. [S. l.], 2022a. Disponível em:  
<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/primeiros-resultados>. Acesso em: 14 jul. 2023.

IBGE. **Divulgação dos Resultados**. [S. l.], 2023. Disponível em:  
<https://censo2022.ibge.gov.br/etapas/divulgacao-dos-resultados.html>. Acesso em: 27 jul. 2023.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Rio Grande do Sul | Porto Alegre | Pesquisa | Pecuária**. [S. l.], 2021a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/pesquisa/18/16459>. Acesso em: 19 jun. 2023.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Rio Grande do Sul | Porto Alegre | Pesquisa | Produto Interno Bruto dos Municípios**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/pesquisa/38/46996>. Acesso em: 13 mar. 2024.

IBGE. **Panorama do Censo 2022**. [S. l.], 2024. Disponível em:  
<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 12 mar. 2024.

IBGE. **Produto Interno Bruto - Brasil**. [S. l.], 2021b. Disponível em:  
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?edicao=18021&t=series-historicas>. Acesso em: 9 fev. 2024.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. [S. l.], 2021c. Disponível em:  
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?t=resultados&c=4314902>. Acesso em: 9 fev. 2024.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

IBGE. **Tabela 6739: Domicílios e Moradores, por tipo de combustível utilizado na preparação de alimentos.** [S. l.], 2022b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6739#resultado>. Acesso em: 13 mar. 2024.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 6 jun. 2023.

IPEA. Carta de Conjuntura - Número 53 - Nota de Conjuntura 27. [S. l.], 2021. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/211222\\_cc\\_53\\_nota\\_27\\_vis\\_ao\\_geral.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/211222_cc_53_nota_27_vis_ao_geral.pdf). Acesso em: 8 fev. 2024.

ITAÚ. **Projeções | Itaú BBA.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.itaubba-pt/analises-economicas/projecoes>. Acesso em: 8 fev. 2024.

MAPA. **Projeções do Agronegócio.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio>. Acesso em: 22 mar. 2024.

PEREIRA JR, A. O.; WEISS, M. **Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa – GEE no Brasil até 2030 - Cenários de Mitigação do Setor Residencial GEE.** Rio de Janeiro, RJ: Centro Clima/COPPE/UFRJ, 2016. Disponível em: [http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/Noticias/documentos/ies-brasil-2030/9\\_setor-residencial.pdf](http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/Noticias/documentos/ies-brasil-2030/9_setor-residencial.pdf). Acesso em: 27 abr. 2024.

PMPA. Decreto nº 21.789, de 19 de dezembro de 2022. **Regulamenta o Programa de Premiação e Certificação em Sustentabilidade Ambiental de Porto Alegre, instituído pela Lei Complementar nº 872, de 10 de janeiro de 2020, e estabelece critérios para sua obtenção.** Porto Alegre, RS, 2022a. Disponível em: [https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu\\_doc/cartadeservicos/Decreto%2021.789\\_02%20-%20Certifica%C3%A7%C3%A3o%20Sustent%C3%A1vel.pdf](https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/cartadeservicos/Decreto%2021.789_02%20-%20Certifica%C3%A7%C3%A3o%20Sustent%C3%A1vel.pdf). Acesso em: 12 set. 2024.

PMPA. **Estudo de Mobilidade Urbana do Centro Histórico de Porto Alegre.** Porto Alegre, RS: Prefeitura Municipal de Porto Alegre - Secretaria Municipal de Infraestrutura e Mobilidade, 2022b.

PMPA. **Inventário GEE | Prefeitura de Porto Alegre.** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smamus/inventario-gee>. Acesso em: 13 set. 2023.

PMPA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre.** Porto Alegre, RS: Departamento Municipal de Água e Esgotos, Departamento de Esgotos Pluviais e Departamento Municipal de Limpeza Urbana, 2015. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmlu/plano-municipal-de-saneamento-basico>.

PMPA. **PMGIRS-POA (Revisão 2023-2033): Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.** Porto Alegre, RS: [S. n.], 2023a. Disponível em: [https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu\\_doc/sites/dmlu/PMGIRS\\_POA\\_2023.pdf](https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/dmlu/PMGIRS_POA_2023.pdf). Acesso em: 9 jun. 2023.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

PMPA. **PPP Usinas Fotovoltaicas | Prefeitura de Porto Alegre.** [S. /], 2023b. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smp/ppp-usinas-fotovoltaicas>. Acesso em: 23 mar. 2024.

PMPA; BNDES. **Relatório de Diagnóstico Técnico da Rede de Iluminação Pública de Porto Alegre.** Porto Alegre, RS: Prefeitura Municipal de Porto Alegre; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2019. Disponível em: [https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/ppp/usu\\_doc/1\\_-\\_diagnostico\\_tecnico\\_da\\_rede\\_de\\_iluminacao\\_publica.pdf](https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/ppp/usu_doc/1_-_diagnostico_tecnico_da_rede_de_iluminacao_publica.pdf). Acesso em: 14 mar. 2024.

PMPA; EPTC. **Pesquisa de Origem e Destino de Porto Alegre.** Porto Alegre, RS: Prefeitura Municipal de Porto Alegre; Empresa Pública de Transporte e Circulação, 2004. Disponível em: [https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/relatorio\\_edom\\_2003.pdf](https://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/relatorio_edom_2003.pdf). Acesso em: 14 mar. 2024.

PMPA; SMMU. **PlanMob Centro - Estudo de Mobilidade Urbana do Centro Histórico de Porto Alegre.** Porto Alegre / Brazil: Prefeitura Municipal de Porto Alegre - Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana, 2022.

PMPA; SMMU; EPTC. **MobiliPOA: Plano de Mobilidade Urbana de Porto Alegre - Relatório Síntese e Plano de Ações Estratégicas.** Porto Alegre, RS: Prefeitura Municipal de Porto Alegre: Secretaria de Mobilidade Urbana e Empresa Pública de Transporte e Circulação, 2021.

PMRJ. **Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática da Cidade do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, RJ: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/web/planejamento/pds>. .

PMS. **Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima de Salvador.** Salvador: Prefeitura de Salvador, 2020. Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/documentos/plano-de-mitigacao-e-adaptacao-as-mudancas-do-clima-de-salvador/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

PMSP. **Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050.** São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2020. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio\\_ambiente/arquivos/PlanClimaSP\\_BaixaResolucao.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/PlanClimaSP_BaixaResolucao.pdf). Acesso em: 15 abr. 2022.

PWC. **The dawn of electrified trucking - Routes to decarbonizing commercial vehicles.** Strategy & - Part of the PwC Network. 2022. Disponível em: <https://www.strategyand.pwc.com/de/en/industries/transport/the-dawn-of-electrified-trucking.html>. Acesso em 12. set. 2024.

ROVERE, E. L. L. *et al.* **Projeto IES – Brasil 2050. Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa – GEE no Brasil até 2050.** Rio de Janeiro, RJ: Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas Centro Clima/COPPE/UFRJ, 2018. Disponível em: [http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/Noticias/documentos/2\\_-\\_Sum%C3%A1rio\\_T%C3%A9cnico.pdf](http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/Noticias/documentos/2_-_Sum%C3%A1rio_T%C3%A9cnico.pdf). Acesso em: 14 mar. 2024.

SANTANDER. **Análise econômica – Santander.** [S. /], 2023. Disponível em: <https://www.santander.com.br/analise-economica>. Acesso em: 8 fev. 2024.

P6 (Relatório Final do Plano de Ação Climática): Apêndice B – Cenários de Emissões

SULGÁS. **Relatório Integrado da Administração.** 2022. Disponível em:  
[https://www.sulgas.com.vc/images/transparenciaarquivos/2022/Relatorio\\_integrado\\_DF\\_2021.pdf](https://www.sulgas.com.vc/images/transparenciaarquivos/2022/Relatorio_integrado_DF_2021.pdf). Acesso em: 12 set 2024.

THE CONFERENCE BOARD. **Global Economic Outlook.** [S. l.], 2023. Disponível em:  
[//www.conference-board.org/topics/global-economic-outlook](https://www.conference-board.org/topics/global-economic-outlook). Acesso em: 8 fev. 2024.

WRI. **Mitigation Goal Standard.** Washington, D.C.: WRI, 2014. Disponível em:  
[https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content\\_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5af42edf14ad667cfff46e15/files/Mitigation\\_Goal\\_Standard\\_EN.pdf?154055613](https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5af42edf14ad667cfff46e15/files/Mitigation_Goal_Standard_EN.pdf?154055613)  
2. Acesso em: 25 abr. 2022.