

Estudo Nacional de Mobilidade Urbana



Relatório de Diagnóstico Volume 3

Região Metropolitana de Porto Alegre

Abril de 2025

Elaborado com a colaboração das equipes do BNDES, do Ministério das Cidades e de diversas instituições públicas e privadas do setor de mobilidade urbana

O “**Estudo Nacional de Mobilidade Urbana**: Desenvolvimento do Transporte Público de Média e Alta Capacidades nas principais Regiões Metropolitanas do país” (**ENMU**) é uma iniciativa conjunta do BNDES e do Ministério das Cidades, no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica nº 01-2023 / D-121.2.0027.23, de 24/10/2023.



MINISTÉRIO DAS
CIDADES



Este trabalho foi realizado com recursos do Fundo de Estruturação de Projetos do BNDES (BNDES FEP), no âmbito da RFP nº 16/2023. A atuação do Consórcio de Consultores foi objeto do contrato de prestação de serviços OCS nº 151/2024, celebrado com o BNDES em 10/05/2024, sob a liderança dos seguintes profissionais:

Diagnóstico, Rede Estrutural Necessária e Banco de Projetos

Logit

Wagner Colombini Martins, Fernando Howat Rodrigues, Thiago Affonso Meira
Diogo Barreto Martins, Renata Cruz Rabello

Oficina Consultores

Arlindo Fernandes, Antônio Luiz Mourão Santana, Andrea Aparecida Azevedo Brisida, Felício Hissaaki Sakamoto

TYLin

Gabriel Feriancic, Victor Frazão Barreto Alves, Claudia Cosme Mascarenhas, Luiz Marcelo Teixeira Alves, Larissa Deborah Alves Teixeira dos Santos

Coordenação do PMO e desenvolvimento dos Insumos da Estratégia Nacional

Bain & Company

Rodrigo Más, Wagner Costa

Assessoria Jurídica

Machado Meyer

Rafael Vanzella, José Virgílio Lopes Enei, Débora Boucinhas Leal, Rafael de Lima Andrade e Pedro Inglez Mazzarella

Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Logit

Patrícia Tozzi, Débora Gonçalves

Geológica

Cássio Fernando Rossetto

Consultores

Orlando Strambi, Claudia Martinelli

As entregas do ENMU foram realizadas de forma colaborativa com as equipes do BNDES, do Ministério das Cidades e de diversas instituições públicas e privadas do setor de mobilidade urbana. Os profissionais das referidas instituições fizeram parte do Comitê Técnico do ENMU e tiveram a oportunidade de oferecer comentários e contribuições em versões intermediárias dos relatórios, conforme previsto no Termo de Especificações Técnicas do ENMU. Maiores detalhes podem ser obtidos em <https://www.bndes.gov.br>.

Equipe Técnica

Diagnóstico, Rede Estrutural Necessária e Banco de Projetos

Logit

Caio Pieroni, Cláudia Machado,
Daniel Souza, Fábio Rossetti Delospital,
Gabriel Mendes Bergamaschi, Gil Andrade,
Heitor Seidi Osako, Isabela Cruz,
Lorena Oliveira, Lucas Melo, Paulo Góes,
Paulo Júnio Rosa, Priscila Damasio,
Rafael Caetano Ramos, Rafael Sanabria,
Rasiele dos Santos Rasia, Roberto Torquato,
Rodrigo Cintra Pires, Victor Zamith

Oficina Consultores

Alexander André Silva, Bruno Lora Martin,
Daniela Cardone Del Monte Leão,
Edilberto de Aguiar Júnior, Esnel Minetti,
José Carlos Xavier, Lorétti Portofé de Mello,
Luis Fernando Di Pierro,
Marcelo Massayuki Nakazaki,
Marcos Pimentel Bicalho,
Otávio Ferreira Mourão Santana,
Paulo Sussumu Hatada, Rafael Simonato

TYLin

Ana Paula Felipe, Ayrton de Sousa Pinto,
Carol Bueno de Freitas,
Fábio Cretella Vaz Conn,
Geraldo Camargo de Carvalho Jr.,
Jane Aoki Alberto, Leonardo Palermo Gentile,
Leticia Bispo Marques, Luciano Peron,
Luis Fernando Kyono,
Luiza Maciel Costa da Silva,
Maria Manuela Pose Guerra,
Sérgio Oda Kokuta, Sílvia Vitali Santos Mauad,
Vinicius Dorta Molina Hernandez,
Vinícius Martinez Ramim

Assessoria Jurídica

Machado Meyer

Ana Clara Gemeinder de Mendonça,
Beatriz Simões da Silva,
Estevam Pallazzi Sartal,
Gabriel Brasileiro Nagle de Oliveira,
Gabriel Rapoport Furtado,
Guilherme de Faria Nicastro,
Jéssica Suruagy Borges Galhardo,
Juliana Mucinic, Lucas Nunes Martorelli,
Maria Gabriela Figueiredo Parreira de Moura,
Rafaela Pereira Falavina

- O conteúdo desta publicação não reflete, necessariamente, o posicionamento institucional do BNDES e do Ministério das Cidades. É permitida a reprodução total ou parcial dos artigos desta publicação, desde que citada a fonte.
- O material e as análises contidos neste documento foram elaborados com o objetivo de fornecer uma visão estratégica abrangente sobre a mobilidade urbana nas principais Regiões Metropolitanas do Brasil, sendo os trabalhos realizados em um período de tempo limitado e dentro das possibilidades e limitações das informações disponíveis.
- O ENMU foi conduzido com base em pesquisas secundárias de mercado, análise de informações públicas disponíveis ou fornecidas ao Consórcio de Consultores pelas diversas instituições que contribuíram na elaboração do estudo, bem como por meio de diversas entrevistas com especialistas do setor. Os membros do Consórcio, de forma independente, não verificaram as informações mencionadas nem conduziram pesquisas primárias ou qualquer forma de *due diligence*, e, portanto, não fazem qualquer afirmação ou garantia, expressa ou implícita, quanto à precisão, completude ou exaustividade dessas informações. As projeções de mercado, análises financeiras, estimativas e conclusões aqui apresentadas são baseadas nas informações mencionadas acima e no melhor julgamento de cada membro do Consórcio e das equipes do BNDES e integrantes do Comitê Técnico, e, por isso, não devem ser interpretadas como recomendações específicas, nem como previsões ou garantias de desempenho ou resultados futuros.

O objetivo do ENMU é oferecer insumos para a elaboração de uma Estratégia Nacional de Mobilidade Urbana, visando orientar a atuação da União junto aos entes subnacionais para coordenação de esforços interfederativos que viabilizem a articulação de políticas públicas e o fomento à implantação de projetos de Transporte Público Coletivo de Média e Alta Capacidades. O ENMU não envolve a elaboração de planos de mobilidade urbana, estudos de viabilidade econômico-financeira ou projetos com detalhamento suficiente para subsidiar contratações públicas ou decisões privadas de investimento. Caberá às instituições interessadas, públicas ou privadas, realizar os estudos adicionais e análises aprofundadas pertinentes para avançar com os projetos às etapas seguintes de implantação ou fundamentar suas decisões de investimento.

Lista de Entregáveis do ENMU

Produtos	Entregas	Código
Plano de Trabalho	Cronograma detalhado de atividades	PT v1
	Cronograma revisado após o início do Diagnóstico	PT v2
1 / Diagnóstico (item 2.1)	Planejamento do Diagnóstico	D0
	Relatórios de Diagnóstico	D1
	Levantamento dos Planos de Investimento	D2
	Relatório de Benchmarking	D3
	Rede Estrutural existente disponível no Sistema de Informação Geográfica (SIG)	D4
2 / Rede Estrutural Necessária (item 2.2)	Detalhamento da Metodologia e Planejamento da Elaboração das Redes Estruturais e Cenários	R0
	Relatórios de Redes Estruturais Planejadas	R1
	Relatório de Projeção de Demanda	R2
	Relatórios de Redes Estruturais Necessárias (Cenários Padrão e Otimizado)	R3
	Rede Estrutural Necessária disponível no SIG	R4
3 / Banco de Projetos (item 2.3)	Detalhamento da Metodologia e do Planejamento	B0
	Identificação ou Proposição de Projetos	B1
	Propostas para validação do conteúdo das Fichas de Projetos, modelagem do Banco de Projetos e Metodologias para Elaboração dos itens das Fichas de Projetos	B2
	Relatórios de Projetos Propostos	B2
	Conjuntos de Fichas de Projeto	B3
	Banco de Projetos disponível no SIG	B4
4 / Insumos da Estratégia Nacional (item 3.1)	Planejamento dos Insumos da Estratégia Nacional	E0
	Visão do futuro da Mobilidade Urbana no Brasil	E1
	Relatório de Fontes alternativas de Recursos	E2
	Modelos de financiamento e de garantias	E3
	Modelos de Governança Metropolitana	E4
	Relatório de Responsabilidades e contrapartidas (inclui gargalos e limitações normativas)	E5
	Metodologia de Priorização de Projetos	E6
	Relatório de Análise de Mercado	E7
	Relatório de Cadeias Produtivas	E8
Relatório de M&A da Estratégia Nacional	E9	
5 / SIG (item 3.2)	Metodologia e Planejamento do Desenvolvimento	S0
	Protótipo do Sistema (<i>Design Sprint</i>)	S1
	SIG disponível para a Rede Estrutural existente	S2
	SIG disponível para a Rede Estrutural Necessária	S3
	SIG disponível para o Banco de Projetos	S4
Disponibilização em ambiente de produção	S5	
6 / PMO (item 4)	Assessoria de Organização da Ferramenta Virtual	P0
	Assessoria de Organização da Ferramenta Virtual e de Revisões	P1
	Disponibilização da Ferramenta Virtual	P2
Assessoria Jurídica (item 5)	Parecer jurídico para cada RM	J1-J21

[Produtos 2.1, 2.2 e 2.3 individualizados para cada uma das 21 RM]

Este relatório corresponde à entrega Relatórios de Diagnóstico, código D1, referente à Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno.

A elaboração da primeira versão apresentada ao BNDES foi concluída em agosto/2024, com base nos dados disponíveis nesta data, sendo então submetida ao fluxo de revisões e coleta de contribuições estabelecido no Termo de Especificações Técnicas do Contrato OCS nº 151/2024.

Índice

1	Introdução	9
2	Apêndice III – Aspectos Urbanísticos e Socioeconômicos	10
2.1.	Área de Estudo	10
2.2.	Restrições Físicas	13
2.1.1	Relevo	13
2.1.2	Recursos Hídricos	15
2.3.	Restrições Legais	17
2.3.1.	Unidades de Conservação	17
2.3.2.	Patrimônio Histórico, Arquitetônico e Cultural	21
2.3.3.	Macrozoneamento do Uso do Solo	25
2.3.3.1.	Porto Alegre	26
2.3.3.2.	Canoas	29
2.3.3.3.	Esteio	31
2.3.3.4.	Sapucaia do Sul	32
2.3.3.5.	São Leopoldo	34
2.3.3.6.	Novo Hamburgo	35
2.3.3.7.	Cachoeirinha	37
2.3.3.8.	Gravataí	41
2.3.3.9.	Alvorada	42
2.3.3.10.	Viamão	44
2.4.	Dados Socioeconômicos	47
2.4.1.	População	47
2.4.2.	Emprego e Renda	54
2.4.2.1.	Áreas de Vulnerabilidade Social	58
2.4.3.	Intervenções Urbanas Futuras	64
2.4.3.1.	Programa de Reabilitação do Centro Histórico de Porto Alegre (2021)	65
2.4.3.2.	Programa +4D (2021)	67
2.4.3.3.	Operação Urbana Consorciada Regeira Dilúvio	69
2.4.4.	Vetores de Crescimento e projeções populacionais	69
2.5.	Conclusões sobre os aspectos urbanísticos e socioeconômicos	74
3	Apêndice IV – Aspectos Ambiental e Climático	77
3.1.	Planos de mitigação às mudanças climáticas	77
3.1.1.	Rio Grande do Sul	77
3.1.2.	Porto Alegre	81
3.1.3.	Demais municípios da AE	82
3.2.	Áreas de Proteção do meio físico e biótico	82
3.3.	Desastres naturais	90
3.4.	Enchente do Rio Grande do Sul em maio de 2024	92
3.5.	Projeções de temperaturas e precipitações	100
3.5.1.	Temperatura	102
3.5.2.	Precipitações	104
3.6.	Emissões Atmosféricas	110
3.6.1.	Porto Alegre	110
3.6.2.	Canoas	112
3.6.3.	Demais municípios da Área de Estudo	114
3.7.	Conclusões sobre os aspectos ambiental e climático	121

Lista de Figuras

Figura 1: Área de Estudo (AE) da RMPA	13
Figura 2: Mapa hipsométrico da AE	14
Figura 3: Mapa de declividades da AE	15
Figura 4: Recursos Hídricos da AE	17
Figura 5: Unidades de Conservação da AE	20
Figura 6: Áreas de Preservação Permanente (APPs) municipais.....	21
Figura 7: Bens protegidos pelo IPHAN na AE	23
Figura 8: Bens protegidos pelo IPHAE na AE	24
Figura 9: Bens tombados municipais Porto Alegre.....	25
Figura 10: Macrozoneamento de Porto Alegre.....	28
Figura 11: Macrozoneamento de Canoas	30
Figura 12: Macrozoneamento de Esteio.....	32
Figura 13: Macrozoneamento de Sapucaia do Sul.....	33
Figura 14: Macrozoneamento de São Leopoldo.....	35
Figura 15: Macrozoneamento de Novo Hamburgo.....	37
Figura 16: Zoneamento de Cachoeirinha.....	40
Figura 17: Macrozoneamento de Gravataí.....	42
Figura 18: Zoneamento de Alvorada	44
Figura 19: Macrozoneamento de Viamão	46
Figura 20: Densidade populacional na AE	50
Figura 21: Percentual de população urbana x rural por município da AE	51
Figura 22: Divisão por faixa etária por município da AE	52
Figura 23: Divisão étnico-racial por município da AE	53
Figura 24: Porcentagem da população por agregação de raça por zona de tráfego para o ano de 2022.....	54
Figura 25: Percentual dos vínculos ativos em 2022 por grupo do IBGE por município da AE	56
Figura 26: Total de empregos formais e razão entre emprego formal e população economicamente ativa por município da área de estudo	57
Figura 27: Renda média domiciliar por zona de tráfego em salários-mínimos (2010) da AE.....	58
Figura 28: Mapa da Vulnerabilidade Social da AE	61
Figura 29: Mapa IDHM da AE	63
Figura 30: Localização da população em Favelas e Comunidades Urbanas por município da AE	64
Figura 31: Intervenções Urbanas Futuras em Porto Alegre.....	65
Figura 32: Mapa do Perímetro de adesão e área de interface do programa.....	66
Figura 33: Proposta de densificação e mix de usos nos eixos principais do 4º Distrito	68
Figura 34: Proposta de densificação nas áreas do 4º Distrito	68
Figura 35: Evolução na mancha de urbanização RMPA 1900-1990	70
Figura 36: Evolução na mancha de urbanização 2015 - 2019.....	71
Figura 37: Vetores de crescimento da AE.....	72
Figura 38: Mancha de inundação do Rio dos Sinos – TR 100.....	80
Figura 39: Rede hídrica e os eixos estruturais de transporte	83
Figura 40: APPs os eixos estruturais de transporte.....	84
Figura 41: Suscetibilidade a enxurradas e inundações	85
Figura 42: Suscetibilidade a movimentação de massas.....	86

Figura 43: Unidades de Conservação e os eixos de transporte	87
Figura 44: Acumulado de chuvas entre 29/04/2024 e 02/05/2024 no RS.....	93
Figura 45: Nível do Guaíba de janeiro a maio de 2024	94
Figura 46: Mapa da enchente do Rio Grande de Sul de maio de 2024	95
Figura 47: Nível da água nos trilhos da Trensurb.....	97
Figura 48: Acesso da Estação Mercado.....	98
Figura 49: Técnicos avaliando os impactos nos trilhos da Trensurb	99
Figura 50: Temperatura média anual do RS	101
Figura 51: Precipitação média anual do RS	102
Figura 52: Histórico de temperatura média anual de Porto Alegre	103
Figura 53: Projeção de temperatura média anual para Porto Alegre.....	104
Figura 54: Histórico de precipitação total anual de Porto Alegre	105
Figura 55: Projeção de precipitação total anual para Porto Alegre.....	106
Figura 56: Histórico de número máximo de dias secos consecutivos em Porto Alegre	107
Figura 57: Projeção de número máximo de dias secos consecutivos para Porto Alegre.....	108
Figura 58: Histórico de número máximo de dias consecutivos com chuva em Porto Alegre	109
Figura 59: Projeção de número máximo de dias consecutivos com chuva para Porto Alegre	110
Figura 60: Emissões totais para o setor de Transportes em Porto Alegre, por ano.....	111
Figura 61: Emissões totais do setor de Transportes em Porto Alegre, por subsetor, por ano	112
Figura 62: Contribuições de cada setor nas emissões de GEE do município de Canoas ao se excluir a contribuição de indústrias de geração de energia	113
Figura 63: Emissões provenientes do setor de Transportes.....	114
Figura 64: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – Rio Grande do Sul, 2012 a 2022 ..	116
Figura 65: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} - Canoas, 2012 a 2022	116
Figura 66: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – Porto Alegre, 2012 a 2022.....	116
Figura 67: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – Viamão, 2012 a 2022.....	117
Figura 68: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – Gravataí, 2012 a 2022.....	117
Figura 69: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – Novo Hamburgo, 2012 a 2022.....	117
Figura 70: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – Cachoeirinha, 2012 a 2022	118
Figura 71: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – Esteio, 2012 a 2022.....	118
Figura 72: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – Sapucaia do Sul, 2012 a 2022.....	118
Figura 73: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – São Leopoldo, 2012 a 2022.....	119
Figura 74: Série histórica de emissões por setor em tCo _{2e} – Alvorada, 2012 a 2022.....	119

Lista de Tabelas

Tabela 1: Resultados de viagem Matriz OD Digital	12
Tabela 2: Localização das Unidades de Conservação na Área de Estudo.....	19
Tabela 3: Quantidade de protegidos a nível Federal (IPHAN) na AE	22
Tabela 4: Quantidade de bens Tombados a nível Estadual (IPHAE) dos municípios da Área de Estudo.	23
Tabela 5: Instrumentos legais de aprovação do uso e ocupação do solo urbano.....	26
Tabela 6: População Estado do RS, RMPA e AE.....	47
Tabela 7: População por município da RMPA.....	49
Tabela 8: População Urbana x Rural por município da AE.....	50
Tabela 9: Divisão da população por faixa etária por município da AE	51
Tabela 10: Divisão étnico-racial por município da AE	52
Tabela 11: Quantidade de vínculos ativos em 2022 por grupo do IBGE por municípios da AE	55
Tabela 12: Porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (de 2010) e que gastam mais de uma hora até o trabalho por município da AE ...	61
Tabela 13: Projeção da população por município entre 2010 e 2055.....	73
Tabela 14: Taxas geométricas de crescimento anual da populacional por município entre 2010 e 2055.....	74
Tabela 15: Resumo dos principais condicionantes para a implantação.....	89
Tabela 16: Riscos associados às mudanças climáticas, por município da AE	92
Tabela 17: Emissões de GEE por unidade territorial e setor em tCO ₂ e no ano 2022	115
Tabela 18: Emissões do setor de transporte em tCo2e, por categoria, 2022	120
Tabela 19: Emissões do setor de transporte em tCo2e, por tipo de veículo, 2022	120

1 Introdução

Este Caderno de Apêndices é integrante do relatório D1 – Relatório de Diagnóstico da Região Metropolitana de Porto Alegre – RMPA (Volume 3) feito no âmbito do Estudo Nacional de Mobilidade Urbana (ENMU) e é constituído de dois apêndices.

No Apêndice III foram abordados os fatores caracterizam a RMPA segundo as dimensões urbanas e socioeconômicas, embasando a elaboração do capítulo 3.2 do Relatório de Diagnóstico.

O Apêndice IV apresenta o conjunto de informações e análises feitas para elaboração do diagnóstico do aspecto ambiental e climático da RMPA, constante no capítulo 3.3 do Relatório de Diagnóstico.

2 Apêndice III – Aspectos Urbanísticos e Socioeconômicos

2.1. Área de Estudo

A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) é atualmente formada por 34 municípios, tendo como cidade polo o município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul. Com base nos dados do Censo de 2022 do IBGE, é a quinta região metropolitana mais populosa do Brasil e é a região mais densamente povoada do estado.

A delimitação da Área de Estudo (AE) é necessária para definir abrangência dos levantamentos a serem realizados. Visto a quantidade de municípios que compõem a RMPA, era necessário avaliar quais fariam parte efetivamente da área de estudo. A seleção preliminar considerou municípios com mais de 5.000 pessoas que trabalham ou estudam em outro município, conforme dados do Censo 2010. Já o refinamento foi realizado com o processamento das matrizes desenvolvidas a partir de dados de telefonia móvel (CDR – *Call Detail Records*), agregadas por município e períodos, identificando o potencial para estruturação de um eixo de transporte de TPC-MAC.

Na fase inicial do estudo, o Consórcio elaborou uma proposta preliminar para delimitar a Área de Estudo com o objetivo de concentrar os esforços nos municípios das Regiões Metropolitanas (RMs) que possuem relações significativas entre si e com a cidade principal, considerando uma demanda existente ou potencial para Transporte Público Coletivo de Média e Alta Capacidade (TPC-MAC).

A proposta preliminar incluía quinze cidades na Área de Estudo da RMPA: Ivoti, Dois Irmãos, Sapiranga, Campo Bom, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Estância Velha, Esteio, Sapucaia do Sul, Gravataí, Canoas, Porto Alegre, Viamão, Alvorada e Cachoeirinha. Após um levantamento de dados, especialmente em relação à demanda de viagens, foi possível identificar quais municípios apresentam fluxos expressivos de pessoas, e que justificam a implementação de um projeto de transporte de média e alta capacidade.

Para definição da demanda característica para um projeto de TPC-MAC, foram consideradas as características funcionais e operacionais de sistemas como VLT e BRT (conforme apresentado no Guia TPC: orientações para seleção de tecnologias e implementação de projetos de transporte público coletivo¹), identificando-se que tais infraestruturas são projetadas para atender demandas a partir de cerca de 5.000 passageiros por hora por sentido. Uma infraestrutura menos robusta, como um corredor central, é justificada para atender demandas a partir de 3.000 passageiros por hora por

¹ Disponível em: [Guia TPC: orientações para seleção de tecnologias e implementação de projetos de transporte público coletivo](#). Acesso em 02/08/2024.

sentido, considerando uma frequência de 40 veículos por hora com ônibus convencionais (74 lugares).

Com base nos dados levantados, concluiu-se que Ivoti, Dois Irmãos, Sapiranga, Campo Bom e Estância Velha não possuem uma demanda expressiva que justifique a necessidade de um eixo de transporte de média e alta capacidade. Os dados da matriz Origem-Destino (OD) de telefonia móvel indicaram um volume total no máximo 2.000 viagens em média com origem nesses municípios e com destino a outros municípios da área de estudo preliminar. É importante salientar que este valor considera viagens de todos os modos de transporte, não apenas a demanda pelo transporte público.

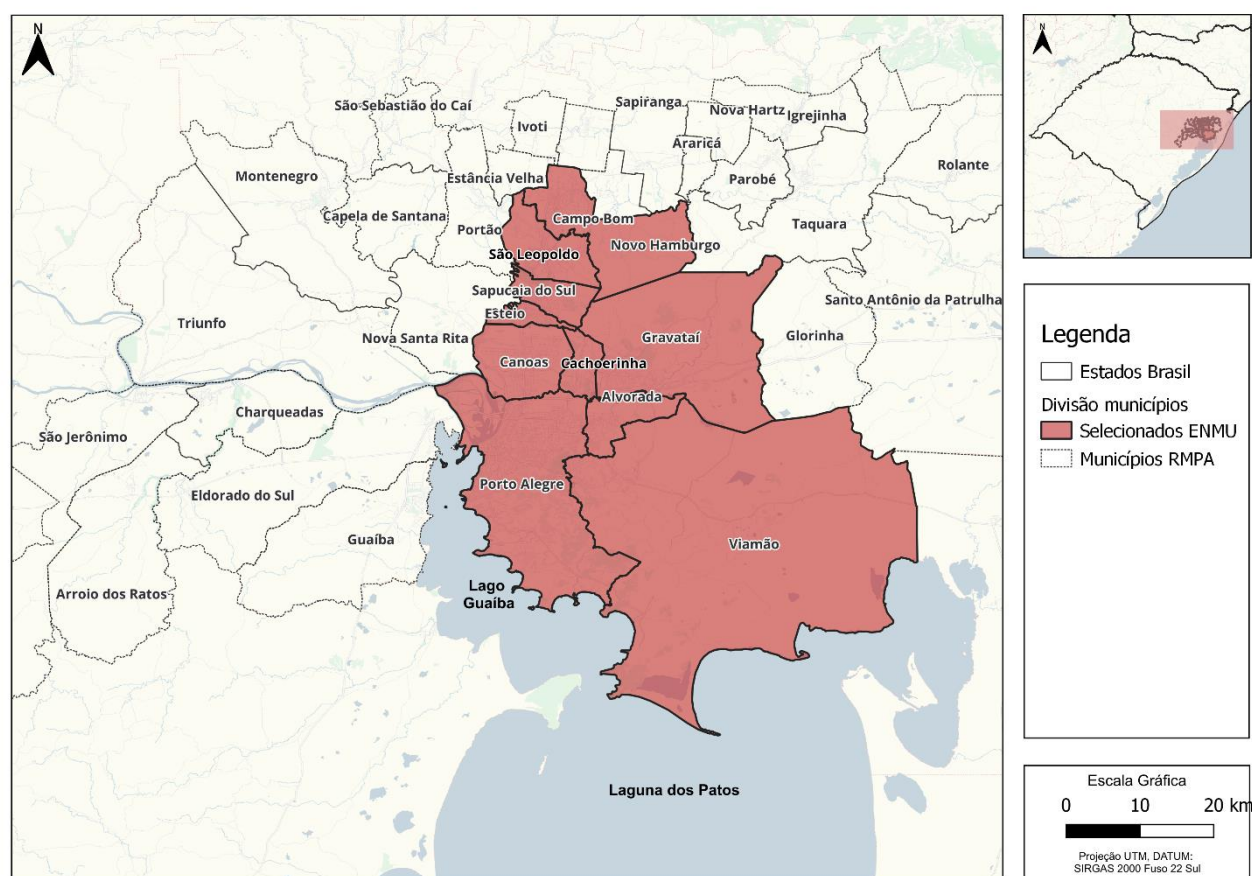
Tabela 1: Resultados de viagem Matriz OD Digital

OD	Alvorada	Cach.	Campo Bom	Canoas	Dois Irmãos	Estância Velha	Esteio	Gravataí	Ivoti	Novo Hamburgo	Porto Alegre	São Leopoldo	Sapiranga	Sapucaia do Sul	Viamão	Total
Alvorada	59.968	5.148	54	2.492	8	99	324	16.466	66	254	49.339	520	3	441	16.862	152.044
	5.320	46.922	78	15.788	12	126	1.639	27.510	119	471	21.311	1.109	13	1.714	1.021	123.154
Campo Bom	108	144	9.191	1.181	589	236	569	226	127	12.370	2.957	5.494	766	355	55	34.369
	2.611	15.584	1.382	272.830	591	1.050	17.933	7.173	312	5.249	61.168	9.589	51	11.950	1.722	409.195
Dois Irmãos	12	6	415	358	3.194	682	61	241	999	2.292	1.080	1.291	242	212	47	11.133
	19	40	372	1.269	674	4.942	366	237	1.005	3.520	1.834	5.420	46	570	50	20.364
Esteio	318	1.709	256	18.072	66	310	33.621	1.717	65	2.016	6.554	5.802	7	19.155	306	89.973
	16.474	26.736	342	7.013	122	288	1.497	151.576	22	1.176	26.514	1.840	149	2.153	5.668	241.569
Ivoti	15	179	117	435	871	963	97	13	383	1.075	595	922	30	33		5.728
	305	505	11.406	5.174	2.025	3.525	2.016	1.371	841	45.973	7.408	58.634	524	4.039	268	144.016
Porto Alegre	49.994	21.648	2.015	61.905	1.309	2.131	6.227	28.433	480	6.552	1.622.868	11.646	192	7.595	65.602	1.888.598
	584	1.182	5.113	8.937	1.285	5.032	5.760	2.068	936	57.443	12.112	223.405	269	18.453	471	343.050
Sapiranga	9	8	602	84	365		30	115		408	369	235	1.297	67		3.591
	367	1.765	384	12.074	128	744	18.965	2.122	80	3.659	7.618	18.233	30	58.164	458	124.790
Viamão	16.197	1.098	49	1.737	4	121	270	5.675	3	300	64.030	541		358	87.052	177.434
	152.302	122.674	31.775	409.351	11.244	20.251	89.377	244.943	5.437	142.758	1.885.756	344.681	3.618	125.257	179.583	3.769.008

Fonte: Dados Telefonia Móvel.

Conforme a filtragem dos municípios realizada, os 10 municípios (29% do total) que compõem a Área de Estudo definida correspondem a 79,5% da população do total da RMPA. Apresentada na Figura 1, a Área de Estudo referente à RMPA inclui Porto Alegre, Canoas, Esteio, Sapucaia do Sul, São Leopoldo, Novo Hamburgo, Cachoeirinha, Gravataí, Alvorada e Viamão. Esta delimitação abrange municípios que apresentam interdependências urbanas e socioeconômicas significativas, formando uma contínua mancha urbanizada.

Figura 1: Área de Estudo (AE) da RMPA



Fonte: Elaboração própria

2.2. Restrições Físicas

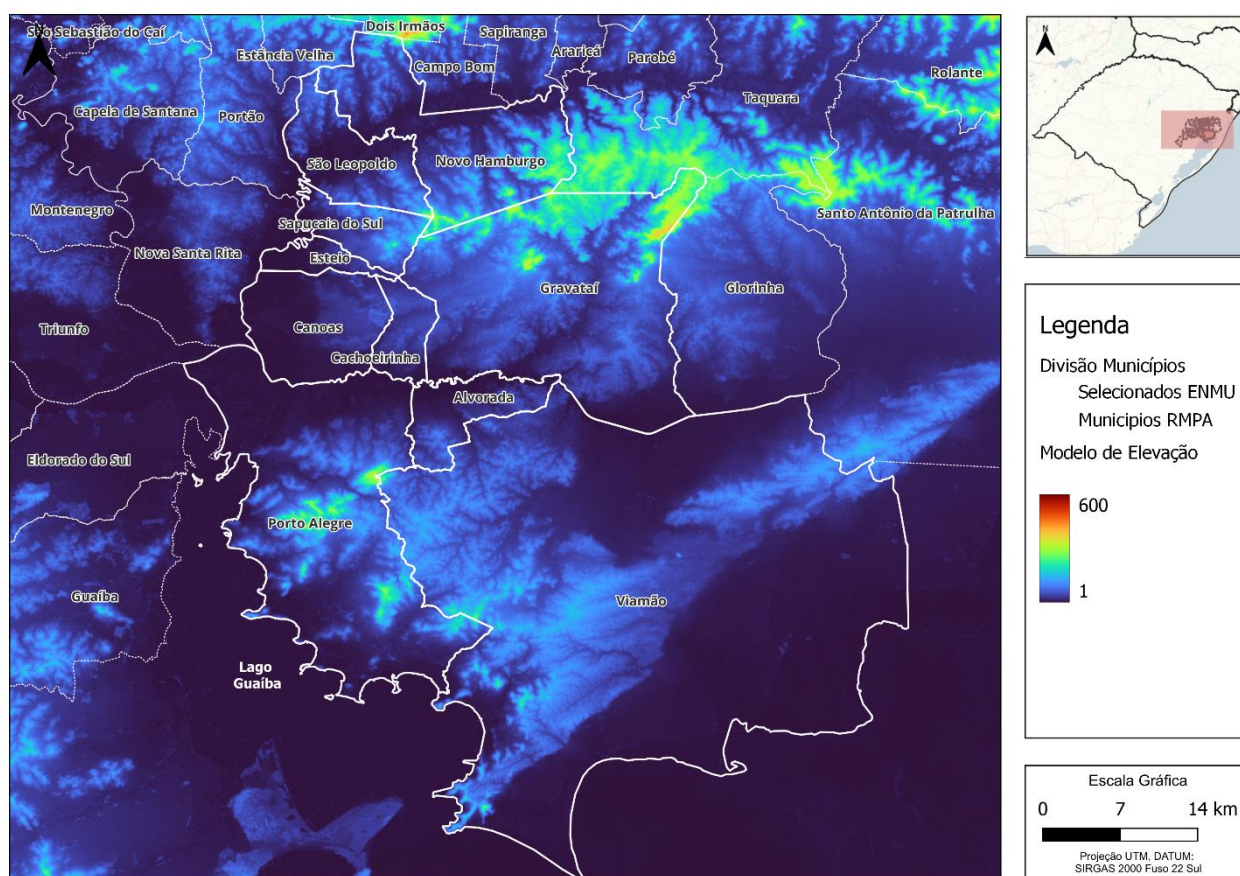
Nesta seção, é apresentada a caracterização das restrições físicas naturais da Área de Estudo. Essas restrições referem-se às características topológicas, geográficas e ambientais, como relevo, corpos hídricos e áreas de proteção ambiental, que limitam ou influenciam a ocupação e o desenvolvimento urbano. Estas restrições apresentam potencial para impactar desde a construção de infraestruturas (em especial de TPC-MAC) até a definição de políticas de uso do solo.

A compreensão das restrições físicas naturais é importante para um planejamento urbano e de mobilidade sustentável e seguro, de forma a promover o equilíbrio entre desenvolvimento e preservação ambiental, garantindo a resiliência das áreas urbanas frente aos desafios naturais.

2.1.1 Relevo

O relevo influencia a viabilidade e o custo das infraestruturas de transporte, além de afetar diretamente a acessibilidade e a eficiência dos deslocamentos. A seguir é apresentada a caracterização do relevo na Área de Estudo, a começar pelo mapa hipsométrico, mostrado na Figura 2.

Figura 2: Mapa hipsométrico da AE



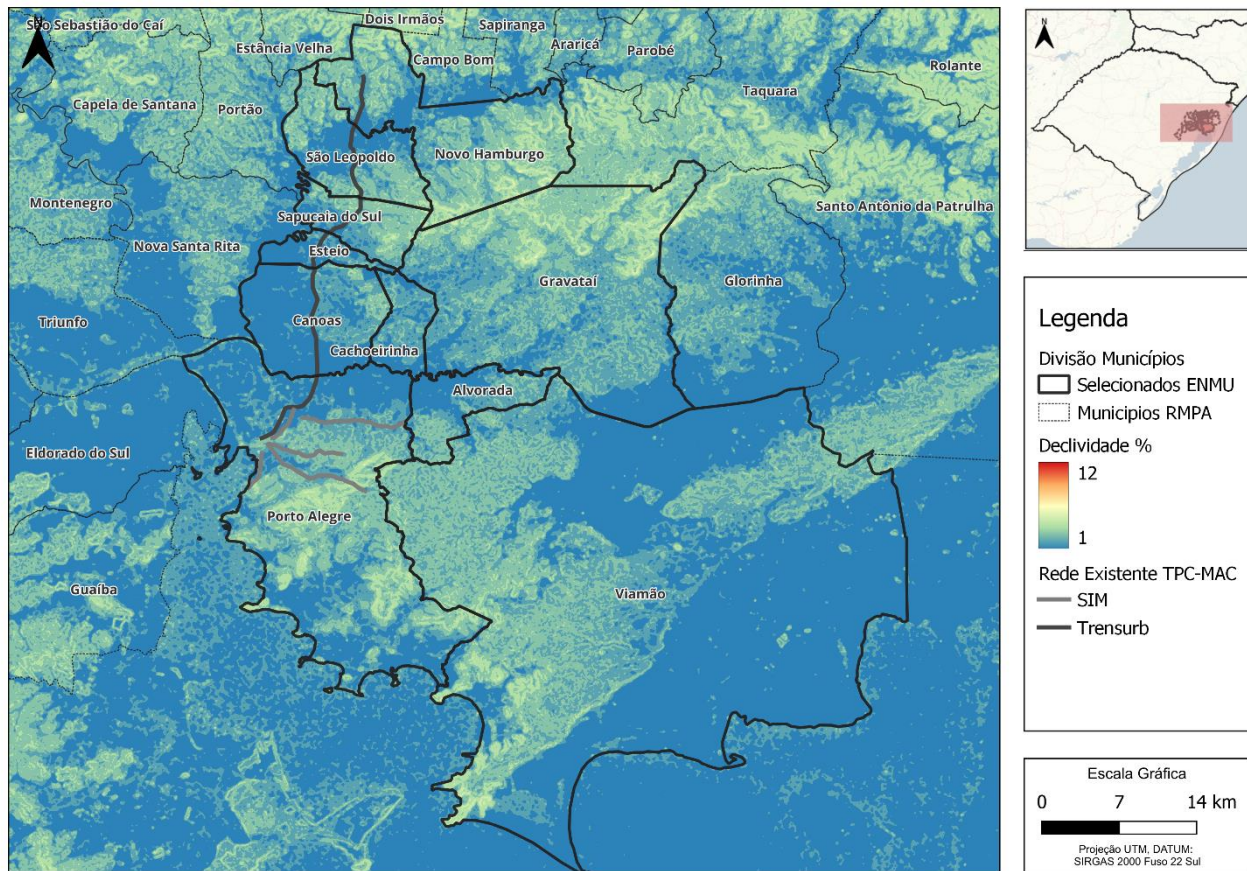
Fonte: Elaboração própria a partir de dados do INPE²

Como pode ser observado, as áreas de maior altitude, em verde, estão predominantemente localizadas no município de Gravataí, Viamão e Porto Alegre, enquanto as altitudes mais baixas, em azul escuro, compõem a maioria da região.

Complementarmente, na Figura 3, é apresentado o mapa de declividades da Área de Estudo, indicando intervalos de declividade (em percentual).

² Disponível em: INPE. [TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil](#). Acesso em 22/07/2024.

Figura 3: Mapa de declividades da AE



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do INPE³

Verifica-se que a maior parte da região analisada, especialmente as áreas mais urbanizadas e densamente ocupadas, possui baixas declividades de até 3%, conforme indicado pela predominância da cor azul. Áreas com declividades mais acentuadas, com valores de até 6%, estão menos presentes e são destacadas em verde claro e amarelo.

2.1.2 Recursos Hídricos

Assim como as características do relevo podem implicar em restrições para o desenvolvimento de projetos de infraestrutura, a localização dos recursos hídricos também desempenha um papel crucial, exigindo soluções técnicas para travessias, preservação ambiental e gestão sustentável, além de influenciar a escolha das rotas e a configuração das redes de transporte.

Conforme apresentado na Figura 4, a região é cortada pelos Rios Jacuí, Caí, dos Sinos e Gravataí e o encontro desses rios constituem um importante estuário (Guaíba), tanto do ponto de vista

3 Disponível em: INPE. [TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil](#). Acesso em 22/07/2024.

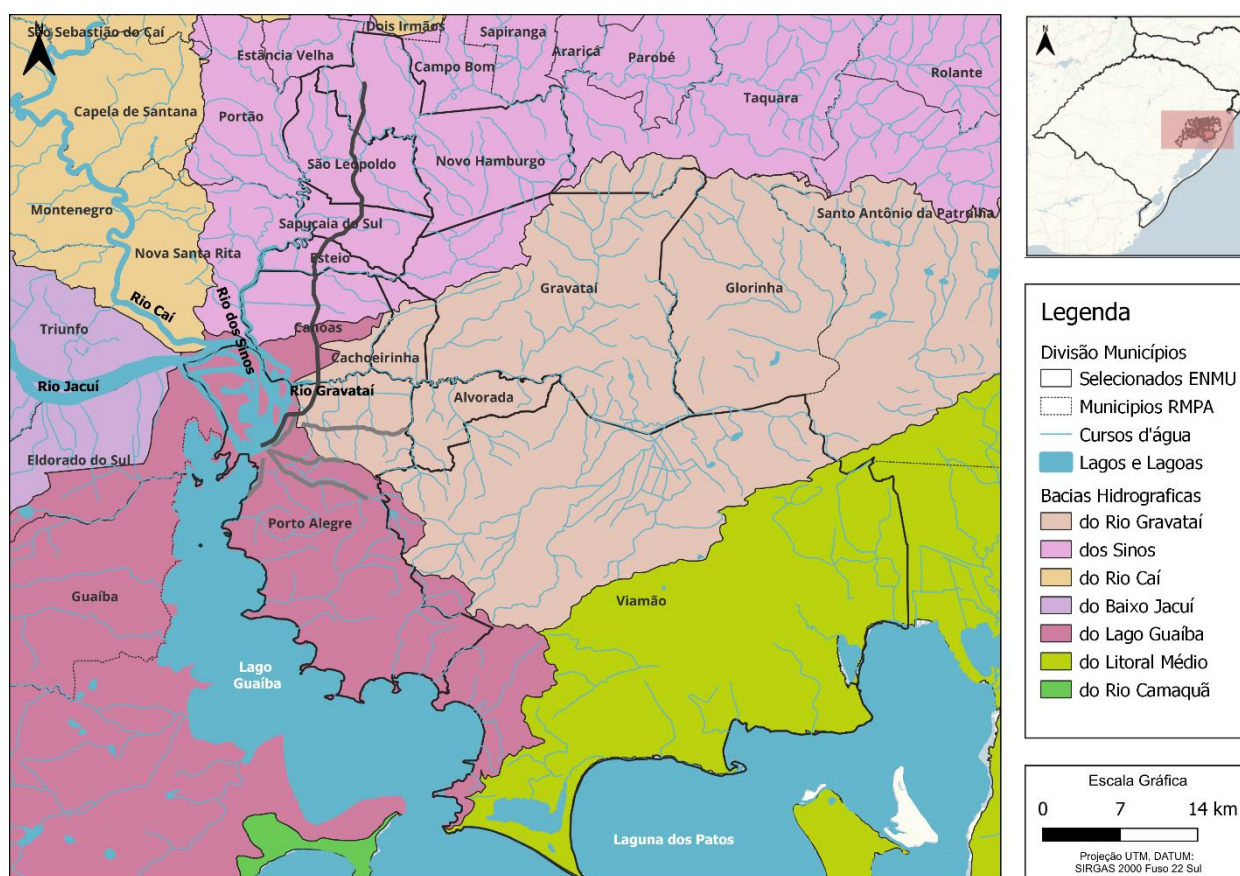
ambiental, econômico, histórico e cultural para a região. As águas do lago Guaíba têm múltiplos usos, servindo para o abastecimento de água da região, diluição das águas residuais (como esgoto), navegação com transporte de cargas e transporte público, pesca e recreação.

A partir do mapa é possível observar a distribuição das principais bacias hidrográficas que banham os municípios da Área de Estudo: a bacia do Rio Gravataí abrangendo a maior totalidade do município de Gravataí, Alvorada, Cachoeirinha e parte dos territórios de Porto Alegre e Viamão; a bacia do Rio dos Sinos que abrange o território de Novo Hamburgo, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Esteio e parcialmente do território de Canoas; a bacia do Lago Guaíba que abrange a maior parte do município de Porto Alegre, e parte dos municípios de Canoas e Viamão.

Ao Sul, a RMPA faz limite com a Laguna dos Patos que possui 265 km de comprimento, possuindo no sul do estado, conexão com o oceano Atlântico (no município de Rio Grande). A Laguna dos Patos é navegável do município de Porto Alegre até o município de Rio Grande, possuindo saída para o oceano Atlântico.

Porto Alegre e sua região metropolitana sofreram com as cheias dos seus rios em maio de 2024, impactado diretamente e indiretamente milhões de habitantes, inclusive nas redes de transporte da região (transporte de carga e de pessoas). Esse fato é mais bem detalhado no item 3.4 do presente relatório.

Figura 4: Recursos Hídricos da AE



Fonte: Elaboração própria.

2.3. Restrições Legais

As restrições jurídicas ou administrativas (restrições legais) à ocupação urbana referem-se a normas, regulamentos e políticas dos diferentes níveis de governo e instituições da RM com o propósito de ordenar e controlar o desenvolvimento urbano. Estas limitações atuam para garantir o crescimento ordenado, sustentável e seguro das áreas urbanas. A seguir são analisadas as restrições legais à ocupação urbana existentes na Área de Estudo.

2.3.1. Unidades de Conservação

A existência de áreas de proteção ambiental e unidades de conservação na Área de Estudo tem dois efeitos na análise dos TPC-MAC. Por um lado, constituem restrições ao estabelecimento de traçados destes eixos; por outro, podem apontar a necessidade de evitar a proposição de soluções que possam representar pressões sobre o meio-ambiente, como é o caso de induções de ocupações urbanas e adensamentos de áreas sensíveis.

Unidade de Conservação é o espaço territorial e seus recursos ambientais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas

de proteção, de acordo com a definição existente na Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC.

Existem dois grupos de Unidades de Conservação instituídos pela Lei Federal nº 9.985/2000, sendo o grupo de Unidades de Proteção Integral e o grupo de Unidades de Uso Sustentável.

- As Unidades de Proteção Integral apresentam como objetivo básico a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Esse grupo abrange cinco categorias de Unidades de Conservação, descritas na Lei Federal nº 9.985/2000 e assim denominadas: Estação Ecológica (EE); Reserva Biológica (REBIO); Parque Nacional (PN) (ou Estadual (PE), ou Natural Municipal (PNM)); Monumento Natural (MN); e Refúgio de Vida Silvestre (RVS).
- As Unidades de Uso Sustentável, por sua vez, apresentam como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Esse grupo inclui sete categorias de Unidades de Conservação, descritas na Lei Federal nº 9.985/2000 e assim denominadas: Área de Proteção Ambiental (APA); Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE); Floresta Nacional (FN) (ou Estadual (FE), ou Municipal (FM)); Reserva Extrativista (RE); Reserva de Fauna (RF); Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RSD); e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN).

O Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) do Rio Grande do Sul é constituído pelo conjunto de Unidades de Conservação federais, estaduais, municipais e particulares criadas no território do Estado. Atualmente, o SEUC abrange 24 Unidades de Conservação Estaduais sob administração pública, 4 Reservas Particulares do Patrimônio Natural e 37 Unidades de Conservação municipais cadastradas, além das Unidades de Conservação Federais que se localizam dentro do território do RS.

Na área de estudo estão localizadas as 5 Unidades de Conservação Estaduais e 8 Unidades de Conservação Municipais, conforme apresentado na Tabela 2 e especializado na Figura 5. Não existem na área de estudo Unidades de Conservação Federais.

Na área de estudo se destacam duas grandes unidades de conservação de uso sustentável, a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande que ocupa parte do território de Viamão e Gravataí e Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí que ocupa a área das ilhas de Porto Alegre e parte do território de Canoas. Em Porto Alegre, destacam-se a existência de uma unidade de conservação de proteção integral, a Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger, no extremo sul do município. O município de Viamão é o que possui o maior número de unidades de conservação de proteção integral, sendo elas: o Parque Estadual de Itapuã, o Parque Natural Municipal Saint Hilaire e Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos.

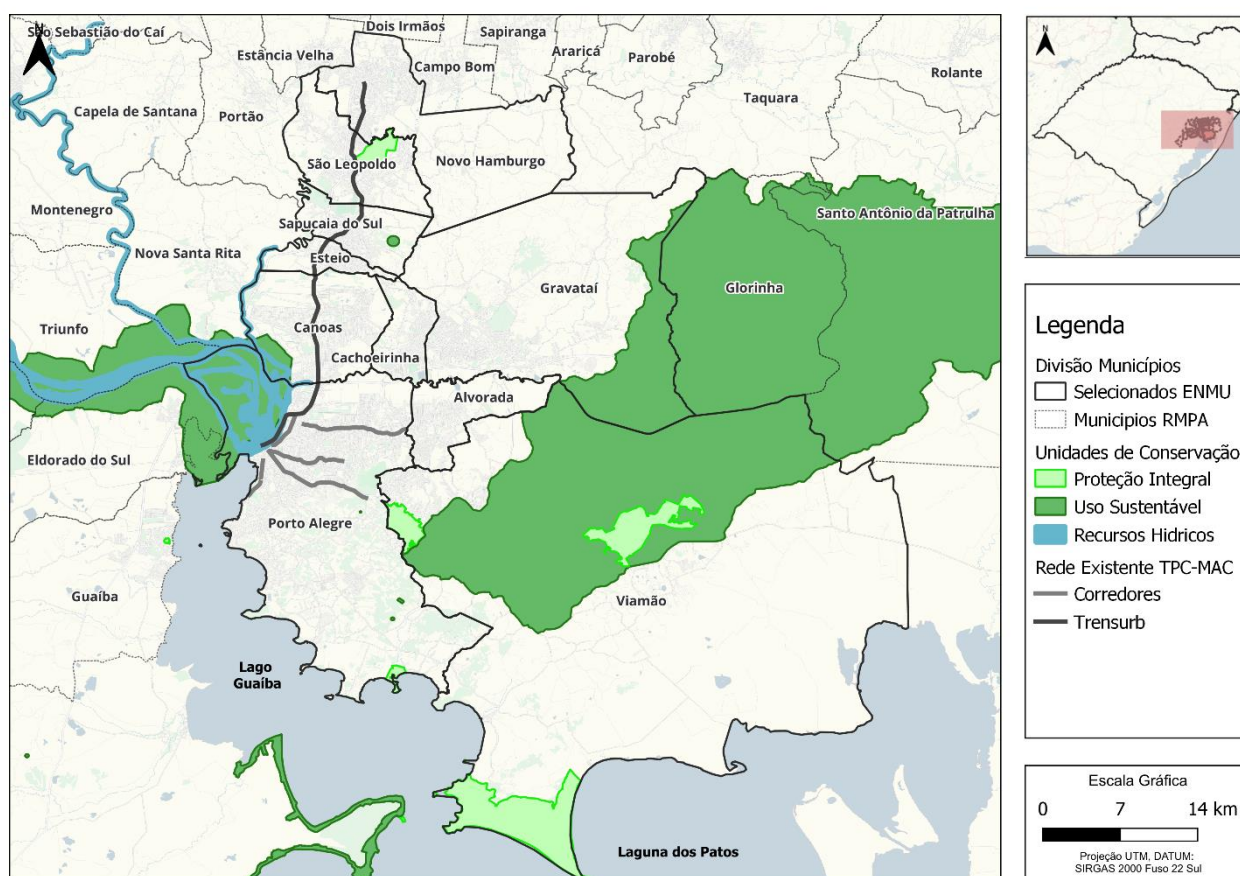
Tabela 2: Localização das Unidades de Conservação na Área de Estudo

	Unidade de Conservação	Jurisdição	Localidade	Extensão	Bioma
1	ARIE Luiz Henrique Roessler	Municipal	Novo Hamburgo	54,40 ha	Pampa
2	PNM Morro do Osso	Municipal	Porto Alegre	127,00 ha	Pampa
3	PNM Tancredo Neves	Municipal	Cachoeirinha	17,7 ha	Pampa
4	REBIO Lami Jose Lutzenberger	Municipal	Porto Alegre	179,78 ha	Pampa
5	PNM Banhado da Imperatriz	Municipal	São Leopoldo	694,42 ha	Pampa
6	PNM Base Ecológica do Rio Velho	Municipal	São Leopoldo	7,12 ha	Pampa
7	ARIE Matinho do Padre Reus	Municipal	São Leopoldo	1,73 ha	Pampa
8	RVS Morro São Pedro	Municipal	Porto Alegre	147,09 ha	Pampa
9	APA Banhado Grande	Estadual	Glorinha, Gravataí, Viamão e Santo Antônio da Patrulha.	136.935,00 ha	Mata Atlântica e Pampa
10	APA Delta do Jacui	Estadual	Porto Alegre, Canoas, Eldorado do Sul, Nova Santa Rita, Triunfo e Charqueadas	22.826,39 ha	Mata Atlântica e Pampa.
11	PE Delta do Jacui	Estadual	Porto Alegre, Canoas, Eldorado do Sul, Nova Santa Rita, Triunfo e Charqueadas	14.242,05 ha	Mata Atlântica e Pampa
12	PE Itapua	Estadual	Viamão	5.566,50 ha	Pampa
13	RVS Banhado dos Pacheco	Estadual	Viamão	2.560 ha	Pampa

Fonte: Elaboração própria com base em dados da SEMA RS⁴.

⁴ Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/unidades-de-conservacao-2016-10> Acesso em: 22/07/2024

Figura 5: Unidades de Conservação da AE



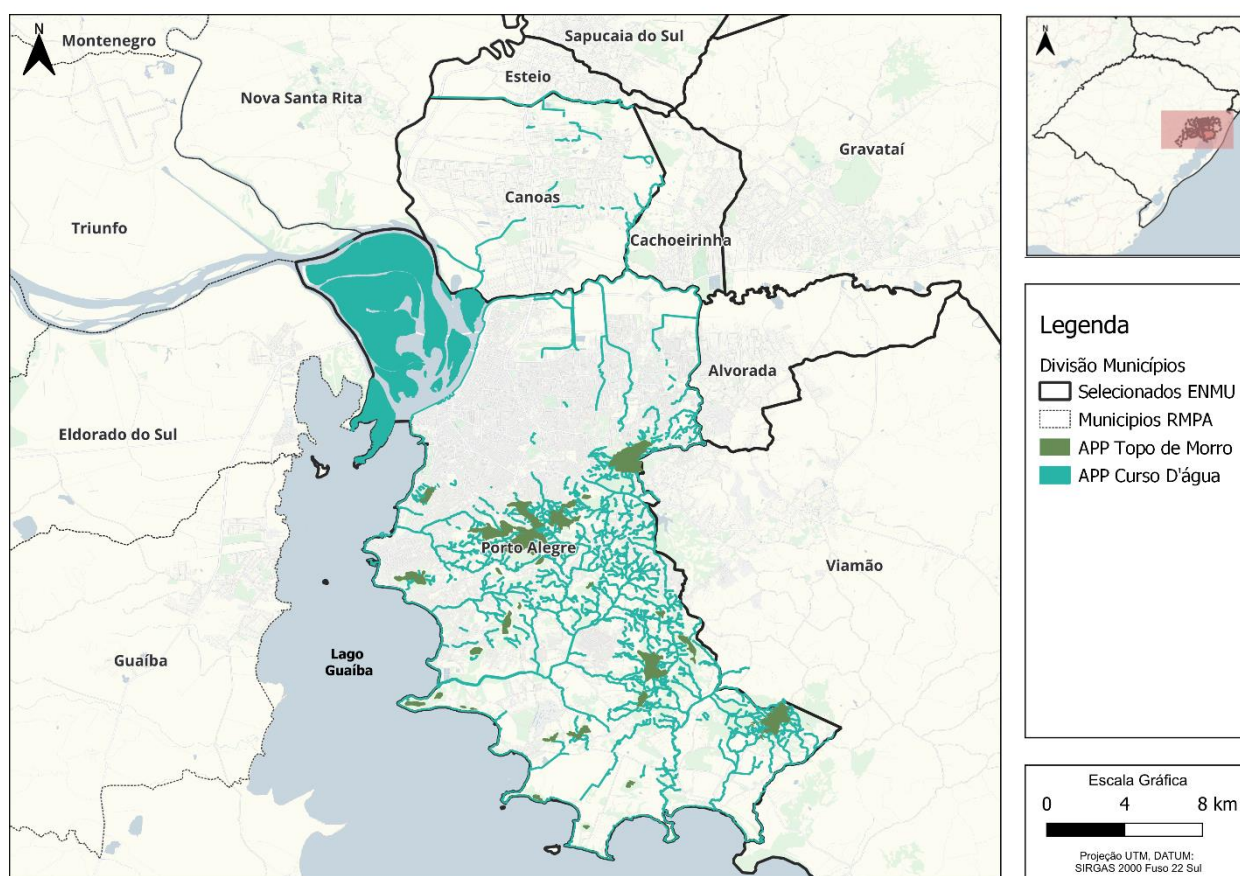
Fonte: Elaboração própria com base em dados da SEMA RS.

Alguns dos municípios possuem mapeados também suas Áreas de Preservação Permanente (APP), como é o caso de Porto Alegre e Canoas.

As APPs são ambientes com diversas funções ambientais, especialmente no ambiente urbano, como a proteção do solo, dos corpos d'água, a função ecológica de refúgio para a fauna e de atenuação de desequilíbrios climáticos urbanos. Segundo o Código Florestal, entende-se por APP a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Em Porto Alegre são mapeados as APPs em topo de morro e as APPs dos cursos d'água. Em Canoas somente as APPs dos cursos d'água, conforme apresentado no mapa da Figura 6. Em Porto Alegre há uma concentração das APPs na metade sul do município e na região das ilhas.

Figura 6: Áreas de Preservação Permanente (APPs) municipais



Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura de Porto Alegre e Canoas.

2.3.2. Patrimônio Histórico, Arquitetônico e Cultural

O tombamento é o instrumento de reconhecimento e proteção do patrimônio cultural mais conhecido, e pode ser feito pela administração federal, estadual e municipal. Em âmbito federal, o tombamento do patrimônio cultural é realizado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). No Estado do Rio Grande do Sul o órgão responsável pelo tombamento é o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado do Rio Grande do Sul (IPHAE). No âmbito municipal, cada município possui uma secretaria responsável pela salvaguarda do patrimônio. No caso de Porto Alegre, o patrimônio é gerido pela Secretaria Municipal de Cultura.

O Patrimônio Cultural é definido como um conjunto de bens móveis e imóveis existentes na localidade e cuja conservação é de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do local, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico. São também sujeitos a tombamento os monumentos naturais, sítios e paisagens que importe conservar e proteger pela feição notável com que tenham sido dotados pela natureza ou criados pela indústria humana.

No contexto do ENMU, o levantamento dos bens materiais e sítios (aspectos históricos, arquitetônicos e culturais) tem a mesma finalidade para os propósitos do estudo da análise das áreas de proteção ambiental, ou seja, de considerar na formulação das propostas eventuais restrições, interferências ou a necessidade de mitigação de pressões que possam incidir sobre estes bens. Muito embora, os eixos estruturais também possam representar a ampliação da acessibilidade da população a estes locais.

Foram identificados na AE bens protegidos nas diferentes escalas, à nível federal, estadual e municipal. À nível federal são salvaguardados tanto edificações, como sítios arqueológicos. Foram identificados 62 sítios arqueológicos e 11 bens tombados na AE. A Tabela 3 apresenta a divisão dos bens por municípios que compõem a área de estudo. Porto Alegre é o município que apresenta a maioria dos bens protegidos a nível federal, estando esses localizados, principalmente, na sua região central (bairro Centro Histórico). O mapa da Figura 7 apresenta a espacialização desses bens na AE.

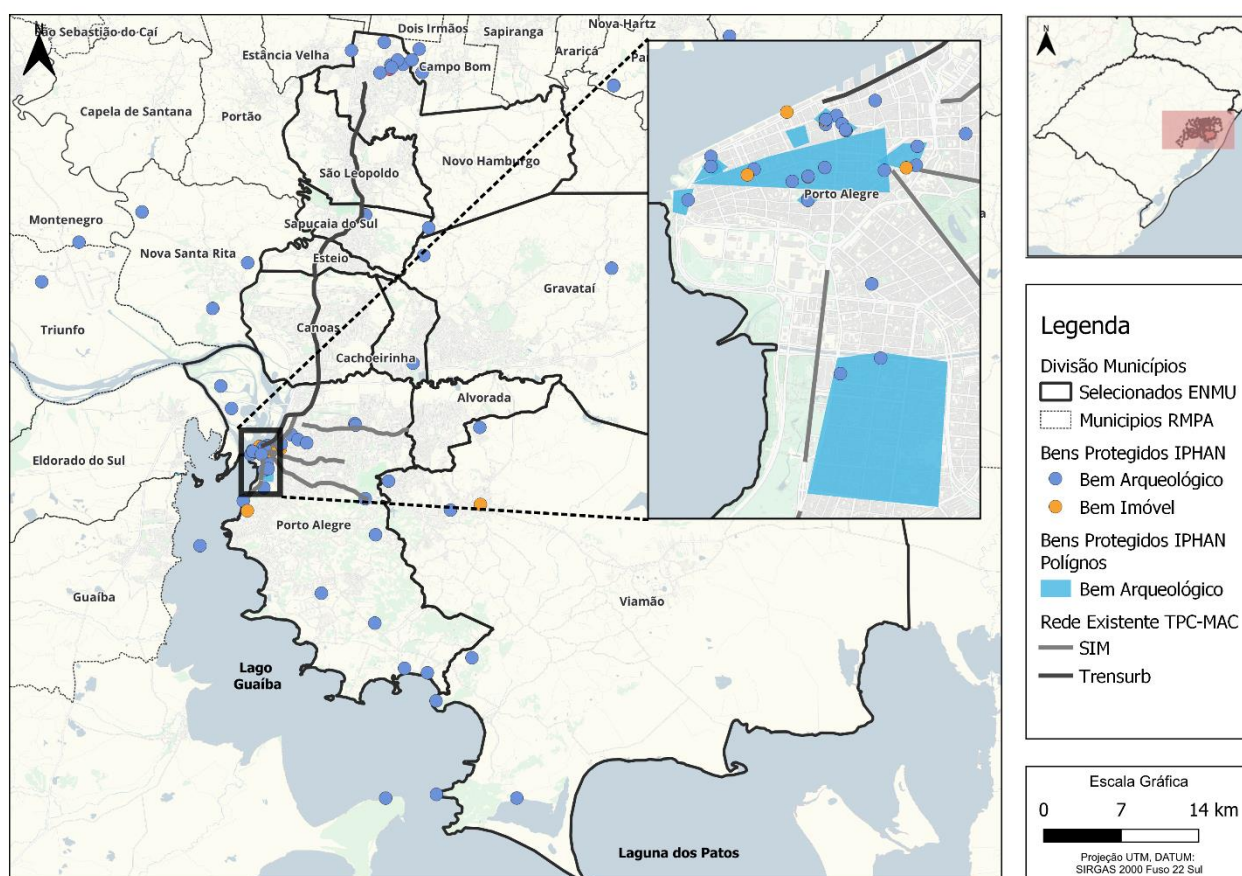
Tabela 3: Quantidade de protegidos a nível Federal (IPHAN) na AE

Município	Bem Tombado	Sítio Arqueológico	Total
Porto Alegre	8	44	52
Sapucaia	-	1	1
Novo Hamburgo	1	7	8
Cachoeirinha	-	1	1
Gravataí	-	2	2
Viamão	2	7	9
TOTAL	11	62	73

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IPHAN⁵

⁵ Disponível em: [GeoServer: Visualizador de Camada \(iphan.gov.br\)](https://geoserver.visualizador.de.camada(iphan.gov.br)) Acesso em: 25/07/2024

Figura 7: Bens protegidos pelo IPHAN na AE



Fonte: Elaboração própria com base em dados do IPHAN6

No âmbito Estadual, na AE foram identificados 32 bens tombados pelo IPHAE. Novamente o município de Porto Alegre é que concentra a maior quantidade de bens tombados a nível estadual, em especial na sua área central.

Tabela 4: Quantidade de bens Tombados a nível Estadual (IPHAE) dos municípios da Área de Estudo.

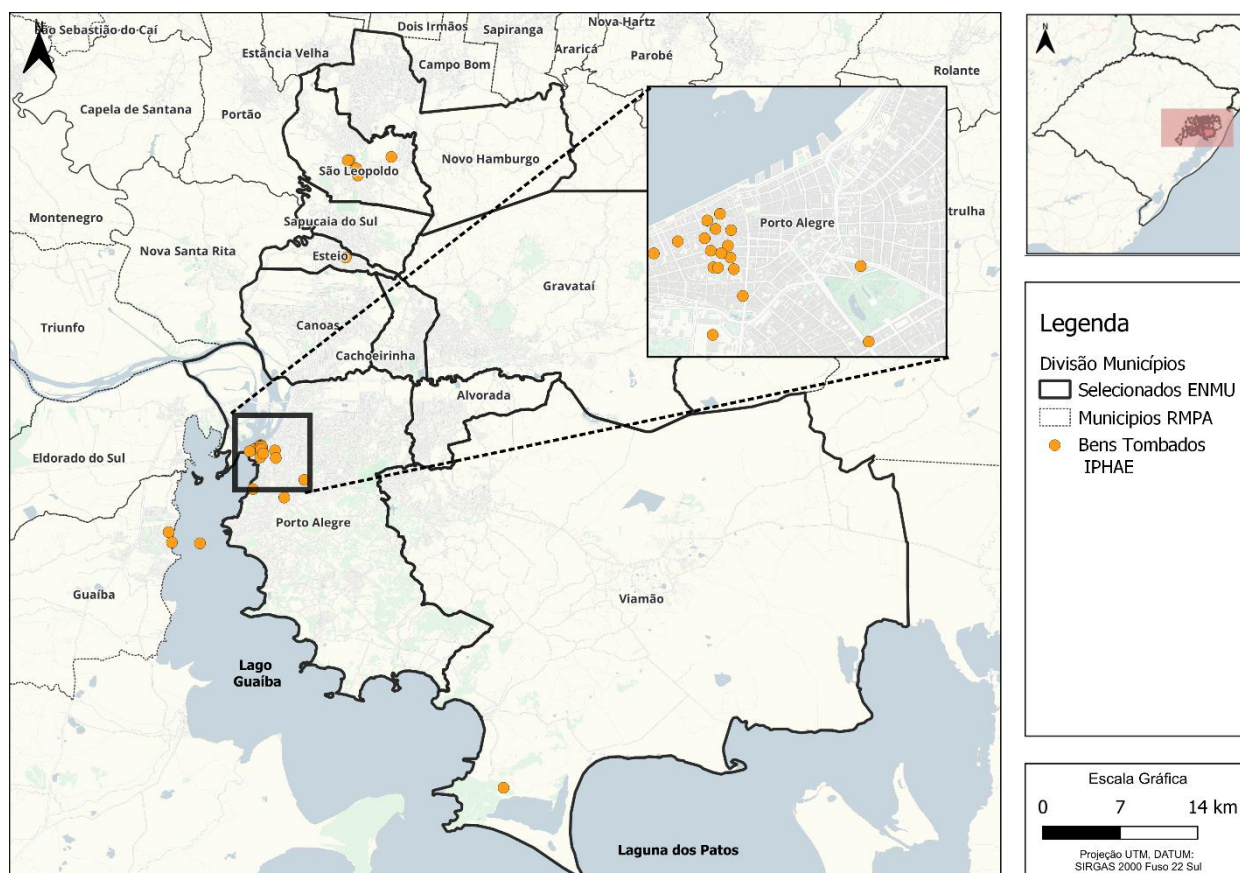
Município	Quantidade
Porto Alegre	23
Esteio	1
São Leopoldo	5
Guaíba	2
Viamão	1
TOTAL	32

Fonte: Elaboração própria com base em dados do IPHAE7.

⁶ Disponível em: [GeoServer: Visualizador de Camada \(iphan.gov.br\)](http://GeoServer: Visualizador de Camada (iphan.gov.br)) Acesso em: 25/07/2024

⁷ Disponível em: IPHAE Acesso em: 25/07/2024

Figura 8: Bens protegidos pelo IPHAE na AE



Fonte: Elaboração própria com base em dados do IPHAE⁸.

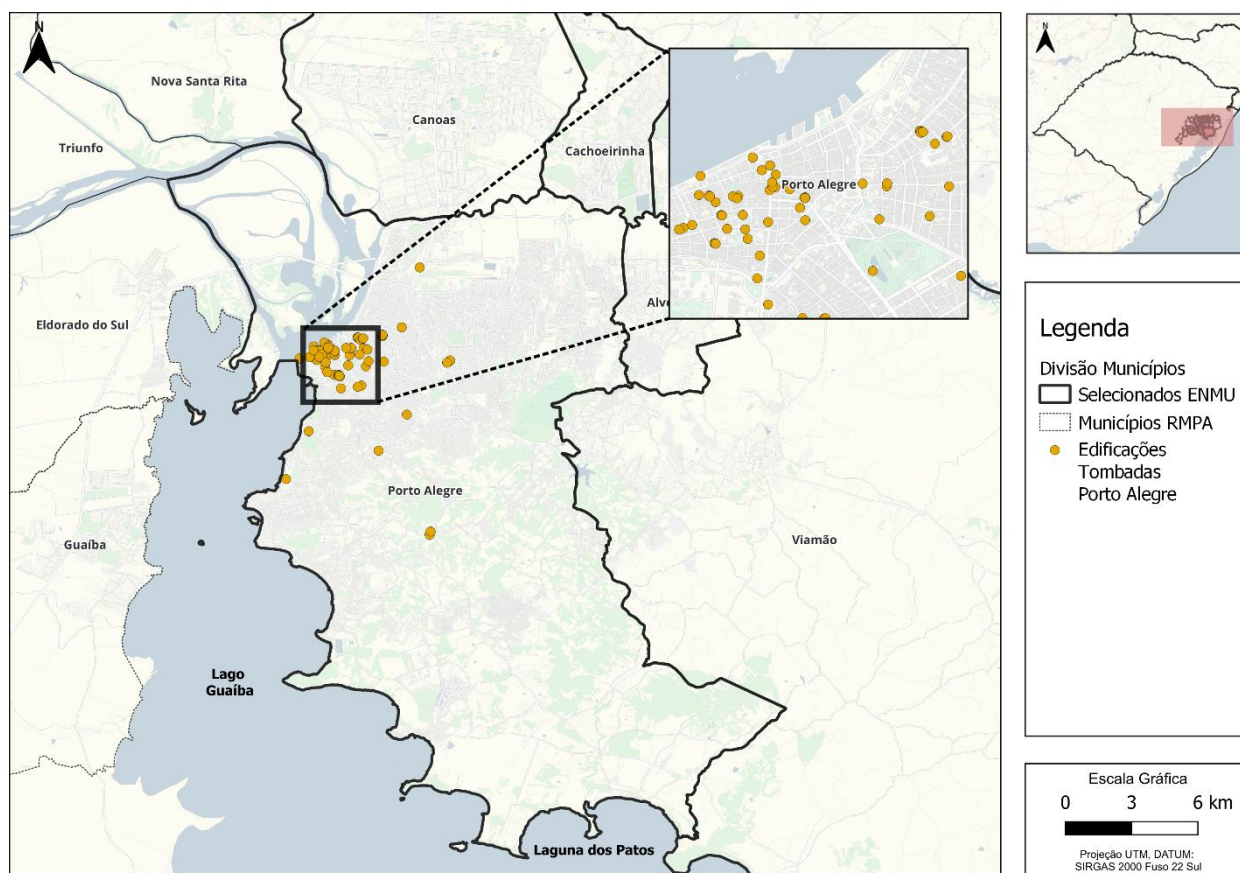
No âmbito Municipal, no município de Porto Alegre foram identificadas 107 edificações tombadas. A área central do município é que concentra o maior número de edificações tombadas, conforme apresentado na Figura 9.

Portanto, a área central de Porto Alegre é a região que concentra o maior número de edificações protegidas nas três esferas, o que pode causar restrições para inserção de infraestrutura para TPC MAC, em casos em que, por exemplo, sejam necessárias a realização de alargamentos viários e desapropriações.

Para os demais municípios da AE, não foram fornecidos dados de edificações tombadas a nível municipal. Depois de Porto Alegre, a nível federal e estadual, os municípios de Viamão, São Leopoldo e Novo Hamburgo são os que concentram o maior número de edificações tombadas.

⁸ Disponível em: IPHAE Acesso em: 25/07/2024

Figura 9: Bens tombados municipais Porto Alegre



Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura de Porto Alegre.

2.3.3. Macrozoneamento do Uso do Solo

O macrozoneamento permite a compreensão das diretrizes e restrições que regem o uso do solo na região, permitindo a identificação de limitações, vetores de expansão e adensamento, e demais elementos relevantes para a formulação de cenários de projeção de demanda. Até o presente momento, a RMPA não possui Plano Diretor Urbano Integrado (PDUI), conforme preconiza a Lei Federal nº 13.089/2015 (Estatuto da Metrópole). Segundo relato do Diretor Presidente da Metroplan, órgão que seria responsável pela elaboração do PDUI, existe um grupo de trabalho formado para elaboração do plano, porém até o momento não foram elaboradas as diretrizes. No contexto do ENMU, seria importante que houvesse a compatibilização dessas diretrizes em escala metropolitana dos usos do solo e restrições de uso com os eixos estruturantes de TPC-MAC.

Alternativamente, o presente estudo apresenta o macrozoneamento de Porto Alegre e as informações disponíveis dos demais municípios da AE. Conforme estabelece a Lei Federal nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade), o uso do solo é disciplinado pelas legislações municipais,

devendo todos os municípios integrantes de região metropolitana possuírem suas legislações específicas. No caso dos municípios que compõem da RMPA e pertencem à área de estudo do ENMU, a Tabela 5 apresenta os instrumentos legais que regulamentam o uso e ocupação do solo urbano.

Tabela 5: Instrumentos legais de aprovação do uso e ocupação do solo urbano

Município	Instrumento Legal
Porto Alegre	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) – Lei Complementar nº 434/1999; alterado pela Lei Complementar nº 646/2010.
Canoas	Plano Diretor Urbano Ambiental de Canoas – Lei nº 5.961, de 11 de dezembro de 2015; alterada pela Lei nº 6.569/2022.
Esteio	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Esteio - Lei nº 6672/2017.
Sapucaia do Sul	Plano Diretor – Lei nº 2896/2006.
São Leopoldo	Plano Diretor Municipal (PDM) – Lei nº 9.041/2019.
Novo Hamburgo	Plano Diretor Urbanístico Ambiental (PDUA) – Lei nº 1.216/2004.
Cachoerinha	Plano Diretor do Desenvolvimento Urbano – Lei Complementar nº 11/2007.
Gravataí	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – Lei nº 1541/2000.
Alvorada	Plano Diretor – Lei nº 3.955/2023.
Viamão	Plano Diretor – Lei nº 4.154/2013.

Fonte: Elaboração própria

2.3.3.1. Porto Alegre

O macrozoneamento é Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) - Lei Complementar nº 434/1999 (posteriormente alterado pela Lei Complementar nº 646/2010). Destaca-se que o do município de Porto Alegre está em processo de revisão de seu plano diretor desde 2019, sem ter sido concluído até o presente momento. Conforme o macrozoneamento vigente, apresentado na Figura 10, o território é dividido em 9 macrozonas:

Macrozona 1: Cidade Radiocêntrica: engloba o território compreendido pelo Centro Histórico e sua extensão até a III Perimetral, constituindo a área mais estruturada do Município, com incentivo à miscigenação e proteção ao patrimônio cultural;

Macrozona 2: Corredor de Desenvolvimento: constitui a área entre a BR–290, a Av. Sertório e a Av. Assis Brasil, sendo estratégica para empreendimentos autossustentáveis de polarização metropolitana, com integração de equipamentos como o Aeroporto e as Centrais de Abastecimento do Rio Grande do Sul – CEASA S.A.;

Macrozona 3: Cidade Xadrez: compreendida entre a Av. Sertório e Cidade da Transição no sentido norte–sul e entre a III Perimetral e o limite do Município no sentido oeste–leste. Constitui a cidade a ser ocupada através do fortalecimento da trama macro estruturadora xadrez, do estímulo ao preenchimento dos vazios urbanos e da potencialização de articulações metropolitanas e novas

centralidades. São marcos estruturadores os três Corredores de Centralidade: Sertório/Assis Brasil, Anita Garibaldi/Nilo Peçanha e Ipiranga/Bento Gonçalves;

Macrozona 4: Cidade da Transição: compreendida entre a Cidade Radiocêntrica e a Cidade Jardim, devendo manter suas características residenciais, com densificação controlada e valorização da paisagem. Constitui marco estruturador desta Macrozona o Corredor de Centralidade Cavahada/Tristeza, que faz conexão entre bairros, sendo limitado longitudinalmente pelas ruas Dr. Barcellos e Pereira Neto.

Macrozona 5: Cidade Jardim: caracteriza-se pela baixa densidade, pelo uso residencial predominantemente unifamiliar e elementos naturais integrados às edificações, com especial interesse na orla do Guaíba;

Macrozona 6: Eixo Lomba–Restinga: estrutura-se ao longo das Estradas João de Oliveira Remião e João Antônio da Silveira, com potencial para ocupação residencial miscigenada, em especial para projetos de habitação de caráter social, apresentando áreas com potencial de ocupação intensiva, situadas na Área de Ocupação Rarefeita;

Macrozona 7: Restinga: bairro residencial da Zona Sul cuja sustentabilidade tem base na implantação do Parque Industrial da Restinga. Liga-se com a Região Metropolitana através do Corredor de Produção;

Macrozona 8: Cidade Rururbana: área caracterizada pela predominância de patrimônio natural, propiciando atividades de lazer e turismo, uso residencial e setor primário, compreendendo os núcleos intensivos de Belém Velho, Belém Novo, Lami, Lageado, Boa Vista, Extrema e Jardim Floresta, bem como as demais áreas a partir da linha dos morros da Companhia, da Polícia, Teresópolis, Tapera, das Abertas e Ponta Grossa; e

Macrozona 9: Unidades de conservação estaduais Parque Estadual Delta do Jacuí e Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí – APA.

No âmbito do ENMU, as áreas que apresentam o maior potencial para inserção dos eixos de TPC-MAC são macrozonas 1, 2 e 3, que possuem maiores densidades e capacidade de articulação metropolitana através dos corredores centralidade. As macrozonas 8 e 9 se caracterizam por zonas com especial interesse ambiental, havendo restrições de ocupação.

Figura 10: Macrozoneamento de Porto Alegre



2.3.3.2. Canoas

Em Canoas o macrozoneamento é especificado no Plano Diretor Urbano Ambiental de Canoas – Lei nº 5.961, de 11 de dezembro de 2015 (alterada pela Lei nº 6.569/2022). A Figura 11 apresenta o macrozoneamento do município, onde o território é dividido em 6 macrozonas:

Macrozona Ambiental: Engloba as principais extensões territoriais de preservação ambiental, inclusive o Parque Delta do Jacuí, as Várzeas do Rio dos Sinos e do Rio Gravataí;

Macrozona de Produção: Trata-se de região da cidade voltada, especialmente, ao uso industrial e de logística, incluindo a Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP), e que deverá receber infraestrutura adequada e investimentos para que seu território, parcialmente alagável, possa atender às finalidades previstas;

Macrozona de Integração: Trata-se de perímetro que inclui estrutura viária relevante para a integração do território de Canoas ao eixo metropolitano e que recebendo investimento público e/ou privado, tem potencial para renovação urbana e densificação.

Os lotes atingidos parcialmente pela Macrozona de Integração, terão a integralidade de sua área regulada e com direito aos seus potenciais construtivos e usos diferenciados, em acordo com regulamentação própria.

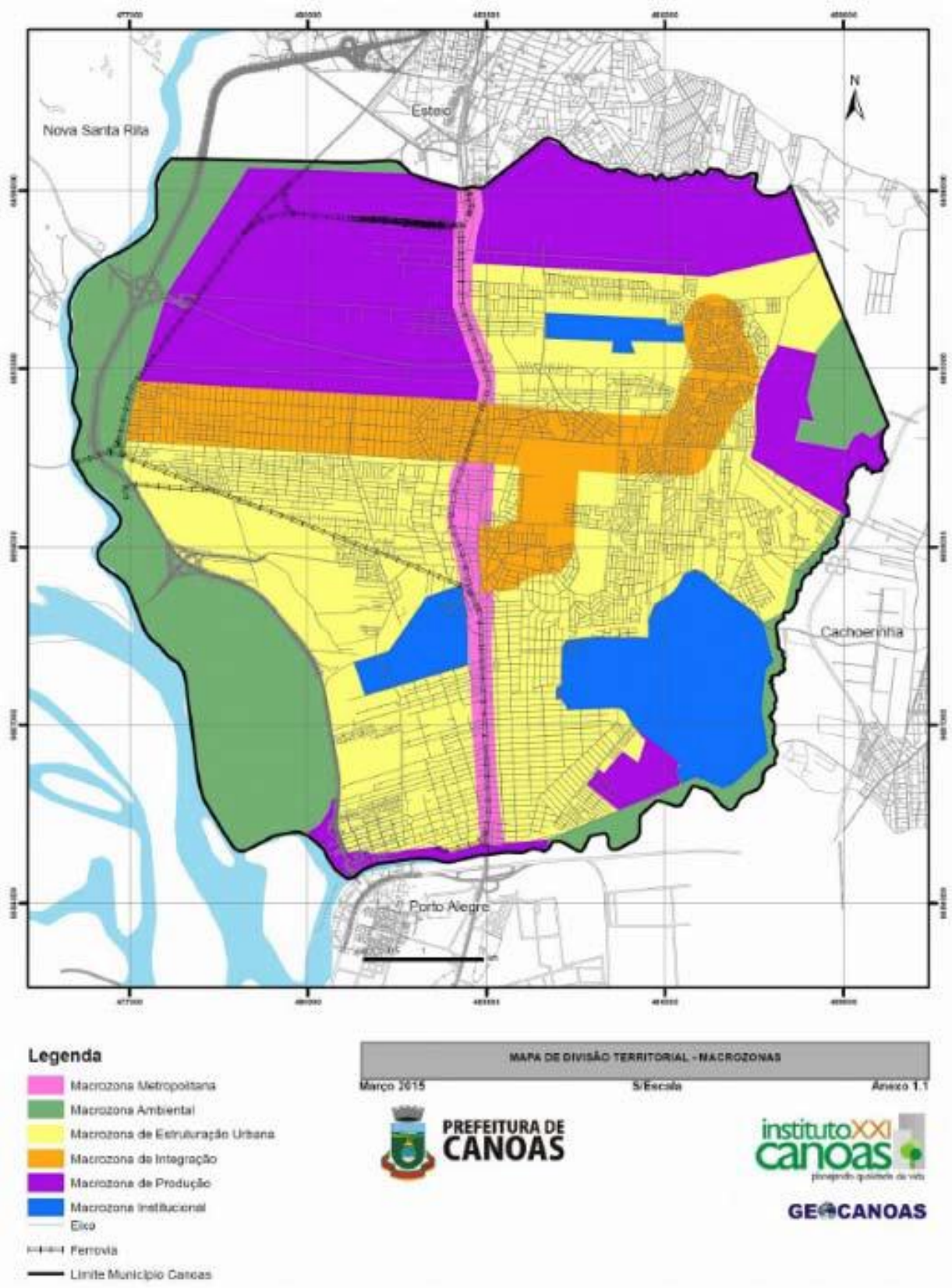
Macrozona Metropolitana: Trata-se de perímetro que envolve os 2 (dois) principais sistemas de integração metropolitana, a BR-116 e a linha do TRENURB, o qual merece projeto especial que busque ampliar a permeabilidade entre as zonas leste e oeste da cidade;

Macrozona Institucional: Engloba as principais áreas de uso institucional do Município, especialmente aquelas vinculadas à Aeronáutica e aos centros universitários e que devido a sua especificidade, a normatização do uso e da ocupação do seu território se dará através de Regime Urbanístico especial;

Macrozona de Estruturação Urbana: Região majoritariamente residencial com variado grau de miscigenação de usos, a ser adensada, especialmente, pela ocupação dos vazios urbanos e pela complementação da infraestrutura existente, mantendo-se as características diversificadas de uso e de ocupação de cada parte do seu território.

Conforme mapa e descrição das zonas, a Macrozona de Integração é que possui maior potencial para inserção de projetos de TPC-MAC. Nela estão previstos instrumentos urbanísticos específicos para densificação.

Figura 11: Macrozoneamento de Canoas



Fonte: Plano Diretor Urbano Ambiental de Canoas

2.3.3.3. Esteio

O zoneamento territorial de Esteio é composto de cinco Zonas de Planejamento, conforme especificado no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Esteio (Lei nº 6672/2017), as quais objetivam o incremento do comércio e a descentralização, promovendo um maior dinamismo nos setores a serem implantados. São apresentadas na Figura 12 e descritas a seguir:

Zona Mista Preferencialmente Comercial: é constituída pelas áreas urbanas centrais e caracterizada por ser a porção do território mais bem atendida pela infraestrutura, pelas atividades econômicas, pelos serviços públicos e pelas oportunidades geradas a partir da urbanização do município.

Zona Mista Preferencialmente Residencial: é caracterizada pelo uso residencial qualificado e o desenvolvimento de atividades econômicas complementares ao uso que garantam a qualidade de vida e o bem-estar da população residente. O sistema de circulação destas áreas deverá, preferencialmente, atender às demandas locais de acesso às residências.

Zona Industrial Exclusiva: é caracterizada por apresentar intensa atividade de produção e desenvolvimento econômico, desenvolvendo-se principalmente ao longo da BR-116.

Corredores de Promoção Econômica (CPE): são os trechos de ruas definidos, que têm como objetivo o incentivo à implantação de estabelecimentos comerciais, industriais, de serviço e residências multifamiliares, através de um regime urbanístico diferenciado permitindo maiores índices construtivos.

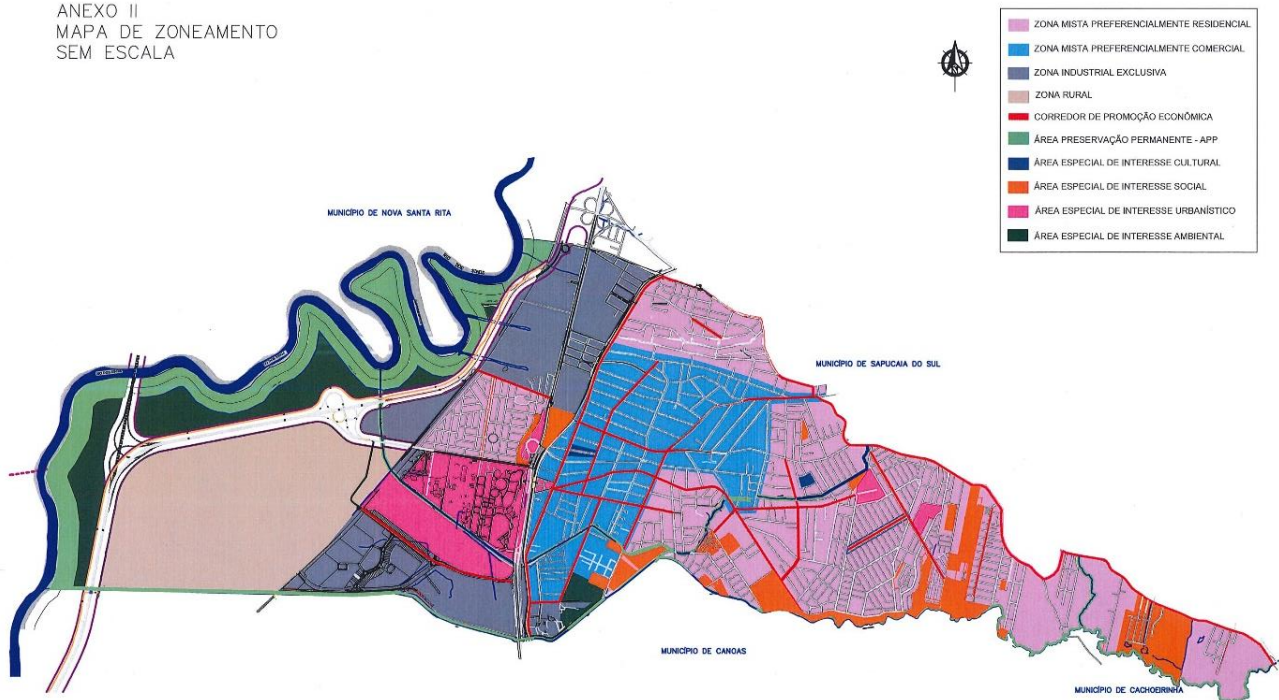
Zona Rural: é caracterizada por compreender áreas predominantemente agrícolas e por apresentar alto impacto ambiental devido à drenagem de área úmidas.

Integram ainda o zoneamento territorial, as áreas especiais, como as áreas de preservação permanente (APPs), áreas especiais de interesse cultural, social, urbanístico e ambiental.

Destaca-se um possível potencial de eixos de transporte vinculados aos Corredores de Promoção Econômica, que possuem incentivo para densificação através de regimes urbanísticos diferenciados.

Figura 12: Macrozoneamento de Esteio

ANEXO II
MAPA DE ZONEAMENTO
SEM ESCALA



Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Esteio

2.3.3.4. Sapucaia do Sul

Em Sapucaia do Sul, o macrozoneamento é definido pelo Plano Diretor (Lei nº 2896/2006), conforme apresentado na Figura 13. O macrozoneamento territorial delimita e subdivide o território municipal em:

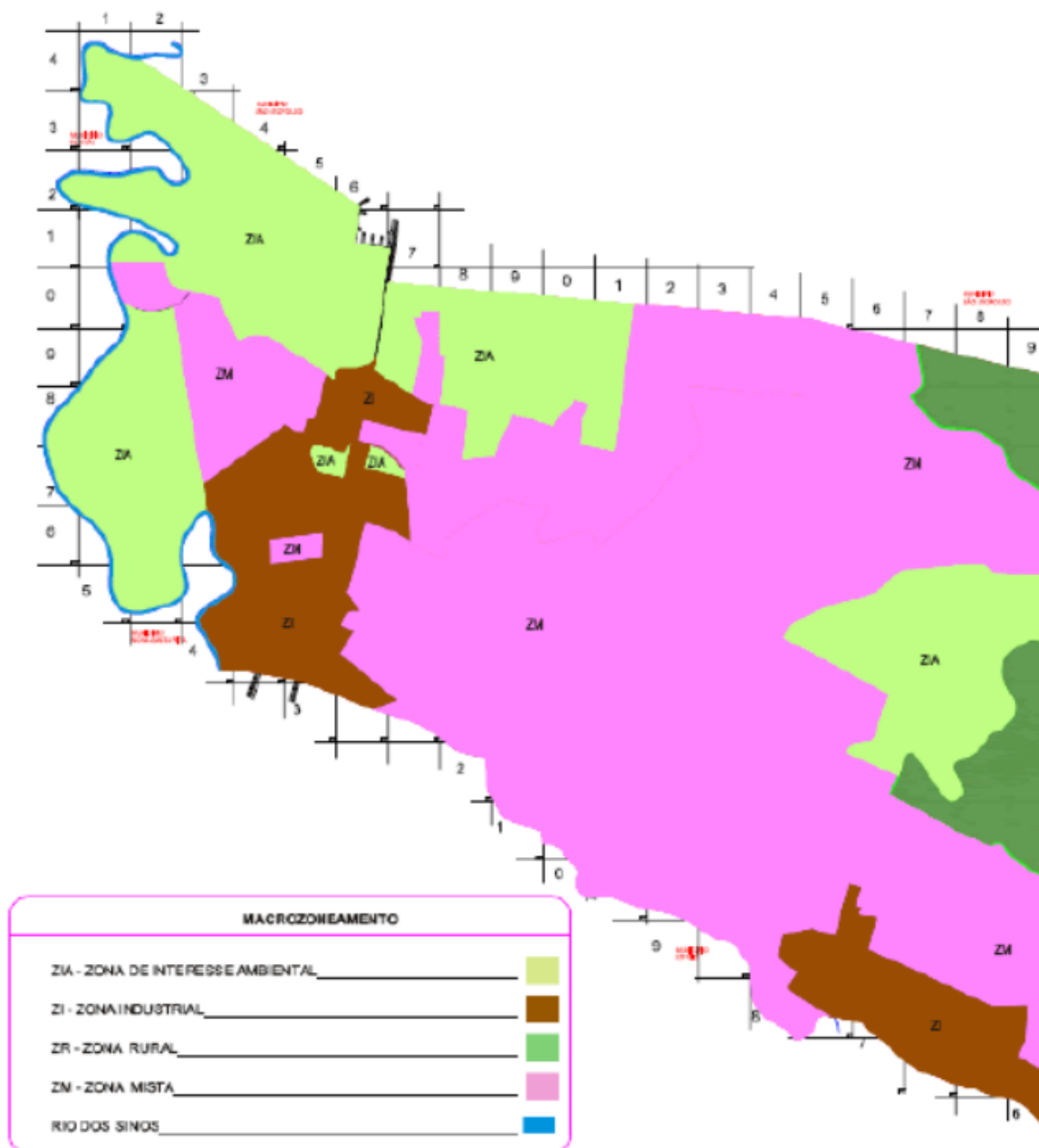
Zona Mista: como área intensiva de ocupação, densificação e indução do crescimento e desenvolvimento urbano de áreas consolidadas e em consolidação; os dispositivos urbanísticos preveem ocupação com lotes de dimensões compatíveis com as características e a infraestrutura local, assim como uso adequado às densidades de ocupação máximas e mínimas previstas;

Zona Rural: com características de ocupação rarefeita como área extensiva, onde as diretrizes de uso e ocupação devem promover prioritariamente as atividades agroindustriais, agro-ecológicas e de turismo sustentável;

Zona Industrial: com características de ocupação industrial: com acessibilidade proporcionada pelo sistema viário do entorno principal. Os dispositivos urbanísticos preveem ocupação com lotes de dimensões compatíveis com as características e a infraestrutura local, assim como uso adequado;

Zonas de Interesse ambiental: definidas em função das necessidades de proteção integrada e dos diferentes graus de uso sustentável permitidos são compostas por ecossistemas de interesse para a preservação, conservação e desenvolvimento de atividades sustentáveis.

Figura 13: Macrozoneamento de Sapucaia do Sul



ANEXO I
MAPA 02 - ZONEAMENTO CORREDORES

Fonte: Plano Diretor de Sapucaia do Sul

2.3.3.5. São Leopoldo

Em São Leopoldo Plano Diretor Municipal (Lei nº 9.041/2019) é que define o macrozoneamento, conforme apresentado na Figura 14Figura 13. O macrozoneamento territorial delimita e subdivide o território municipal em:

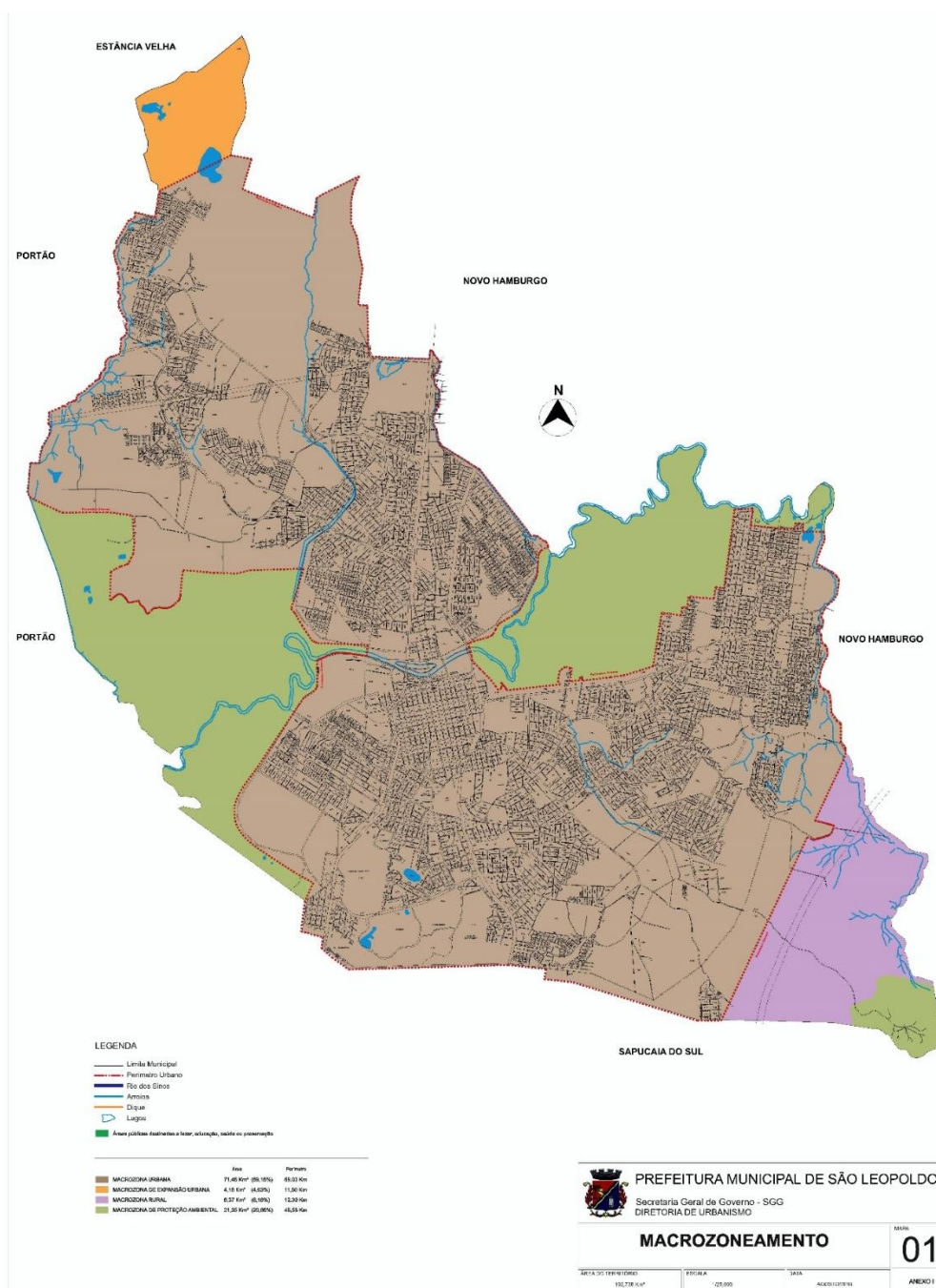
Macrozona Urbana: corresponde à porção urbanizada do território, apresentando diferentes graus de consolidação e infraestrutura básica, destinando-se a concentrar o adensamento urbano;

Macrozona de Expansão Urbana: corresponde à porção do território de transição do rural para o urbano, reservada à expansão da malha urbana;

Macrozona Rural: corresponde à porção do território destinada à atividade primária, em conformidade com a Lei Federal nº 4.504, de 30 de novembro de 1964 - Estatuto da Terra;

Macrozona de Proteção Ambiental: corresponde à porção do território com predominância de áreas de ambiente natural, com utilização compatível com a preservação ambiental e ocupação controlada.

Figura 14: Macrozoneamento de São Leopoldo



Fonte: Plano Diretor Municipal de São Leopoldo

2.3.3.6. Novo Hamburgo

O macrozoneamento do município de Novo Hamburgo é apresentado na Figura 15, conforme definido no Plano Diretor Urbanístico Ambiental (Lei nº 1.216/2004). O macrozoneamento classifica as parcelas do território como de ocupação e uso miscigenado intensivo ou rarefeito, industrial, primário e de proteção ambiental. A caracterização de cada uma das áreas é apresenta a seguir:

ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL com característica de ocupação e uso especial, sendo divididas em:

a) APA Norte: Situada ao Norte da RS 239, na divisa com os municípios de Estância Velha, Ivoti, Dois Irmãos e Campo Bom, delimita áreas de relevantes aspectos de proteção ambiental e geológica, tais como topos de morros, declividades acentuadas e encostas, início do sistema fraturado da formação "Serra Geral", mata nativa e áreas de risco. Os dispositivos urbanísticos preveem baixa intensidade de ocupação e uso do solo e permite usos que não interfiram com a proteção das condições ambientais;

b) APA Sul: Situada ao Norte do Rio dos Sinos, na divisa com o município de Campo Bom, compreendido entre este e a Av. dos Municípios (trecho implantado, projetado e proposta de ligação com a RS 240) e delimita áreas de relevantes aspectos de proteção e preservação ambiental, tais como banhados, foz dos arroios, mata nativa, áreas de risco e reserva biológica. Os dispositivos urbanísticos preveem baixa intensidade de ocupação e uso do solo e permite usos que não interfiram com a proteção e preservação das condições ambientais;

c) APA Lomba Grande: Situada no Bairro Lomba Grande, entre o Rio dos Sinos, a divisa com o município de Campo Bom, a Estrada do Banhadão e Rodovia do Progresso projetada e delimita áreas de relevantes aspectos de proteção ambiental, tais como banhados, foz dos arroios, mata nativa e áreas de risco. Os dispositivos urbanísticos preveem baixa intensidade de ocupação e uso do solo e permite usos que não interfiram com a proteção e preservação das condições ambientais;

ZM - ZONA MISCIGENADA com característica de ocupação e uso intensiva a Oeste do Rio dos Sinos e rarefeita em Lomba Grande. Os dispositivos urbanísticos prevêm ocupação com lotes de dimensões compatíveis com as características e a infraestrutura local, assim como uso adequado às densidades de ocupação máximas e mínimas previstas. As diversidades das características históricas, culturais, paisagísticas e morfológicas são tratadas como Área Especial - AE para atender a especificidades destes espaços;

a) ZM a Oeste do Rio dos Sinos: Situada nas áreas urbanizadas ao Sul da RS 239 e ao Norte do banhado do Rio dos Sinos;

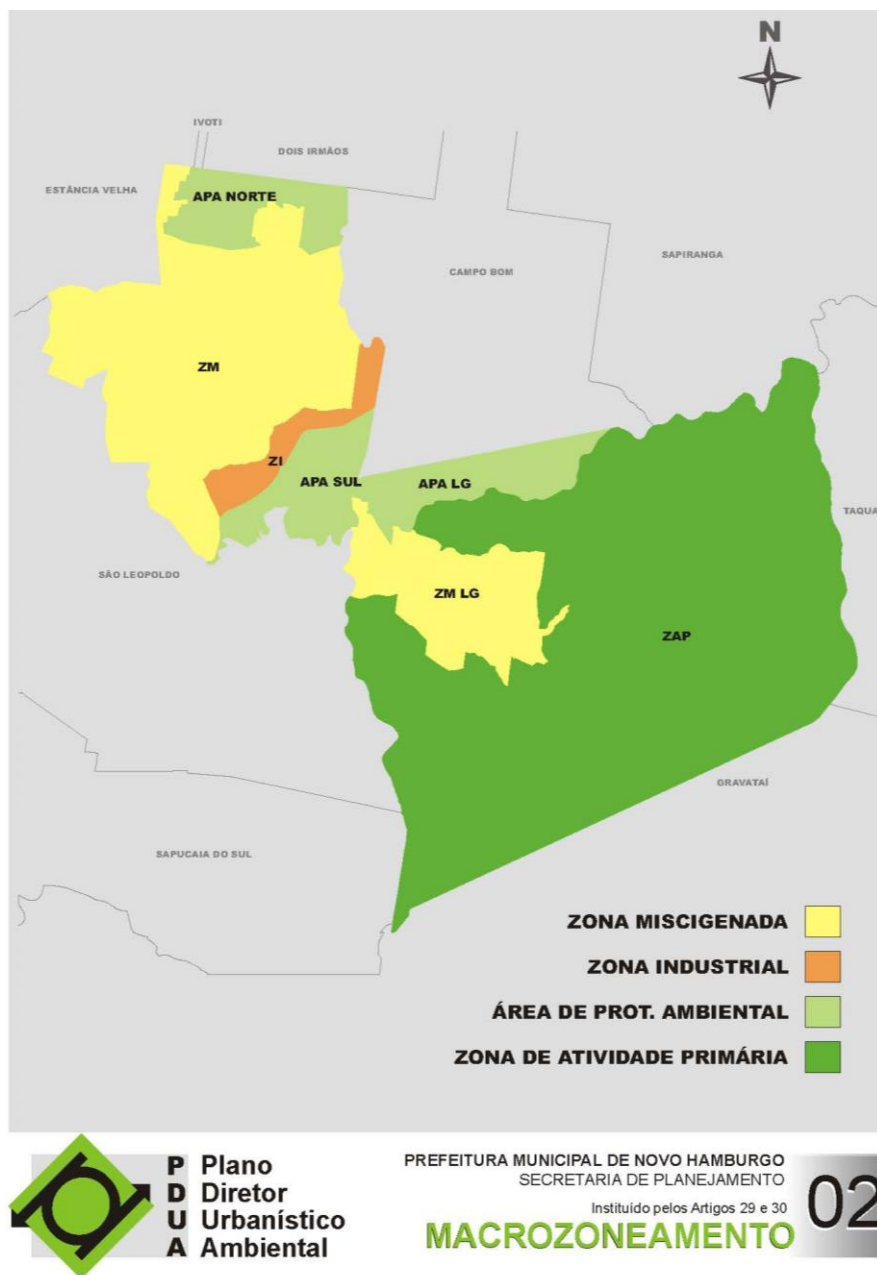
b) ZM Lomba Grande (ZMLG): Situada na área entre a Estrada do Banhadão, a Estrada Afonso Strack e a Estrada Rotermund e João Aloysio Allgayer no Bairro Lomba Grande;

ZI - ZONA INDUSTRIAL com característica de ocupação industrial: Situada entre as áreas ao Norte da Av. dos Municípios implantada e projetada, Av. Guia Lopes, Rua Bartolomeu de Gusmão, Rua Nobel e Estrada José Aloísio Daudt, com acessibilidade proporcionada pelo sistema viário do entorno. Os dispositivos urbanísticos preveem ocupação com lotes de dimensões compatíveis com as características e a infraestrutura local, assim como uso adequado;

ZAP - ZONA DE ATIVIDADE PRIMÁRIA com característica de ocupação rarefeita: Compreende, basicamente, a atual zona rural do Município no Bairro Lomba Grande, com o desenvolvimento de

com atividades primárias. Os dispositivos urbanísticos prevêem ocupação com glebas compatíveis com a ocupação e de uso agropecuário, agroindustrial e extrativista.

Figura 15: Macrozoneamento de Novo Hamburgo



Fonte: Plano Diretor Urbanístico Ambiental de Novo Hamburgo

2.3.3.7. Cachoeirinha

O Plano Diretor do Desenvolvimento Urbano (Lei Complementar nº 11/2007), não apresenta o macrozoneamento, somente o zoneamento, com a divisão em áreas mais detalhadas. Portanto, alternativamente, o zoneamento do município de Cachoeirinha é apresentado na Figura 16. O território é dividido em:

I - zonas predominantemente residenciais (ZPR):

a) - zonas predominantemente residenciais existentes: ajustes no zoneamento e nos regimes urbanísticos, adequando os índices à realidade socioeconômica do Município e à capacidade de suporte das redes e equipamentos urbanos, tornando-as zonas predominantemente residenciais, embora permitindo comércio e serviços de pequeno porte desde que de apoio à habitação;

b) - novas zonas predominantemente residenciais para áreas de expansão da urbanização, compreendendo zonas para empreendimentos do mercado imobiliário tradicional e projetos de habitação de interesse social, voltados prioritariamente ao assentamento da população removida das áreas irregulares por restrição ambiental ou fruto de regularização;

c) - novas zonas predominantemente residenciais para áreas de expansão da urbanização, compreendendo zonas mistas predominantemente residenciais, embora permitindo comércio e serviços de pequeno porte desde que de apoio à habitação;

II - corredores mistos (CM): corredores que estimulam novos centros de comércio e serviços em áreas com tendências à polarização, especialmente nos eixos viários mais importantes, com maior capacidade de interconexão intra-urbana e presença de transporte coletivo;

III - corredor misto da Flores da Cunha (CMFC): consolidação da Av. Flores da Cunha como centralidade comercial e como centro principal de comércio e serviços tanto especializado como diversificado;

IV - corredores mistos não-residenciais (CMNR): concentração de atividades de impacto (geradoras de tráfego e/ou ruído) ao longo da Avenida Frederico Ritter e da RS-118, bem como no Distrito Ritter, definindo uma faixa de transição entre estes grandes eixos e os tecidos residenciais;

V - distrito produtivo e industrial - CEDIC e Bairro Cruzeiro (ZI): manutenção, aperfeiçoamento e complementação da zona de uso produtivo e industrial;

VI - distrito produtivo e logístico: aproveitamento da nova vocação econômica e da proximidade com a RS-118 para a implantação de nova zona produtiva destinada predominantemente a estabelecimentos de transporte e logística e atividades não-poluentes;

VII - rede de espaços públicos de cultura e lazer;

VIII - áreas de transição urbano-ambiental (ATA);

IX - corredores verdes e áreas de preservação permanente (área de preservação permanente e áreas de transição urbano-ambiental): garantia da qualidade ambiental, respeito à legislação e manutenção de corredores ecológicos com continuidade territorial;

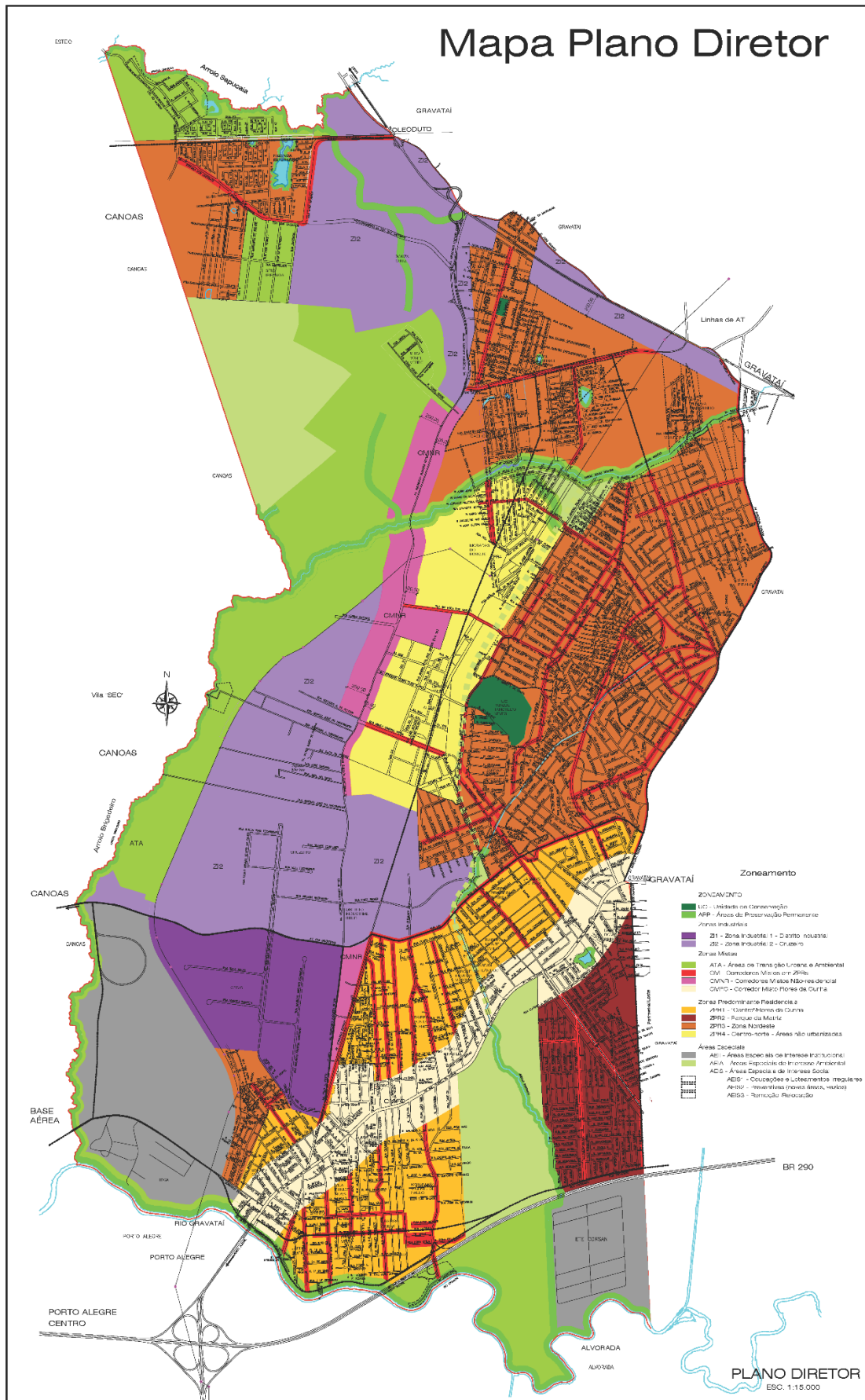
X - unidades de conservação (UC): áreas que visam à proteção ou preservação do meio ambiente, cuja instituição depende de ato normativo próprio, antecedido de estudo técnico e consulta popular, de acordo com legislação municipal, estadual e federal;

XI - sistema viário otimizado e aperfeiçoado: proposição de uma nova hierarquia viária contemplando as perimetrais, retornos, acessos e o projeto da RS-010, buscando eliminar os problemas de articulação interna da cidade, com melhores possibilidades de conexão entre os bairros e minimizar o tráfego da Av. Flores da Cunha;

XII - interfaces com Municípios limítrofes e limites de expansão: utilização das diferentes interfaces de maneira a garantir a integridade do Município, evitando a conurbação total da cidade com os vizinhos.

Destaca-se no contexto do ENMU Corredor Misto da Flores da Cunha, no mapa demarcado em amarelo claro, visto ser uma conexão importante com os municípios vizinhos e formar uma a maior centralidade de Cachoeirinha.

Figura 16: Zoneamento de Cachoeirinha



2.3.3.8. Gravataí

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Gravataí é instituído pela Lei nº 1.541/2000. Está em processo de revisão desde o 2021, sem ter sido aprovado até o presente momento. Conforme o plano vigente, a área no município fica dividida nas seguintes macrozonas, diferenciadas para efeito de uso e ocupação do solo:

I - Macrozona de Ocupação Prioritária, composta por:

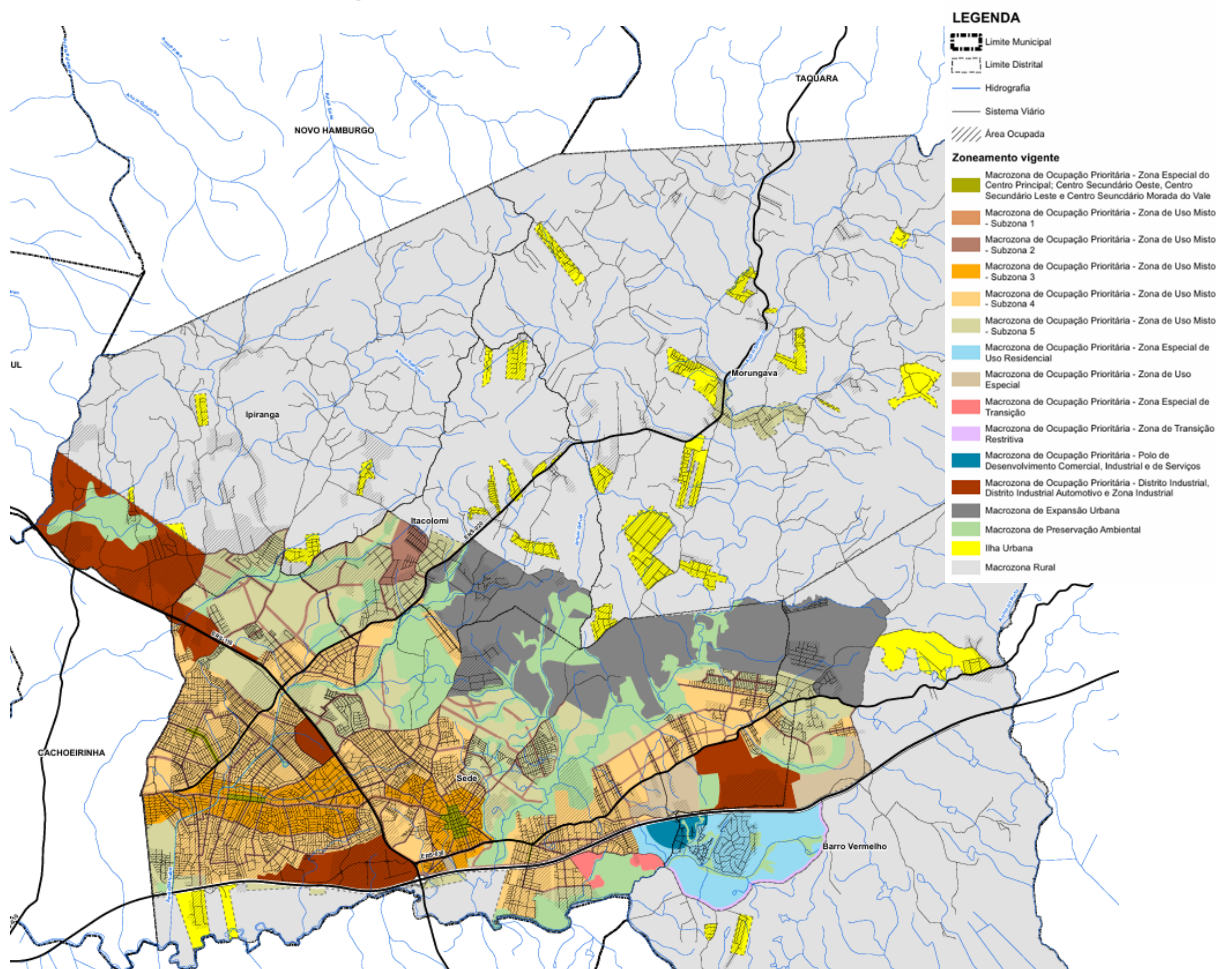
- a. Distrito Industrial da SEDAI;
- b. Distrito Industrial Automotivo;
- c. Zonas industriais;
- d. Zona do Centro Principal;
- e. Zona do Centro Secundário Leste;
- f. Zona do Centro Secundário Oeste;
- g. Zona de Uso Misto;
- h. Zona de Uso Especial.

II - Macrozona de Expansão Urbana, composta por:

- a. Atividades de Lazer e Recreação;
- b. Atividades Turísticas;
- c. Atividades de Exploração Agrícola;
- d. Habitação Unifamiliar;
- e. Equipamentos Urbanos e Comunitários.

III - Macrozona de Preservação Ambiental, terá o uso e a ocupação compatibilizados com as características que lhe conferem peculiaridades. Poderão ser instaladas atividades de educação ambiental, de lazer, de recreação, de habitação e de produção primária, desde que tais atividades não comprometam os elementos naturais e da paisagem, assegurando manejo indispensável para o equilíbrio, recuperação ou perpetuação do ambiente definidas pela Fundação Municipal do Meio Ambiente. Em zonas de relevante interesse ecológico, paisagístico, hidrológico ou outro, serão criadas Área de Proteção Ambiental (APA).

Figura 17: Macrozoneamento de Gravataí



Fonte: Relatório de avaliação Técnica de Revisão do Plano Diretor⁹

2.3.3.9. Alvorada

O zoneamento do município de Alvorada é apresentado na Figura 18 e instituído pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do Município de Alvorada (Lei Municipal Nº 3.955, de 01/12/2023). As Zonas de Uso representam parcelas do território municipal, propostas com as mesmas características, em função de peculiaridades a serem estimuladas em relação:

I - À economia:

A Zona Central 01 (ZC-01) tem como uso preferencial o comércio e serviços especializados. A Zona Central 02 (ZC-02) e Zona Central 03 (ZC-03) têm como uso preferencial o comércio e os serviços com maior abrangência. A Zona Central III (ZC-03) tem uso comercial, serviços e habitacional mais abrangentes, com média densidade construtiva.

⁹ Disponível em: [Município de Gravataí - NOVOPDM - RELATÓRIOS \(atende.net\)](http://Município de Gravataí - NOVOPDM - RELATÓRIOS (atende.net)) Acesso em: 15/08/2024

A Zona Industrial é a área do Município que admite como usos exclusivos o industrial e as atividades de apoio industrial, sendo proibidos os demais usos. A Zona Mista é a área onde é permitida a convivência de múltiplos usos, inclusive o industrial de baixo e médio impacto.

II - À habitação:

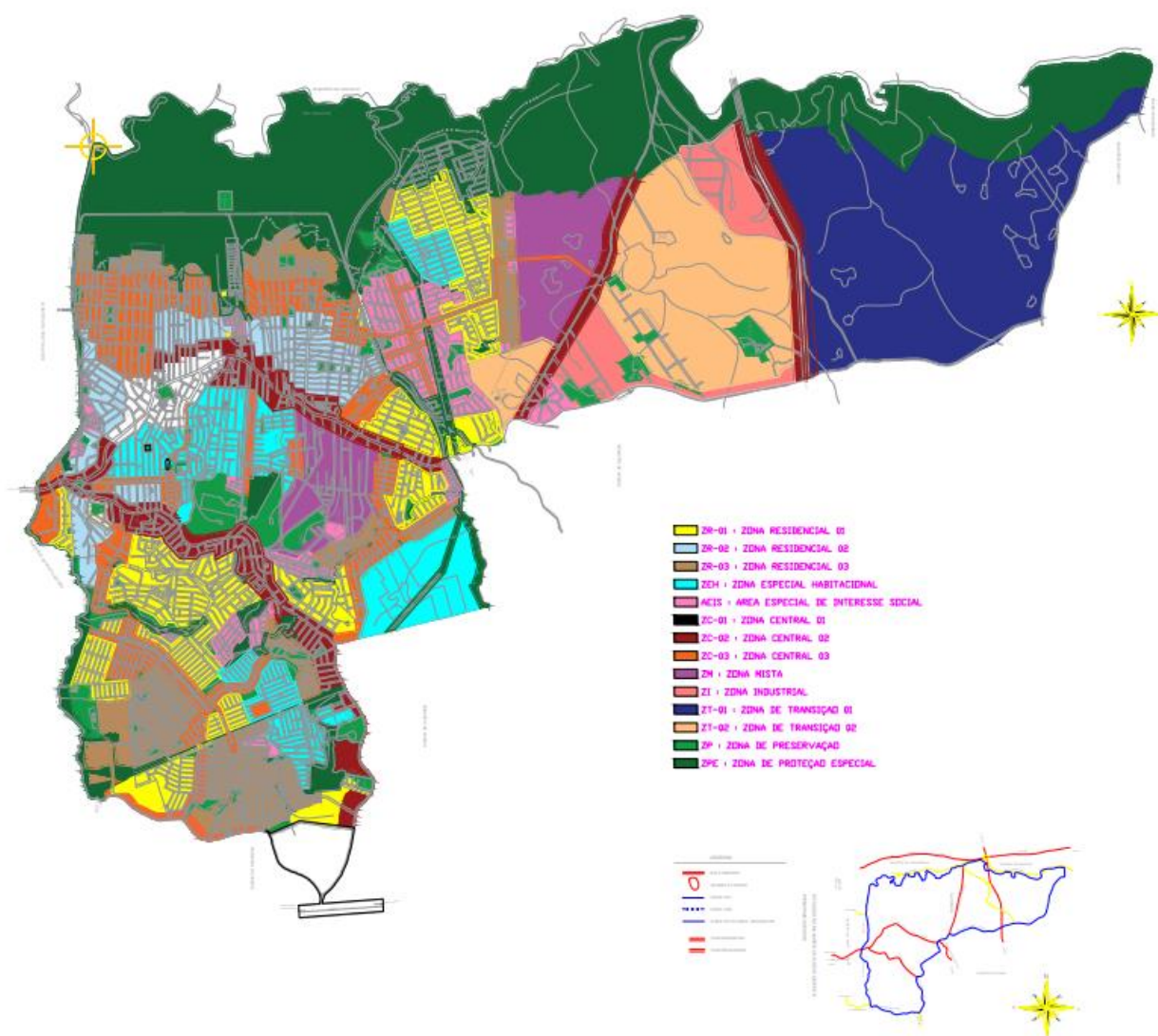
Zona Residencial 01 (ZR-01) é aquela destinada a edificações de baixa densidade e baixa altura. Zona Residencial II é aquela onde o uso habitacional é preponderante e manterá esta característica. Zona Residencial III são áreas periféricas onde a baixa qualidade do assentamento será suprida com a implantação de infraestrutura e serviços.

A Zona Especial de Habitação (ZEH) são estoques de áreas destinados à implementação de empreendimentos públicos ou privados de lotes ou habitações populares, visando ao atendimento da necessidade de moradia da população, preferencialmente de baixa renda. As Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS) são as áreas públicas ou privadas em que o parcelamento do solo ocorreu de forma clandestina ou espontânea, ocupadas predominantemente por população de baixa renda e onde exista viabilidade técnica para efetivar sua regularização fundiária e urbanística.

III - Ao ambiente natural: Zona de Preservação (ZP) e Zona de Proteção Especial (ZPE).

As Áreas de Interesse Ambiental são denominadas de Zonas de Preservação e abrangem as partes do território que mesmo não se constituindo em Áreas de Preservação Permanente, necessitam de proteção legal. As Zonas de Proteção Especial (ZPE) além de serem áreas de interesse ambiental, são as áreas de risco e áreas passíveis de inundação, onde não é permitido a urbanização e edificação.

Figura 18: Zoneamento de Alvorada



Fonte: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental do Município de Alvorada

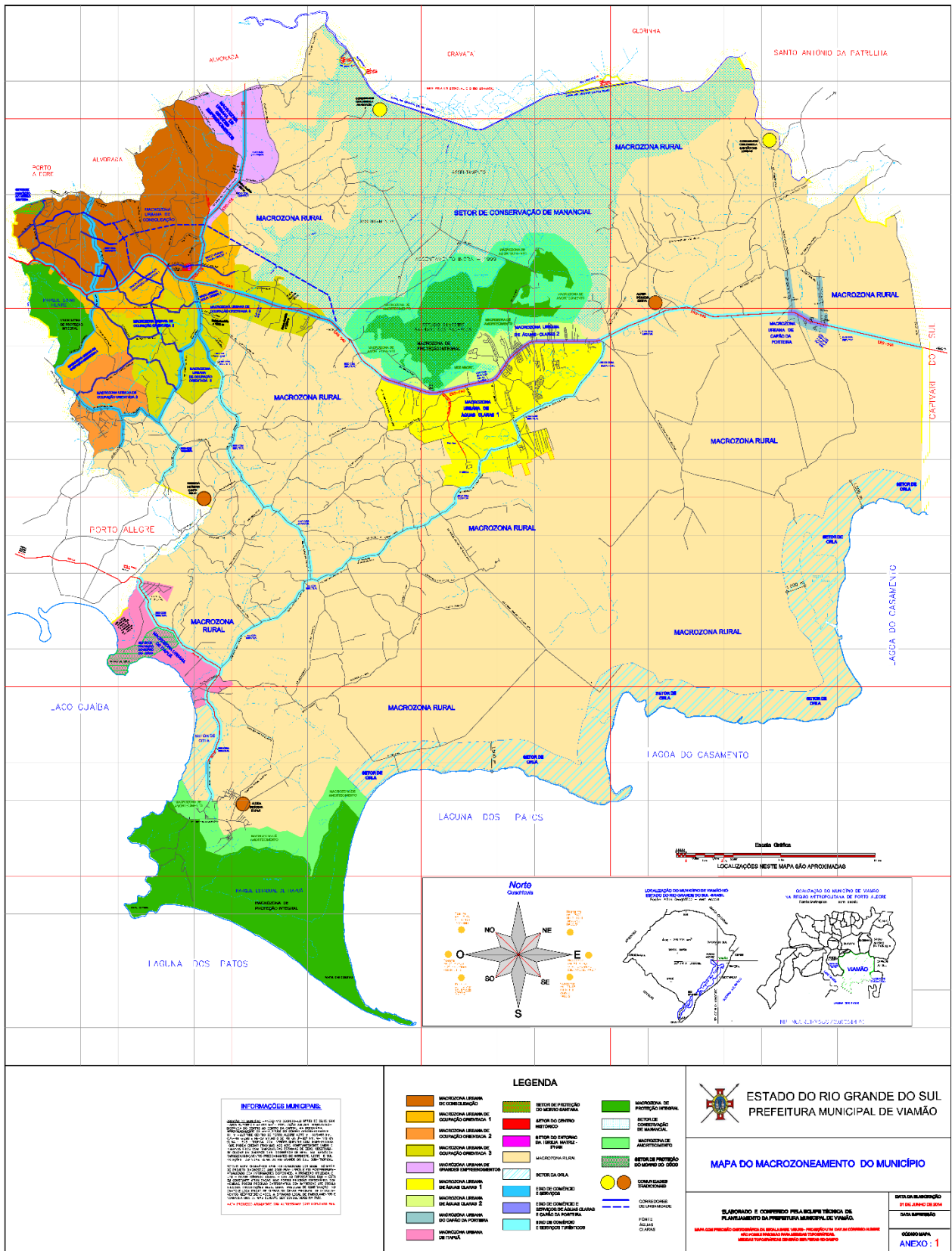
2.3.3.10. Viamão

Conforme o Plano Diretor de Viamão (Lei nº 4.154/2013), a Figura 19 apresenta do macrozoneamento do município. O Macrozoneamento e Setores do Município de Viamão subdividem-se em:

- I - Macrozona de Proteção Integral;
- II - Macrozona de Amortecimento Ambiental;
- III - Macrozona Rural;
- IV - Macrozona Urbana de Consolidação;
- V - Setor de Expansão Urbana;
- VI - Macrozona Urbana de Ocupação Orientada 1, 2 e 3;

- VII - Macrozona Urbana de Águas Claras 1 e 2;
- VIII - Macrozona Urbana de Itapuã;
- IX - Macrozona Urbana do Capão da Porteira;
- X - Macrozona Urbana de Grandes Empreendimentos;
- XI - Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS);
- XII - Setor de Conservação e Recuperação do Manancial;
- XIII - Setor da Orla;
- XIV - Setor do Centro Histórico
- XV - Setor do Entorno da Igreja Matriz - IPHAN;
- XVI - Setor de Proteção do Morro Santana
- XVII - Setor de Proteção do Morro do Côco;
- XVIII - Eixo de Comércio e Serviços;
- XIX - Eixo de Comércio e Serviços Turísticos;
- XX - Eixo de Comércio e Serviços de Águas Claras;
- XXI - Corredor de Centralidade e Urbanidade.

Figura 19: Macrozoneamento de Viamão



Fonte: Plano Diretor de Viamão

2.4. Dados Socioeconômicos

A compreensão das condições socioeconômicas permite identificar desigualdades e barreiras de acesso ao transporte, fundamentando a formulação de estratégias para a mobilidade urbana. Além disso, esses dados são essenciais para projetar infraestruturas que atendam às demandas presentes e futuras, possibilitando a promoção da equidade social e o desenvolvimento econômico.

Nesta seção, é abordada a caracterização demográfica e socioeconômica na Área de Estudo, incluindo uma avaliação detalhada do uso do solo, da composição demográfica e do emprego e renda. A análise também contempla as áreas de vulnerabilidade social, intervenções urbanas futuras e vetores de crescimento. Por fim, são apresentadas projeções populacionais, baseadas nas informações disponíveis.

2.4.1. População

A avaliação dos dados populacionais é fundamental na caracterização dos padrões de deslocamento em estudos de planejamento de transporte e influencia diretamente no potencial de produção de viagens. Para a geração de viagem, são analisados dados populacionais, que incluem distribuição da população, taxas de crescimento, pirâmide etária etc.

A Tabela 6 apresenta os dados populacionais do RS, da RMPA e da AE, segundo os dados do Censo de 2010 e 2022. A RMPA é a região mais densamente populada do Rio Grande do Sul, correspondendo a quase 37% da população total do estado, a AE, por sua vez, concentra quase 30% da população do estado.

Comparando os dados dos dois últimos censos, o Estado do Rio Grande do Sul teve um aumento populacional de 1,77%, porém esse aumento não foi observado na RMPA, sendo a primeira vez na série histórica que a região teve uma leve diminuição, de 0,33%. Nos municípios que compõem a AE a redução foi um pouco maior, de 1,88% dos últimos 12 anos. Esses dados apontam para a tendência observada nas metrópoles brasileiras, de processos de desconcentração metropolitana, com retração no crescimento de grandes centros urbanos e o aumento populacional em municípios pequenos e médios.

Tabela 6: População Estado do RS, RMPA e AE

Localidade	2010		2022		Taxa de Crescimento (2010 - 2022)
	População	% do RS	População	% do RS	
Rio Grande do Sul	10.693.929	100,00%	10.882.965	100,00%	1,77%
RMPA	4.032.062	37,70%	4.018.915	36,93%	-0,33%
Municípios selecionados ENMU	3.206.912	29,99%	3.146.560	28,91%	-1,88%

Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos de 2010 e de 2022 do IBGE.

A Tabela 7 apresenta os dados populacionais dos municípios que compõem a RMPA, ordenada pela quantidade de população, e, destacado em verde claro, os municípios da RMPA que fazem parte da AE. Os 10 municípios que compõem a AE, concentram quase 80% da população da região.

Sobre crescimentos e retrações, existem diferenças importantes nos ritmos de crescimento entre municípios. Dos 34 municípios metropolitanos, 24 apresentaram crescimento e dez tiveram perda populacional. Na AE, cinco tiveram crescimento e cinco apresentaram perda populacional.

Os maiores crescimentos absolutos foram dos municípios de Canoas, Cachoeirinha e Gravataí, todos limítrofes a Porto Alegre, e municípios que compõem a AE. Ambos os municípios desempenham funções importantes no fluxo econômico da RMPA, tanto pela participação do setor industrial, de serviços e de grandes parques logísticos, como também pelo fluxo de mão de obra que circula entre esses municípios.

Nas perdas demográficas se destaca a capital Porto Alegre que obteve a maior queda populacional, de 5,45% ou cerca de 76 mil habitantes. Outros dois municípios limítrofes à capital se destacam pela perda de habitantes: Viamão e Alvorada. O primeiro com perda de 15 mil habitantes ou 6,38% e o segundo com pouco menos 12 mil habitantes, equivalente a 4,27%. Ambos são extensões da mancha urbana periférica da capital e no censo de 2010 haviam apresentado crescimento. Ambos os municípios possuem altas taxas de vulnerabilidade social (mais bem detalhado no item 2.4.2.1 deste relatório) e altos índices de violência o que pode indicar a motivação para o êxodo populacional.

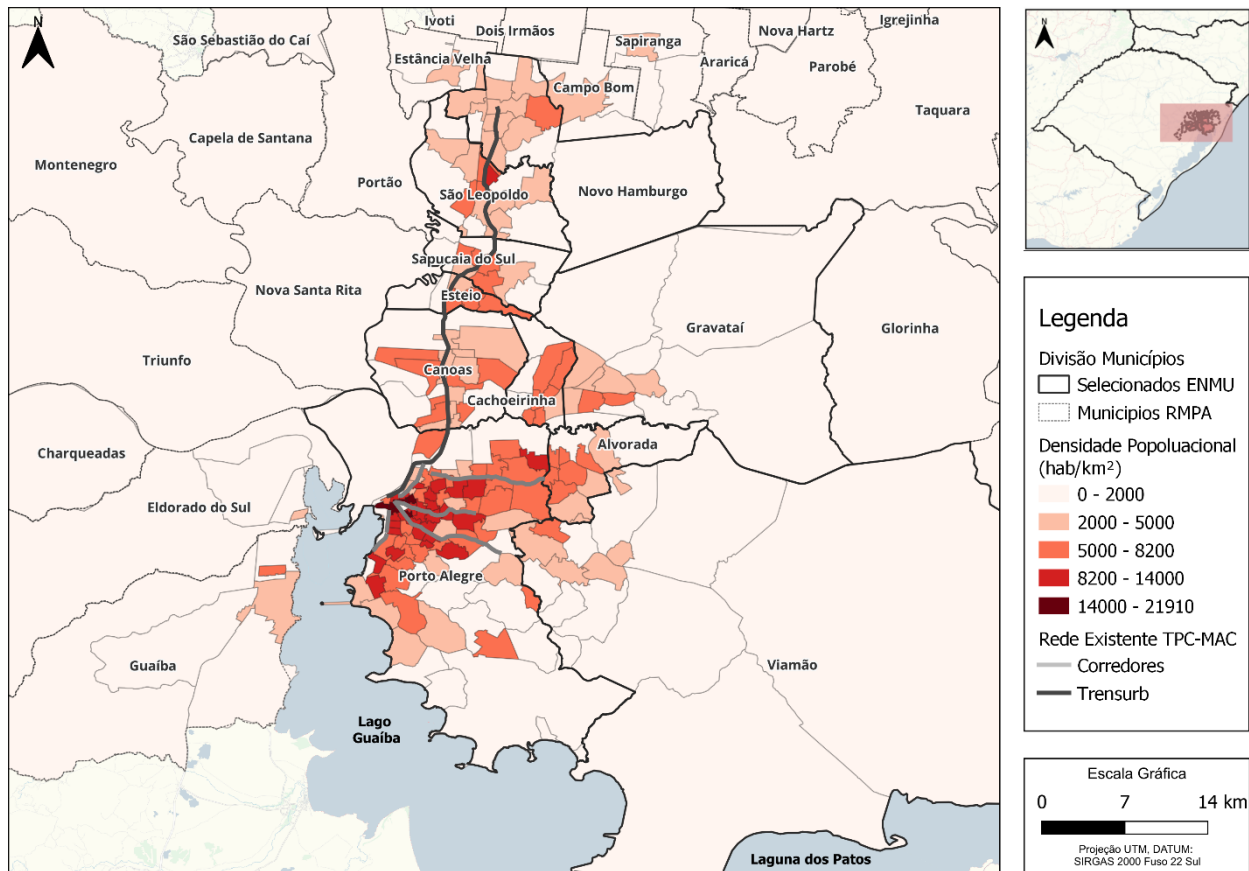
Tabela 7: População por município da RMPA

	Município	AE	2010		2022		Taxa de Crescimento (2010 - 2022)
			População	% RMPA	População	%RMPA	
1	Porto Alegre	Sim	1.409.351	34,95%	1.332.845	33,16%	-5,43%
2	Canoas	Sim	323.827	8,03%	347.657	8,65%	7,36%
3	Gravataí	Sim	255.660	6,34%	265.074	6,60%	3,68%
4	Novo Hamburgo	Sim	238.940	5,93%	227.646	5,66%	-4,73%
5	Viamão	Sim	239.384	5,94%	224.112	5,58%	-6,38%
6	São Leopoldo	Sim	214.087	5,31%	217.409	5,41%	1,55%
7	Alvorada	Sim	195.673	4,85%	187.315	4,66%	-4,27%
8	Cachoeirinha	Sim	118.278	2,93%	136.258	3,39%	15,20%
9	Sapucaia do Sul	Sim	130.957	3,25%	132.107	3,29%	0,88%
10	Guaíba	Sim	95.204	2,36%	92.924	2,31%	-2,39%
11	Esteio	Sim	80.755	2,00%	76.137	1,89%	-5,72%
12	Sapiranga	Não	74.985	1,86%	75.648	1,88%	0,88%
13	Montenegro	Não	59.415	1,47%	64.322	1,60%	8,26%
14	Campo Bom	Sim	60.074	1,49%	62.886	1,56%	4,68%
15	Taquara	Não	54.643	1,36%	53.242	1,32%	-2,56%
16	Parobé	Não	51.502	1,28%	52.058	1,30%	1,08%
17	Estância Velha	Sim	42.574	1,06%	47.924	1,19%	12,57%
18	Santo Antônio da Patrulha	Não	39.685	0,98%	42.947	1,07%	8,22%
19	Eldorado do Sul	Sim	34.343	0,85%	39.559	0,98%	15,19%
20	Charqueadas	Não	35.320	0,88%	35.012	0,87%	-0,87%
21	Portão	Não	30.920	0,77%	34.071	0,85%	10,19%
22	Igrejinha	Não	31.660	0,79%	32.808	0,82%	3,63%
23	Dois Irmãos	Não	27.572	0,68%	30.709	0,76%	11,38%
24	Nova Santa Rita	Não	22.716	0,56%	29.024	0,72%	27,77%
25	Triunfo	Não	25.793	0,64%	27.498	0,68%	6,61%
26	São Sebastião do Caí	Não	21.932	0,54%	24.428	0,61%	11,38%
27	Ivoti	Não	19.874	0,49%	22.983	0,57%	15,64%
28	Rolante	Não	19.485	0,48%	21.253	0,53%	9,07%
29	São Jerônimo	Não	22.134	0,55%	21.028	0,52%	-5,00%
30	Nova Hartz	Não	18.346	0,46%	20.088	0,50%	9,50%
31	Arroio dos Ratos	Não	13.606	0,34%	14.601	0,36%	7,31%
32	Capela de Santana	Não	11.612	0,29%	11.159	0,28%	-3,90%
33	Araricá	Não	4.864	0,12%	8.525	0,21%	75,27%
34	Glorinha	Não	6.891	0,17%	7.658	0,19%	11,13%
TOTAL RMPA			4.032.062	100%	4.018.915	100%	-0,33%
TOTAL MUNICÍPIOS ENMU			3.206.912	79,5%	3.146.560	78,3%	-1,88%

Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos de 2010 e de 2022 do IBGE.

O mapa da Figura 20 apresenta a densidade populacional nas zonas de tráfego em habitantes por km². As zonas de tráfego que possuem as maiores densidades existentes na AE estão concentradas no município de Porto Alegre, em especial no bairro Centro Histórico.

Figura 20: Densidade populacional na AE



Fonte: Elaboração própria com base no Censo 2022 do IBGE.

Em relação a proporção entre população urbana e rural a Tabela 8 e Figura 21 apresentam os dados por município da AE, com base no Censo de 2010, visto que essa informação se encontra ainda disponível para o Censo de 2022. De modo geral a população da AE é essencialmente urbana, com menos de 1% vivendo em áreas rurais. Alvorada, Cachoeirinha, Canoas e Porto Alegre são municípios 100% urbanos, não possuindo área rural. Gravataí é o município que possui maior percentual de população vivendo em área rural, quase 5% de sua população total.

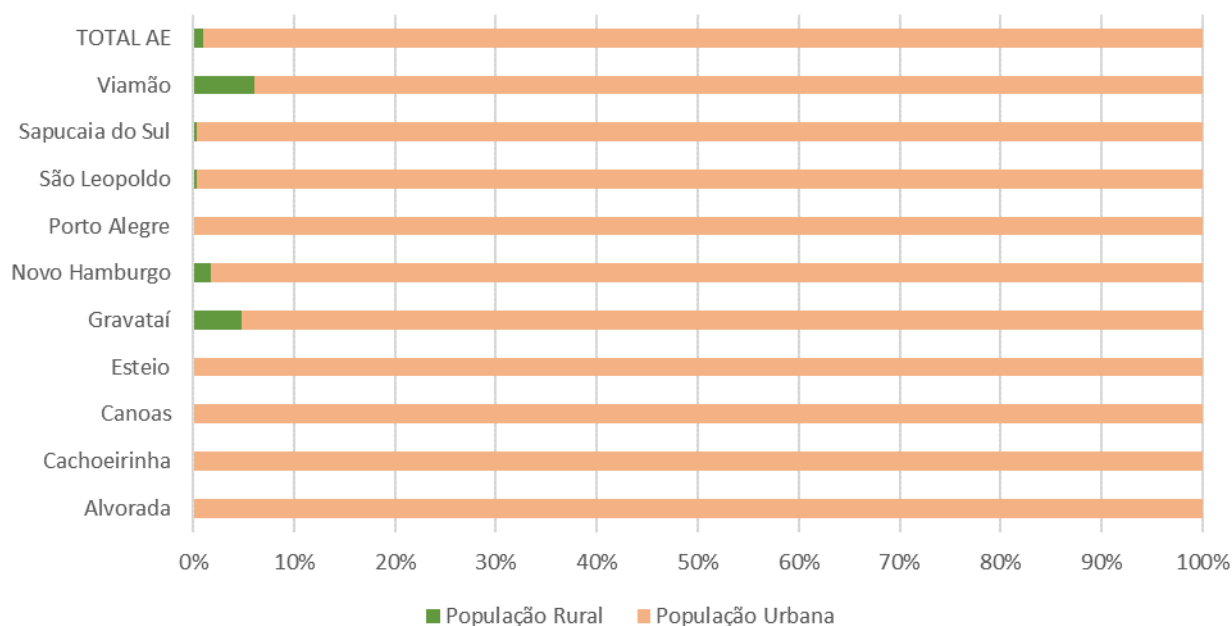
Tabela 8: População Urbana x Rural por município da AE

Município	Rural		Urbana		TOTAL
	População	%	População	%	
Alvorada	0	0,00%	195.673	100,00%	195.673
Cachoeirinha	0	0,00%	118.278	100,00%	118.278
Canoas	0	0,00%	323.827	100,00%	323.827
Esteio	112	0,14%	80.643	99,86%	80.755
Gravataí	12.163	4,76%	243.497	95,24%	255.660
Novo Hamburgo	4.142	1,73%	234.798	98,27%	238.940
Porto Alegre	0	0,00%	1.409.351	100,00%	1.409.351
São Leopoldo	849	0,40%	213.238	99,60%	214.087
Sapucaia do Sul	488	0,37%	130.469	99,63%	130.957

Município	Rural		Urbana		TOTAL
	População	%	População	%	
Viamão	14.441	6,03%	224.943	93,97%	239.384
TOTAL AE	32.195	1,00%	3.174.717	99,00%	3.206.912

Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos de 2010 do IBGE.

Figura 21: Percentual de população urbana x rural por município da AE



Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos de 2010 do IBGE.

A Tabela 9 e o gráfico na Figura 22 apresentam a divisão por faixa etária da população dos residentes dos municípios da AE. De modo geral a maior fatia da população da região é de adultos entre 20 e 49 anos, correspondendo a quase 45% do total da população. Os municípios de Alvorada e Cachoeirinha são os municípios que proporcionalmente apresentam maior quantidade de crianças entre e 0 e 9 anos, em torno de 14%. Os municípios de Porto Alegre e Esteio são os que possuem a maior quantidade proporcional de idosos acima de 60 anos, em torno de 20%.

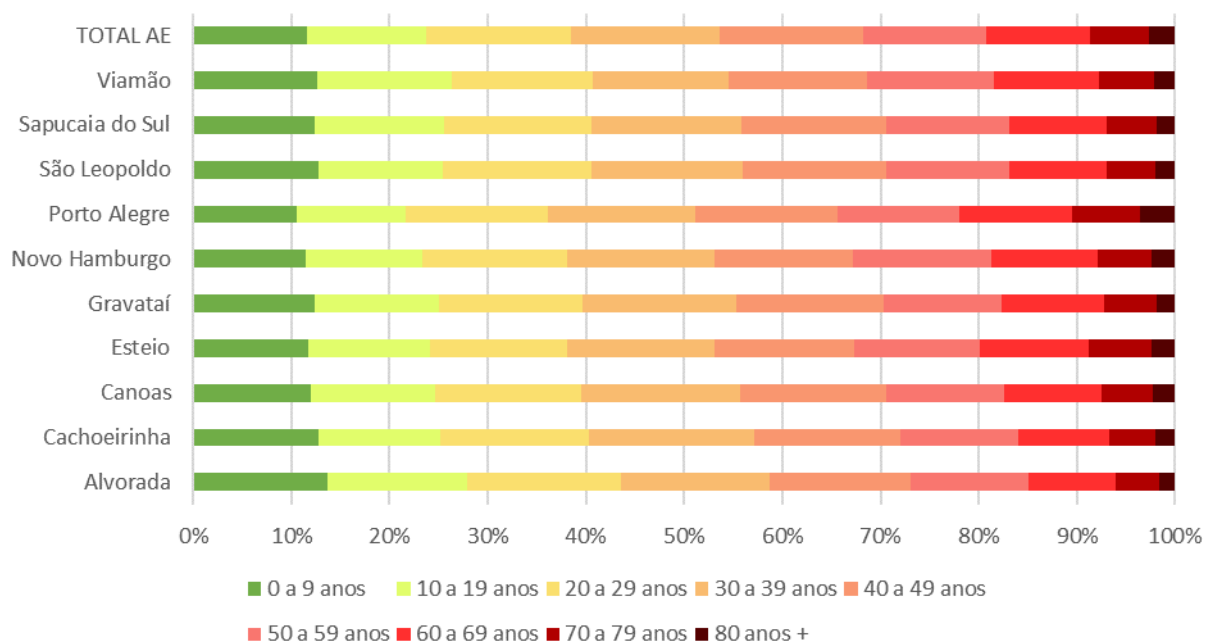
Tabela 9: Divisão da população por faixa etária por município da AE

Município	0 a 9 anos	10 a 19 anos	20 a 29 anos	30 a 39 anos	40 a 49 anos	50 a 59 anos	60 a 69 anos	70 a 79 anos	80 anos +
Alvorada	25.720	26.625	29.311	28.247	26.904	22.553	16.737	8.279	2.939
Cachoeirinha	17.416	16.847	20.611	22.982	20.217	16.420	12.633	6.472	2.660
Canoas	41.885	43.739	51.869	56.345	51.742	41.715	34.357	18.224	7.781
Esteio	8.913	9.454	10.666	11.404	10.869	9.647	8.479	4.852	1.853
Gravataí	32.675	33.680	38.626	41.773	39.758	31.878	27.573	14.263	4.848
Novo Hamburgo	26.188	27.011	33.421	34.254	32.196	31.954	24.557	12.563	5.502
Porto Alegre	140.675	148.501	192.655	198.972	194.299	165.483	152.279	91.498	48.483

Município	0 a 9 anos	10 a 19 anos	20 a 29 anos	30 a 39 anos	40 a 49 anos	50 a 59 anos	60 a 69 anos	70 a 79 anos	80 anos +
São Leopoldo	27.645	27.656	33.012	33.478	31.589	27.364	21.501	10.843	4.321
Sapucaia do Sul	16.364	17.432	19.861	20.194	19.356	16.557	13.099	6.828	2.416
Viamão	28.444	30.589	32.131	31.026	31.549	29.111	23.810	12.554	4.898
TOTAL AE	3.146.560	365.925	381.534	462.163	478.675	458.479	392.682	335.025	186.376

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo de 2010 do IBGE com projeção para 2022.

Figura 22: Divisão por faixa etária por município da AE



Fonte: Elaboração própria com base em dados do Censo de 2010 do IBGE com projeção para 2022.

A Tabela 10 e gráfico da Figura 23 apresenta a divisão étnico-racial da população residente na AE, com base nos dados do Censo de 2010 do IBGE. A população autodeclarada branca é a maioria na região, representando mais de 80% do total. A população negra, composta por pretos e pardos, representa quase 18% do total da região. Amarelos e indígenas representam juntos menos de 0,5% da população total da região.

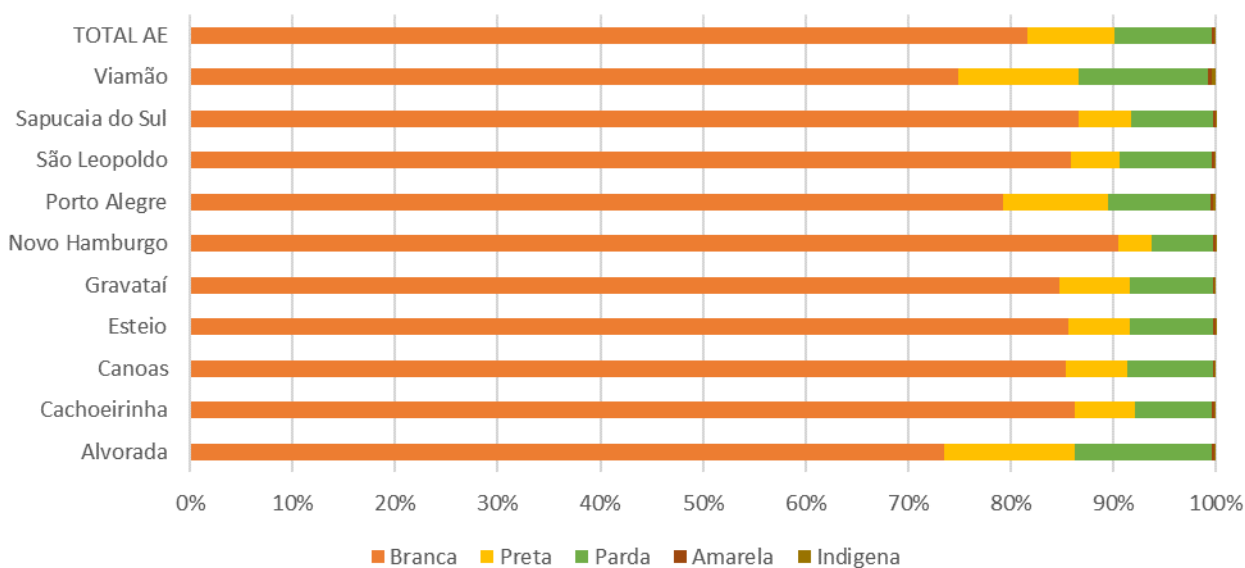
Tabela 10: Divisão étnico-racial por município da AE

Município	Branco	Pretos	Pardos	Amarelos	Indígena	Total
Alvorada	143.812	24.982	26.003	508	368	195.673
Cachoeirinha	102.004	6.876	8.948	241	209	118.278
Canoas	276.084	19.557	26.769	700	437	323.827
Esteio	69.121	4.813	6.545	203	70	80.755
Gravataí	216.454	17.805	20.560	558	283	255.660
Novo Hamburgo	215.838	7.934	14.215	544	169	238.940
Porto Alegre	1.116.055	143.766	141.294	4.058	3.307	1.409.351
São Leopoldo	183.309	10.022	19.290	561	292	214.087

Município	Branco	Pretos	Pardos	Amarelos	Indígena	Total
Sapucaia do Sul	113.367	6.729	10.412	300	127	130.957
Viamão	178.811	27.911	30.113	760	1.064	239.384
TOTAL AE	2.614.855	270.395	304.149	8.433	6.326	3.206.912

Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos de 2010 do IBGE.

Figura 23: Divisão étnico-racial por município da AE

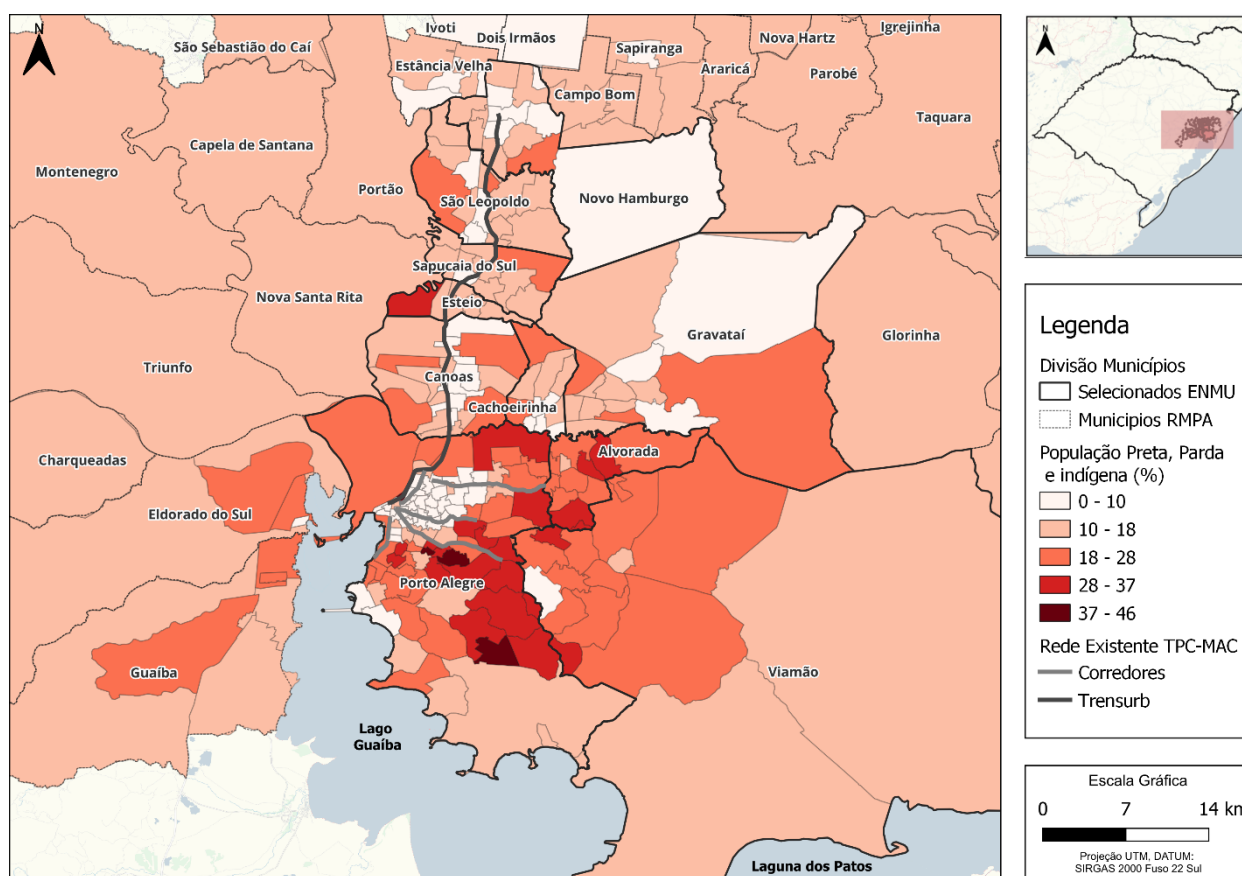


Fonte: Elaboração própria com base em dados dos Censos de 2010 do IBGE.

O mapa nas Figura 24 apresentação o percentual de população preta, parda e indígena por zona de tráfego. A população branca é maioria na região e sua participação é de no mínimo 60% em quase todas as zonas de tráfego. O percentual é maior nas zonas centrais dos municípios e em algumas zonas rurais, como no caso de Novo Hamburgo, Gravataí e Viamão.

Já a população negra tem sua espacialização concentrada em bairros periféricos dos municípios, apresentando baixos percentuais nas áreas centrais. Os demais grupos étnicos (amarelos e indígenas) têm percentuais muito baixos na grande maioria das zonas, havendo somente uma zona no município de Viamão que possui em torno de 20% da população de indígenas, pois na localidade existe a comunidade indígena Guarani do Cantagalo.

Figura 24: Porcentagem da população por agregação de raça por zona de tráfego para o ano de 2022



Fonte: Elaboração própria com base no Censo 2010 e Censo 2022.

2.4.2. Emprego e Renda

A partir dos dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), que é o instrumento utilizado pelo governo brasileiro para coletar informações detalhadas sobre o mercado de trabalho formal no país, foram identificados os principais setores de atividade econômica, através da quantidade de empregos oferecidos pelos municípios que integram a Área de Estudo. A Tabela 11 apresenta a quantidade de vínculos ativos em 31 de dezembro de 2022 por município. A área de estudo concentra quase 1,1 milhão de vínculos.

O gráfico da Figura 25 apresenta, para cada município que integra a área de estudo, o percentual de empregos, de acordo com o setor econômico: (i) indústria de transformação, (ii) serviços industriais de utilidade pública, (iii) construção civil, (iv) comércio, (v) serviços, (vi) administração pública, (vii) agropecuária, extração vegetal, caça e pesca e (viii) outros. Nos municípios de Porto Alegre, Canoas, Novo Hamburgo, Cachoeirinha, Viamão e Esteio o setor de serviços é responsável pela maior quantidade de empregos formais gerados. Em Gravataí e Sapucaia do Sul a indústria da transformação é o setor mais expressivo em número de vínculos. No município de São Leopoldo a indústria da transformação e o setor de serviços estão praticamente empatados como os setores

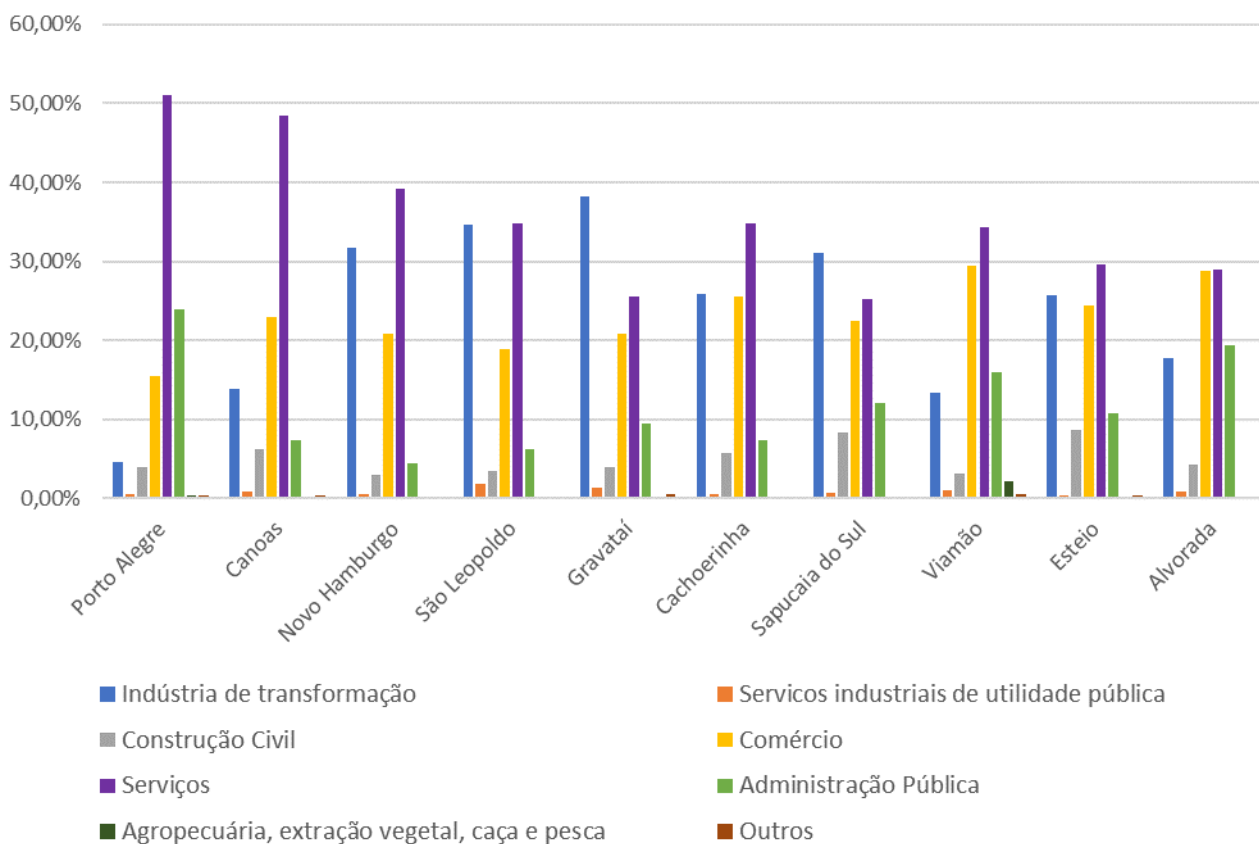
que mais empregam, cada um correspondendo a 34% dos vínculos. Em Alvorada os setores que mais empregam são o comércio e serviços.

Tabela 11: Quantidade de vínculos ativos em 2022 por grupo do IBGE por municípios da AE

Município	Ind. de transformação	Serviços industriais utilidade pública	Construção Civil	Comércio	Serviços	Adm. Pública	Agrop., extração vegetal, caça e pesca	Outros	Total
Alvorada	3.463	166	834	5.591	5.610	3.744	9	23	19.440
Cachoeirinha	10.684	250	2.374	10.532	14.361	3.044	28	46	41.319
Canoas	12.867	762	5.696	21.171	44.687	6.752	37	297	92.269
Esteio	5.343	92	1.813	5.088	6.163	2.235	11	72	20.817
Gravataí	22.367	741	2.328	12.116	14.902	5.551	107	264	58.376
Novo Hamburgo	23.374	410	2.201	15.345	28.830	3.206	110	39	73.515
Porto Alegre	31.311	4.336	26.488	105.361	348.867	164.173	1.777	1.763	684.076
São Leopoldo	20.958	1.108	2.075	11.426	21.024	3.802	89	14	60.496
Sapucaia do Sul	7.234	171	1.935	5.260	5.909	2.809	7	47	23.372
Viamão	3.097	248	744	6.806	7.937	3.712	480	105	23.129
TOTAL AE	140.698	8.284	46.488	198.696	498.290	199.028	2.655	2.670	1.096.809

Fonte: Elaboração própria com base na RAIS MTE 2022.

Figura 25: Percentual dos vínculos ativos em 2022 por grupo do IBGE por município da AE



Fonte: Elaboração própria com base na RAIS MTE 2022.

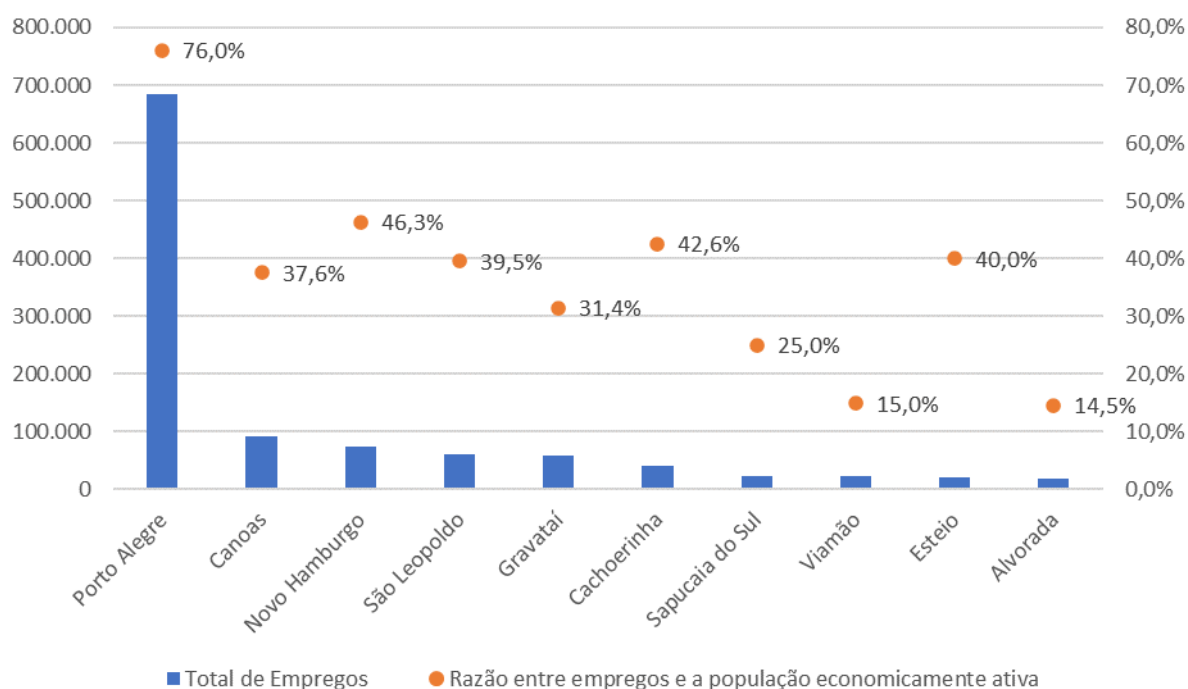
A Figura 26 mostra o total de empregos e a razão entre emprego e população economicamente ativa entre os municípios da área de estudo. De acordo com o IBGE, a População Economicamente Ativa (PEA) engloba todas as pessoas de todos os gêneros que, durante um período de referência especificado, que ofertam o seu trabalho para a produção de bens e serviços econômicos. Ou seja, a PEA é composta por todas as pessoas que estão envolvidas na força de trabalho, seja de forma empregada ou desempregada, mas que estão disponíveis e ativamente procurando trabalho.

O IBGE considera como PEA as pessoas empregadas, que têm um trabalho remunerado formal ou informal, em tempo integral ou parcial; e as pessoas desempregadas, que tomaram medidas específicas para encontrar emprego nos últimos 30 dias e estão disponíveis para começar a trabalhar imediatamente. Em contrapartida, a RAIS considera somente as pessoas com empregos formais.

A diferença significativa na razão entre emprego formal e PEA entre os municípios pode ser atribuída à divergência conceitual entre a RAIS e o IBGE. A RAIS registra apenas empregos formais, enquanto o IBGE inclui tanto empregos formais quanto informais na PEA. Além disso, a

concentração de empregos na capital Porto Alegre e o alto grau de informalidade do trabalho nos municípios mais periféricos podem contribuir para essa disparidade.

Figura 26: Total de empregos formais e razão entre emprego formal e população economicamente ativa por município da área de estudo



Fonte: Elaboração própria com base na RAIS MTE 2022 e do Censo 2022.

Conforme a análise dos gráficos, Porto Alegre é a principal centralidade da região concentrando cerca de 62% dos empregos formais da AE. Isso resulta em uma grande quantidade de deslocamentos, especialmente pendulares, com Porto Alegre atuando como um centro de atração de viagens pela manhã e de produção no final da tarde e início da noite. Além disso, a razão entre emprego e PEA em Porto Alegre é de aproximadamente 76%, indicando que uma parcela significativa da população dos municípios vizinhos trabalha em Porto Alegre.

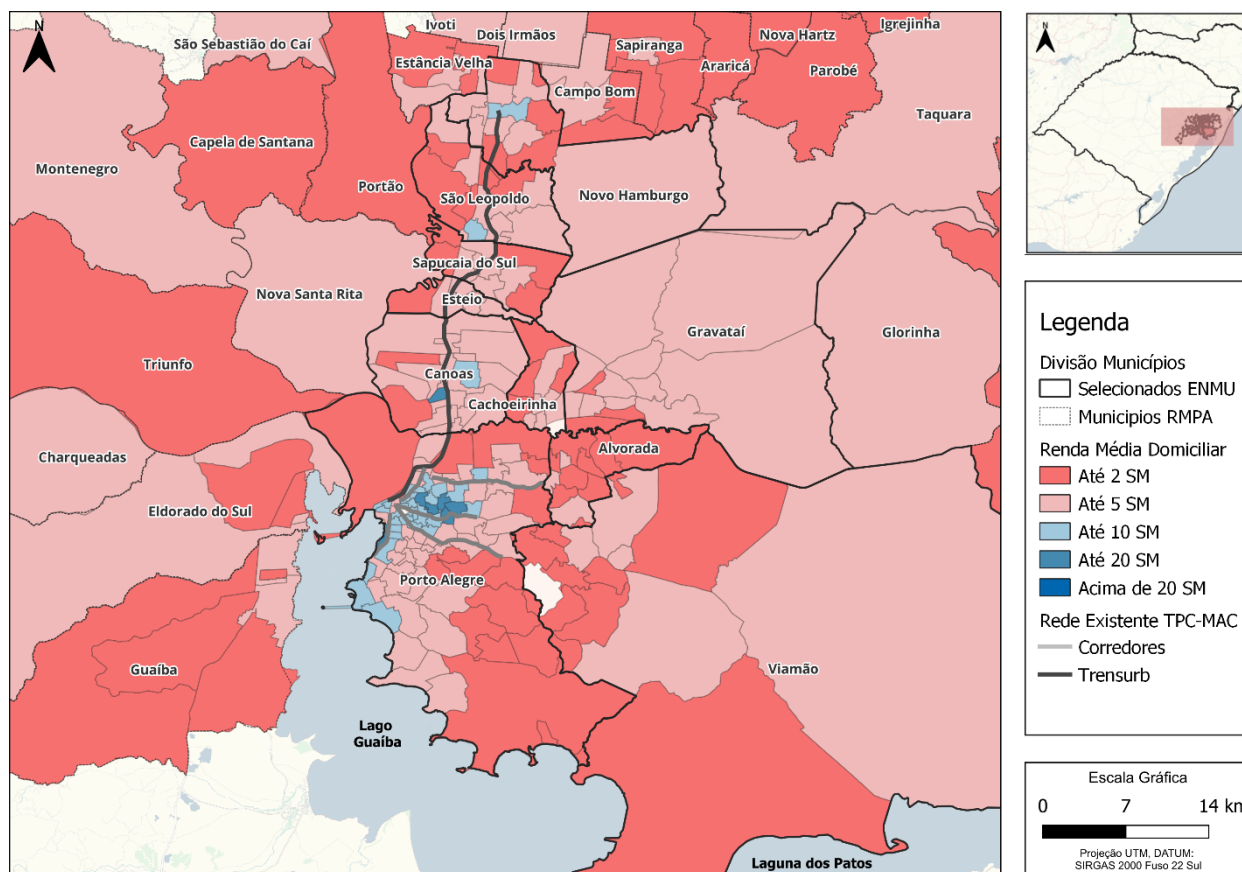
As informações sobre a renda da população, com a estratificação e representação espacial necessária para os estudos de demanda estão disponíveis para o ano 2010, na medida em que o IBGE não divulgou esta informação para o Censo 2022.

Considerando-se esta base de dados, foram geradas as informações de renda média domiciliar por faixa de renda em salários-mínimos, de acordo com o valor vigente da época¹⁰, que são

¹⁰ Salário-mínimo de R\$ 510,00.

apresentadas no mapa da Figura 27, em que a classe predominante por zona de tráfego é representada de acordo com sua faixa de renda.

Figura 27: Renda média domiciliar por zona de tráfego em salários-mínimos (2010) da AE



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE, Censo Demográfico 2010

Pode-se observar que as classes de renda mais elevada (com renda acima de 10 salários-mínimos) concentram-se na região central de Porto Alegre, que é mais bem servida por uma infraestrutura e serviços de transporte público. Em contraste, as classes com renda mais baixa, cujo custo da passagem de transporte público representa uma parcela significativa do orçamento familiar e possuem menor acesso ao transporte individual motorizado, estão localizadas nas áreas mais periféricas, afastadas da infraestrutura TPC-MAC existente.

2.4.2.1. Áreas de Vulnerabilidade Social

A vulnerabilidade social é tema complexo e multifatorial. De modo geral se refere à condição de indivíduos ou grupos que lidam com condições de vida precárias, como falta de moradia ou moradias inadequadas, deficiência de serviços básicos, como saneamento, meios de subsistência limitados ou nulos, e a falta suporte família estruturado. Indivíduos ou comunidades em

vulnerabilidade social enfrentam riscos e desvantagens que podem limitar suas oportunidades e qualidade de vida.

Os principais aspectos que definem a vulnerabilidade social são:

- Aspectos econômicos: a escassez de recursos financeiros prejudica o acesso aos serviços essenciais, tais como habitação, saúde, educação e transporte. A pobreza é um dos principais indicadores de vulnerabilidade social.
- Aspectos educacionais: a baixa escolaridade e falta de qualificação profissional limitam as oportunidades de emprego e o acesso a melhores condições de vida.
- Aspectos de saúde: problemas de saúde, doenças crônicas e deficiências, aliados a falta de acesso aos serviços públicos de saúde, impactam a vida das pessoas e amplificam a vulnerabilidade social.
- Aspectos habitacionais: as condições inadequadas de moradia, com estruturas insalubres, em locais de risco geológico e/ou hidrológico, juntamente com a falta de infraestrutura básica (notadamente redes de energia e de transporte público), saneamento e segurança, contribuem para a vulnerabilidade social.
- Aspectos sociais e culturais: fatores como a discriminação social, étnica, de gênero, de idade, por deficiências físicas ou cognitivas etc., exacerbam a vulnerabilidade, resultando em situações de desigualdades e exclusão social.
- Aspectos ambientais: a exposição a riscos ambientais, como desastres naturais e poluição, é um fator de vulnerabilidade social a ser considerado.

A vulnerabilidade social pode ser aferida através de indicadores que combinam dados sobre renda, educação, saúde e condições de vida. Os índices mais comumente utilizados são o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) é um indicador que mede a susceptibilidade de indivíduos ou grupos a situações de risco social, econômico e ambiental. Através do IVS é possível identificar áreas e populações vulneráveis e auxiliar na formulação de políticas públicas direcionadas à redução das desigualdades e da exclusão social.

O IVS é obtido através do Atlas da Vulnerabilidade Social¹¹, uma ferramenta desenvolvida pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), com base nas informações dos Censos Demográficos do IBGE, que reúne dados e indicadores sobre a vulnerabilidade social no Brasil, em nível municipal, estadual e de regiões metropolitanas.

¹¹ Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br>. Acesso em 23/07/2024.

Segundo o IPEA, o IVS permite a análise da vulnerabilidade social em 3 dimensões: (i) a infraestrutura urbana do território, (ii) o capital humano dos domicílios deste território; e (iii) a renda, o acesso ao trabalho e a forma de inserção (formal ou não) dos residentes nestes domicílios.

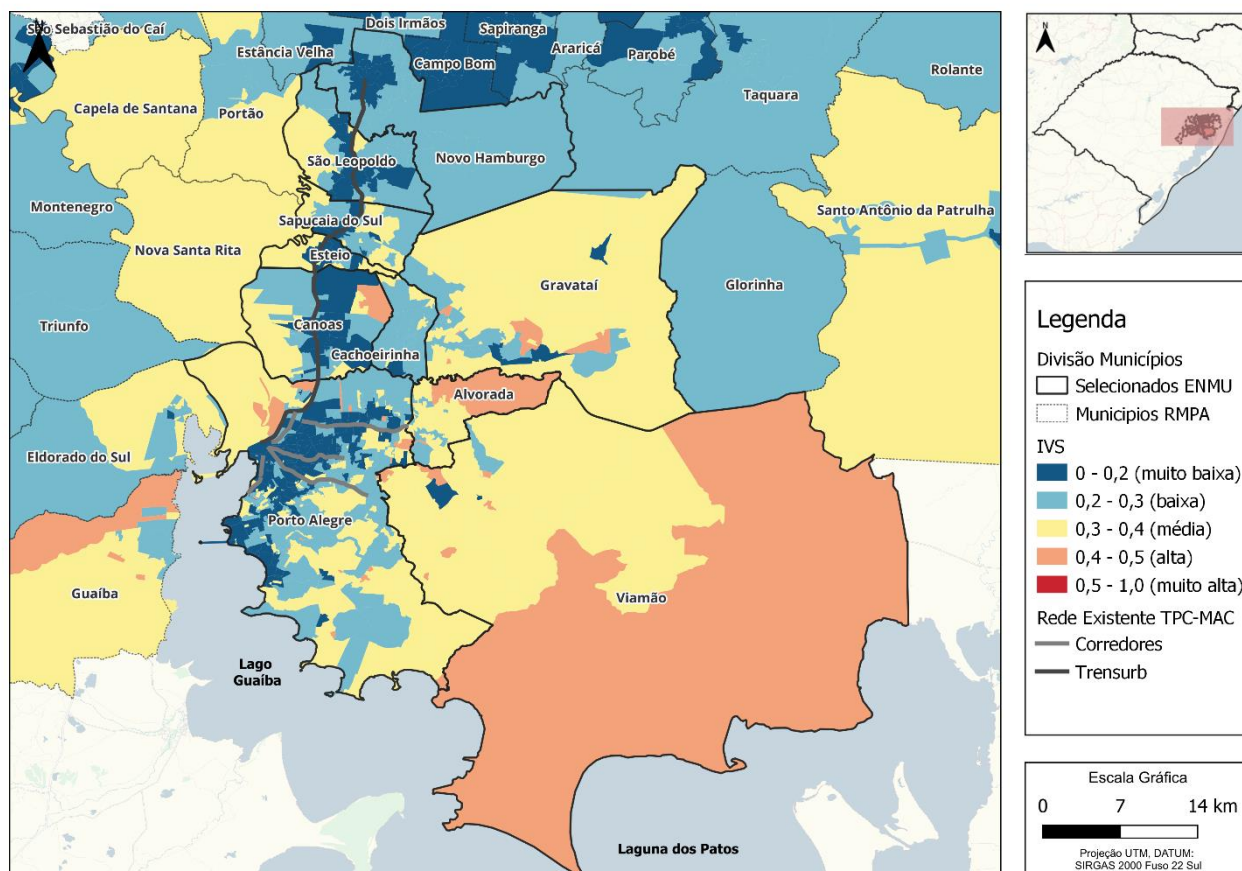
Também bastante utilizado, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um indicador criado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), que avalia três dimensões principais do bem-estar humano: longevidade, educação e renda.

No Brasil, é comumente utilizado o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), uma adaptação do IDH, utilizando dados específicos dos municípios brasileiros. O IDHM é calculado com base em dados do Censo Demográfico realizado pelo IBGE, bem como outras fontes de dados nacionais, tais como a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do IBGE, Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) e o Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC) ambos do Ministério da Saúde, o Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico) mantido pelo Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome, e Censos Escolares coordenado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

No âmbito do ENMU, a análise das áreas de vulnerabilidade social permitirá uma visualização integrada dos territórios mais carentes e dos novos projetos de mobilidade, facilitando a identificação de regiões que necessitam de investimentos prioritários. Além disso, a sobreposição dos mapas de vulnerabilidade com os projetos de mobilidade permitirá planejar intervenções que não só melhorem o acesso ao transporte, mas também promovam o desenvolvimento social e econômico das áreas mais necessitadas.

Para tanto, foram confeccionados mapas com o intuito de identificar e caracterizar as áreas de vulnerabilidade social na RMPA, conforme os indicadores disponíveis. O mapa apresentado Figura 28 apresenta o IVS para a Área de Estudo. O eixo principal da região Porto Alegre-Novo Hamburgo possui IVS baixo ou muito baixo, em especial em suas regiões centrais. Em Porto Alegre as áreas que demarcadas como alto IVS são as regiões das ilhas, áreas suscetíveis a riscos ambientais. Os municípios de Alvorada, Viamão e Gravataí são os que possuem maior quantidade de setores demarcados como alto IVS, indicando que esses municípios possuem maior quantidade de população em situação de vulnerabilidade social.

Figura 28: Mapa da Vulnerabilidade Social da AE



Fonte: Elaboração própria.

Um dos indicadores elaborados pelo IPEA e que compõe o IVS diz respeito à porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita menor que meio salário-mínimo do ano de 2010 e que gastam mais de uma hora até o trabalho.

O resultado é mostrado na Tabela 12, a seguir. Em Porto Alegre, 14,14% se enquadram nesta categoria, valor significativamente menor do que aqueles observados em Alvorada e Viamão (28,55% e 28,09%, respectivamente). Tal situação evidencia a importância do desenvolvimento de políticas que beneficiem a população de baixa renda residente nos municípios do Entorno.

Tabela 12: Porcentagem de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (de 2010) e que gastam mais de uma hora até o trabalho por município da AE

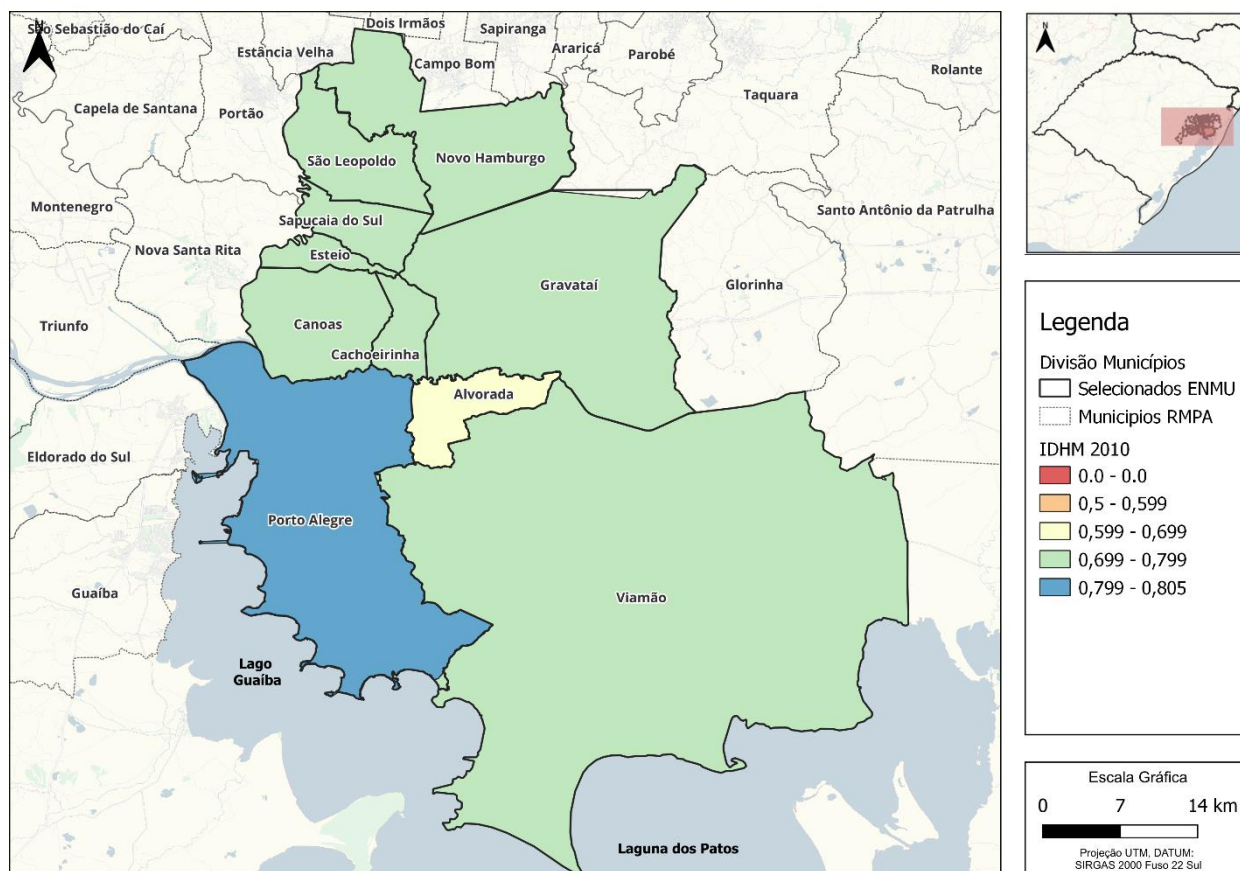
Município	Indicador (%)
Porto Alegre	14,14
Alvorada	28,55
Cachoeirinha	11,75
Canoas	11,98
Esteio	9,38
Gravataí	16,36

Município	Indicador (%)
Novo Hamburgo	4,26
São Leopoldo	8,47
Sapucaia do Sul	13,7
Viamão	28,09
Média da AE ponderada pela população	14,60

Fonte: IPEA

O mapa da Figura 29 apresenta o IDHM para AE. O IDHM é um número que varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano de uma unidade federativa, município, região metropolitana ou UDH. Os dados do IDHM para RMPA são agregados por município, portanto não é possível fazer uma análise desagregada para avaliar as desigualdades intraurbana. O município Porto Alegre possui o melhor IDHM da região, sendo considerado muito alto. Alvorada possui o pior IDHM da região, considerado médio. Os demais municípios possuem IDHM considerados altos.

Figura 29: Mapa IDHM da AE



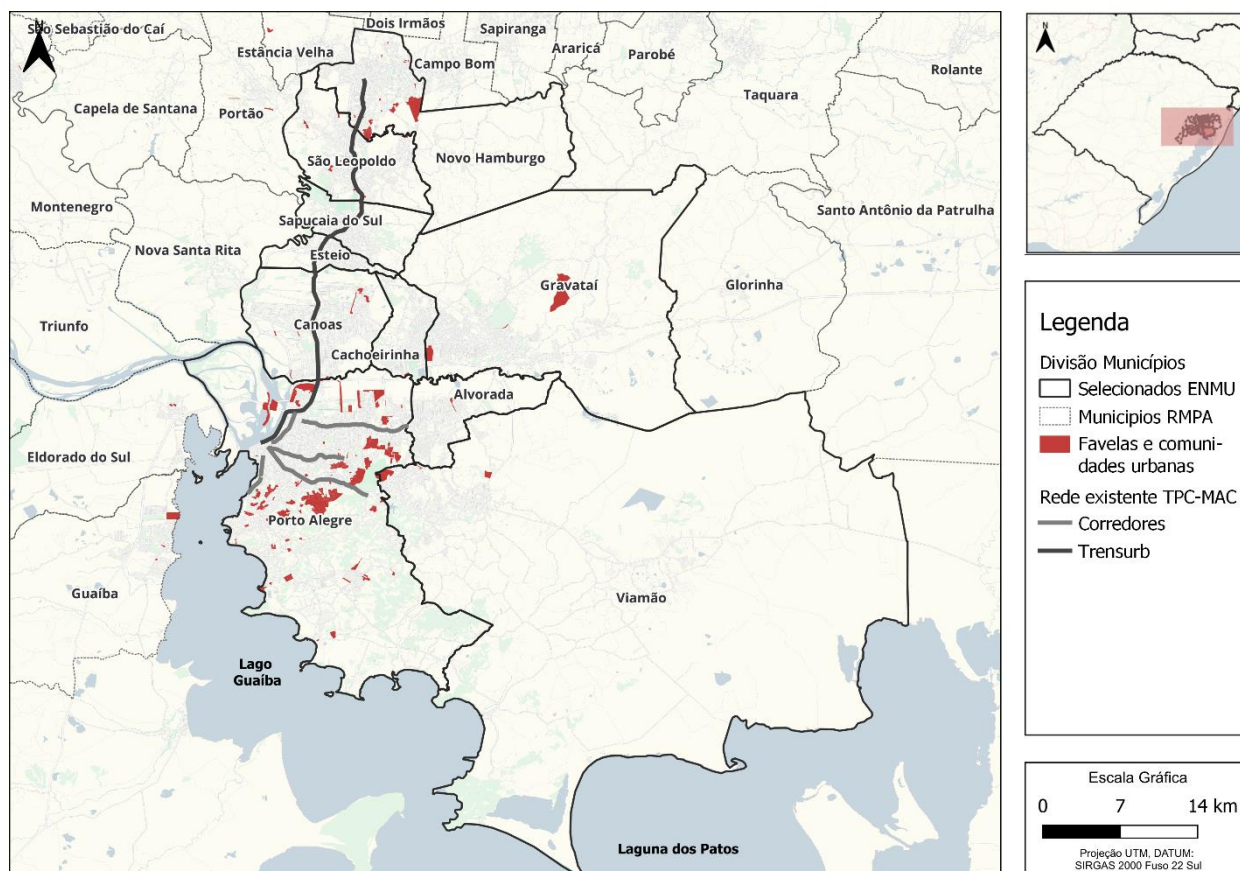
Fonte: Elaboração própria com base em PNUD 2010¹².

Outra abordagem de verificar a espacialização da vulnerabilidade social pode ser avaliando a localização dos recortes territoriais classificados como favelas e comunidades urbanas pelo IBGE.

A Figura 30 apresenta a localização na Área de Estudo. São identificamos 430 conjuntos na AE, Porto Alegre concentrando quase 60% deles. mostra a distribuição de favelas e comunidades urbanas na Área de Estudo, indicadas pelas áreas em vermelho. Essas áreas estão concentradas em maior número e extensão em regiões periféricas de Porto Alegre.

¹² Disponível em: [Atlas Brasil \(idhm.org.br\)](http://Atlas Brasil (idhm.org.br)) Acesso em: 23/07/2024

Figura 30: Localização da população em Favelas e Comunidades Urbanas por município da AE



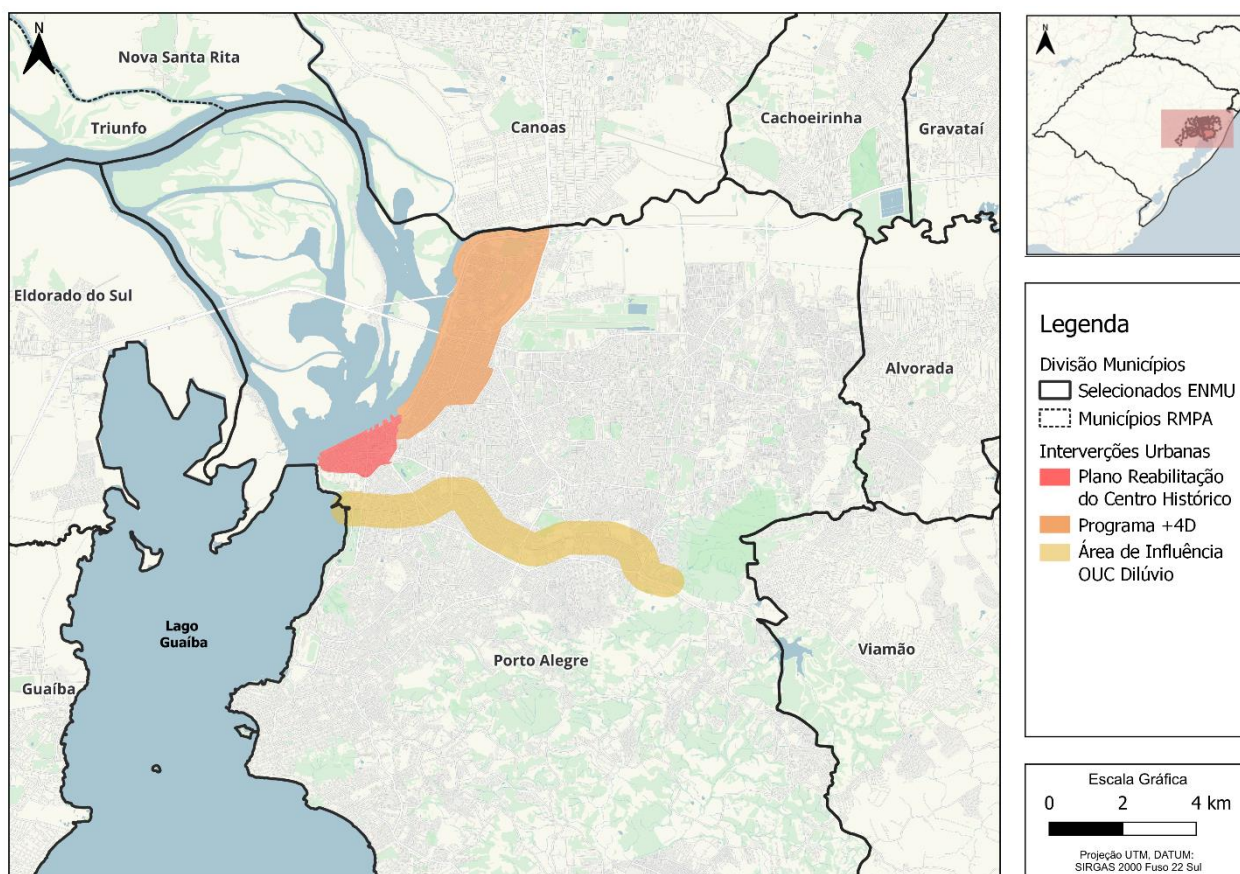
Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE 2010.

2.4.3. Intervenções Urbanas Futuras

Em relação às intervenções urbanas foram avaliados planos e projetos na Área de Estudo que tem potencial para alterar as dinâmicas urbanas da região. Não foram identificados planos e projetos desse tipo no âmbito federal, estadual ou metropolitano, restando a avaliação intervenções propostas pelos municípios, sendo as principais as proposições do município de Porto Alegre.

O mapa da Figura 31 apresenta a localização das três áreas de influência dos planos e programas da Prefeitura de Porto Alegre que buscam requalificar e densificar áreas específicas da cidade. Nos tópicos abaixo são apresentados brevemente cada um dos projetos.

Figura 31: Intervenções Urbanas Futuras em Porto Alegre



Fonte: Elaboração própria com base nos programas e planos da Prefeitura de Porto Alegre.

2.4.3.1. Programa de Reabilitação do Centro Histórico de Porto Alegre (2021)

O programa tem como objetivo requalificar o Centro Histórico do município de Porto Alegre por meio de intervenções múltiplas, destinadas a valorizar suas potencialidades sociais, econômicas, ambientais e funcionais. A Figura 32 apresenta o mapa do perímetro de adesão e da área de influência do programa.

Figura 32: Mapa do Perímetro de adesão e área de interface do programa



Fonte: Programa de Reabilitação do Centro Histórico de Porto Alegre, Prefeitura de Porto Alegre, 2021.

Dentre os objetivos específicos do programa merecerem destaque:

Art. 2º Constituem objetivos específicos do Programa de Reabilitação do Centro Histórico:

(...)

III – recuperar a função residencial do Centro Histórico, incentivando a reciclagem e a miscigenação de usos, visando à sustentabilidade econômica e social;

(...)

VIII – incentivar a produção de Habitação de Interesse Social, com o intuito de reduzir o déficit habitacional, o espraiamento urbano e os deslocamentos moradia-trabalho, além de promover a miscigenação social;

(...)

XIV – promover a otimização da mobilidade local e dos sistemas de transporte;

Dentre as ações prioritárias do programa:

II – otimização do transporte coletivo de massa, redução do número de terminais e qualificação dos espaços públicos destinados aos terminais a permanecer e demais ações em mobilidade;

Em relação a aspectos urbanísticos o programa visa o adensamento da área central, através da utilização de instrumentos urbanísticos, com alterações no regime volumétrico, no potencial construtivo total máximo e no Índice de Aproveitamento Máximo.

Art. 17. Para fins de monitoramento da densificação e concessão da outorga onerosa do direito de construir, o estoque de potencial construtivo do Perímetro de Adesão fica estabelecido em 1.180.000m² (um milhão cento e oitenta mil metros quadrados) adensáveis, correspondente à densidade bruta estabelecida para o perímetro de 350 (trezentos e cinquenta) economias por hectare, não sendo estabelecidas limitações por quarteirão, exceto aquelas definidas pelo gabarito.

Apesar da legislação ter sido aprovada em 2021, não há informações como “recepção” do mercado imobiliário para o projeto.

2.4.3.2. Programa +4D (2021)

O Programa +4D propõe a transformação da região do Quarto Distrito, formada pelos bairros Floresta, São Geraldo, Navegantes, Humaitá e Farrapos. Um dos objetivos do programa é incentivar a ocupação do local e, pelo menos, triplicar o número de economias - endereços ocupados e ativos. O Plano Diretor prevê densidade de 100 a 150 economias por hectare. Atualmente, entretanto, há 32,9 economias/ha no Quarto Distrito, contando zona residencial e comercial.

A Figura 33 e a Figura 34 apresentam as zonas de densificação e proposta de mix de usos no entorno de estações de transporte.

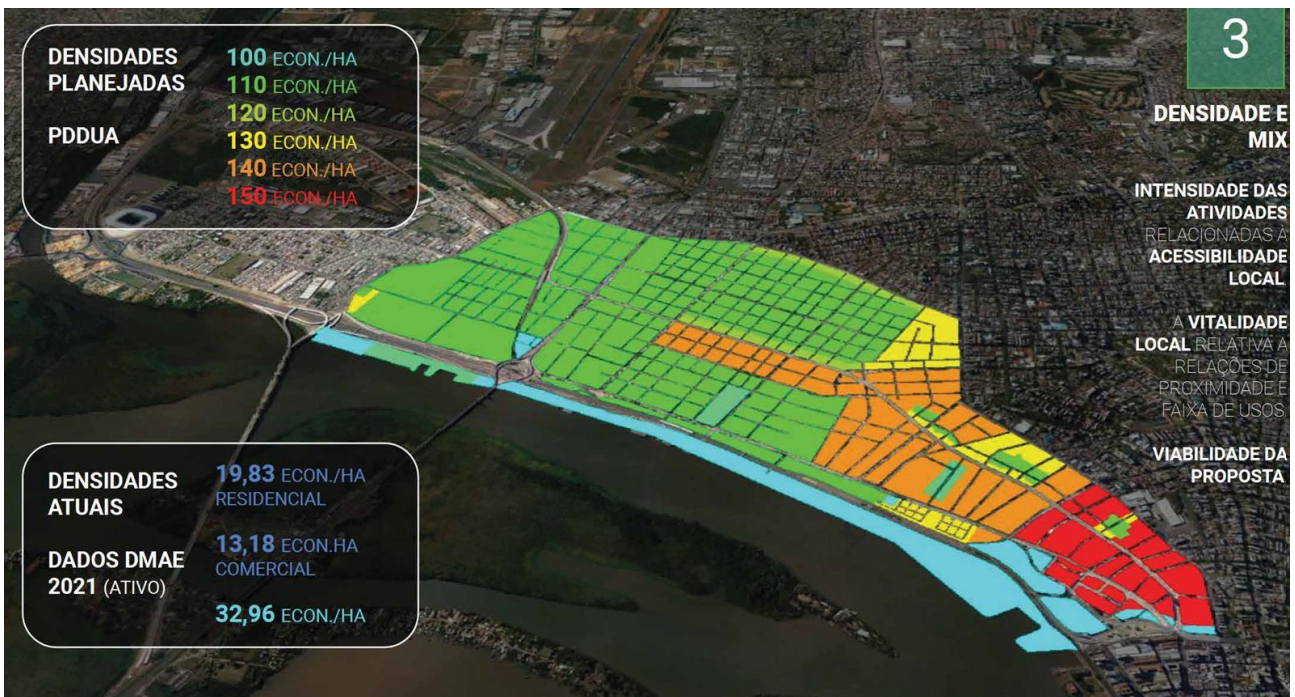
Apesar da legislação ter sido aprovada em 2021, não há informações como “recepção” do mercado imobiliário para o projeto.

Figura 33: Proposta de densificação e mix de usos nos eixos principais do 4º Distrito



Fonte: Programa +4D, Prefeitura de Porto Alegre, 2021.

Figura 34: Proposta de densificação nas áreas do 4º Distrito



Fonte: Programa +4D, Prefeitura de Porto Alegre, 2021.

2.4.3.3. Operação Urbana Consorciada Regera Dilúvio

Além dos dois projetos já aprovados, a Prefeitura de Porto Alegre está desenvolvendo estudos urbanísticos, sociais, econômicos e ambientais, visando à implementação da Operação Urbana Consorciada (OUC) na Avenida Ipiranga. Os trabalhos técnicos são desenvolvidos pelo Consórcio Regeneração Urbana Dilúvio, contratado por licitação pública e sob coordenação da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade de Porto Alegre (SMAMUS).

O trabalho iniciou em 2023 e tem previsão de ser concluído em 2025, e prevê uma regulamentação urbanística específica para a região da Av. Ipiranga, com definição de contrapartidas financeiras, incentivos ao adensamento populacional e permissão para construção de grandes edificações.

2.4.4. Vetores de Crescimento e projeções populacionais

Os vetores de crescimento são uma importante informação para a análise dos eixos estruturais de TPC na medida em que proporciona uma medida das tendências espaciais de expansão das cidades, indicando as áreas que apresentam potencial para atração de população, novos investimentos e infraestrutura. Em geral, estas informações podem ser obtidas nos Planos Diretores Urbanos ou em outros instrumentos urbanísticos, sendo definidos por diversos fatores, como infraestrutura de transporte, disponibilidade de terrenos, políticas públicas de desenvolvimento econômico.

Caracterizam-se pela importância na gestão do território e na orientação do planejamento urbano. O objetivo do delineamento e indicação dos vetores de crescimento é assegurar um desenvolvimento ordenado e sustentável, na medida em que proporcionam aos gestores urbanos e tomadores de decisão, formas de antecipar e planejar o desenvolvimento, alocando recursos e infraestrutura de maneira otimizada.

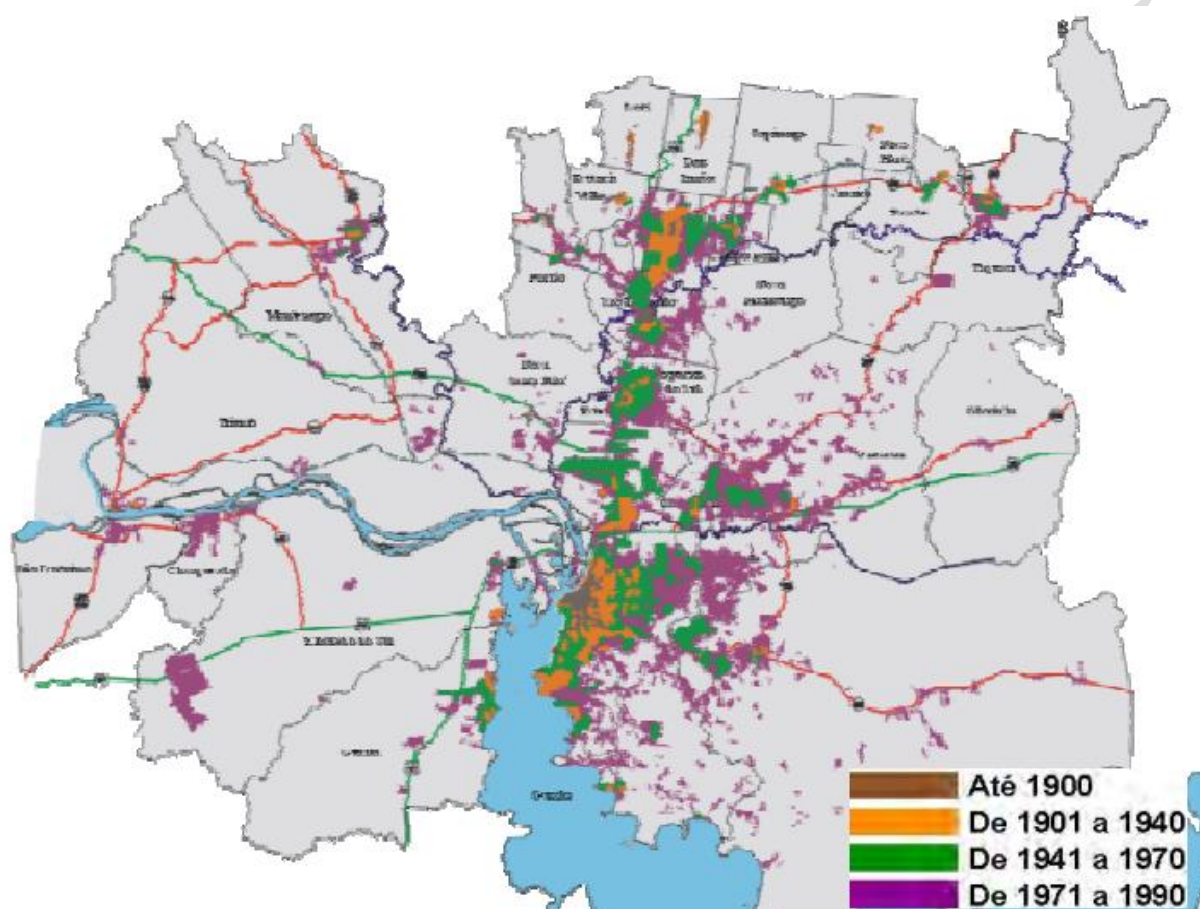
No que se refere à infraestrutura de transporte, os vetores de crescimento fornecem a base empírica e analítica necessária para abordar o sistema de transporte de forma integrada e estratégica, considerando a necessidade de melhorar a mobilidade, acessibilidade e sustentabilidade do transporte público coletivo.

No contexto dos diagnósticos da RMPA, a identificação dos padrões de crescimento é essencial para compreensão da evolução dos deslocamentos, projeção de novos polos de produção/atração de viagens ou fortalecimento de polos existentes.

Na falta de mapas oficiais da evolução histórica fornecidos pelo governo do Estado, o mapa da Figura 35 apresenta a evolução da mancha de urbanização da RMPA entre 1990 e 1990, extraída

de um estudo acadêmico (Tese de Doutorado de Claudio Mainieri de Ugalde de 2013)¹³. No período entre 1900 e 1970 existe a consolidação do eixo norte/sul (Porto Alegre/Novo Hamburgo) da região, com a predominância da urbanização nesse sentido. Nas décadas seguintes, existe a tendência de crescimento a leste desse eixo, em especial nos municípios de Cachoeirinha, Gravataí, Alvorada e Viamão.

Figura 35: Evolução na mancha de urbanização RMPA 1900-1990



Fonte: UGALDE, 2013¹⁴

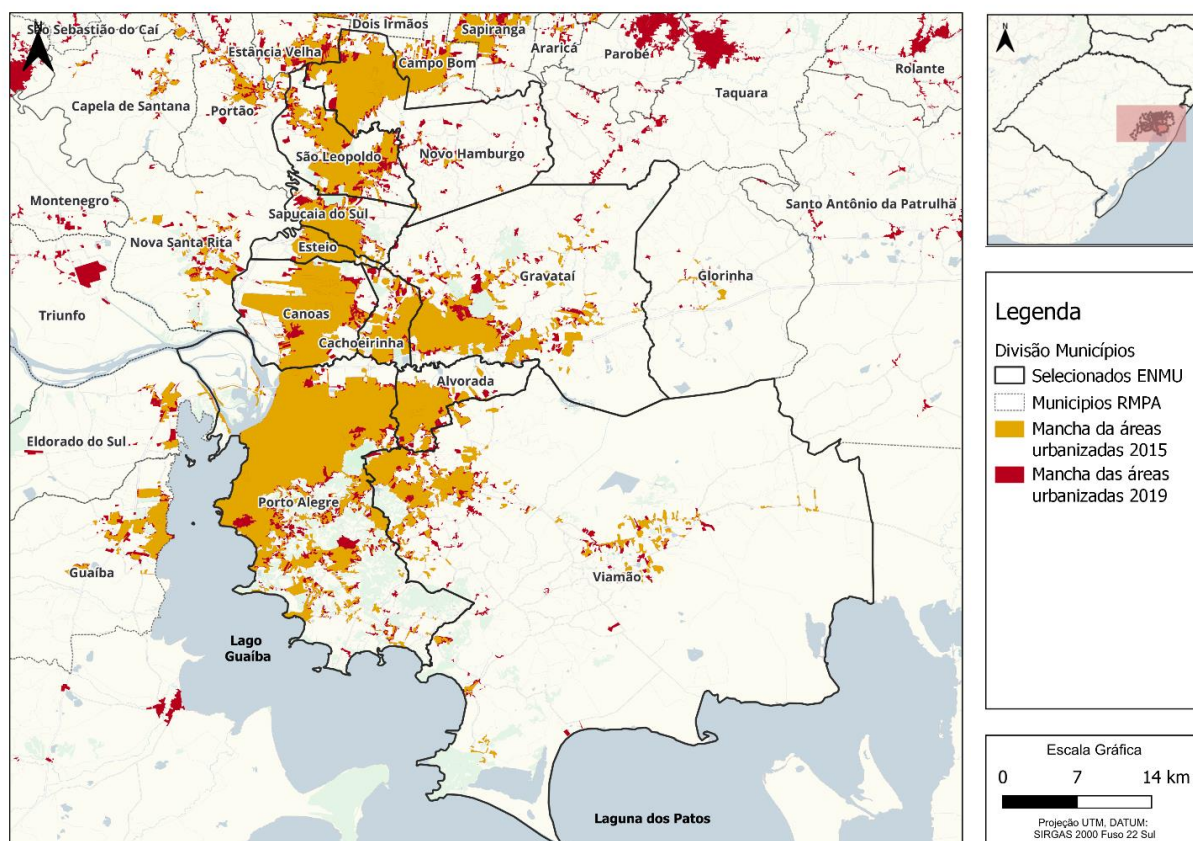
Com base em dados mais recentes do IBGE, a Figura 36 apresenta a comparação da mancha da área urbanizada entre o ano de 2015 e 2019, onde é possível perceber que não houve grande

¹³ Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/80426> Acesso em: 20/08/2024

¹⁴ Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/80426> Acesso em: 20/08/2024

expansões no período, ocorrendo principalmente o preenchimento de alguns vazios urbanos, consolidando as áreas já existentes.

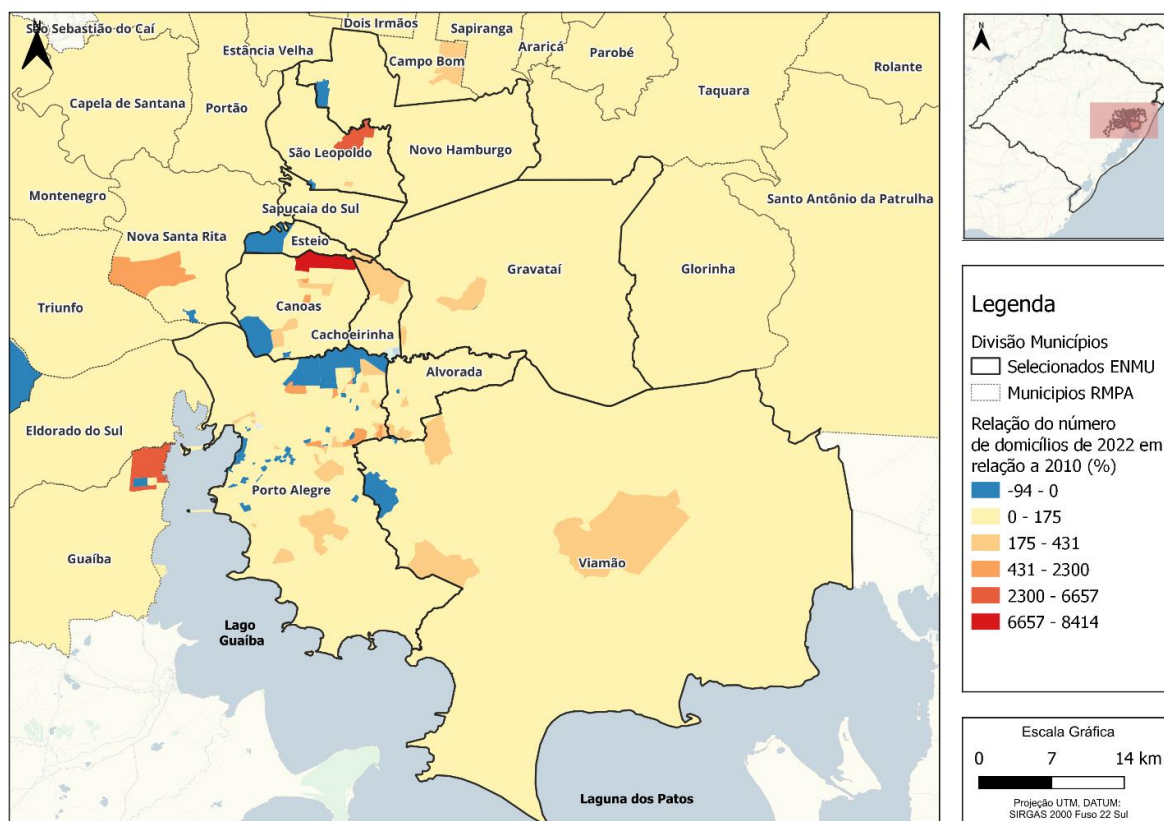
Figura 36: Evolução na mancha de urbanização 2015 - 2019



Fonte: Elaboração própria com base nos dados IBGE.

A partir dos dados de população obtidos pelo Censo IBGE de 2010 e 2022 é possível verificar a algumas tendências de crescimento e de esvaziamento no território da área de estudo. A Figura 37 apresenta um mapa comparando a evolução da quantidade de domicílios de 2010 para 2022 na área de estudo, por zona de tráfego. Algumas áreas periféricas dos municípios apresentaram uma diminuição do número de domicílios em comparação com 2010, são elas: extremo nordeste de Porto Alegre, extremo noroeste de Viamão, extremo sudoeste de Canoas e região oeste de Esteio. O crescimento da população foi evidenciado na região extremo norte de Canoas e de São Leopoldo. Em menor proporção, houve um crescimento populacional na região central de Viamão, região norte de Cachoeirinha, regiões do entorno central de Canoas e em algumas áreas específicas ao sul em Porto Alegre.

Figura 37: Vetores de crescimento da AE



Fonte: Elaboração própria com base no Censo 2010 e Censo 2022.

Como forma de identificar o cenário futuro da população na área de estudo, foram realizadas projeções da população por zona de tráfego para um horizonte de 33 anos (2022-2055). As projeções foram feitas com base em evoluções tendências de valores históricos disponíveis, oriundos dos Censos e dos PNAD-C para os municípios. Além disso, foi incorporado um fator de intensificação ou desaceleração do crescimento, baseado na inflexão da tendência histórica e nos vetores de crescimento. Esse fator também leva em conta outras características, como disponibilidade de áreas, saturação do potencial construtivo, atratividade imobiliária e outros aspectos locais que possam influenciar mudanças de comportamento no médio ou longo prazo.

A Tabela 13 apresenta a projeção média anual entre 2022 e 2055 da população na RMPA por zona de tráfego. As projeções de crescimento da população indicaram um decréscimo na maior parte do território, especialmente em áreas que hoje são altamente adensadas. Essa tendência já tinha sido observada pelos dados dos últimos Censos de 2010 e 2022. As áreas que experimentarão maior declínio populacional são: região central e norte de Porto Alegre, o extremo sul de Viamão, centro e sul de Alvorada, o município de Esteio, sul de Sapucaia e grande parte do território de São Leopoldo.

Áreas com potencial crescimento foram identificadas na região Sul de Canoas e de Porto Alegre. Os municípios de Cachoeirinha, Gravataí, Novo Hamburgo e Viamão experimentarão crescimento populacional em quase todo o seu território. Esse crescimento populacional nas cidades metropolitanas do entorno contrastado pelo decréscimo nas áreas altamente adensadas de Porto Alegre pode ser impulsionado pela busca da população por custos de moradia mais acessíveis e espaços e serviços públicos menos saturados.

As projeções de população por município até o ano 2055 são apresentadas na Tabela 13. Esta projeção foi realizada com base na metodologia desenvolvida para o estudo de demanda, objeto do relatório R2, sendo aqui apresentada para permitir a visualização do comportamento esperado.

Observam-se, nos dados da tabela, que a população da Área de Estudo, conforme já ocorreu entre 2010-2022, seguirá diminuindo até o ano de 2055, quando alcançará um total de cerca de menos de 3 milhões de habitantes. Destaca-se que essa projeção de retração contínua é observada para todos os municípios da Área de Estudo.

Tabela 13: Projeção da população por município entre 2010 e 2055

Município	2010	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055
Porto Alegre	1.409.351	1.332.845	1.340.787	1.346.561	1.342.904	1.330.490	1.309.131	1.278.881	1.244.184
Canoas	323.827	347.657	351.788	356.631	358.477	357.821	355.056	350.685	345.170
Gravataí	255.660	265.074	267.427	269.688	269.539	267.535	264.008	259.430	254.395
Novo Hamburgo	238.940	227.646	228.105	227.812	226.267	223.292	219.097	213.952	207.659
Viamão	239.384	224.112	224.155	223.181	220.774	217.030	211.922	205.807	199.102
São Leopoldo	214.087	217.409	218.690	219.590	218.930	216.912	213.605	209.391	204.437
Alvorada	195.673	187.315	186.984	185.502	182.801	179.120	174.397	169.092	163.443
Cachoeirinha	118.278	136.258	138.560	141.566	143.383	144.192	144.228	143.746	142.690
Sapucaia do Sul	130.957	132.107	132.825	133.304	132.801	131.410	129.169	126.424	123.389
Esteio	80.755	76.137	76.374	76.370	75.759	74.592	73.013	71.163	69.152
Área de Estudo	3.206.912	3.146.560	3.165.695	3.180.205	3.171.635	3.142.394	3.093.626	3.028.571	2.953.621

Fonte: Censo IBGE 2010 e 2022, projeções de elaboração própria entre 2022 e 2055

A Tabela 14 apresenta a evolução das taxas anuais de crescimento populacional por município. A tabela indica uma tendência geral de diminuição populacional entre 2010 e 2055 para todos os municípios da Área de Estudo. No período de 2050-2055 os municípios de Cachoeirinha e Canoas são que vão diminuir com um ritmo mais lento, com taxas de -0,1% e -0,3% ao ano, respectivamente. Já os municípios de Viamão e Alvorada tem a tendência de um decréscimo mais acelerado, com uma taxa de quase 1% ao ano.

Tabela 14: Taxas geométricas de crescimento anual da populacional por município entre 2010 e 2055

Município	2010-2022	2022-2030	2030-2040	2040-2050	2050-2055
Porto Alegre	-0,5%	0,1%	-0,1%	-0,4%	-0,5%
Canoas	0,6%	0,3%	0,0%	-0,2%	-0,3%
Gravataí	0,3%	0,2%	-0,1%	-0,3%	-0,4%
Novo Hamburgo	-0,4%	0,0%	-0,2%	-0,4%	-0,6%
Viamão	-0,5%	-0,1%	-0,3%	-0,5%	-0,7%
São Leopoldo	0,1%	0,1%	-0,1%	-0,4%	-0,5%
Alvorada	-0,4%	-0,1%	-0,3%	-0,6%	-0,7%
Cachoeirinha	1,2%	0,5%	0,2%	0,0%	-0,1%
Sapucaia do Sul	0,1%	0,1%	-0,1%	-0,4%	-0,5%
Esteio	-0,5%	0,0%	-0,2%	-0,5%	-0,6%
Área de Estudo	-0,2%	0,1%	-0,1%	-0,4%	-0,5%

Fonte: Censo IBGE 2010 e 2022, projeções de elaboração própria entre 2022 e 2055

2.5. Conclusões sobre os aspectos urbanísticos e socioeconômicos

As informações apresentadas neste capítulo são úteis para o estudo dos eixos estruturais a serem propostos e/ou avaliados. A necessidade de considerar as características físico-territoriais, as áreas de proteção ambiental e áreas protegidas em virtude da existência de patrimônio histórico na formulação de traçados e nas soluções tecnológicas aplicáveis é fundamental. Além disso, é essencial identificar regiões potencialmente mais dependentes do TPC, com especial atenção para as áreas de maior vulnerabilidade social e as características de sua população.

No que se refere à caracterização do meio físico, a maioria da região é plana com altitudes baixas, com áreas de maior altitude localizadas no município de Viamão e ao centro de Porto Alegre. A maior parte da região apresenta baixas declividades com inclinações de até 3%, sendo as maiores declividade observadas de 6% localizadas em algumas regiões mais pontuais na região central de Porto Alegre e ao sul de Viamão.

A região é atravessada pelos rios Jacuí, Caí, dos Sinos e Gravataí, que formam o estuário do Guaíba. Ao sul, a RMPA faz fronteira com a Laguna dos Patos, uma extensa laguna navegável de 265 km de comprimento que se conecta ao oceano Atlântico no município de Rio Grande, no extremo sul do Estado. A região tem um histórico de enchentes e, apesar das obras de contenção, como diques e estações de bombeamento, ainda é vulnerável às inundações, especialmente em áreas baixas próximas aos rios.

Sobre as restrições legais, na área de estudo estão localizadas as 5 Unidades de Conservação Estaduais e 8 Unidades de Conservação Municipais. As Áreas de Preservação Permanente (APP) não são mapeadas em todos os municípios da Área de Estudo. Em Porto Alegre são mapeadas as

APP em topo de morro e em cursos d'água, havendo uma concentração dessas na metade sul do município e na região das ilhas. Canoas também possui mapeadas suas APP em torno dos principais cursos d'água do município.

Foram identificados na região do estudo, 62 sítios históricos e 11 bens tombados no âmbito federal, a nível estadual 32 bens tombados pelo IPHAE, e 107 edificações históricas a nível municipal em Porto Alegre. A área central de Porto Alegre é a região que concentra o maior número de edificações protegidas nas três esferas, o que pode causar restrições para inserção de infraestrutura para TPC MAC, em casos em que, por exemplo, sejam necessárias a realização de alargamentos viários e desapropriações.

Os dados socioeconômicos, como o uso do solo e as projeções populacionais, são essenciais para os estudos de demanda na rede de eixos estruturais. A análise evidenciou que Porto Alegre é a principal centralidade de desenvolvimento social e econômico da RMPA. As tipologias de uso do solo em toda a região de análise ocorrem de forma concentrada nas áreas centrais e nos principais eixos viários dos municípios. Porto Alegre concentra a maioria dos empregos formais, atraindo um grande fluxo de viagens pendulares advindas das cidades limítrofes. Em relação à população vulnerável, os municípios de Alvorada, Viamão e Gravataí são os que possuem maior quantidade de áreas demarcadas como alto Índice de Vulnerabilidade Social. Porto Alegre apresenta poucas áreas com alta vulnerabilidade, sendo a principal concentração na região das ilhas.

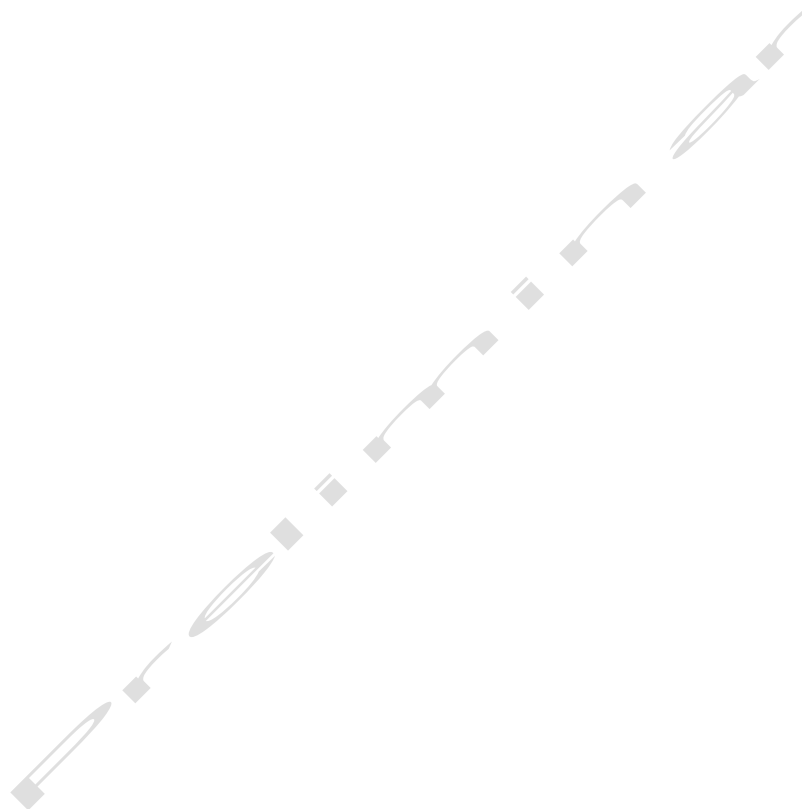
No que se refere à evolução da urbanização na área de estudo, com base em dados históricos, no período entre 1900 e 1970 houve a consolidação do eixo norte/sul (Porto Alegre/Novo Hamburgo) da região, com a predominância da urbanização nesse sentido. Nas décadas seguintes, existe a tendência de crescimento a leste desse eixo, em especial nos municípios de Cachoeirinha, Gravataí, Alvorada e Viamão. Com base em dados mais recentes (2015 a 2019), foi observada pouca expansão territorial, mas sim o adensamento das áreas já urbanizadas, preenchendo os vazios urbanos remanescentes, ou seja, provocando uma utilização mais intensiva do solo já urbanizado. As tendências de crescimento observadas podem gerar uma sobrecarga na infraestrutura de transporte existente devido a geração concentrada de viagens em determinada região.

Foram identificados três projetos que visam a requalificação urbana em Porto Alegre eles estão localizados na região central o Centro Histórico e entorno do eixo da Av. Ipiranga (leste a oeste), e ao norte o projeto de transformação da região do Quarto Distrito. Ambos os projetos têm como foco o aumento de densidade populacional nos locais, e podem indicar necessidade de ampliação dos serviços de transporte coletivo.

As projeções populacionais revelaram, na verdade, um decréscimo na maior parte do território, especialmente em áreas atualmente altamente adensadas. Esse declínio pode ser atribuído ao

envelhecimento da população, à saturação dos serviços públicos e ao aumento dos custos de vida, que tornam essas regiões menos atrativas para os moradores, além de refletir a tendência de diminuição populacional nas cidades brasileiras nos próximos anos. Em contrapartida, o crescimento populacional foi observado principalmente nos municípios vizinhos à capital, o que pode estar ligado à busca por moradias mais acessíveis e por ambientes com serviços públicos menos saturados.

Esses aspectos reforçam a necessidade de um planejamento urbano integrado para a região, sendo fundamental que a infraestrutura de transporte acompanhe o crescimento urbano. Compreender a dinâmica da expansão urbana permite prever onde a demanda por transporte público aumentará, auxiliando no planejamento da capacidade necessária para atender a população. Dessa forma, considerar esses vetores é importante para planejar um sistema de transporte eficiente, sustentável e inclusivo, que suporte o desenvolvimento urbano e melhore a qualidade de vida dos cidadãos.



3 Apêndice IV – Aspectos Ambiental e Climático

3.1. Planos de mitigação às mudanças climáticas

Uma das principais preocupações da sociedade contemporânea em relação às projeções climáticas futuras se refere às possíveis alterações na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos. Ao longo das décadas, as cidades têm exercido pressões significativas no contexto das alterações climáticas, sendo o transporte um dos principais contribuintes para o aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Os impactos causados pelas alterações climáticas já se fazem sentir nos centros urbanos e aumentam a cada ano, com destaque para o aumento das temperaturas, o aumento do nível do mar, as ilhas de calor, as inundações, a escassez de água e alimentos, a acidificação dos oceanos e os eventos extremos (PMBC, 2016). Esses eventos causam impactos cada vez mais significativos no ambiente urbano e seus riscos são aumentados pela forma como as cidades foram configuradas.

Com base no aumento da percepção da sociedade sobre a necessidade de esforços conjuntos nas questões climáticas, os acordos internacionais e a definição de metas de mitigação de GEE representam um passo relevante na trajetória de combate às mudanças climáticas. As cidades possuem um papel relevante no alcance dos objetivos das alterações climáticas, dado que são muitas vezes responsáveis por pressionar outros ecossistemas, principalmente na procura de insumos para produção e recursos para consumo. Além disso, as áreas urbanas correspondem a centros com infraestruturas e conhecimentos necessários para implementar políticas, ações e programas de resposta às alterações climáticas.

Em 2009, o Brasil instituiu a Política Nacional sobre a Mudança no Clima (PNMC), por meio da Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, estabelecendo seus princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos, em consonância com os compromissos assumidos pelo Brasil na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, e demais documentos aos quais vier ser signatário. A PNMC constitui o amparo legal para a elaboração do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), e estabelece a necessidade de implementação de medidas para promover a adaptação à mudança do clima das três esferas da Federação.

3.1.1. Rio Grande do Sul

Em 2010, o Rio Grande do Sul instituiu a Política Gaúcha sobre Mudanças Climáticas (PGMC), por meio da Lei Estadual nº 13.594, de 30 de dezembro de 2010, com objetivo geral de estabelecer o compromisso do Estado do Rio Grande do Sul frente ao desafio das mudanças climáticas globais, estabelecendo as condições para as adaptações necessárias aos impactos derivados das mudanças climáticas, bem como contribuir para reduzir a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, atingindo nível seguro para garantir o desenvolvimento sustentável.

Especificamente sobre o setor de transporte, a PGMC estabelece as seguintes diretrizes:

Art. 18 - Políticas públicas deverão priorizar o transporte sustentável, no sentido de minimizar as emissões de gases de efeito estufa, atendendo aos seguintes fins e exigências:

I - prioridade ao transporte não-motorizado de pessoas e, em seguida, o coletivo sobre o transporte motorizado individual;

II - adoção de metas para a implantação de ciclovias para trabalho e lazer, com combinação de modais de transporte;

III - racionalização e redistribuição da demanda pelo espaço viário, melhora da fluidez no tráfego, redução da frequência e intensidade dos congestionamentos;

IV - estímulo a entrepostos de veículos de carga e outras opções de troca de modais que permitam a redistribuição capilar de produtos;

V - estímulo à implantação de atividades econômicas geradoras de emprego e serviços públicos em áreas periféricas predominantemente residenciais;

VI - controle e redução de emissões;

VII - informação clara e transparente ao consumidor sobre os veículos, no que tange às emissões atmosféricas de poluentes locais e gases de efeito estufa e ao consumo de combustível;

VIII - informação ao público em geral sobre o inventário de emissões;

IX - planejamento e adoção de medidas inibidoras das condutas de trânsito que agravem as condições ambientais;

X - condições para privilegiar modais de transporte mais eficientes e com menor emissão por passageiro ou unidade de carga;

XI - adequação da matriz energética através, dentre outros, de:

a) melhoria da qualidade dos combustíveis;

b) transição para fontes menos impactantes;

c) conservação de energia;

d) indução ao uso de sistemas de baixa emissão de gases de efeito estufa de transporte coletivo, especialmente em áreas adensadas;

e) carona solidária e outras formas de uso compartilhado de transporte individual;

f) estímulo ao uso de veículos individuais de menor porte, mais eficientes e menos emissores de gases de efeito estufa;

g) fomento a pesquisas e desenvolvimento na área do transporte sustentável;

XII - estímulo ao transporte ferroviário e hidroviário.

Destaca-se que a PGMC traz como primeira exigência a prioridade ao transporte não-motorizado de pessoas e, em seguida, o coletivo sobre o transporte motorizado individual, estando alinhada com os objetivos do ENMU.

A PGMC ainda estabeleceu que o Estado deveria elaborar o Plano Estadual sobre Mudanças Climáticas, com definição da meta estadual e das metas setoriais em até um ano, porém o presente plano não foi elaborado.

Em 2018 a Metroplan publicou o Plano Metropolitano de Prevenção Contra as Cheias, que versa sobre alternativas e projetos para minimização do efeito das cheias na bacia do Rio dos Sinos, onde se inserem parte dos municípios da Área de Estudo. O estudo contou com simulação e modelagem permitindo uma visão regional do fenômeno das cheias da Região Metropolitana de Porto Alegre. Foram elencadas uma série de obras necessárias para proteção do território, como construção de diques e casa de bombas. Através do estudo foram estimados custos de uma eventual “omissão” do poder público, onde nada fosse feito e elaborados diversos cenários com avaliação dos respectivos custos das alternativas propostas, como diferentes conjuntos de obras de proteção.

O estudo também forneceu diversas diretrizes para o desenvolvimento urbano na região metropolitana, onde grandes áreas dos municípios deveriam ser consideradas como área de risco para inundação, e terem sua ocupação restrita. Um dos principais produtos desse estudo é o mapa apresentado na Figura 38 apresenta a mancha de alagamento do Rio do Sinos, com a taxa de retorno para 100 anos, que deveria orientar os municípios para revisar seus planos de ocupação do uso do solo.

Apesar de ser um estudo que versa sobre gestão de riscos e respostas a desastres naturais, o estudo da Metroplan é um estudo técnico com diretrizes específicas para o planejamento urbano da região sobre questões de drenagem urbana, não havendo diretrizes para o setor de transporte.

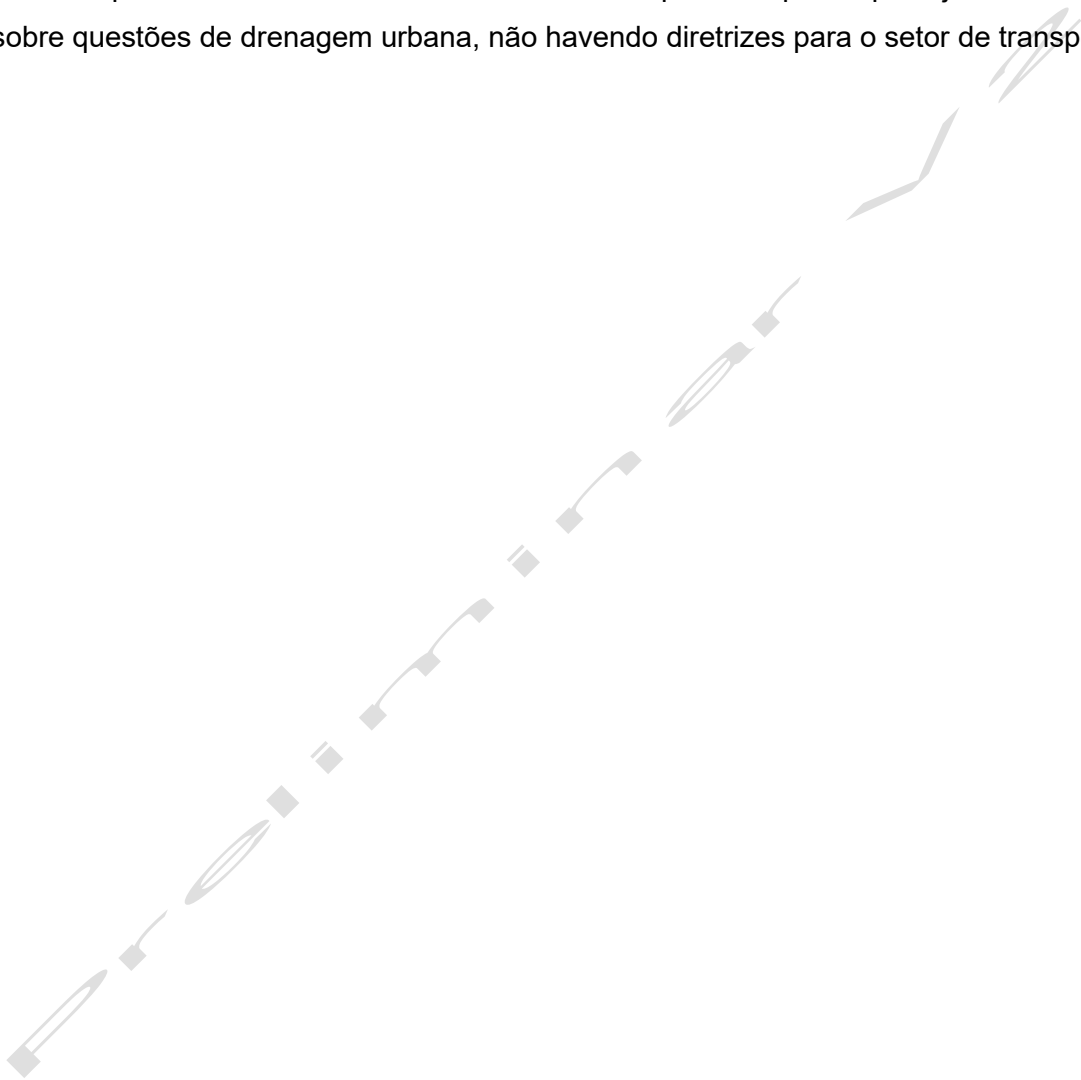
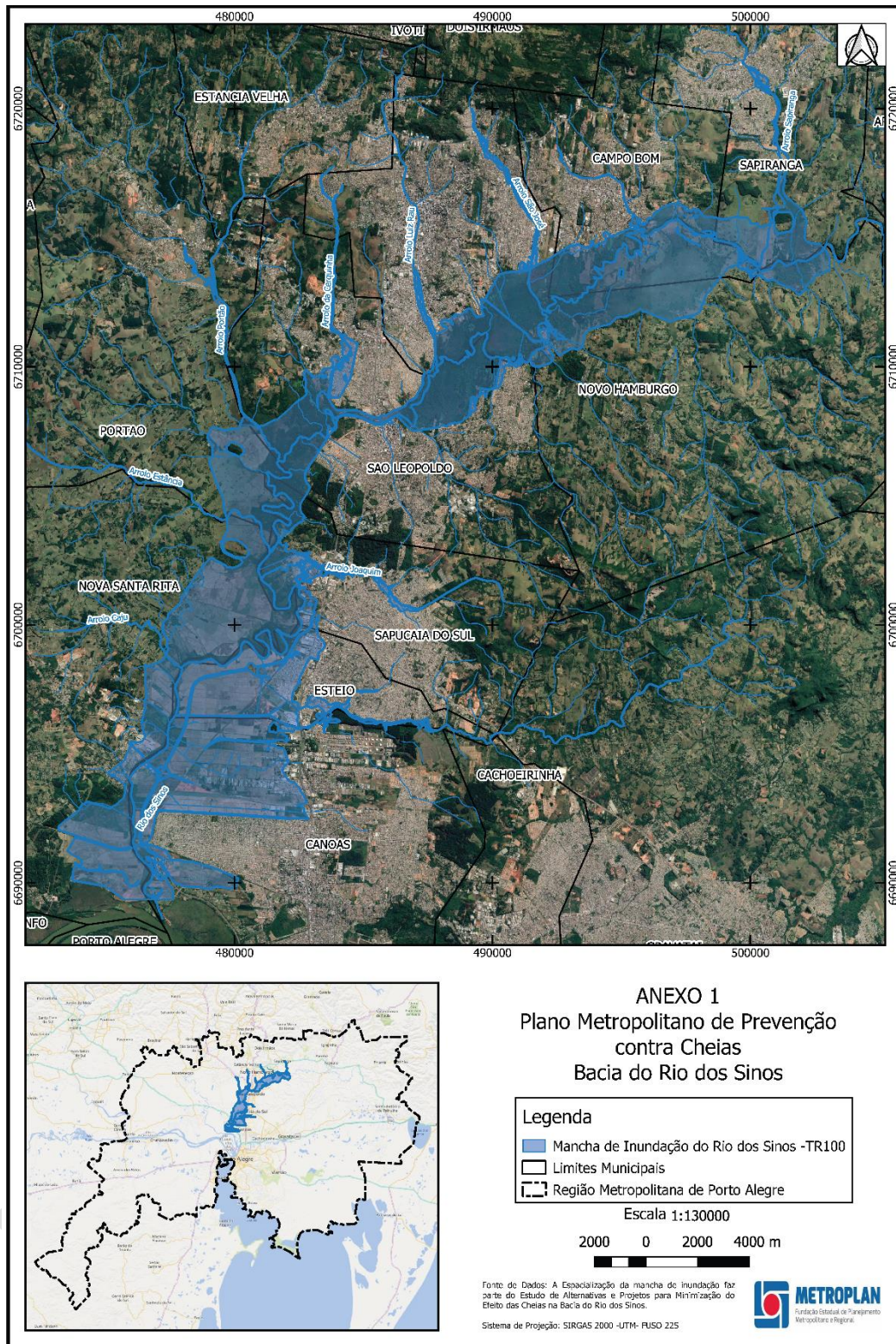


Figura 38: Mancha de inundação do Rio dos Sinos – TR 100



Fonte: Metroplan

Posteriormente, em 2023, o Estado do RS lançou o ProClima 2050, um documento que compila estratégias para o enfrentamento das mudanças climáticas e descreve as medidas a serem tomadas para mitigar as mudanças climáticas e se adaptar aos seus impactos. Possui os seguintes pilares:

- **Resiliência Climática** – Concentrar-se em fortalecer a resiliência do Estado às mudanças climáticas. Isso inclui o desenvolvimento de infraestrutura resiliente, planos de gestão de riscos e estratégias de adaptação para proteger as comunidades e os recursos do RS dos impactos da dinâmica climática.
- **Transição Energética Justa** – Reconhecer a importância de uma transição para fontes de energia limpa e sustentável a partir de iniciativas para promover a produção e o uso de energias renováveis, a eficiência energética e a criação de empregos verdes, para garantir que essa transição seja socialmente justa e inclusiva.
Baseado nas atividades de mineração de carvão e geração termelétrica nas regiões carboníferas (Baixo Jacuí e Campanha) do Estado, reconhecer a importância de uma transição para fontes de energia limpa e sustentável a partir de iniciativas para promover a produção e o uso de energias renováveis, motivado pelos compromissos de redução de gases de efeito estufa, em articulação com os entes federativos, agentes setoriais e com a sociedade.
- **Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa** – Compromissos foram estabelecidos para reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa. A implementação de ações concretas, como a transição energética, a promoção de práticas agrícolas sustentáveis, o estímulo à pesquisa e o estabelecimento de regulamentações para controlar as emissões industriais são apenas alguns exemplos de medidas empenhadas na mitigação das emissões dos GEEs.
- **Educação Ambiental e Conscientização** – Reconhecer a importância da educação ambiental como uma ferramenta fundamental para informar e engajar a população sobre as mudanças climáticas, os impactos ambientais e as ações que cada indivíduo e comunidade podem tomar para contribuir com a mitigação e adaptação.

As estratégias contidas no ProClima 2050 incluem objetivos específicos e ações e atividades a serem elaboradas, bem como seu prazo para execução e custos envolvidos. Dentre as atividades previstas, estão: elaboração de um inventário de emissões de GEE para todo o estado, a ser realizado até o final de 2024; a elaboração do Plano de Ação Climática, visando atingir a neutralidade de carbono até 2050, incluindo a redução das emissões de GEE e a adaptação às mudanças climáticas, devendo ser realizado através de processo participativo e incluir a definição de metas e indicadores de monitoramento, a ser realizado até o final de 2025; Criação de Sistema de Monitoramento permanente e online das emissões, a ser elaborado até o final de 2026.

Como o ProClima 2050 é um documento em nível estratégico, não são especificadas ações específicas para o setor de transportes.

3.1.2. Porto Alegre

A nível municipal, Porto Alegre finalizou em 2024 a elaboração do seu Plano de Ação Climática (Plac), que tem como objetivo identificar e estabelecer medidas prioritárias concretas de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa, de mitigação e de adaptação (social, econômica, ambiental

e territorial). O Plac visa propor mecanismos e instrumentos que possibilitem a implementação pelo município das metas estabelecidas, como zerar as emissões até 2050.

Para definição das ações prioritárias foram estabelecidos três eixos: POA Baixo Carbono; POA Resiliente e POA Verde e Azul. No eixo POA Baixo Carbono são estabelecidas ações para o setor de transportes, são elas:

- Reformular e reestruturar o sistema de transporte coletivo público por ônibus e lotações, ampliando a frota de veículos de baixa emissão. Ação de médio prazo (até 2040) e de alto custo.
- Melhorar as condições funcionais e estruturais do sistema viário do município, visando à otimização do fluxo e à priorização do transporte coletivo público. Ação de médio prazo (até 2040) e de médio custo.
- Ampliar a infraestrutura cicloviária e construir passeios públicos e calçadas acessíveis, priorizando medidas resilientes às ameaças climáticas. Ação de médio prazo (até 2040) e de alto custo.
- Incentivar e difundir medidas de uso sustentável e racional do transporte motorizado individual. Ação de médio prazo (até 2040) e de baixo custo.

3.1.3. Demais municípios da AE

Para os demais municípios que compõem a Área de Estudo, não foram localizados planos específicos de adaptação climática, contendo estratégias e/ou ações locais para a redução dos riscos.

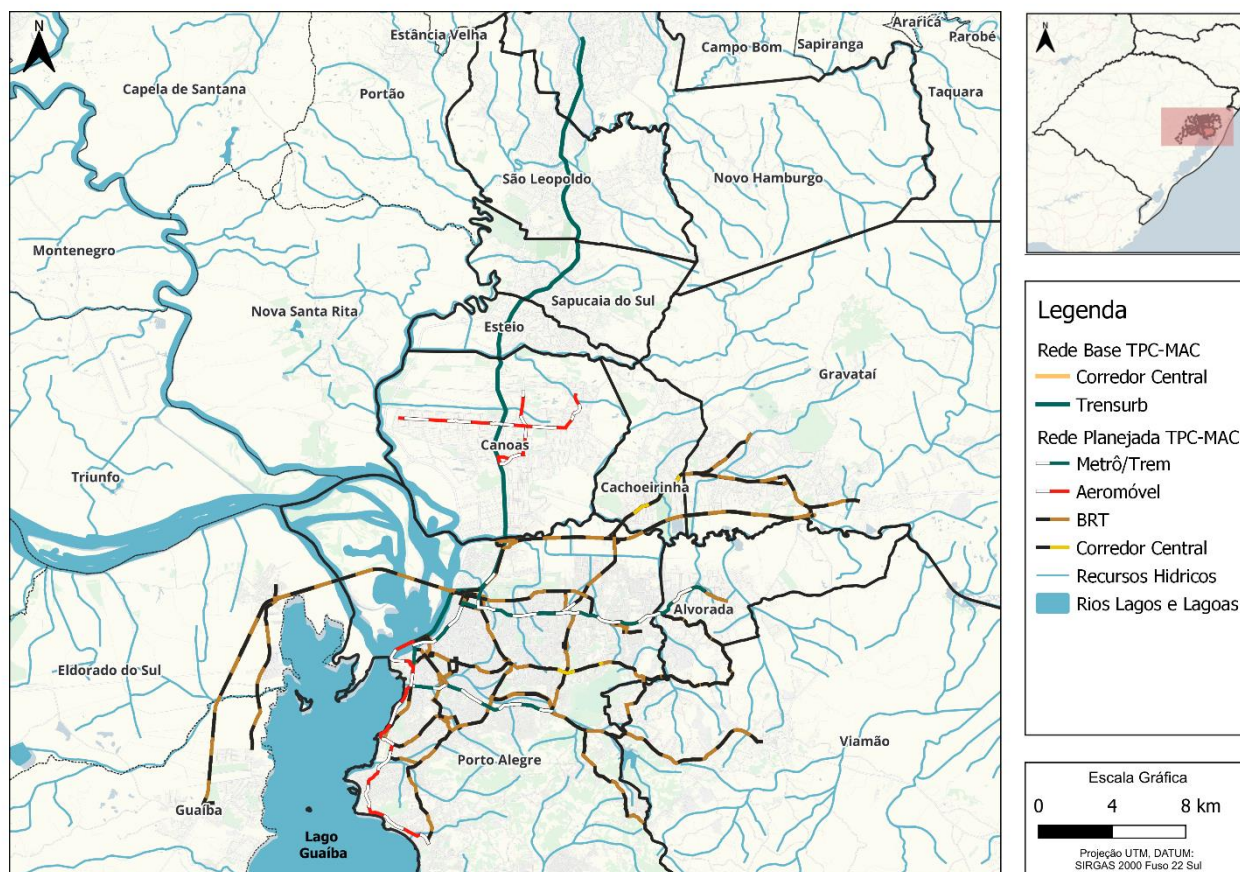
3.2. Áreas de Proteção do meio físico e biótico

A análise das áreas de proteção do meio físico e biótico tem como objetivo identificar possíveis interferências e condicionantes ambientais à implantação dos projetos de TPC-MAC na Área de Estudo, sinalizando, sempre que possível, possíveis fatores impeditivos e/ou que demandem processos de licenciamento de maior complexidade, que possam impactar de forma significativa no cronograma de futura implantação. A análise considera as interferências dos principais eixos de transporte identificados com cursos d'água, nascentes e respectivas Áreas de Proteção Permanente, interferências em áreas verdes e áreas protegidas, como unidades de conservação e outras previstas nos instrumentos de planejamento.

O primeiro tópico considerado para a avaliação das condicionantes refere-se à existência de corpos d'água interceptados ou localizados no entorno direto de cada traçado proposto. Além da interceptação direta, devem ser consideradas as Áreas de Preservação Permanente (APP), definidas como "*área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas*" (Art. 3º, inciso II da Lei Federal Nº 12.651/2012 - Novo Código Florestal).

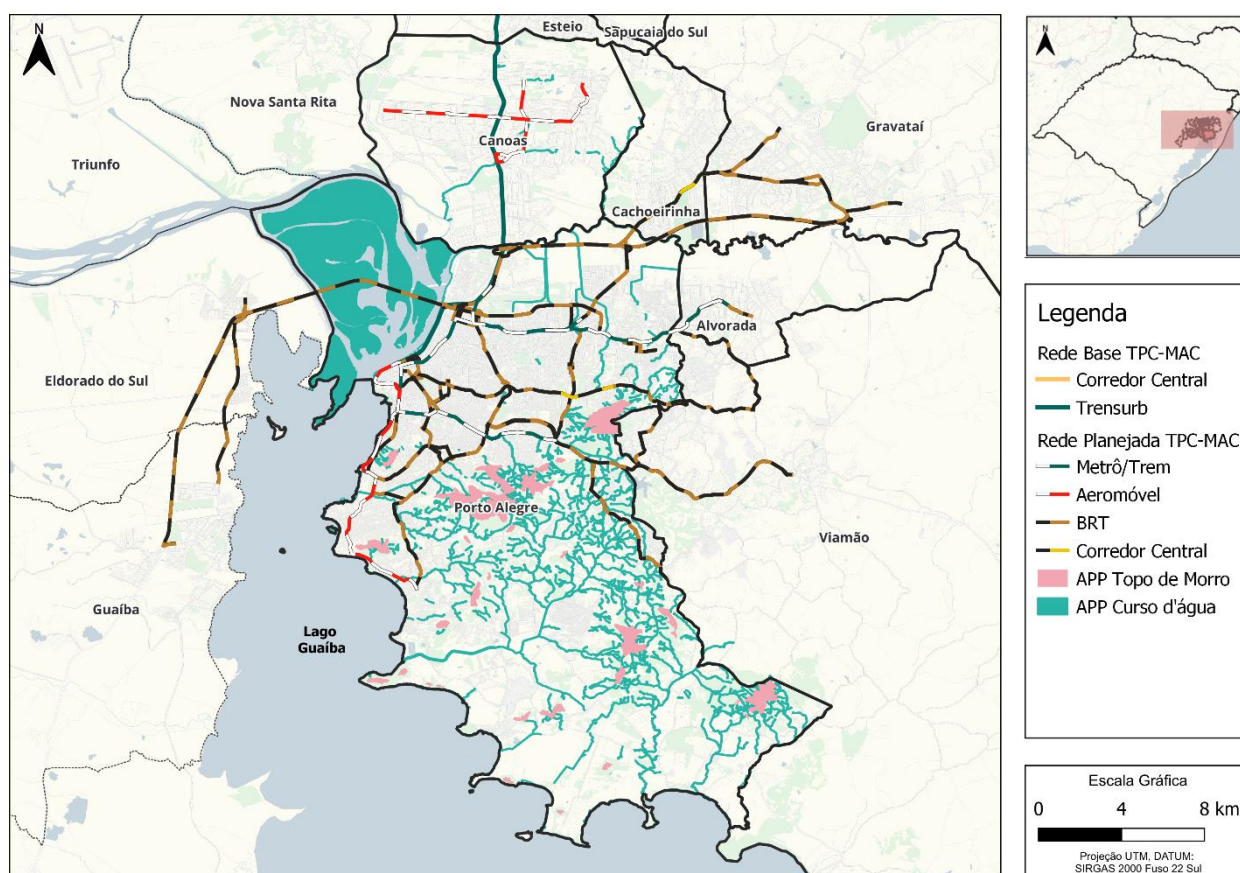
A Figura 39 apresenta a rede hídrica nos municípios com a localização dos eixos estruturais de transporte da RMPA. O trecho de Porto Alegre da Trensurb, bem como alguns dos eixos estruturais de transporte são localizados muito próximos do lago Guaíba, indicando a atenção para o caso de cheias e enchentes, que podem causar prejuízos a infraestrutura. Esse item será mais bem abordado no item 3.4 desse relatório.

Figura 39: Rede hídrica e os eixos estruturais de transporte



Em relação as APPs, a Figura 40 apresenta as áreas de preservação permanente mapeadas dos municípios Canoas e Porto Alegre, com a localização dos eixos de transporte estruturais da região. No município de Porto Alegre são identificadas algumas interferências, principalmente na região das ilhas, e na porção sul do município, porém de modo geral os eixos estruturais de transporte já estão localizados em regiões livres de APP.

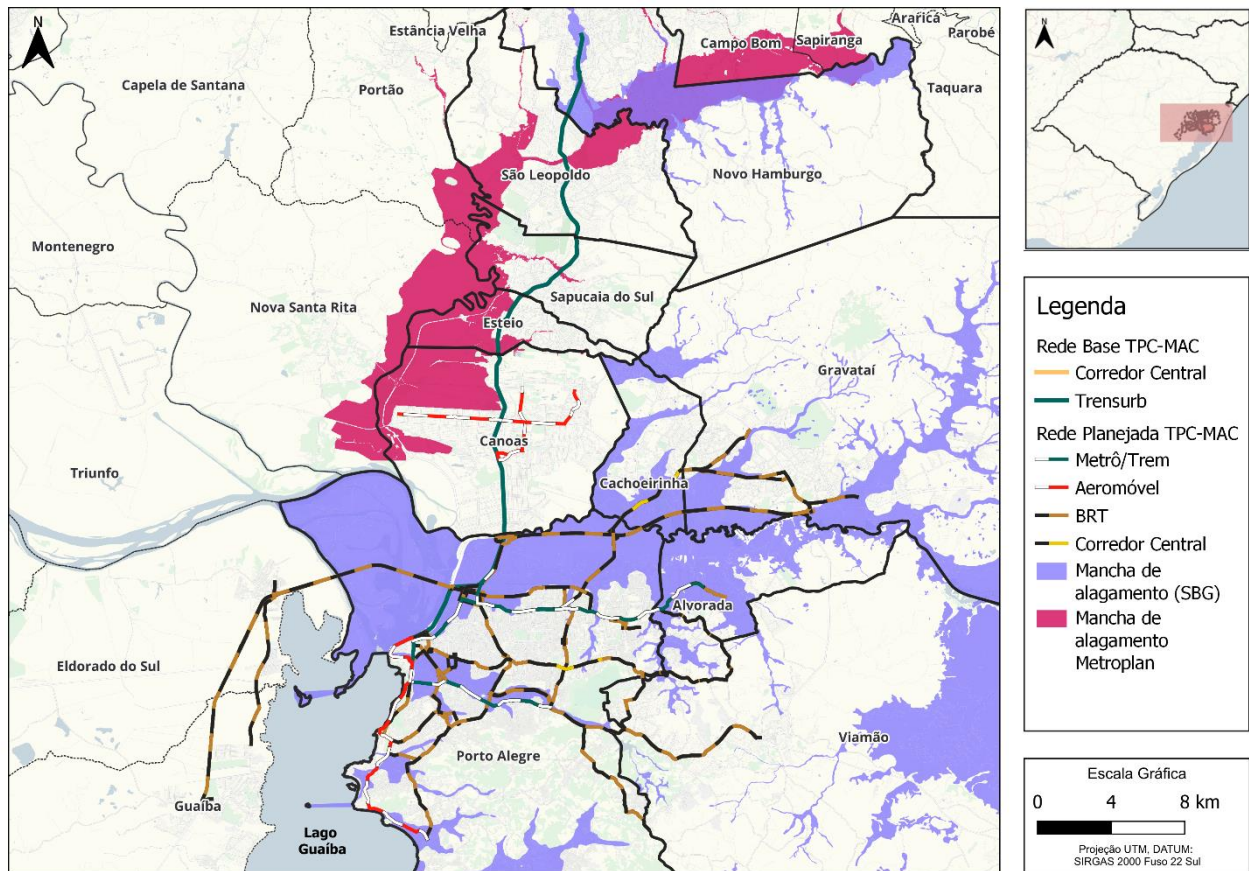
Figura 40: APPs os eixos estruturais de transporte



Fonte: Elaboração própria com base em dados da Prefeitura de Porto Alegre

Outro aspecto relevante a ser considerado, e que está estreitamente relacionado à rede hídrica, se refere às áreas sujeitas a enxurradas e alagamentos, que consistem em locais com registro de riscos geológicos, mapeados pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB), que apresenta dados para diversos municípios do território nacional. Entre os municípios da Área de Estudo, somente foram realizados mapeamentos pela SGB para Porto Alegre, Cachoeirinha, Alvorada, Viamão, Gravataí e Novo Hamburgo. Alternativamente, para os demais municípios da área de Estudo, foi utilizado o estudo realizado pela Metroplan em 2018, no âmbito da elaboração do Plano de Prevenção Contra Cheias da RMPA, que descreveu a cheia do Rio do Sinos para um período de retorno de 100 anos. A Figura 41 apresenta, portanto, as áreas suscetíveis a enxurradas e alagamentos e os pontos críticos dos projetos interceptados pelos cursos d'água – e sujeitos a tais riscos, com base nos dados do SGB e da Metroplan. A linha da Trensurb está localizada em área de risco para inundações no município de Porto Alegre. Os eixos estruturais na região norte do município de Porto Alegre, e nos municípios de Cachoeirinha, Gravataí e Alvorada também estão localizados em regiões de risco de alagamento.

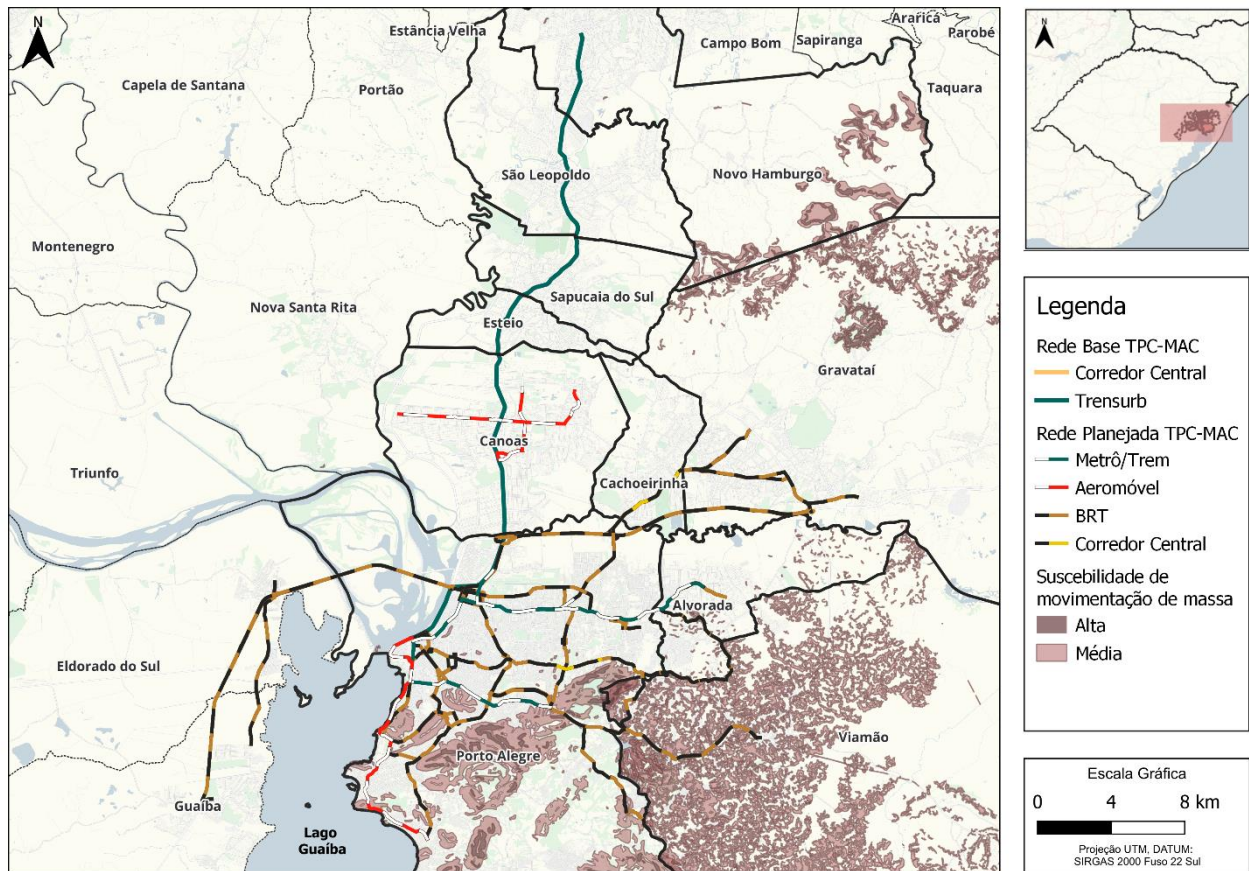
Figura 41: Suscetibilidade a enxurradas e inundações



Fonte: Elaboração própria com base em dados da SGB e Metroplan.

Na sequência, foram identificados também as áreas de restrição sujeitas aos riscos de movimentação de massa, que constituem os locais com registro de riscos geológicos, também mapeados pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB). Esses dados estavam disponíveis somente para os municípios de Porto Alegre, Cachoeirinha, Alvorada, Viamão, Gravataí e Novo Hamburgo. A Figura 42 apresenta as áreas suscetíveis a deslizamentos indicando que os principais pontos críticos para os eixos estão localizados na região dos morros de Porto Alegre e de Viamão.

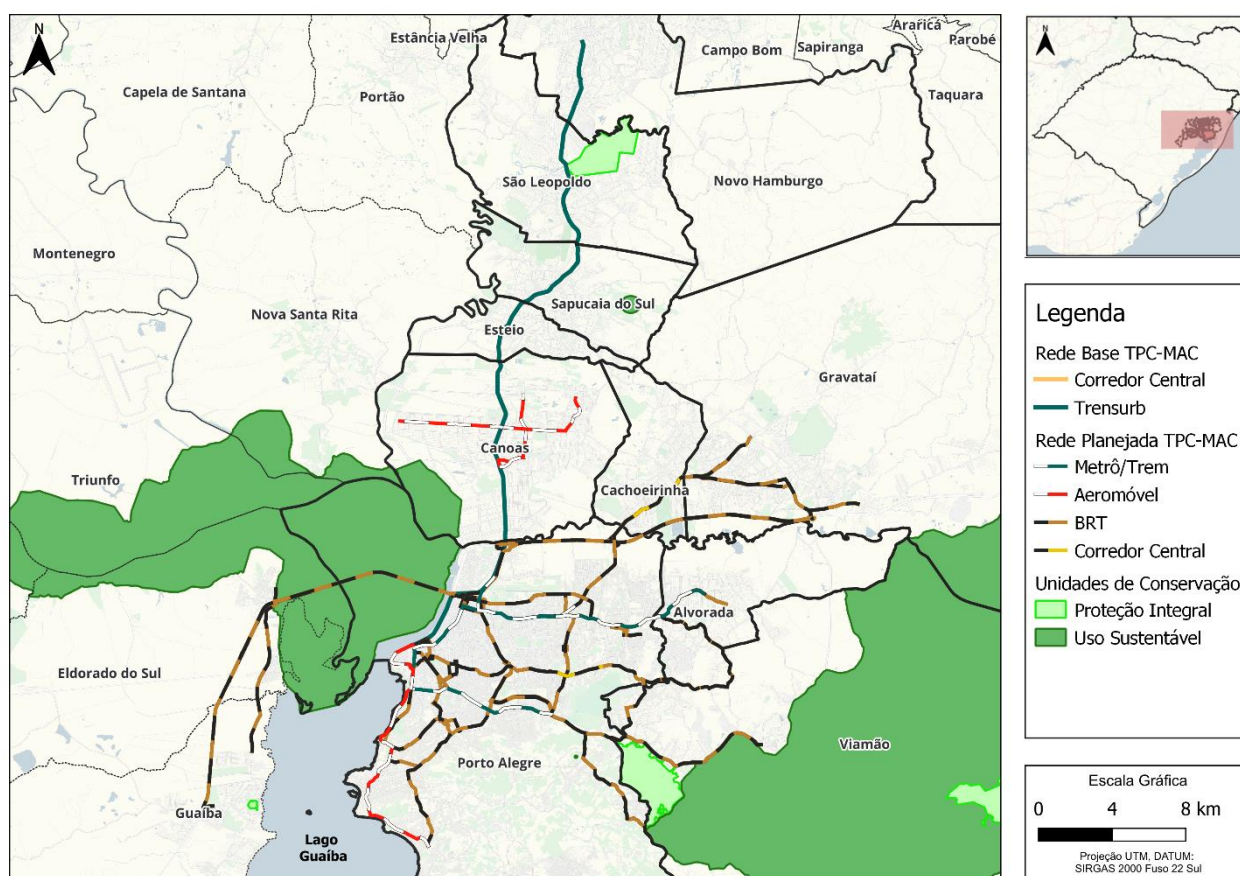
Figura 42: Suscetibilidade a movimentação de massas



Fonte: Elaboração própria com base em dados da SGB.

As unidades de conservação (estaduais e municipais), apresentadas na Figura 43, também são importantes condicionantes ambientais, uma vez que possuem normativa própria para uso dos recursos, e podem implicar em impedimentos ou necessidade de consulta prévia aos respectivos órgãos gestores na etapa de licenciamento ambiental. O único eixo que passa transpassa uma unidade de conservação é o que conecta Porto Alegre a Eldorado do Sul e Guaíba.

Figura 43: Unidades de Conservação e os eixos de transporte



Fonte: Elaboração própria com base em SEMA¹⁵

É importante destacar que não somente os tópicos aqui tratados devem ser considerados como restrições, uma vez que os instrumentos de planejamento urbano trazem sua definição própria de áreas de restrição à ocupação, que também consideram a presença de fragilidades ambientais e outras restrições legais, já tratadas no âmbito do presente diagnóstico.

A análise dos aspectos ambientais foi realizada para os Eixos Estruturais de TPC propostos identificados no desenvolvimento do relatório D2, com a finalidade de identificar e localizar aspectos que poderão constituir empecilhos ou trazer dificuldades para o futuro processo de licenciamento destes projetos.

¹⁵ Disponível em: [Unidades de Conservação - Sema - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura](#) Acesso em: 19/08/2024

A Tabela 15, a seguir resume as principais restrições identificadas. Cabe destacar que todos os eixos propostos se encontram em áreas de ocupação urbana consolidada, com distintos sistemas viários em operação.

Os traçados dos Eixos de Transporte Propostos não possuem grandes restrições ambientais, não havendo projetos sobre unidades de conservação (com exceção do BRT Metropolitano) e sendo a principal restrição observada o risco de alagamentos.

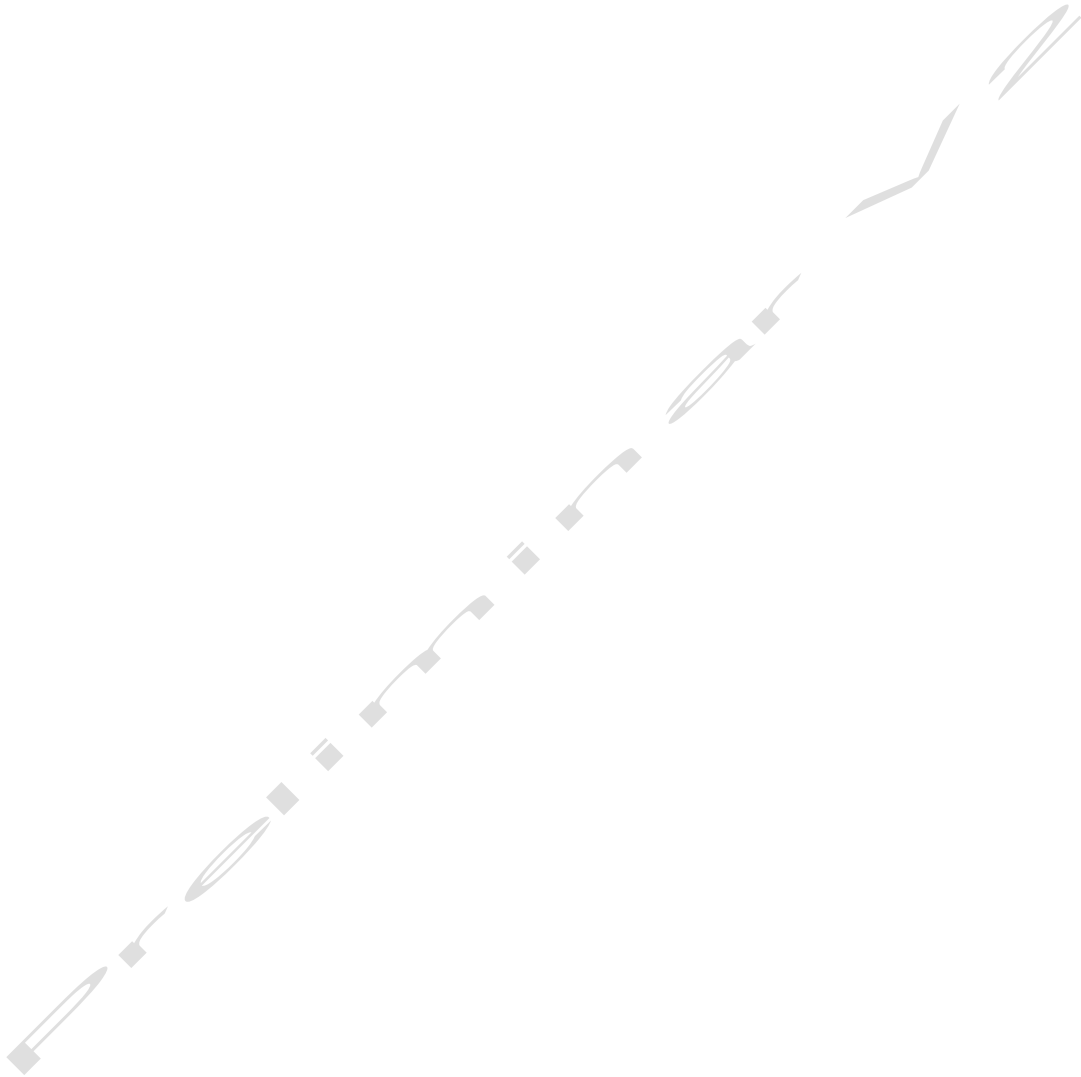


Tabela 15: Resumo dos principais condicionantes para a implantação

Código	Tecnologia	Denominação	Condicionantes ambientais para a implantação									
			Unidades de Conservação				Áreas de Proteção Permanentes - APP			Risco de deslizamento	Áreas de alagamento / enxurrada	
			Estadual		Municipal		Topo de Morro	Curso d'água	Lago/Lagoa			
Proteção Integral	Uso Sustentável	Proteção Integral	Uso Sustentável									
1	Metrô	Metrô Poa										■
2	BRT	BRT Urbano						■			■	■
3	BRT	BRT Metropolitano		■				■	■		■	■
4	Aeromóvel	Linha Aeromóvel - Zona Sul						■			■	■
5	Aeromóvel	Aeromóvel Canoas - Linha Guajuviras										
6	Aeromóvel	Aeromóvel Canoas - Linha Mathias Velho										
7	Aeromóvel	Aeromóvel Canoas - Linha Centro										
9	BRS	Projeto BRS Cachoerinha										■
10	Corredor Central	Projeto Corredor Caminho do Meio - Trecho 1										■
11	Trem	Extensão da Trensurb - Alvorada						■				■

Fonte: Elaboração própria

3.3. Desastres naturais

As avaliações dos riscos das alterações climáticas podem ser qualitativas, semiquantitativas ou totalmente quantitativas, com cada nível baseado no anterior e exigindo um nível crescente de dados, informações e complexidade de desenvolvimento. As diversas unidades territoriais já produzem um conjunto de informações que dão subsídios básico ao planejamento de transporte, de modo a orientar soluções que busquem lidar com as possibilidades de desastres naturais, resultantes das mudanças climáticas.

Com base nas informações disponíveis nas plataformas digitais do Serviço Geológico Brasileiro (SGB) e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), através da Plataforma Adapta Brasil, é possível identificar os potenciais riscos de desastres naturais associados aos eixos de transporte. Conforme mapeado na seção anterior, o território da área de estudo apresenta diversas fragilidades ambientais, sobretudo no que tange aos recursos hídricos, sendo alguns deles interceptados por eixos de transporte. Mesmo que tais eixos estejam inseridos em área urbana consolidada ou de expansão urbana, há de se considerar os impactos resultantes em sua área direta de implantação e o potencial de alteração no entorno, o que, somado às fragilidades existentes, podem potencializar riscos em áreas de maior suscetibilidade.

Foram avaliados os seguintes indicadores extraídos da Plataforma Adapta Brasil:

- **Índice de Risco de Impacto para Seca:** Risco de impacto das mudanças climáticas em sistemas socioecológicos, considerando a ameaça climática de seca;
- **Índice de Ameaça Climática:** Variações climáticas relacionadas à seca, com base em um intervalo climático normal de 20 anos;
- **Índice de Risco para inundações, enxurradas e alagamentos:** Risco de impacto das mudanças climáticas em sistemas socioecológicos, considerando a ameaça de desastres hidrogeológicos no evento de inundações, enxurradas e alagamentos;
- **Índice de Ameaça de inundações, enxurradas e alagamentos:** Índice de ameaça de inundações, enxurradas e alagamentos ocasionadas por chuvas intensas e características geográficas;
- **Índice de Risco para deslizamento de terra:** Risco de impacto das mudanças climáticas em sistemas socioecológicos, considerando a ameaça de desastre hidrogeológicos no evento de deslizamento de terra;
- **Índice de Ameaça de deslizamento de terra:** Índice de Ameaça de deslizamento de terra ocasionado por chuvas intensas e características geográficas.

Conforme consta na Plataforma Adapta Brasil, os índices climáticos foram gerados a partir de modelos climáticos, para o histórico-presente (1970 - 2005) e para projeções climáticas, décadas de 2030 (2030 - 2039) e 2050 (2050-2059), nos cenários pessimista (RCP 8.5) e otimista (RCP 4.5). Importante destacar que esses indicadores são projeções e foram elaborados previamente aos

eventos climáticos ocorridos em maio de 2024 no Rio Grande do Sul (mais bem detalhados no item 3.4 do presente relatório).

Os índices possuem valor entre 0,00 e 1,00, sendo 0,00 a 0,19, sendo considerado risco muito baixo; de 0,20 a 0,39, risco baixo; de 0,40 a 0,59, risco médio; de 0,60 a 0,79, risco alto; e acima de 0,80, risco muito alto.

Especificamente no que tange aos impactos para recursos hídricos, a Plataforma Adapta Brasil, indica que os municípios que compõem a área de estudo, apresentam baixo e médio risco de impacto para Seca, estando mais suscetíveis os municípios de Alvorada, Esteio e Novo Hamburgo. A ameaça climática é classificada como muito baixa em todos os municípios que compõem a área de estudo.

No que se refere aos riscos de desastres hidrogeológicos, somente Porto Alegre possui índice baixo de risco para inundações, enxurradas e alagamentos; Esteio, Gravataí, Novo Hamburgo, apresentam risco médio; Cachoerinha, Canoas, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Viamão apresentam risco alto e Alvorada apresenta risco muito alto. Para a composição desse índice, consideram-se as características geomorfológicas, geológicas, uso do solo e índices climáticos de chuvas intensas (precipitação total em 1 dia e em 5 dias). Já considerando os índices de ameaça, modelados a partir da interação entre os eventos climáticos relacionados a inundações, enxurradas e alagamentos e características topográficas (altitude, declividade, aspecto, curvatura vertical, curvatura horizontal, acúmulo de fluxo), geológicas (tipo de solo, distância dos rios), fatores humanos (cobertura e uso do solo) e as características meteorológicas, tem-se que todos os municípios da Área de Estudo possui índice muito alto de Ameaça de inundações, enxurradas e alagamentos.

No caso dos riscos de desastres hidrogeológicos associados aos deslizamentos de terra, verifica-se risco médio para Canoas e Novo Hamburgo, risco alto Cachoerinha, Gravataí, Porto Alegre, São Leopoldo, Sapucaia do Sul, Viamão, e risco muito alto para Alvorada e Esteio. Já considerando os índices de ameaça, modelada a partir da interação entre os eventos climáticos relacionados a deslizamento de terra, que consideram características topográficas, geológicas, fatores humanos e as características meteorológicas, tem-se que Porto Alegre e Novo Hamburgo possuem índices muito alto de ameaça de deslizamentos; Esteio, São Leopoldo, Sapucaia do Sul e Viamão possuem índice alto e os demais municípios possuem índice médio.

A Tabela 16 sumariza os riscos associados às mudanças climáticas, por unidade territorial, indicando em vermelho situações de risco muito alto, em laranja situações de risco alto, em amarelo risco médio, em verde claro baixo risco e em verde escuro muito baixo risco.

Tabela 16: Riscos associados às mudanças climáticas, por município da AE

Município	Recursos Hídricos		Desastres hidrogeológicos			
	Seca		Inundações, enxurradas e alagamentos		Deslizamentos de terra	
	Índice de Risco	Ameaça Climática	Índice de Risco	Ameaça Climática	Índice de Risco	Ameaça Climática
Alvorada	0,57	0,15	0,80	0,82	0,84	0,59
Cachoeirinha	0,36	0,15	0,76	0,82	0,63	0,43
Canoas	0,38	0,12	0,67	0,82	0,56	0,49
Esteio	0,42	0,12	0,56	0,82	0,81	0,69
Gravataí	0,29	0,15	0,48	0,82	0,60	0,49
Novo Hamburgo	0,44	0,11	0,46	0,82	0,55	0,86
Porto Alegre	0,30	0,12	0,26	0,82	0,72	0,86
São Leopoldo	0,36	0,11	0,67	0,82	0,68	0,78
Sapucaia do Sul	0,38	0,15	0,71	0,82	0,79	0,78
Viamão	0,44	0,15	0,71	0,82	0,73	0,63

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Adapta Brasil - MCTI

Os mapas apresentados na seção anterior, elaborados a partir das informações disponíveis na plataforma do serviço geológico Brasileiro, espacializam as áreas mais susceptíveis a desastres hidrogeológicos, indicando os pontos críticos a serem observados durante a concepção de cada projeto no que tange à suscetibilidade a alagamentos e enxurradas e aos deslizamentos de terra.

A identificação de tais impactos e riscos relacionados é ferramenta fundamental como caminho para a ação e aplicação de medidas e ajustes necessários à promoção da resiliência dos projetos. Cita-se como exemplo, numa fase de desenvolvimento de projeto, alterar a fonte de energia, ou ainda alterar uma tipologia construtiva de uma edificação, para que seja menos dependente de aparelhos de refrigeração, ou prever materiais mais resistentes ao calor, dentre inúmeras possibilidades.

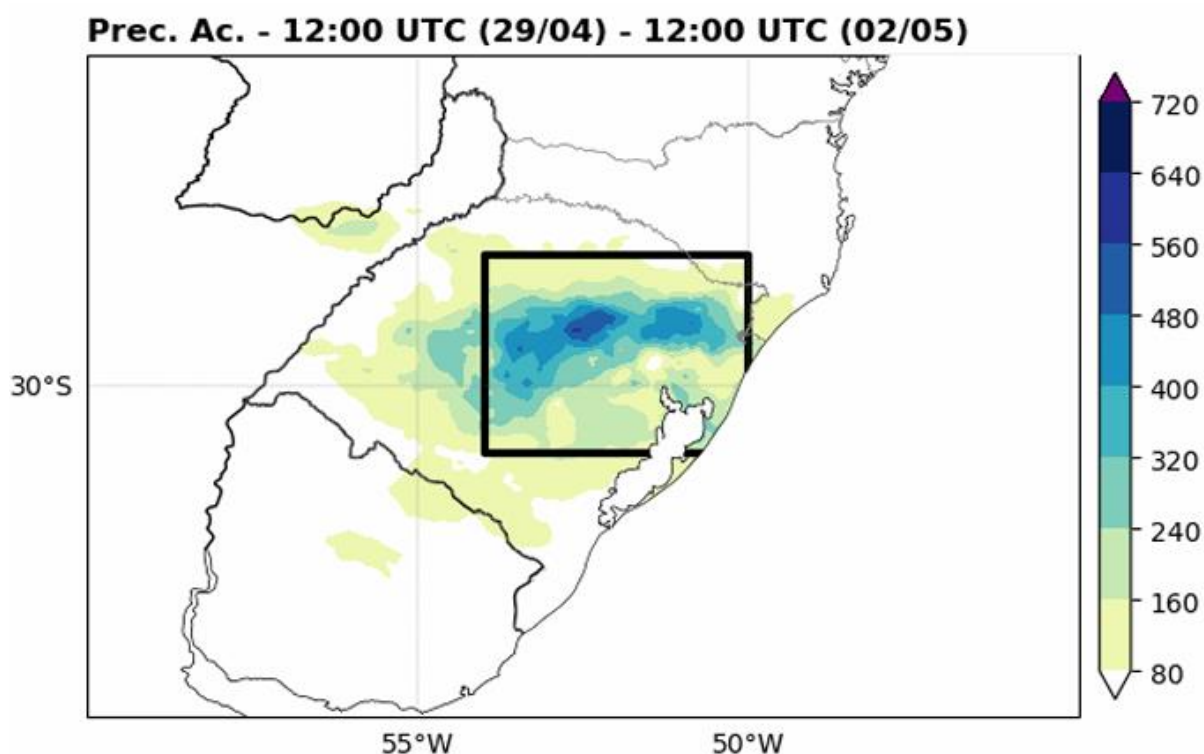
É importante destacar que a repetição e detalhamentos de avaliações de risco auxiliam o rastreamento das possíveis alterações de projeto e seu monitoramento quanto à adaptação, principalmente em função de mudanças ao longo do tempo, seja devido à própria evolução das mudanças climáticas, seja devido à evolução da disponibilidade de dados.

3.4. Enchente do Rio Grande do Sul em maio de 2024

Em relação a desastres naturais, o presente item versa sobre os eventos climáticos ocorridos no estado no Rio Grande do Sul em 2024. Entre o final do mês de abril (27) e começo de maio (02) de 2024 o Rio Grande do Sul registrou o pior evento meteorológico de sua história. A sucessão de dias de instabilidade atmosférica com chuvas constantes e intensas resultou em acentuada elevação do nível dos rios, especialmente da Bacia Hidrográfica do Guaíba. Como resultado, o Estado teve 478 de seus 497 municípios afetados, com mais de 500.000 desalojados/desabrigados, quase 200 óbitos e mais de 1 milhão de pessoas sem água potável. Os acumulados de chuva em apenas 3

dias superaram 600 mm em alguns municípios e uma ampla área do Estado registrou precipitações superiores a 400 mm, conforme apresentado no mapa da Figura 44.

Figura 44: Acumulado de chuvas entre 29/04/2024 e 02/05/2024 no RS



Fonte: INPE¹⁶

Conforme explicado pelo núcleo de pesquisas Núcleo de Pesquisa em Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (GESPLA)¹⁷, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o desastre envolveu a interação de três dimensões. A primeira, de natureza meteorológica, combinou efeitos do El Niño, zona de baixas pressões, presença de calor e umidade, que contribuem para bloquear frentes frias e concentrar áreas de instabilidade sobre o estado, resultando em grandes acumulados de chuva. Uma segunda, de natureza geomorfológica/hidrológica, combinou a afluência dos rios Jacuí, Taquari e Caí. Esses rios nascem e escoam por regiões mais altas, em terreno montanhoso, de formação basáltica, onde a declividade é maior. São também regiões mais susceptíveis aos deslizamentos e movimentos de massas que transportam sedimentos para a água e aumentam a turbidez. É um conjunto de características que faz com que chuvas provoquem rápidas respostas de escoamento. Ao se aproximarem da região metropolitana de Porto Alegre, os

¹⁶ Disponível em: [chuvas-rio-grande-do-sul.pdf \(www.gov.br\)](#) Acesso em: 13/08/2024

¹⁷ Disponível em: [NT-CHEIA-2024-GESPLA_VF.pdf \(ufrgs.br\)](#) Acesso em: 13/08/2024

rios fluem por uma região mais plana, com áreas inundáveis. A água, que vem escoando de forma rápida, perde velocidade ao extravasar para essas planícies.

A Figura 45 apresenta um dos principais marcos do evento, o nível do lago Guaíba. No dia 5 de maio, o volume do Guaíba chegou à marca histórica de 5,33 metros, sendo que a cota de inundação, marco referencial para situações de crise, é de 3 metros. Até o dia 3 de maio de 2024, o recorde de cheia do Guaíba ocorrera no evento climático de 1941. Naquela época, uma chuva de cerca de 870 milímetros ao longo de 24 dias elevou o nível do lago para 4,76 metros.

Figura 45: Nível do Guaíba de janeiro a maio de 2024



Fonte: ANA¹⁸

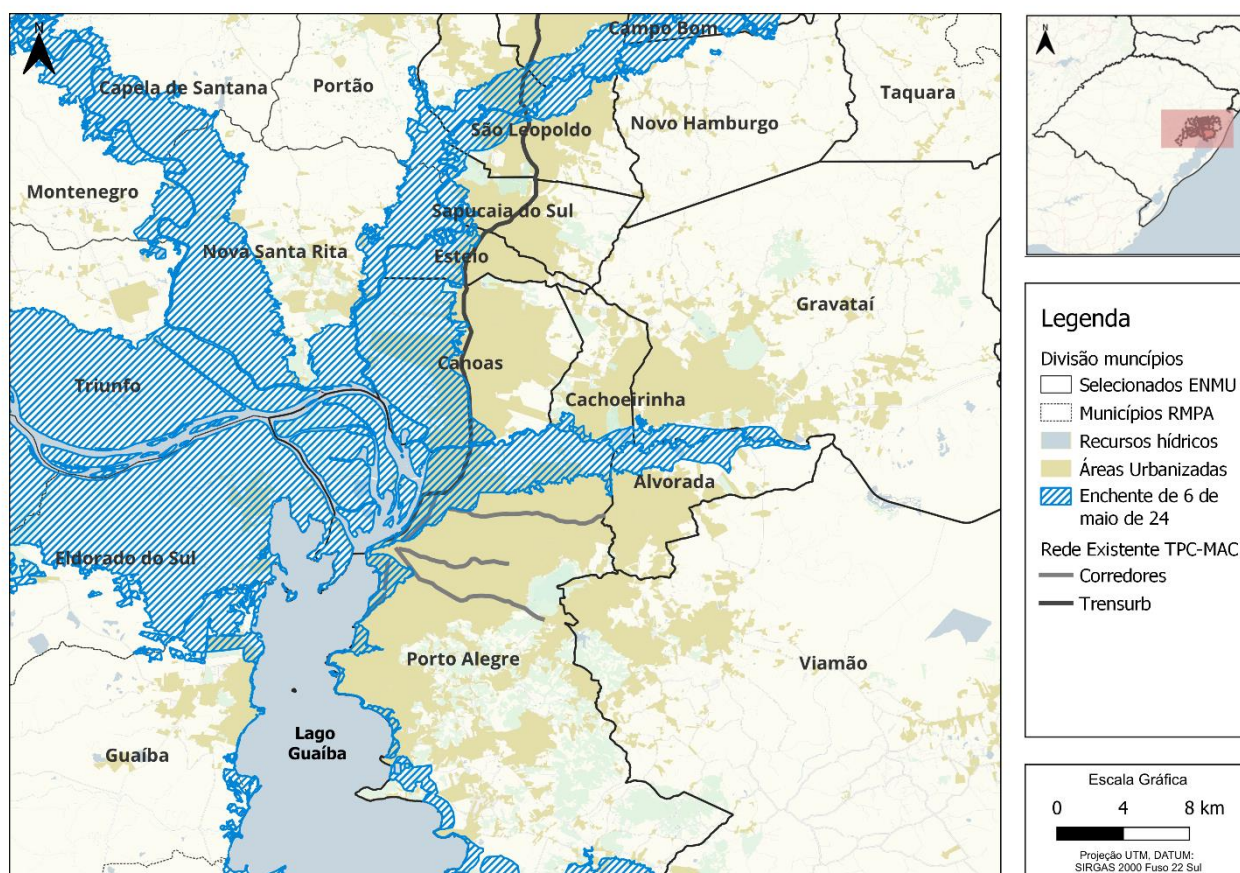
Conforme explicado pelo GESPLA¹⁹, a combinação das dimensões meteorológicas e geomorfológicas/hidrológicas traz a possibilidade de ocorrência de cheias de grandes proporções, como no caso em questão, atingindo o maior nível do Guaíba registrado na série histórica. Entretanto, é a presença de uma terceira dimensão, a antrópica, que transformou a cheia, um evento natural e de ocorrência periódica, em um desastre.

¹⁸ Disponível em: [Cinco gráficos que dimensionam o desastre climático no Rio Grande do Sul | Aos Fatos](#) Acesso em: 13/08/2024

¹⁹ Disponível em: [NT-CHEIA-2024-GESPLA_VF.pdf \(ufrgs.br\)](#) Acesso em: 13/08/2024

As planícies de inundação dos rios Jacuí, Taquari e Caí, Sinos e Gravataí são bastante ocupadas. A população no entorno do Guaíba e delta do Jacuí aumentou de aproximadamente 995 mil nos anos 1970 para mais de 2 milhões em 2020. Boa parte dessa ampliação com edificações e habitações ocupando área de perigo de inundação, a exemplo da dinâmica de mudança no uso do solo em Porto Alegre e Eldorado, além de outros municípios na região. A Figura 46 apresenta a mancha de inundação de maio de 2024 com a delimitação das áreas urbanizadas dos municípios da área de estudo, onde é possível perceber que Porto Alegre, Canoas e São Leopoldo tiveram grande parte dos seus territórios tomados pela água.

Figura 46: Mapa da enchente do Rio Grande de Sul de maio de 2024



Fonte: Elaboração própria com base dados do IPH e IBGE.

Para mitigar os riscos de inundações nessas regiões, a estratégia historicamente adotada em alguns municípios da região focou na implementação de medidas estruturais (como diques, muros e casa de bombas), complementadas mais recentemente por medidas não estruturais (sistemas de alerta, monitoramento e regulamentação no uso do solo).

Ainda conforme o GESPLA²⁰, as dimensões meteorológica e geomorfológica estão largamente fora do controle dos governos locais no médio prazo. A longo prazo, a redução na emissão de gases efeito estufa continua sendo uma estratégia importante, em nível global, para evitar que eventos extremos se tornem mais frequentes e intensos. Porém, na esfera de atuação de um país/estado/município as mudanças já são reais e requerem estratégias urgentes para resiliência e adaptação. No contexto da dimensão antrópica, resiliência significa resistência às adversidades e capacidade de se recuperar mais rapidamente.

Tornar a sociedade mais resiliente implica em medidas de adaptação. De forma pragmática para municípios e estados, isso significa mudar o planejamento e as escolhas sobre o uso do solo, água e infraestrutura para permitir a convivência com eventos de cheia sem perdas catastróficas, especialmente de vidas.

Importante destacar que a localização de Porto Alegre e a dinâmica do Lago Guaíba, que banha toda a sua porção oeste, demandam soluções que vão além do território municipal. Neste sentido, é necessário que sejam desenvolvidas ações de prevenção aos riscos climáticos, com enfoque para as inundações e tempestades, em conjunto com os demais municípios localizados na bacia do Guaíba. Para isso, é necessário adotar uma visão sistêmica e compreender que diversos setores e esferas de governo devem dialogar ao formularem soluções de curto e médio prazo, além de políticas urbanas e ambientais.

Na sequência dos eventos climáticos, merece destaque a situação da Trensurb que enfrenta o grande desafio de retomar a pleno suas atividades. As inundações causaram danos significativos nos sistemas elétricos e eletrônicos, via permanente, edificações e equipamentos da empresa, limitando o trajeto apenas entre as estações Canoas e Novo Hamburgo, em uma operação emergencial com diversas restrições.

A Figura 47 apresenta uma foto durante o período das enchentes, onde é possível perceber somente o topo do muro de vedação da via aparente, e o restante submerso.

²⁰ Disponível em: [NT-CHEIA-2024-GESPLA_VF.pdf \(ufrgs.br\)](#) Acesso em: 13/08/2024

Figura 47: Nível da água nos trilhos da Trensurb



Fonte: Jornal Sul 21²¹

Conforme Plano de Recuperação apresentado pela empresa em 08 de julho de 2024, a meta principal é possibilitar, primeiramente, a retomada da circulação das composições entre as estações Novo Hamburgo e Farrapos até setembro de 2024. Em um segundo momento, a previsão é chegar até a Estação Mercado, no Centro de Porto Alegre, até dezembro de 2024, ainda com restrições de velocidade e nos intervalos entre viagens, mas com todas as garantias de segurança.

Com base em levantamentos realizados pelo corpo técnico da empresa desde o início das enchentes, foram identificados 55 projetos necessários para a recuperação da Trensurb e a retomada da operação plena, totalizando um investimento estimado de R\$ 273 milhões. Esses projetos preveem a recuperação de sistemas de energia, sinalização, bilhetagem, via permanente, edificações e equipamentos.

A Figura 48 apresenta a situação do acesso da Estação Mercado após o nível da água baixar na área central do município de Porto Alegre. Por possuir tuneis de acesso subterrâneos, o acesso a plataforma ficou completamente bloqueado.

²¹ Disponível em: [Embaixo d'água, operação da Trensurb entre Mercado e São Pedro não tem data de retorno - Sul 21](#)
Acesso em: 13/08/2024

Figura 48: Acesso da Estação Mercado



Fonte: RBS TV²²

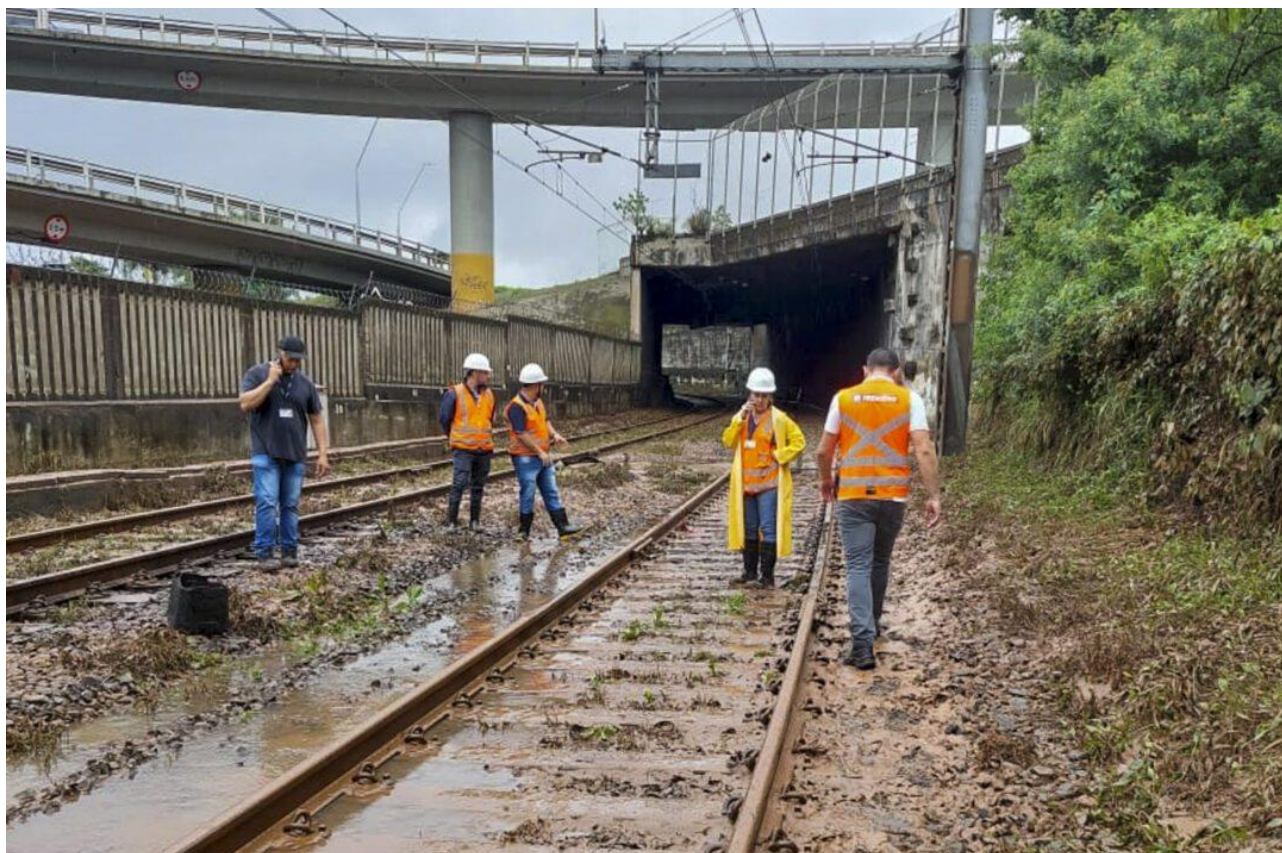
O principal fator para permitir a ampliação da operação é a recuperação dos sistemas de abastecimento e proteção de energia. Com a enchente, duas das cinco subestações da empresa – Farrapos, em Porto Alegre, e Fátima, em Canoas –, além de cabines de proteção ao longo da linha, ficaram alagadas, sofrendo danos permanentes em equipamentos de alta tensão. Isso prejudica o fornecimento de energia para a tração dos trens. As subestações da Trensurb recebem a energia elétrica das concessionárias, em alta tensão e corrente alternada, e convertem para corrente contínua, reduzindo também a voltagem para que possa alimentar a tração dos trens. Já as cabines equalizam a tensão ao longo da rede e isolam trechos conforme necessário.

Outro projeto importante é a recuperação da via permanente, incluindo a substituição do lastro de pedra britada que foi afetado pelas enchentes e contaminado pela areia e lodo, tendo suas características modificadas e prejudicando a estabilidade da via. Isso acarreta também a necessidade de troca de dormentes, seja por danos causados diretamente pelo evento climático ou pelo desgaste natural pelo tempo de uso (acelerado em função das enchentes). Esse trabalho de recuperação da via deverá ser realizado em um trecho de cerca de 22 quilômetros de trilhos,

²² Disponível em: [Enchentes no RS: Trensurb drena água em túnel por onde passageiros chegam a trens; local estava inacessível | Rio Grande do Sul | G1 \(globo.com\)](https://g1.globo.com/rio-grande-do-sul/noticia/2024/08/13/enchentes-no-rs-trensurb-drena-agua-em-tunel-por-onde-passageiros-chegam-a-trens-local-estava-inacessivel-rio-grande-do-sul-g1-globo.com) Acesso em: 13/08/2024

resultando na necessidade de substituição de até 16,7 mil dormentes. A Figura 49 apresenta um registro dos técnicos da Trensurb avaliando os impactos causados nos trilhos.

Figura 49: Técnicos avaliando os impactos nos trilhos da Trensurb



Fonte: Trensurb²³

Outra questão importante é que com a operação limitada, os quase 100 mil passageiros diários da linha do Trensurb ficaram sem acesso ao município de Porto Alegre, visto que a linha está operando somente até Canoas. O restante do trajeto, até a estação Mercado no centro de Porto Alegre, está sendo realizado através de um contrato emergencial com ônibus.

Os ônibus, devidamente identificados, fazem o trajeto direto, sem paradas intermediárias e em ambos os sentidos, entre o terminal de integração da Estação Mathias Velho e o terminal Parobé, junto ao Mercado Público de Porto Alegre. Do terminal da Estação Mathias Velho, a primeira partida dos coletivos será às 5h15 e a última, às 22h45. Do terminal Parobé, o primeiro ônibus sai às 5h30 e o último, às 21h10. A frequência das viagens dos coletivos é conforme a demanda de passageiros.

²³ Disponível em: [Após interrupção parcial, Trensurb volta a operar normalmente entre a Capital e Novo Hamburgo - Sul 21](#) Acesso em: 13/08/2024

O serviço está sendo custeado pela Trensurb, não havendo cobrança de passagem nos ônibus, apenas na linha de bloqueios do metrô. O percurso, porém, aumenta o tempo de viagem para os usuários, pois os ônibus transitam pela BR-116, rodovia sobrecarregada nos horários de pico.

Segundo relatos do Diretor Presidente Ernani Fagundes, em reunião realizada com a equipe do consórcio, a empresa está aproveitando esse momento para reavaliar o traçado do atual sistema entre a Estação Farrapos e a Estação Mercado em Porto Alegre. Está sendo considerada a possibilidade de desviar o traçado afastando-o da orla e fazendo com que o Trensurb prossiga até o centro utilizando as Avenidas Assis Brasil e Voluntários da Pátria.

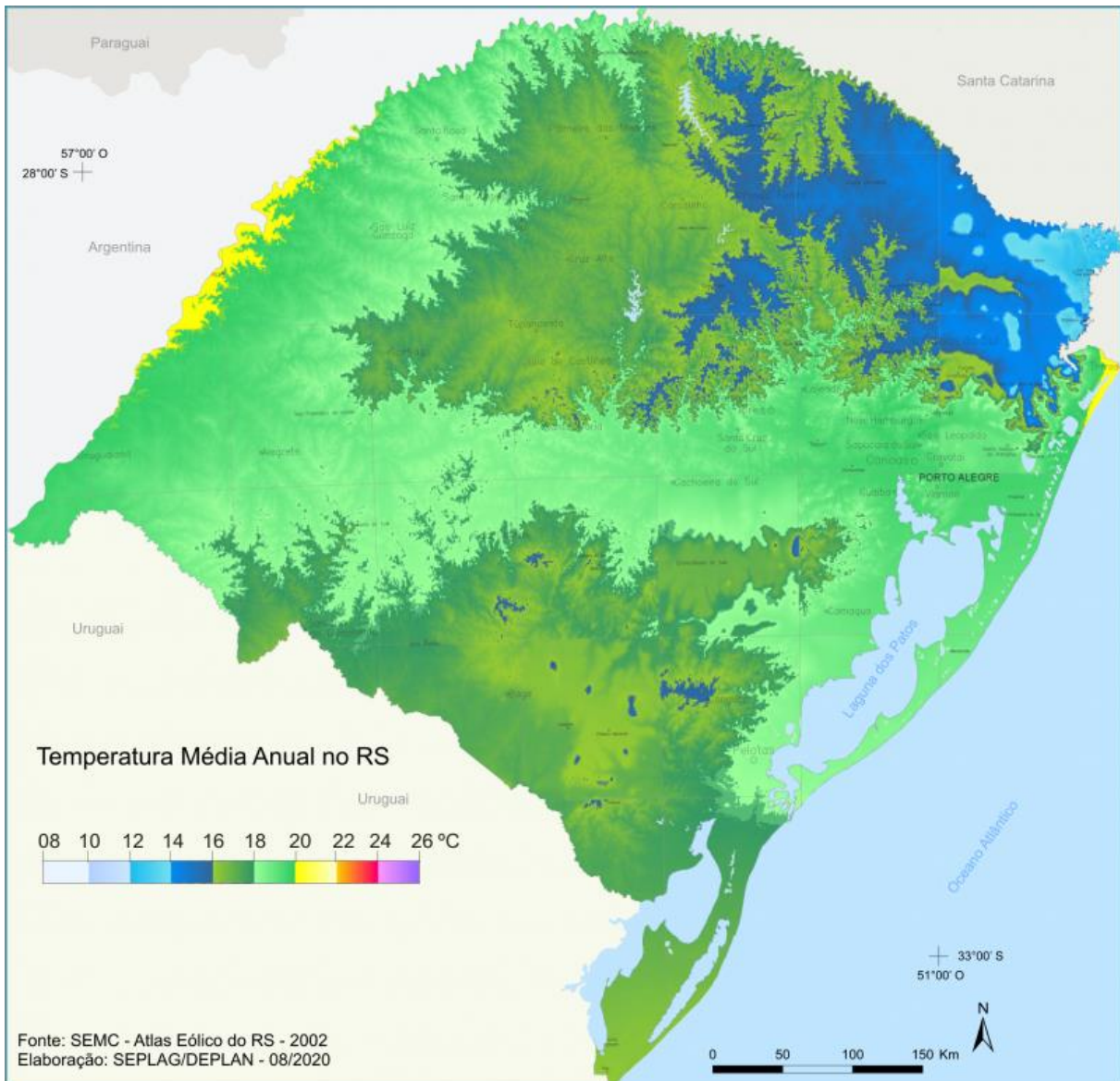
Também está sendo considerado a ampliação do Trensurb com uma nova linha partindo da futura Estação Cairú (do traçado novo pela Av. Assis Brasil) até o município de Alvorada, passando pela Av. Cairu, Av. Assis Brasil e Av. Baltazar e Oliveira Garcia, chegando até município de Alvorada através da Av. Getúlio Vargas.

3.5. Projeções de temperaturas e precipitações

O clima do Rio Grande do Sul é Temperado do tipo Subtropical, classificado como Mesotérmico Úmido (classificação de Köppen). Devido à sua posição geográfica, entre os paralelos 27°03'42" e 33°45'09" de latitude sul, e 49°42'41" e 57°40'57" de longitude oeste, o clima no Rio Grande do Sul apresenta grandes diferenças em relação ao Brasil. A latitude reforça as influências das massas de ar oriundas da região polar e da área tropical continental e atlântica. A movimentação e os encontros destas massas definem as características climáticas da região.

As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geadas e precipitação eventual de neve. As temperaturas médias variam entre 15°C e 18°C, com mínimas de até -10°C e máximas de 40°C. A Figura 50 apresenta a temperatura média anual do Rio Grande do Sul, demonstrando que a porção nordeste do estado apresenta as menores médias de temperatura. A RMPA onde está inserida da Área de Estudo possui média de temperatura entre 18° e 20°C.

Figura 50: Temperatura média anual do RS



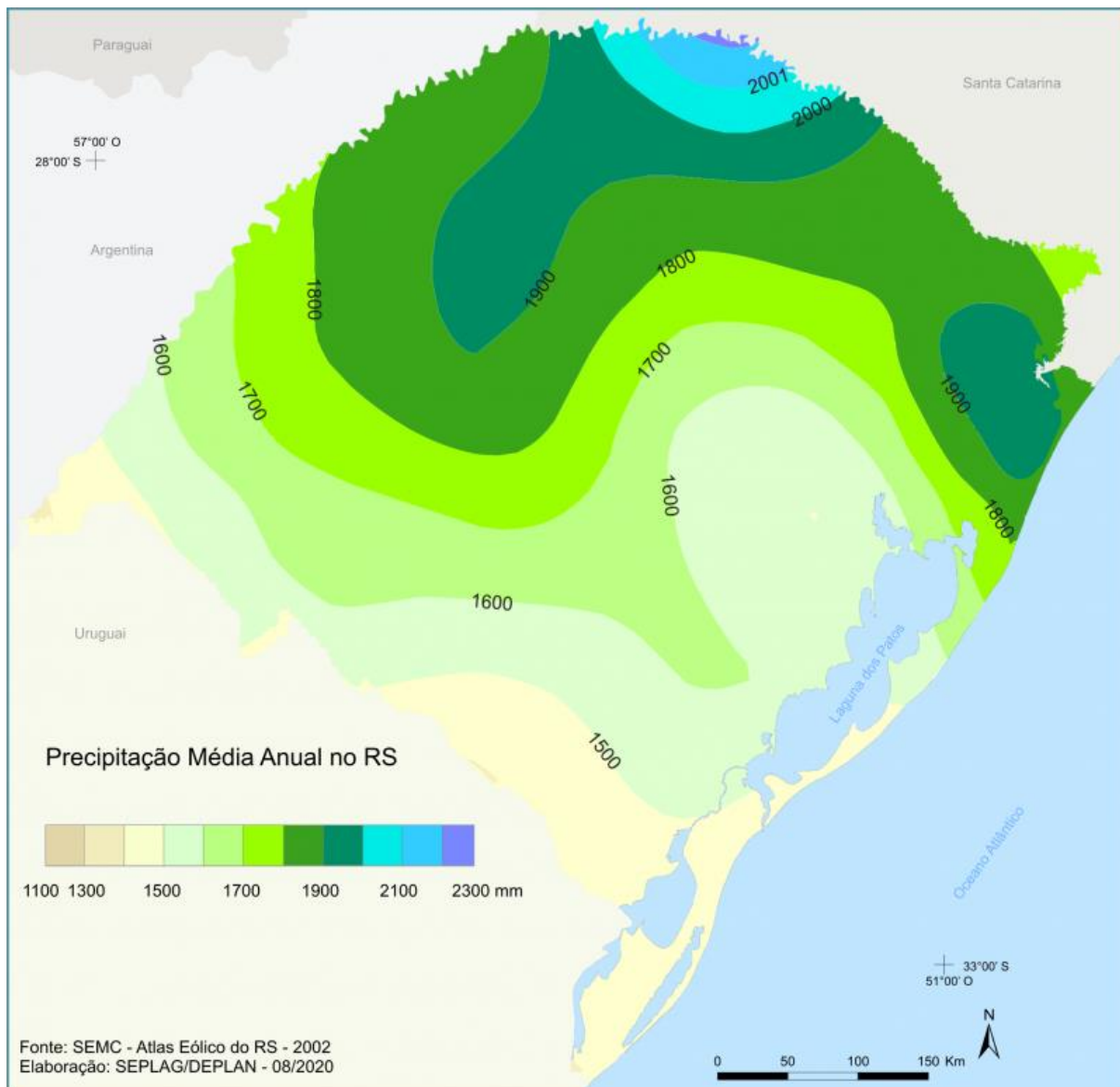
Fonte: Atlas socioeconômico do RS²⁴

Com relação às precipitações, o Estado apresenta uma distribuição relativamente equilibrada das chuvas ao longo de todo o ano, em decorrência das massas de ar oceânicas que penetram no território. O volume de chuvas, no entanto, é diferenciado. Ao Sul a precipitação média se situa entre 1.299 e 1.500 milímetros e, ao norte a média está entre 1.500 e 1.800 milímetros, com intensidade maior de chuvas a nordeste do Estado, especialmente na encosta do planalto Meridional. A Figura

²⁴ Disponível em: [Clima, temperatura e precipitação - Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul \(atlassocioeconomico.rs.gov.br\)](http://atlassocioeconomico.rs.gov.br) Acesso em: 08/08/2024

51 apresenta do mapa da precipitação média anual do estado, onde é possível observar que RMPA, onde está inserida a Área de Estudo possui média anual de entorno de 1.700 milímetros.

Figura 51: Precipitação média anual do RS



Fonte: Atlas socioeconômico do RS²⁵

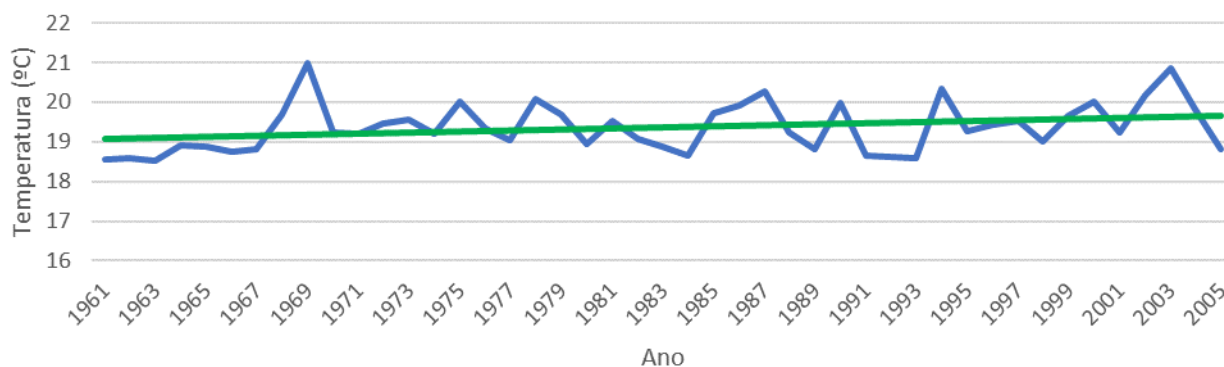
3.5.1. Temperatura

Para as projeções de temperatura foram utilizados os dados provenientes do portal Projeções Climáticas no Brasil, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

²⁵ Disponível em: [Clima, temperatura e precipitação - Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul \(atlassocioeconomico.rs.gov.br\)](http://atlassocioeconomico.rs.gov.br) Acesso em: 08/08/2024

A Figura 52 ilustra, em azul, as temperaturas médias anuais registradas na cidade de Porto Alegre entre os anos 1961 e 2005, que variam entre 18,5°C e 21°C, apresentando temperatura média de 19,4°C. Em verde, a linha de tendência indica um aumento de 1,4% ao longo dos anos analisados.

Figura 52: Histórico de temperatura média anual de Porto Alegre

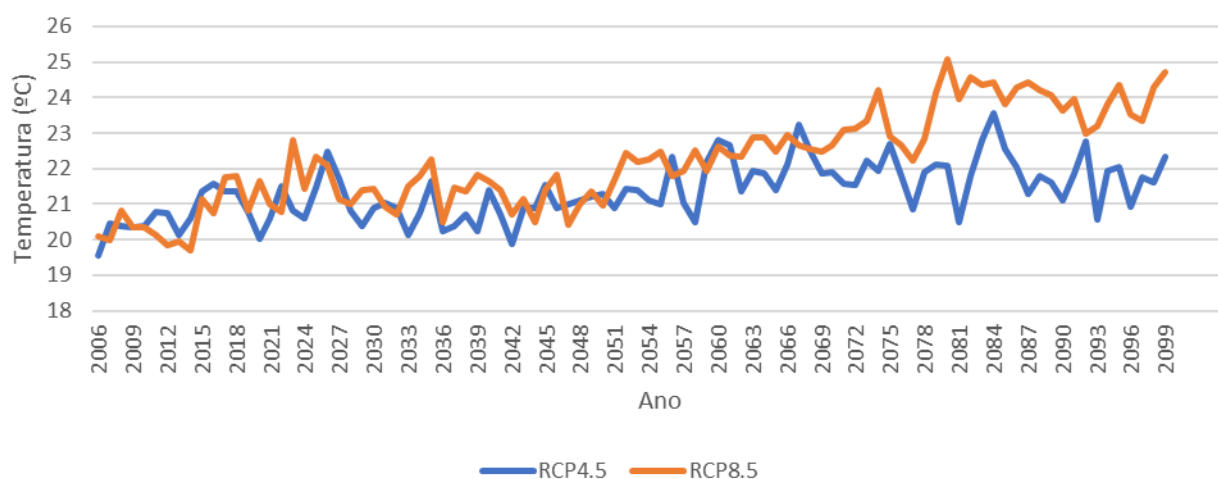


Fonte: INPE²⁶

A Figura 53 ilustra as projeções, para o período de 2006 a 2099, da temperatura média anual considerando dois cenários: emissões estabilizadas (RCP 4.5) e altas emissões (RCP 8.5). A menor temperatura média anual projetada para o cenário RCP 4.5 é de 19,5°C, logo no primeiro ano de estudo, enquanto a maior é de 23,5°, para 2084. Para o cenário RCP 8.5, as temperaturas médias anuais são ainda maiores, apresentando a menor no ano de 2014, com 19,7°, e a maior no ano de 2080, com mais de 25°C como média anual. Estes eventos representam um aumento de 11% para o primeiro cenário e 19% para o segundo, quando comparados à maior temperatura média anual registrada. Quando analisadas suas tendências, existe um aumento de 1,7% para RCP 4.5 e 4,3% para RCP 8.5.

²⁶ Disponível em: [Dados Climáticos \(inpe.br\)](https://dados.climaticos.inpe.br) Acesso em: 19/08/2024

Figura 53: Projeção de temperatura média anual para Porto Alegre



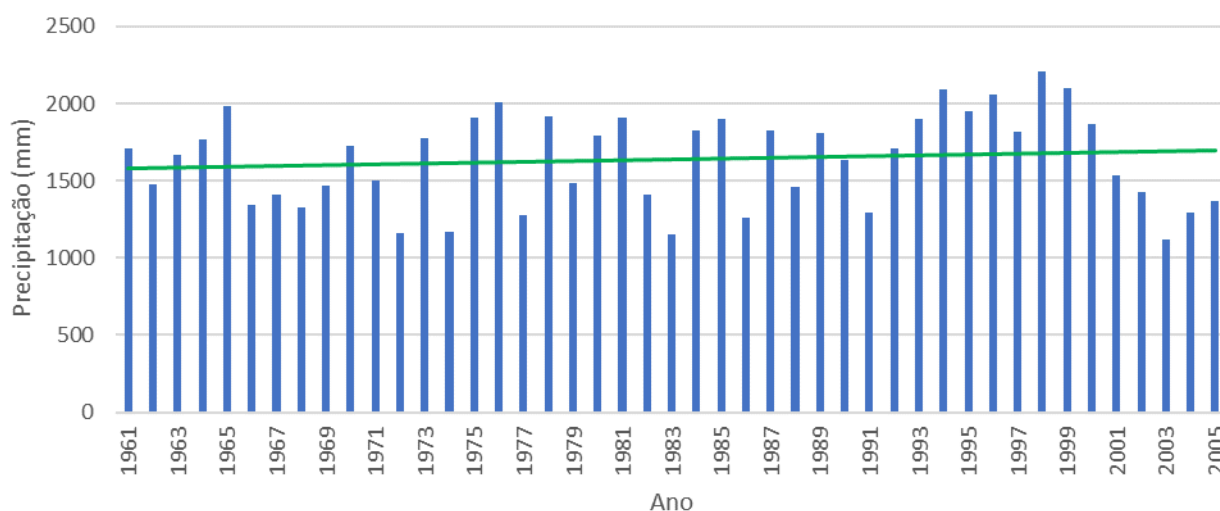
3.5.2. Precipitações

Para as projeções de precipitações também foram utilizados os dados provenientes do portal Projeções Climáticas no Brasil, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A Figura 54 mostra as precipitações anuais registradas entre 1961 e 2005, apresentando uma média de 1640 milímetros. O menor volume registrado foi de 1120 milímetros (2003), enquanto o maior foi de 2200 milímetros (1998), demonstrando uma grande amplitude de eventos no decorrer de apenas 5 anos. Analisando os dados globalmente, se verifica o aumento da precipitação, através da linha de tendência indicada em verde no gráfico.

²⁷ Disponível em: [Dados Climáticos \(inpe.br\)](https://dados.climaticos.inpe.br) Acesso em: 19/08/2024

Figura 54: Histórico de precipitação total anual de Porto Alegre

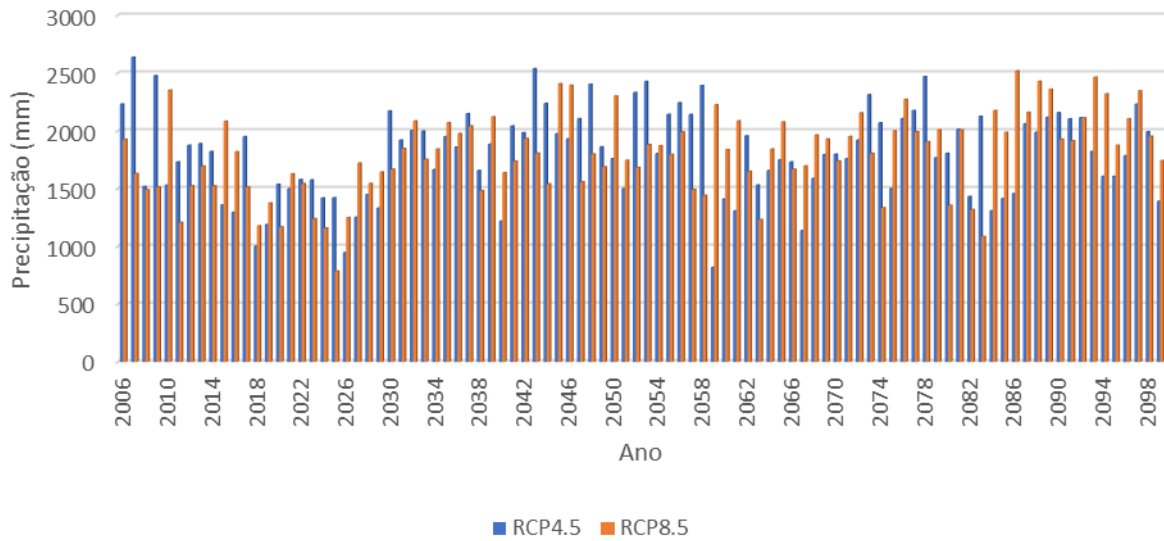


Fonte: INPE²⁸

A Figura 55 indica as precipitações projetadas de 2006 a 2099 para os dois cenários de emissões. Para ambos os cenários, estão previstos alguns anos bastante secos, com menos de 1000 milímetros ao longo do ano, mas em mais de 65% dos anos, volumes previstos acima da média histórica registrada, podendo chegar a 2.630 milímetros para RCP 4.5 e 2.520 milímetros para RCP 8.5.

²⁸ Disponível em: [Dados Climáticos \(inpe.br\)](https://dados.climaticos.inpe.br/). Acesso em: 19/08/2024

Figura 55: Projeção de precipitação total anual para Porto Alegre

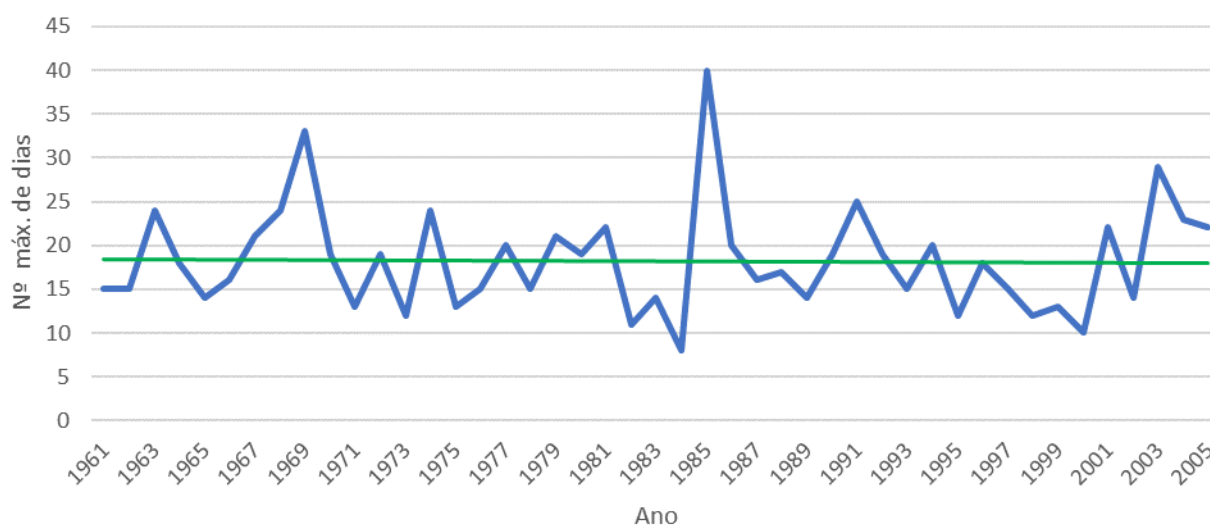


Fonte: INPE²⁹

O maior número de dias consecutivos sem chuva registrados por ano entre 1961 e 2005 estão ilustrados na Figura 56, apresentando média de 18 dias e maior período seco de 40 dias. Na linha de tendência em verde podemos observar uma certa estabilização deste número, variando pouco mais de 1% ao longo dos anos de análise, indicando a diminuição de dias secos consecutivos.

²⁹ Disponível em: [Dados Climáticos \(inpe.br\)](https://dados.climaticos.inpe.br/) Acesso em: 19/08/2024

Figura 56: Histórico de número máximo de dias secos consecutivos em Porto Alegre

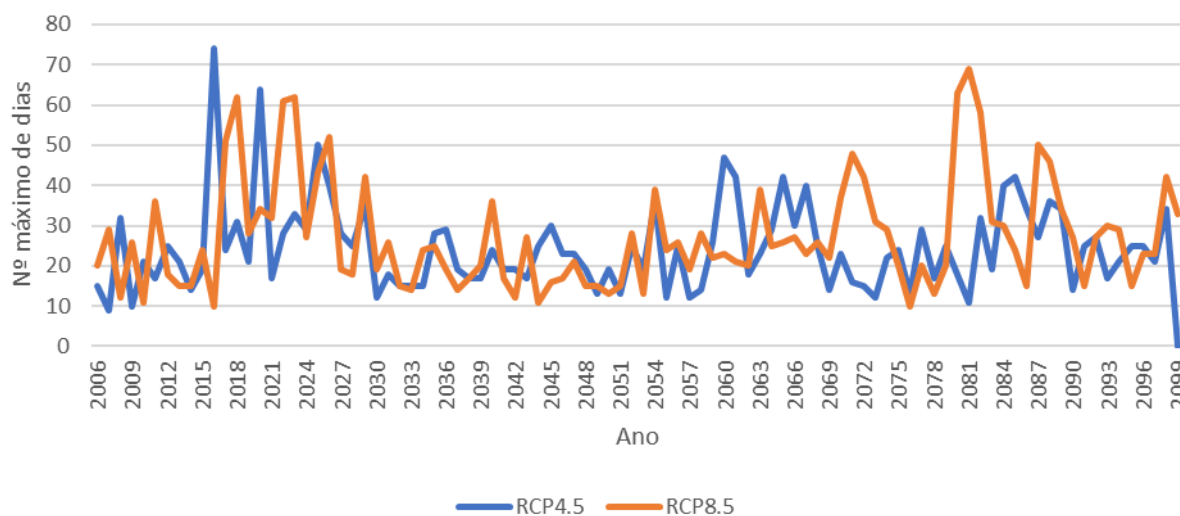


Fonte: INPE³⁰

Apesar do aumento esperado da precipitação anual na região ao longo dos anos, está previsto também o aumento dos dias secos consecutivos: de 1,7% e média de 24 dias para o RCP 4.5 e de 5,1% e média 27 dias para o RCP 8.5. Para os dois cenários existem secas previstas de cerca de 70 dias, que podem ser verificados na Figura 57.

³⁰ Disponível em: [Dados Climáticos \(inpe.br\)](https://dados.climaticos.inpe.br/) Acesso em: 19/08/2024

Figura 57: Projeção de número máximo de dias secos consecutivos para Porto Alegre

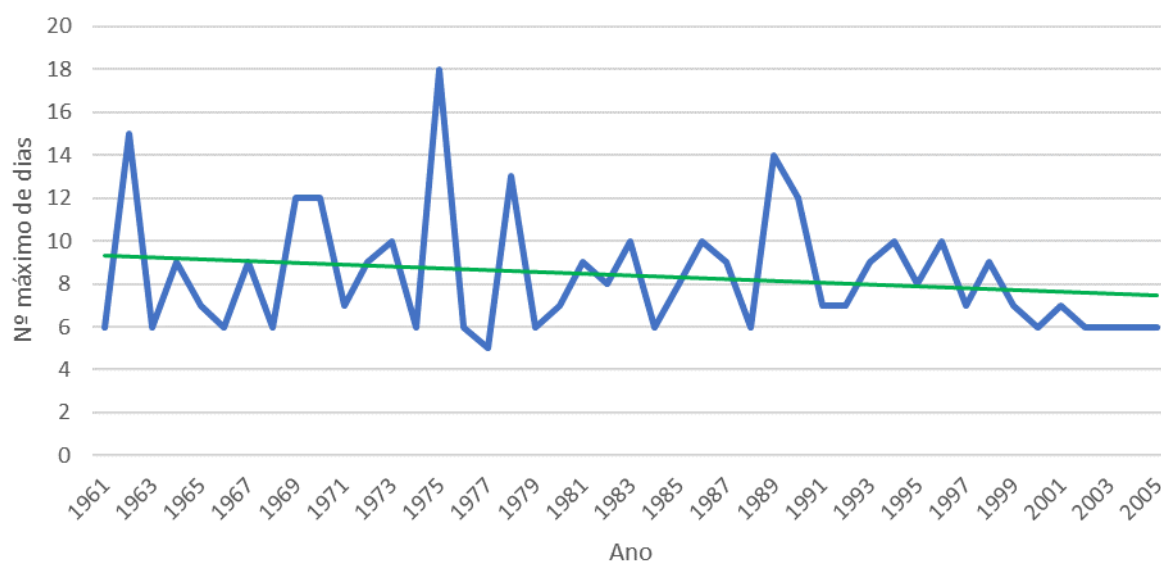


Fonte: INPE³¹

Na Figura 58 estão demonstrados o máximo de dias consecutivos com chuva ao longo dos anos na região de Porto Alegre, com valores que variam entre 5 e 18 e possuem média de 8,4 dias. É possível observar a diminuição destes eventos ao longo dos anos, indicando uma certa estabilização nos últimos anos registrados.

³¹ Disponível em: [Dados Climáticos \(inpe.br\)](https://dados.climaticos.inpe.br/). Acesso em: 19/08/2024

Figura 58: Histórico de número máximo de dias consecutivos com chuva em Porto Alegre

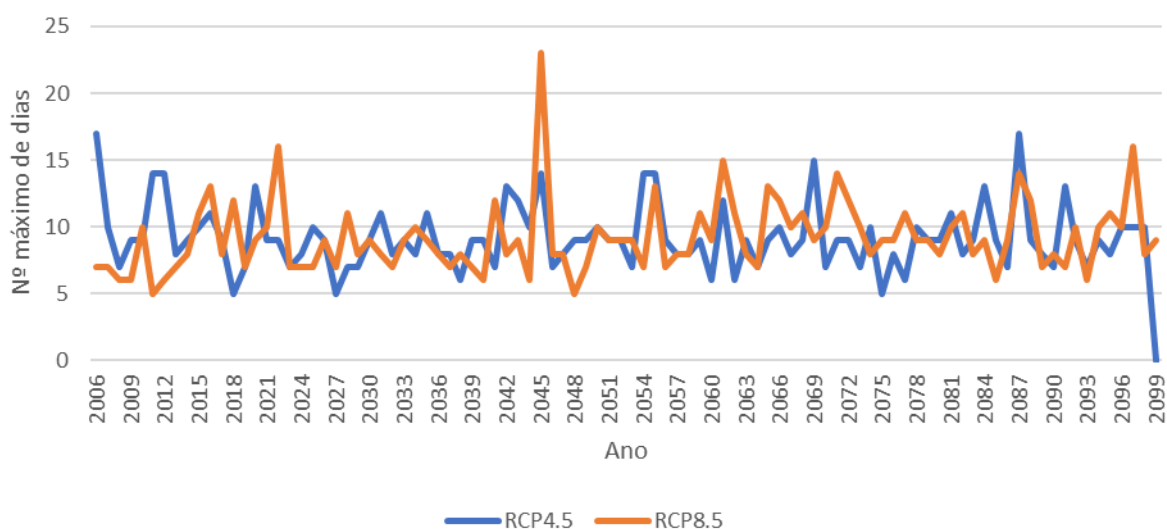


Fonte: INPE³²

Quanto à projeção do número máximo de dias consecutivos com chuva, mostrada na Figura 59, existe uma certa estabilização, com valores médios em torno de 9 dias para ambos os cenários. O cenário RCP 4.5 não prevê nenhuma chuva mais duradoura do que os eventos já registrados, enquanto o cenário RCP 8.5 prevê 23 dias de chuva para o ano de 2045.

³² Disponível em: [Dados Climáticos \(inpe.br\)](https://dados.climaticos.inpe.br) Acesso em: 19/08/2024

Figura 59: Projeção de número máximo de dias consecutivos com chuva para Porto Alegre



Fonte: INPE³³

3.6. Emissões Atmosféricas

O inventário de emissões é um instrumento fundamental para orientar a gestão das políticas climáticas e se configura como um dos passos necessários à elaboração da estratégia de enfrentamento às mudanças climáticas. Dos municípios da área de estudo, somente dois já realizaram inventários de emissões: Porto Alegre e Canoas.

3.6.1. Porto Alegre

Porto Alegre já realizou duas edições do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Entre 2012 e 2016, a Prefeitura de Porto Alegre recebeu o apoio técnico do ICLEI América do Sul para a elaboração do 1º Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, por meio do projeto Urban Leds.

Conforme o relatório, em 2013, Porto Alegre emitiu 2,8 MtCO₂e, das quais 66% foram provenientes do setor de transportes, 20% de resíduos e 14% de fontes estacionárias (residências, edifícios comerciais e institucionais, indústria, atividades agrícolas, florestais e pesca, emissões ligadas à mineração, emissões ligadas a sistemas de óleo e gás natural).

O segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, elaborado entre os meses de janeiro a julho de 2021, elenca as principais fontes emissoras de gases poluentes da cidade e subsidia o

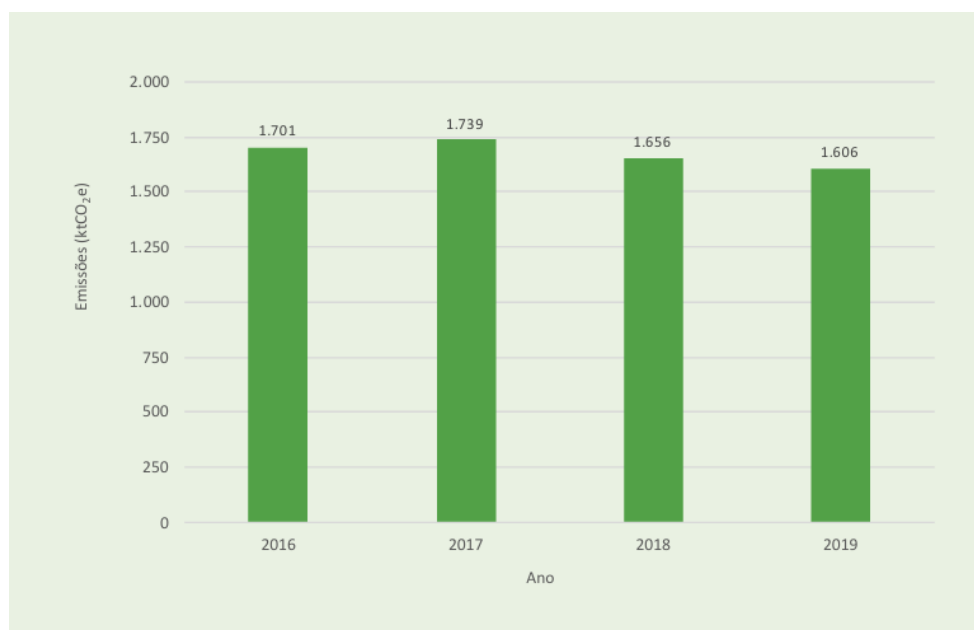
³³ Disponível em: [Dados Climáticos \(inpe.br\)](https://dados.climaticos.inpe.br/). Acesso em: 19/08/2024

desenvolvimento de estratégias de redução de emissões e ações de mitigação dos impactos do clima.

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

Especificamente sobre o setor de transportes foram consideradas as emissões provenientes da queima de combustíveis em veículos e equipamentos móveis e do consumo de energia elétrica do trem metropolitano. Foram calculadas as emissões do setor de Transportes para os anos 2016, 2017, 2018 e 2019, conforme apresentado na Figura 60. As emissões provenientes do setor de Transportes na cidade de Porto Alegre apresentaram pouca variação ao longo dos anos. No ano de 2017 ocorreu um leve aumento de 2% nas emissões, com redução nos anos seguintes. O ano de 2019 apresentou aproximadamente 6% de redução em comparação às emissões de 2016.

Figura 60: Emissões totais para o setor de Transportes em Porto Alegre, por ano

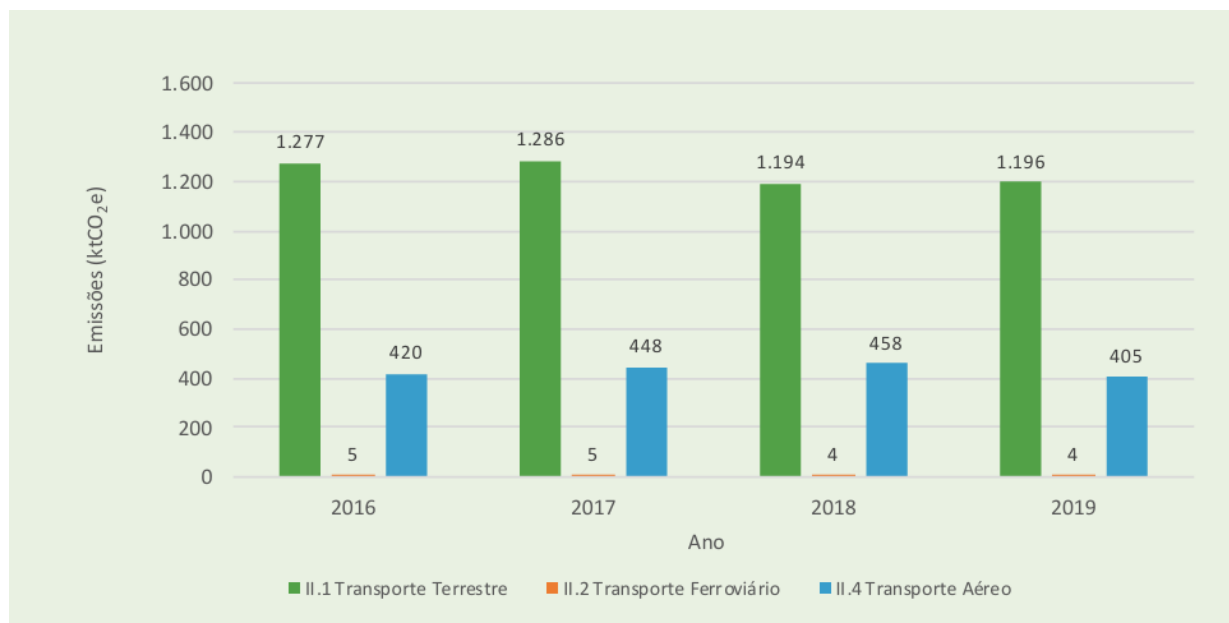


Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas³⁴

³⁴ Disponível em: [RELATORIO_INVENTARIO_POA_WEB.pdf \(prefeitura.poa.br\)](#) Acesso em: 19/08/2024

A Figura 61, que apresenta as emissões por subsetor, pode-se perceber que a categoria de Transporte Terrestre é a mais representativa, sendo responsável por cerca de 75% das emissões. Em seguida se têm o Transporte Aéreo, que representou 25% das emissões do setor, em média. O Transporte Ferroviário tem baixa representatividade, com menos de 1% das emissões no período.

Figura 61: Emissões totais do setor de Transportes em Porto Alegre, por subsetor, por ano



Fonte: WayCarbon / ICLEI / Ecofinance com base nos dados do software Climas³⁵

3.6.2. Canoas

Em 2020, Canoas lançou seu primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, também realizado com o apoio do ICLEI. O documento revela o perfil de emissões de GEE da cidade, identificando suas principais fontes e permitindo o desenvolvimento de estratégias de redução dessas emissões, bem como de mitigação dos impactos das mudanças do clima.

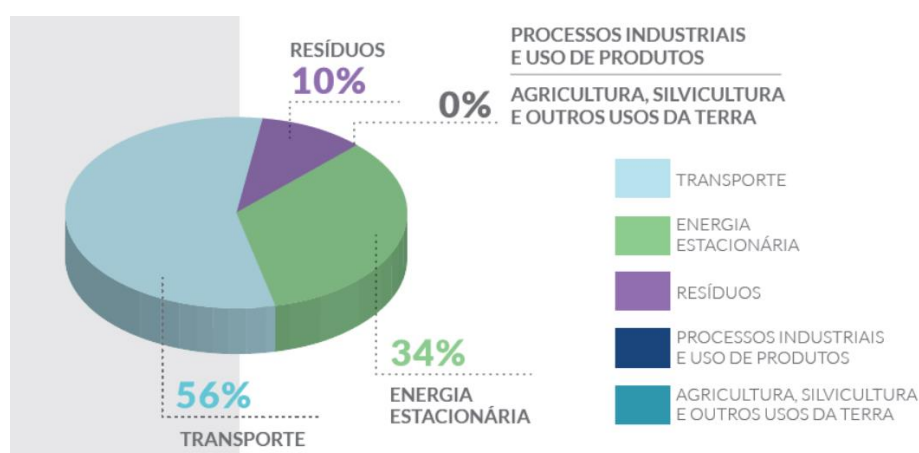
As emissões do município de Canoas em 2019 totalizaram 4,1 MtCO₂e. É importante destacar que o município tem um perfil particular por sediar a Refinaria Alberto Pasqualini (Refap). Isso faz com que o perfil de emissões da cidade de Canoas seja diferente de outras grandes cidades brasileiras, onde os totais emitidos são consideravelmente inferiores e as principais fontes estão associadas ao consumo de combustível fóssil no setor de transportes. As atividades da Refap podem ser consideradas a principal fonte de emissões de GEE da cidade, contribuindo com 52,8% do total.

No entanto, ao descontar as emissões relacionadas com Indústrias de Geração de Energia, Canoas é responsável pela emissão de 1,6 milhões de toneladas de CO₂e. Nesse contexto, conforme

³⁵ Disponível em: [RELATORIO_INVENTARIO_POA_WEB.pdf \(prefeitura.poa.br\)](#) Acesso em: 19/08/2024

demonstrado na Figura 62, o setor de transportes passa a ser o maior contribuinte nas emissões locais no município de Canoas, responsável por cerca de 56% das emissões observadas na cidade, se aproximando do perfil de emissões de outras cidades brasileiras. Em segundo lugar, observa-se a contribuição do setor de Energia Estacionária, com 34% das emissões. Já o setor de resíduos representa 10% das emissões. Por fim, com contribuições menos significativas, se observa os setores de Processos Industriais e Uso de Produtos e Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra. Destaca-se o consumo de óleo diesel e gasolina no setor de transportes, além do consumo de gás natural no setor de energia estacionária, especialmente associado às indústrias de manufatura e construção.

Figura 62: Contribuições de cada setor nas emissões de GEE do município de Canoas ao se excluir a contribuição de indústrias de geração de energia



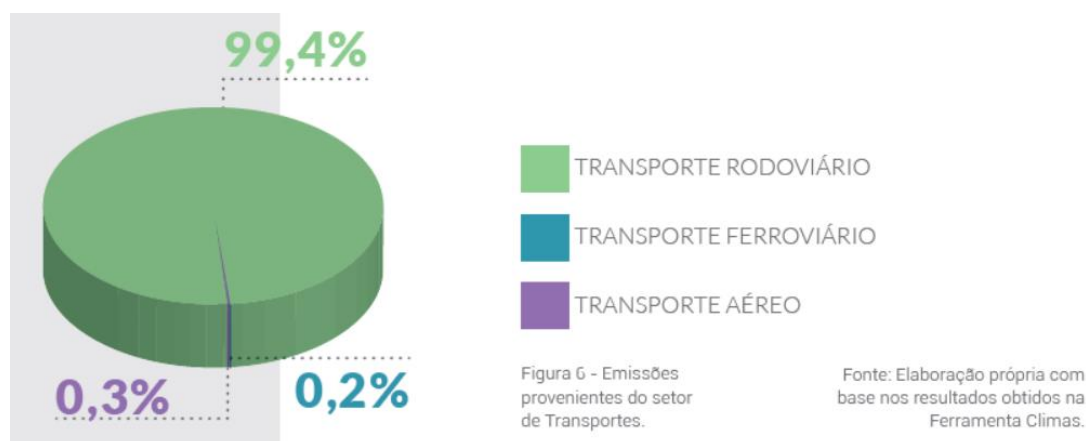
Fonte: Inventário de Emissões Canoas³⁶

No setor de transportes também estão incluídas as emissões provenientes da queima de combustíveis e consumo de energia elétrica. No entanto, nesse setor as emissões estão relacionadas aos sistemas de transportes de carga e passageiros, ambos dentro e fora dos limites da cidade.

O setor de transporte foi responsável pela emissão de 900.703 toneladas de CO₂e, o que representa 22,2% das emissões totais do município. Desse total, 99,4% são provenientes do transporte terrestre, apenas 0,3% de transporte aéreo e 0,2% de transporte ferroviário, conforme apresentado na Figura 63.

³⁶ Disponível em: americadosul.iclei.org/wp-content/uploads/sites/78/2020/11/12-canoas-inventarioogee-iclei-dupla.pdf
Acesso em: 19/08/2024

Figura 63: Emissões provenientes do setor de Transportes



Fonte: Inventário de Emissões Canoas³⁷

3.6.3. Demais municípios da Área de Estudo

Considerando a indisponibilidade de inventários específicos para todas as unidades territoriais analisadas (os oito municípios que compõem a Área de Estudo, além de Porto Alegre e Canoas), foram considerados para efeito da presente análise os dados disponíveis no Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) iniciativa do Observatório do Clima que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa no Brasil, documentos analíticos sobre a evolução das emissões e uma plataforma digital que abriga os dados do sistema e sua metodologia.

As estimativas de emissões e remoções de gases de efeito estufa são geradas segundo as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), com base na metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e em dados obtidos junto a relatórios governamentais, institutos, centros de pesquisa, entidades setoriais e organizações não governamentais. O SEEG considera todos os gases de efeito estufa contidos no inventário nacional, como CO₂, CH₄, N₂O e os HFCs, e os dados são apresentados também em gás carbônico equivalente (CO₂e).

O SEEG apresenta as estimativas de emissões dos gases de efeito estufa diretos – dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e gases fluorados (HFCs, CFs e SF₆) – e indiretos – monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM) e

³⁷ Disponível em: americadosul.iclei.org/wp-content/uploads/sites/78/2020/11/12-canoas-inventarioogee-iclei-dupla.pdf
Acesso em: 19/08/2024

óxidos de nitrogênio (NOx). Também são apresentadas as emissões em dióxido de carbono equivalente (CO₂e) em termos de GWP (Global Warming Potential) e GTP (Global Temperature Change Potential).

O sistema SEEG apresenta as emissões segundo cinco setores: Processos Industriais, Resíduos, Agropecuária, Mudança de Uso da Terra e Floresta e Energia, sendo o Transporte uma categoria dentro do setor de Energia.

Segundo a plataforma do GEE, em 2022, o Rio Grande do Sul encontrava-se na 9ª posição no ranking brasileiro em totais de emissões, estando atrás somente do Pará, Mato Grosso, Amazonas, Minas Gerais, Rondônia, Maranhão, São Paulo e Bahia. O setor que mais participa de emissões é o setor de agropecuária, com 49,2% das emissões totais do estado.

Considerando-se isoladamente os municípios da Área de Estudo, de acordo com o SEEG, as emissões de 2022 para cada setor são as indicadas na Tabela 17.

Tabela 17: Emissões de GEE por unidade territorial e setor em tCO₂e no ano 2022

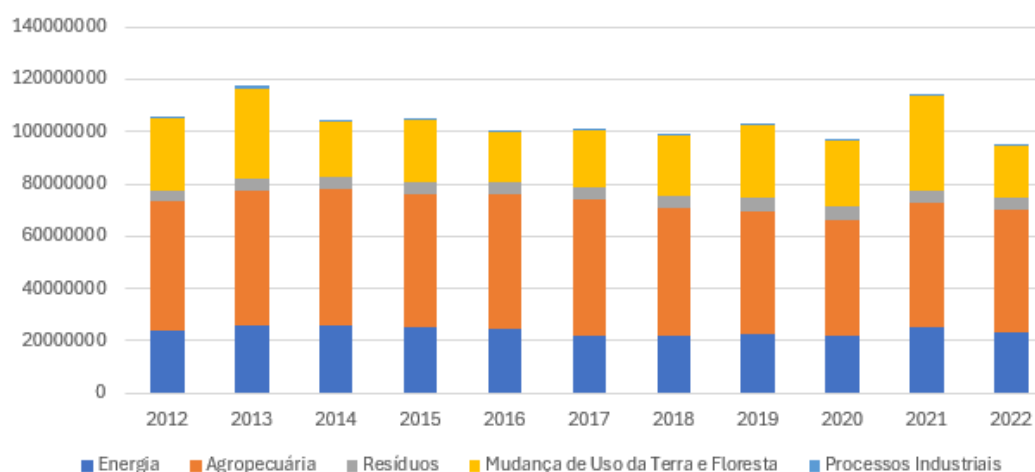
# Ranking	Município	Energia	Resíduos	Mudança de Uso da Terra e Floresta	Agropecuária
153°	Canoas	2.637.385	193.876	1.910	11.258
199°	Porto Alegre	1.393.481	773.771	7.144	22.454
623°	Viamão	148.539	97.363	48.413	392.045
814°	Gravataí	314.023	123.617	10.507	55.795
892°	Novo Hamburgo	286.001	121.650	8.899	45.140
1959°	Cachoerinha	125.320	53.204	282	514
1824°	Esteio	152.916	38.783	77	5.498
2042°	Sapucaia do Sul	108.298	58.397	1.303	1.126
2033°	São Leopoldo	196.652	-33.998	3.371	3.901
2204°	Alvorada	74.643	71.619	913	6.046

Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Conforme já apresentado nos relatórios específicos de emissão dos municípios de Canoas e Porto Alegre, Canoas lidera na emissão de GEE entre os municípios da Área de Estudo pois sedia uma refinaria de petróleo, emitindo mais gases inclusive que a capital Porto Alegre e ocupando o 153º lugar no ranking dos municípios do Brasil.

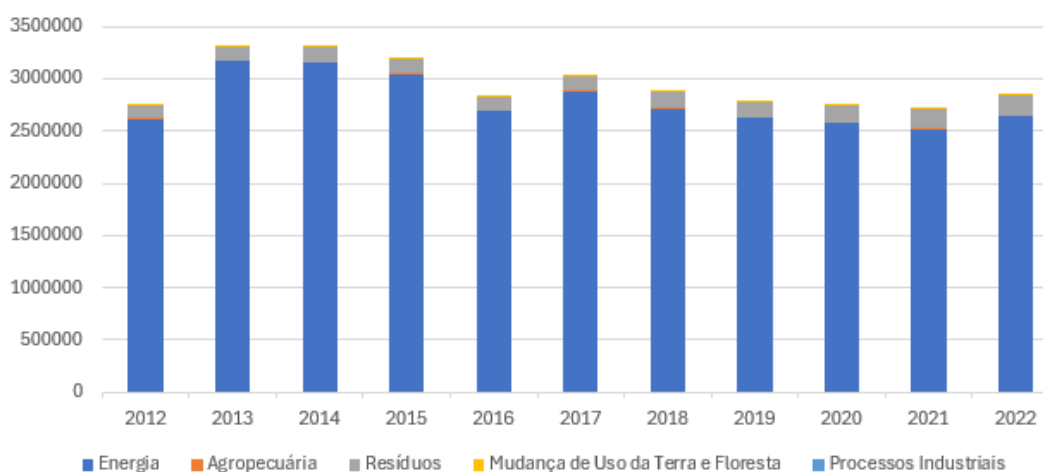
Da Figura 64 a Figura 74 são apresentados os históricos de emissões para o período de 2012 a 2022, de acordo com os dados disponíveis na plataforma SEEG, iniciando pelas emissões totais do estado do Rio Grande do Sul e após para cada um dos municípios que compõem a área de estudo.

Figura 64: Série histórica de emissões por setor em tCO₂e – Rio Grande do Sul, 2012 a 2022



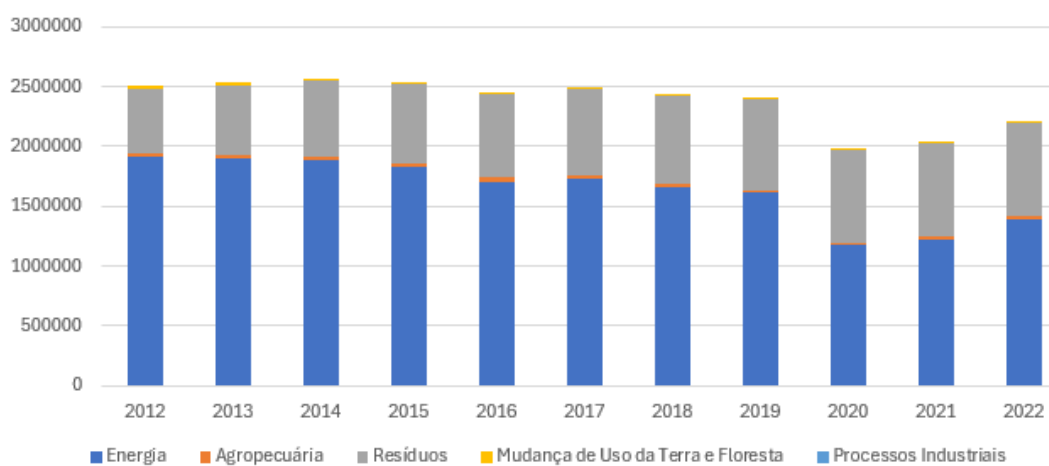
Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 65: Série histórica de emissões por setor em tCO₂e - Canoas, 2012 a 2022



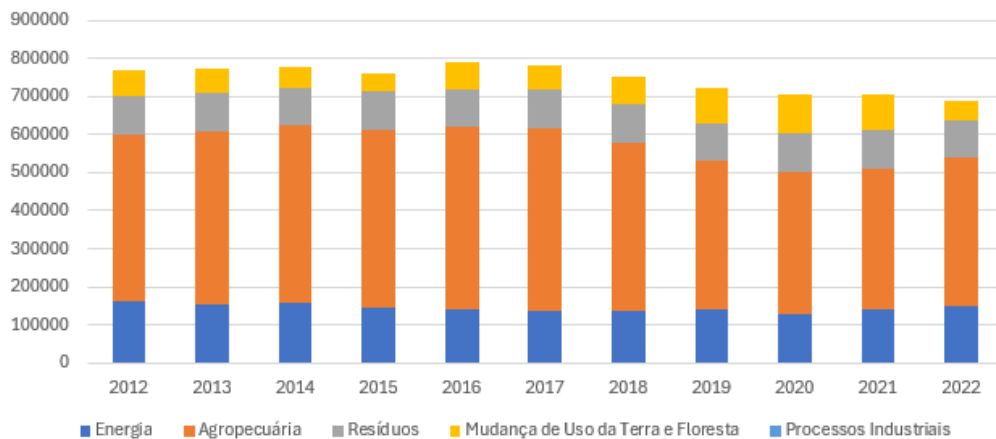
Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 66: Série histórica de emissões por setor em tCO₂e – Porto Alegre, 2012 a 2022



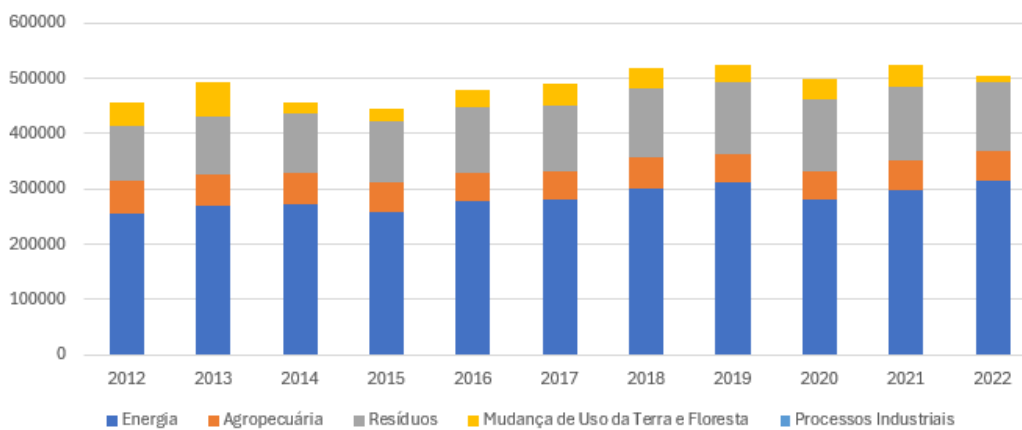
Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 67: Série histórica de emissões por setor em tCO₂e – Viamão, 2012 a 2022



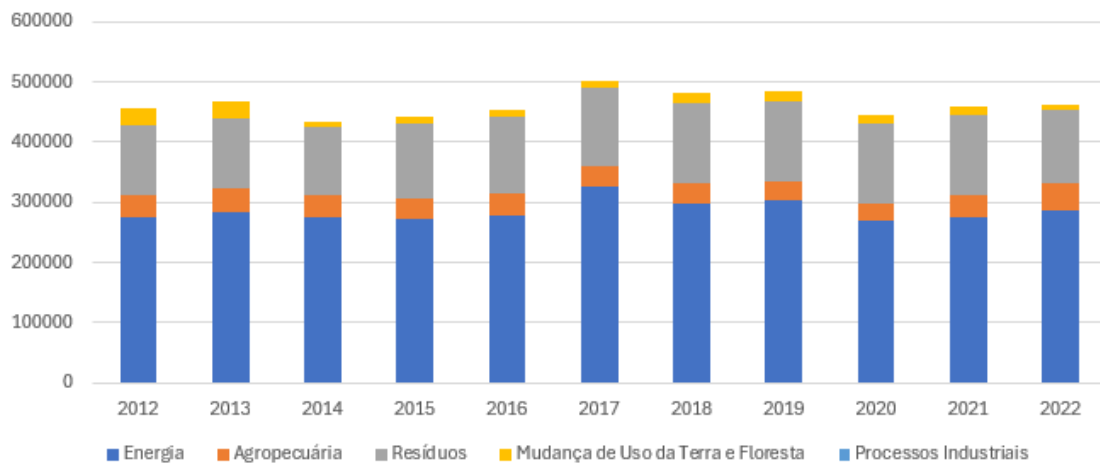
Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 68: Série histórica de emissões por setor em tCO₂e – Gravataí, 2012 a 2022



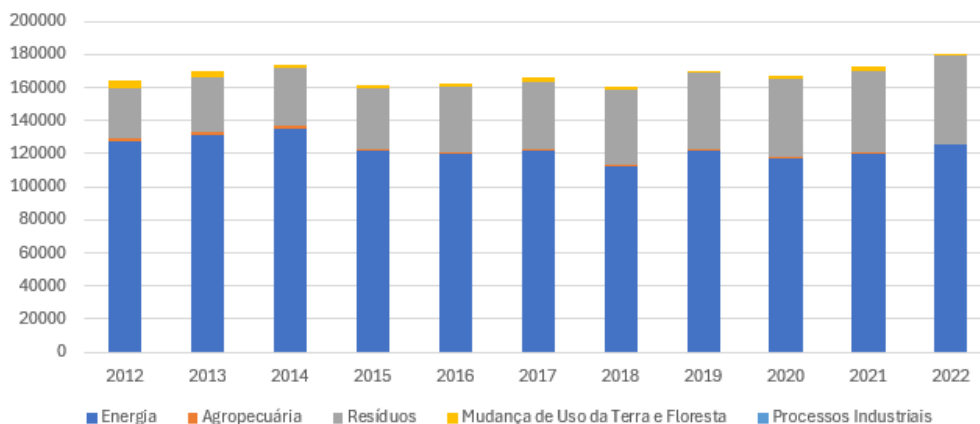
Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 69: Série histórica de emissões por setor em tCO₂e – Novo Hamburgo, 2012 a 2022



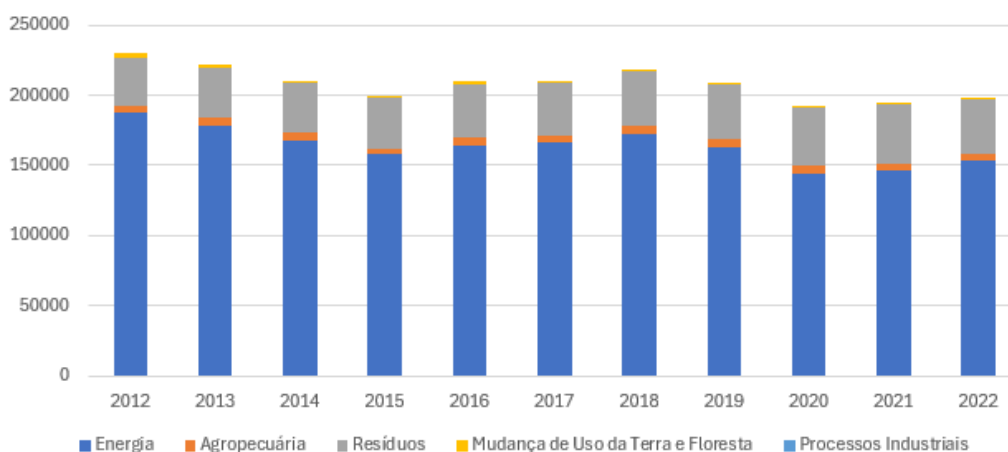
Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 70: Série histórica de emissões por setor em tCO_{2e} – Cachoeirinha, 2012 a 2022



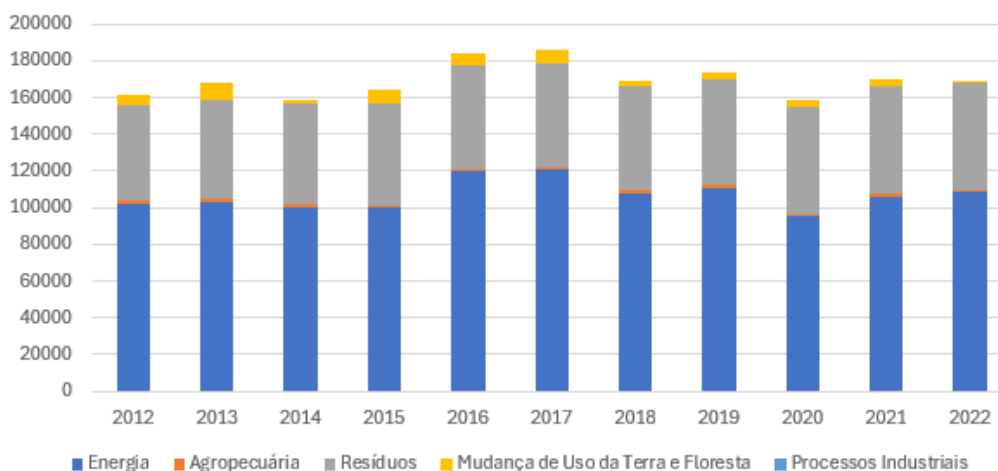
Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 71: Série histórica de emissões por setor em tCO_{2e} – Esteio, 2012 a 2022



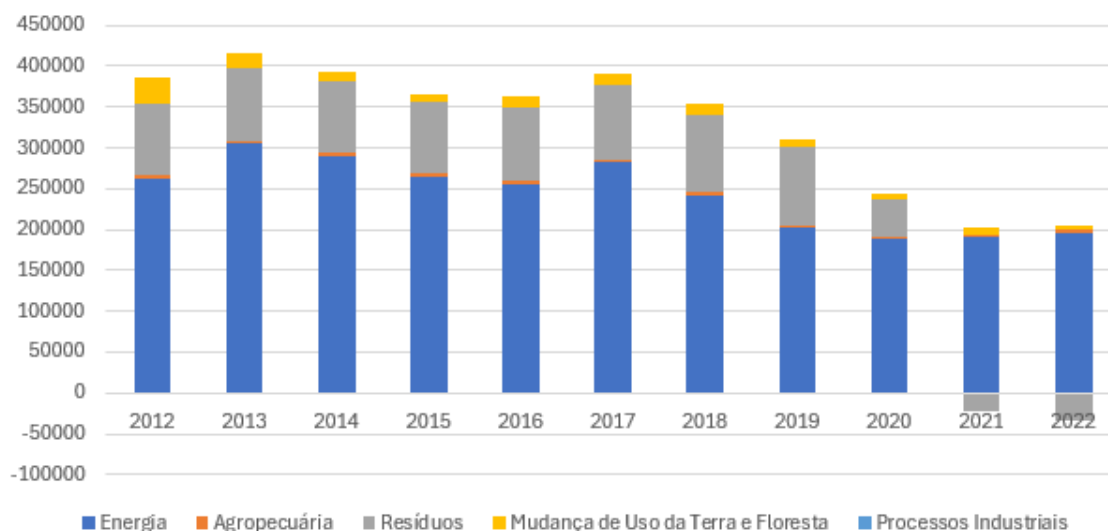
Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 72: Série histórica de emissões por setor em tCO_{2e} – Sapucaia do Sul, 2012 a 2022



Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 73: Série histórica de emissões por setor em tCO₂e – São Leopoldo, 2012 a 2022



Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Figura 74: Série histórica de emissões por setor em tCO₂e – Alvorada, 2012 a 2022



Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Conforme é possível observar, em todas as unidades territoriais da área de estudo, predominam as emissões do setor de energia, com exceção dos municípios de Viamão, que possui grande participação do setor da agropecuária, e do município de Alvorada que possui participação do setor de resíduos além do setor de energia. Outro aspecto relevante é que em todos os municípios as emissões nos últimos 10 anos apresentam certa estabilidade, com leves aumentos e diminuições das emissões, não sendo observada tendência de redução das emissões. O único município que apresenta remoções dos GEE é São Leopoldo.

Analisando exclusivamente as emissões do setor de transporte, dividindo em passageiros e cargas, verificam-se padrões distintos nas unidades territoriais analisadas, predominando, à exceção de Canoas e Esteio, as emissões geradas pelo transporte de passageiros, conforme apresenta apresentado na Tabela 18.

Tabela 18: Emissões do setor de transporte em tCo2e, por categoria, 2022

Município	Total	Transporte de Carga	Transporte de Passageiros [1]	Total Transportes [1]	% das emissões do setor de transportes no total das emissões	% das emissões do setor de transportes de passageiros no total das emissões
Canoas	2.844.429	470.018	277.008	747.026	26%	10%
Porto Alegre	2.196.850	260.537	684.154	944.691	43%	31%
Viamão	686.360	39.660	91.371	131.031	19%	13%
Gravataí	503.942	105.304	171.403	276.707	55%	34%
Novo Hamburgo	461.689	65.055	176.398	241.453	52%	38%
Cachoeirinha	179.318	45.878	71.872	117.750	66%	40%
Esteio	197.274	75.101	60.609	135.709	69%	31%
Sapucaia do Sul	169.124	24.696	75.460	100.156	59%	45%
São Leopoldo	169.926	59.463	118.785	178.248	105%	70%
Alvorada	153.221	17.568	47.217	64.785	42%	31%
Área de Estudo	7.562.133	1.163.281	1.774.277	2.937.558	39%	23%

Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

No que tange ao tipo de veículo emissor, se observa a predominância das emissões por automóveis. Em Porto Alegre, destaca-se também a participação relevante das emissões do transporte aéreo, representando quase 20% do total das emissões do setor de transportes do município. Já as emissões geradas pelos ônibus correspondem em média 5% das emissões dos transportes em cada município. Os dados de emissão por tipo de veículo são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Emissões do setor de transporte em tCo2e, por tipo de veículo, 2022

Município	Automóveis	Comerciais leves	Caminhões	Ônibus	Motos	Locomotoras	Aeronaves e Helicópteros
Canoas	185770	59178	363597	77188	14050	46199	20
Porto Alegre	603002	94335	159596	33881	47272	-	225192
Viamão	79483	12976	26684	5665	6223	-	7
Gravataí	143463	26368	78936	16757	11182	-	-
Novo Hamburgo	155548	24296	40759	8653	12197	-	107
Cachoeirinha	59843	11170	34708	7368	4661	-	-

Município	Automóveis	Comerciais leves	Caminhões	Ônibus	Motos	Locomotoras	Aeronaves e Helicópteros
Esteio	43821	11807	63294	13437	3351	-	-
Sapucaia do Sul	67112	10188	14508	3080	5268	-	-
São Leopoldo	101888	17388	42076	8932	7964	-	-
Alvorada	41608	6514	11054	2347	3263	-	-

Fonte: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Considerando a participação relevante do setor de transporte no total de emissões, e os pilares da estratégia do ProClima 2050 do governo do Estado do Rio Grande do Sul voltados à redução das emissões, é necessário destaque para o incentivo ao uso de transporte não motorizado e do transporte coletivo, além da promoção do uso de energias renováveis e substituição gradual dos combustíveis fósseis por outros com menor potencial de emissão de gases de efeito estufa.

Destaca que a contribuição dos projetos para a redução das emissões não passa somente pela proposição de substituição de tecnologia veicular ou utilização de combustíveis menos poluentes, devendo ser consideradas também ações de melhoria da oferta de transporte público e de infraestrutura para o transporte não-motorizado, para estímulo à mudança da matriz modal, além da promoção da eficiência operacional do sistema de transporte e da rede de tráfego geral. A eletrificação da frota é uma parte importante da solução para o desafio de reduzir as emissões do setor de transporte, pois elimina as emissões e contribui para a oportunidade de descarbonizar a matriz elétrica, porém não deve ser a única solução nesse sentido, devendo ser associada a medidas de planejamento e ações de incentivo a modos diversificados de deslocamento.

3.7. Conclusões sobre os aspectos ambiental e climático

Considerando os aspectos climáticos e sua relação com os projetos de infraestrutura, é importante destacar que, ainda que os planos de adaptação e mitigação existentes ainda estejam muitas vezes restritos à esfera estratégica, o tema já pode ser considerado como parte consolidada na agenda do planejamento. Os projetos em desenvolvimento ou a serem desenvolvidos devem adotar necessariamente soluções de resiliência climática, sobretudo no que tange aos eventos extremos, como ondas de calor e mudanças no padrão de pluviosidade, que já vêm se impondo à realidade, como no caso específico do Rio Grande do Sul.

As soluções incluem tecnologias de menor emissão, materiais mais resistentes e projetos adequados ao combate e proteção frente aos eventos extremos, tais como contenção e drenagem, revegetação, permeabilização e manutenção de áreas verde ao longo das áreas de influência do projeto, inclusive com emprego de soluções baseadas na natureza, entre outros.

Assim, conforme já destacado, a contribuição dos projetos para a redução das emissões não passa somente pela proposição de substituição de tecnologia veicular ou utilização de combustíveis

menos poluentes, devendo-se consideradas também ações que promovam a eficiência operacional do sistema de transporte.

Na RMPA o principal efeito das mudanças climáticas é o aumento da frequência da ocorrência de chuvas fortes ou cheias. Com isso, o sistema de transporte coletivo sofre a consequência das águas ocuparem o espaço por onde ele trafega. No caso do Trensurb, ele é especialmente sensível pois o trajeto final dele em Porto Alegre ocorre em uma cota baixa, numa área que é alagada se o nível de enchente superar a cota de inundação ou se o sistema de bombeamento deixar de funcionar, nesse caso ocorrem as inundações.

A interdição temporária da linha do Trensurb em caso de cheia é comum, tendo sido observada várias vezes nos últimos anos, mas normalmente essa interrupção é de curta duração. Já no caso de inundação que ocorreu em maio de 2024, o problema é mais grave, pois nessa situação as duas estações mais próximas da área central de Porto Alegre ficaram completamente inundadas e o Trensurb ainda não voltou a operar nesse trecho que corresponde às 3 últimas estações da linha.

Em relação ao sistema de transporte coletivo por ônibus, a região mais sujeita a problemas de inundações e cheias fica na zona norte de Porto Alegre, na divisa com Canoas e Cachoeirinha, ao longo do Rio Gravataí, pois é uma região baixa e o transbordamento do rio pode provocar facilmente a submersão do sistema viário. Essa é uma condição de curta duração e muitas vezes os ônibus têm alternativas como a BR-290. No caso de grandes cheias como a de maio de 2024, as áreas afetadas são o centro de Porto Alegre, região do 4º Distrito, Canoas, área a Oeste da BR-116 e Cachoeirinha, que são zonas que estão numa cota muito baixa. Para minimizar esses problemas é necessário melhorar o sistema de bombeamento para esgotamento da água, que é algo que está em andamento (mudança da localização das bombas) e no caso de inundações é a recuperação do sistema de proteção contra cheias, formando pelos diques, comportas e estações de bombeamento. Em Canoas e Eldorado do Sul também são necessárias obras com barreiras físicas como diques, porém são obras mais lentas e caras de serem executadas.