



**Prefeitura de
Porto Alegre**

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE,
URBANISMO E SUSTENTABILIDADE



PLANO DE AÇÃO CLIMÁTICA

PEGADA HÍDRICA

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

CLIENTE



**Prefeitura de
Porto Alegre**
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE,
URBANISMO E SUSTENTABILIDADE



THE WORLD BANK

PROJETO

PMPOA23A

P4 – LEVANTAMENTO DA PEGADA HÍDRICA

AUTORES

EQUIPE CHAVE

Sérgio Margulis, Coordenador Técnico;

margulis.sergio@gmail.com

Melina Amoni, Especialista em Desastre e Vulnerabilidade Climática;

melina.amoni@waycarbon.com

Rosângela Silva, Especialista de Mitigação;
rosangela.silva@waycarbon.com

Natalia D'Alessandro, Especialista de Adaptação;

natalia.dalessandro@waycarbon.com

Letícia Gavioli, Especialista em Finanças Climáticas;

leticia.gavioli@waycarbon.com

Paulo Pelegrino, Especialista em Planejamento Urbano;

prmpelle@usp.br

Gregory Pitta, Especialista em Análise de Dados Geoespaciais;

gregory.pitta@waycarbon.com

EXPERTS DE APOIO

Carlos Nobre, Especialista em Mudança do Clima;

cnobre.res@gmail.com

Ludovino Lopes, Especialista em Políticas Climáticas;

ludovinolopes@ludovinolopes.com.br

Eduardo Baltar, Especialista em GEE – Parceiro Local;

eduardo@grupoecofinance.com.br

EQUIPE DE ENGAJAMENTO E MOBILIZAÇÃO

Rodrigo Perpétuo, Secretário Executivo do ICLEI América do Sul;

rodrigo.perpetuo@iclei.org

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

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

rodrigo.corradi@iclei.org

Ana Wernke, Coordenadora de Relações Institucionais e Advocacy do ICLEI Brasil;

ana.wernke@iclei.org

Armelle Cibaka, Coordenadora de Planejamento, Gestão e Conhecimento

arnelle.cibaka@iclei.org

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

keila.ferreira@iclei.org

Raquel Gonçalves, Consultora de Marketing e Comunicação do ICLEI América do Sul;

marketing.sams@iclei.org

EQUIPE TÉCNICA DE APOIO

Flora Simon, Analista de Sustentabilidade Pleno;

flora.simon@waycarbon.com

Roberta Santos, Estagiária;

roberta.santos@waycarbon.com

Franciele Barros, Analista de Dados

franciele.barros@waycarbon.com

Carolina Diniz, Assistente de Baixo Carbono e Resiliência do ICLEI Brasil;

carolina.diniz@iclei.org

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

eduardo.azevedo@iclei.org

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

elysama.braz@iclei.org

COLABORADORES

EQUIPE DO BANCO MUNDIAL

Adriana Torchelo Magliano, Consultora em Mudanças Climáticas

atorchelomaglian@worldbank.org

Ana Waksberg Guerrini, Economista Sênior em Transporte

aguerrini@worldbank.org

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Emanuela Monteiro, Especialista Sênior em
Desenvolvimento Urbano

emonteiro@worldbank.org

Hannah Kim, Especialista Sênior em Desenvolvimento
Urbano

hkim9@worldbank.org

Jack Campbell, Especialista em Gestão de Riscos e Desastres

jcampbell2@worldbank.org

Luisa Pelucio Macieira De Sousa, Assistente de Projeto

lpelucio@worldbank.org

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

ymaekawa@worldbank.org

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE

Germano Bremm, Secretário da SMAMUS

germano.bremm@portoalegre.rs.gov.br

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

rovana.bortolini@portoalegre.rs.gov.br

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

giordana.santanna@portoalegre.rs.gov.br

Glênio Vianna Bohrer, Diretor Técnico da SMPAE

glenio.bohrer@portoalegre.rs.gov.br

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

haifuch@portoalegre.rs.gov.br

Lúcia de Borba Maciel, Arquiteta da SMPAE

lmaciell@portoalegre.rs.gov.br

Daniela Reckziegel, Arquiteta da SMPAE

daniela.reckziegel@portoalegre.rs.gov.br

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Nome do documento	Data	Natureza da revisão
PMPOA23A_230821_P4_PegadaHidrica_V0.0	21/08/2023	Primeira versão
PMPOA23A_231010_P4_PegadaHidrica_V1.0	10/10/2023	Segunda versão, após revisão da Prefeitura, Banco Mundial e DMAE
PMPOA23A_231116_P4_PegadaHidrica_V2.0	16/11/2023	Terceira versão, após revisão do GT e apresentação pública dos resultados
PMPOA23A_231116_P4_PegadaHidrica_V3.0	28/06/2024	Quarta versão, após ajustes da capa
PMPOA23A_240830_P4_PegadaHidrica_V4.0	30/08/2024	Última versão

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	16
SUMÁRIO EXECUTIVO	17
1. INTRODUÇÃO	20
2. CONTEXTUALIZAÇÃO	22
2.1 CONTEXTO SOCIOECONÔMICO	22
2.1.1 Contexto geral	22
2.1.2 Renda e atividades principais	22
2.2 CONTEXTO DA INFRAESTRUTURA.....	23
2.2.1 Zoneamento	23
2.2.2 Saneamento básico	27
2.1 CONTEXTO FÍSICO E AMBIENTAL	31
2.1.1 Geomorfologia e tipos de solo	31
2.1.2 Áreas verdes e fitofisionomia	32
2.1.3 Clima	33
2.1.4 Hidrografia	34
3. METODOLOGIA.....	40
3.1 CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA.....	41
3.2 TIPOS DE PEGADA HÍDRICA.....	42
3.2.1 Pegada Hídrica azul	42
3.2.2 Pegada Hídrica verde.....	42
3.2.3 Pegada Hídrica cinza	42
3.3 PROCESSOS DA PEGADA HÍDRICA DA CIDADE DE PORTO ALEGRE.....	43

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

3.4	LIMITAÇÕES E BARREIRAS.....	44
4.	RESULTADOS	47
4.1	RESULTADO GERAL	47
4.1.1	Componentes da Pegada Hídrica	47
4.1.2	Análise Comparativa da Pegada Hídrica per capita.....	52
4.1.3	Análise de Incertezas.....	54
4.2	RESULTADO POR PROCESSO	55
4.2.1	Processos Domésticos	56
4.2.2	Processos Industriais	58
4.2.3	Processos Agropecuários.....	60
4.3	PEGADA HÍDRICA POR BACIA HIDROGRÁFICA.....	62
4.4	BALANÇO HÍDRICO.....	65
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	70
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
	APÊNDICES	82
	APÊNDICE A. COLETA E LEVANTAMENTO DE DADOS	82
	APÊNDICE B. DETALHAMENTO DO CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA	83
	APÊNDICE C. ANÁLISE DE INCERTEZAS	96
	APÊNDICE D. ATA DA REUNÃO COM O GRUPO DE TRABALHO – 17/10/2023	100
	APÊNDICE E. ATA DA REUNIÃO ABERTA COM A SOCIEDADE CIVIL – 31/10/2023.....	106
E.1	Respostas dos questionamentos recebidos da sociedade civil no workshop aberto	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Definições dos tipos de Pegada Hídrica.	17
Figura 2. Representatividade da pegada hídrica por componente e processos.	18
Figura 3. Mapa de sub-bacias hidrográficas, arroios, e localização de estações de tratamento de água e efluentes de Porto Alegre.	19
Figura 4. Mapa de Bairros e Regiões de Gestão do Planejamento do município de Porto Alegre.	24
Figura 5. Distribuição de Regime Urbanístico de acordo com o zoneamento de usos.	26
Figura 6. Principais pontos de captação e sistemas de água de Porto Alegre.	29
Figura 7. Climograma de Porto Alegre compilado com base na média de 30 anos (1991-2020).	34
Figura 8. Bacias e Sub-bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul (RS).	35
Figura 9. Sub-bacias hidrográficas do município de Porto Alegre.	39
Figura 10. Pegada hídrica de processos como a unidade básica para todas as outras pegadas hídricas.	41
Figura 11. Pegada Hídrica total do município de Porto Alegre, por componentes e processos.	48
Figura 12. Análise da componente azul da pegada hídrica por processo.	50
Figura 13. Análise da componente verde da pegada hídrica por processo.	51
Figura 14. Análise da componente cinza da pegada hídrica por processo.	52
Figura 15. Distribuição da pegada hídrica por processos	55
Figura 16. Distribuição da pegada hídrica por subprocessos.	56
Figura 17. Pegada Hídrica do setor doméstico de Porto Alegre.	57
Figura 18. Distribuição da pegada hídrica cinza do efluente tratado por arroio ou rio de Porto Alegre.	58

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Figura 19. Percentual da pegada hídrica azul e cinza no setor industrial em Porto Alegre.....	59
Figura 20. Pegada Hídrica do setor industrial de Porto Alegre.	60
Figura 21. Pegada Hídrica do setor agropecuário de Porto Alegre.....	61
Figura 22. Distribuição da pegada cinza por processo e bacia hidrográfica de Porto Alegre.	64
Figura 23. Distribuição das pegadas azul e verde por processo e bacia hidrográfica de Porto Alegre.....	64
Figura 24. Balanço Hídrico Quantitativo do município de Porto Alegre.	67
Figura 25. Balanço Hídrico Qualitativo do município de Porto Alegre.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes de declividade e percentual da área correspondente.	32
Tabela 2. Dados informativos das cinco sub-bacias com maior população em Porto Alegre. ...	37
Tabela 3. Resultados da pegada hídrica de Porto Alegre, por processo e componente	49
Tabela 4. Pegada Hídrica do setor residencial, <i>per capita</i> , de cidades brasileiras e latinas.	53
Tabela 5. Pegada hídrica residencial de esgotos tratados e não tratados de cidades brasileiras.	53
Tabela 6. Resultados das incertezas da Pegada Hídrica de Porto Alegre.	54
Tabela 7. Comparação entre o volume de efluentes tratados e não tratados para a pegada hídrica do setor doméstico.....	57
Tabela 8. Resumo da Pegada Hídrica do setor Agropecuário.	61
Tabela 9. Pegada hídrica por bacia por tipo de processo no município de Porto Alegre.	63

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Destaque dos resultados da Pegada Hídrica na cidade de Porto Alegre	18
Quadro 2. Descrição dos processos e respectivos níveis de detalhamento utilizados para pegada hídrica do município de Porto Alegre.....	43
Quadro 3. Detalhamento dos componentes de cálculo da pegada hídrica por processo.....	44

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

4D – Quarto (4º) Distrito

ANA – Agência Nacional das Águas

AOI – Área de Ocupação Intensiva

APP – Área de Preservação Permanente

CEMPRE – Cadastro Central de Empresas

CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas

DEP – Departamento de Esgotos Pluviais

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos

DMLU – Departamento Municipal de Limpeza Urbana

EBAB – Estação de Bombeamento de Água Bruta

EBAT – Estação de Bombeamento de Água Tratada

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

GEE – Gases de Efeito Estufa

GZH – Gaúcha ZH

HAB – Habitantes

HWSD – *Harmonized World Soil Database*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICLEI – Governos Locais para Sustentabilidade

IPCC – *Intergovernmental Pannel on Climate Change*

ITA – Indicador de Atendimento Total de Água

ITE – Indicador de Coleta Total de Esgoto

ITR – Índice de Tratamento Total de Esgoto

IUA – Indicador de Atendimento Urbano de Água

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

IUE – Indicador de Coleta Urbana de Esgoto

PH – Pegada Hídrica

PIB – Produto Interno Bruto

PDDUA – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental

PDDrU - Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre

PLAC - Plano de Ação Climática

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre

PNADc – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio contínua

RGP – Região de Gestão do Planejamento

RMPA – Região Metropolitana de Porto Alegre

SMAMUS – Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC – Unidade de Conservação

UN – Unidade

WHO – *World Health Organization*

GLOSSÁRIO¹

AFLUENTE: Curso d'água que flui para outro curso d'água que possui maior área de drenagem a montante ou para um lago ou para um reservatório.

AUTODEPURAÇÃO: Processo natural pelo qual um corpo d'água pode recuperar suas características originais, alteradas por um lançamento de poluente.

BACIA HIDROGRÁFICA: Espaço geográfico delimitado pelo respectivo divisor de águas cujo escoamento superficial converge para seu interior sendo captado pela rede de drenagem que lhe concerne.

BALANÇO HÍDRICO: Operação que quantifica, durante um certo intervalo de tempo, as afluências totais a uma bacia ou formação aquática, o total das saídas mais a variação, positiva ou negativa, do volume de água armazenado nessa bacia ou massa de água.

CORPO D'ÁGUA: Denominação genérica para qualquer manancial hídrico; curso d'água, trecho de drenagem, reservatório artificial ou natural, lago, lagoa ou aquífero subterrâneo.

CURSO D'ÁGUA: Conjunto de trechos de drenagem contínuos que, tomados a partir da foz, são reunidos no sentido de montante, seguindo sempre pelo trecho de drenagem de maior área de contribuição hidrográfica a montante em cada confluência até se alcançar a respectiva nascente.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO): Quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia, normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumida durante um determinado período, numa temperatura de incubação específica.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA: Quantidade de água disponível em um ponto do corpo d'água definida a partir das características hidrológicas do curso d'água.

DRENAGEM URBANA: Conjunto de medidas que tem como objetivo escoar as águas de chuva da área urbana, por meio de tubos, túneis, canais, valas e fossos.

¹ O glossário apresentado neste relatório foi desenvolvido a partir da lista de termos da Agência Nacional das Águas (ANA, 2015a).

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

EFLUENTE: Substância líquida com predominância de água, produzida pelas atividades humanas (esgotos domésticos, resíduos líquidos e gasosos das indústrias etc.) e lançada na rede de esgotos ou nas águas receptoras (cursos d'água, lagos ou aquíferos), com ou sem tratamento e com a finalidade de utilizar essas águas receptoras no seu transporte e diluição.

ENQUADRAMENTO: Estabelecimento de objetivos de qualidade a serem alcançados ou mantidos através de metas progressivas, intermediárias e final de qualidade de água, de acordo com os usos preponderantes a que forem destinados.

ESCASSEZ DE ÁGUA: Falta ou insuficiência de água

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA): Local onde se trata a água retirada da natureza para torná-la potável através de processo físico-químico e biológico, antes de seu consumo.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE): Local onde se trata o efluente doméstico ou industrial, através de processo físico-químico e biológico, antes de ser lançado nos corpos d'água.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO: Quantidade de água transferida do solo à atmosfera por evaporação e transpiração das plantas.

FOZ: Local de término de um curso d'água, caracterizado pelo lugar de menor altitude desse curso d'água onde seu trecho de drenagem mais a jusante (último trecho) desemboca em outro curso d'água, lago, mar ou qualquer outro corpo d'água.

JUSANTE: Atributo altimétrico de um ponto em relação a outro que está acima (montante), em relação ao mesmo trecho de drenagem.

LANÇAMENTO DE EFLUENTES: Ação pela qual se destina resíduos líquidos originados principalmente de processos industriais ou do tratamento de esgoto sanitário nos corpos hídricos.

MONTANTE: Qualitativo de um ponto ou uma área que, ao longo de um curso d'água, fica altimetricamente acima de outra. Em direção curso acima.

NASCENTE: Local de início de um curso d'água, caracterizado pelo lugar de maior altitude desse curso onde seu trecho de drenagem mais a montante (primeiro trecho) surge no terreno com ou sem escoamento superficial de água.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

NÍVEL D'ÁGUA: Altura da superfície livre de uma massa de água em relação a um plano de referência.

OUTORGA DE DIREITO DE USO: Instrumento de gestão de recursos hídricos, pelo qual o usuário recebe uma autorização para fazer uso da água, garantindo a captação de determinada vazão de água, de uma determinada fonte hídrica, em um local definido, para um determinado uso, durante um determinado período e que pode lhe assegurar um direito, o direito de uso da água.

QUALIDADE DA ÁGUA: Adequação ao uso definida através de propriedades físicas, químicas e biológicas, sendo essas propriedades e os respectivos níveis função do uso a que a água se destina.

RECURSOS HÍDRICOS: A quantidade de águas superficiais ou subterrâneas, disponíveis para qualquer uso, numa determinada região ou bacia.

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: Conjunto de estruturas hidráulicas necessárias para assegurar distribuição de água adequada aos diversos usos.

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO: Conjunto de estruturas hidráulicas com a finalidade de captar águas servidas e as direcionar a estações de tratamento de esgotos – ETE.

USO CONSUNTIVO: Uso que envolve consumo de água.

VAZÃO: Volume de líquido que passa através de uma seção, em uma unidade de tempo.

VAZÃO DE ESTIAGEM: Vazão de um curso d'água num período de seca prolongada.

VAZÃO DE RETORNO: Parcela da vazão de retirada que é devolvida ao corpo d'água após o uso.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

APRESENTAÇÃO

Em face dos impactos provenientes das mudanças climáticas, a Prefeitura de Porto Alegre tem concentrado esforços para qualificar seu território e aumentar a qualidade de vida da população, ao tempo em que busca identificar e estabelecer medidas prioritárias de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), de mitigação e de adaptação (social, econômica, ambiental e territorial).

Dessa forma, no âmbito da parceria existente entre o Banco Mundial e a Prefeitura, durante a Conferência Mundial pelo Clima (COP27), realizada em novembro de 2022 no Egito, foi anunciada junto com o *City Climate Finance Gap Fund* uma cooperação técnica, a fundo perdido, para desenvolver o primeiro Plano de Ação Climática (PLAC) de Porto Alegre.

Esta atividade foi financiada pelo *City Climate Finance Gap Fund*, um fundo de vários doadores com o apoio do Ministério de Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, do Ministério de Assuntos Econômicos e Ação Climática da Alemanha (BMWK) e do Ministério do Meio Ambiente, Clima e Desenvolvimento Sustentável de Luxemburgo. O fundo tem a missão de apoiar países em desenvolvimento a concretizar as suas ambições climáticas, transformando ideias de baixo carbono e resiliência ao clima em estratégias e projetos passíveis de financiamento, e tem o Banco Mundial como um de seus agentes executores.

Dentro deste contexto, a WayCarbon, em consórcio com o ICLEI América do Sul, Ludovino Lopes Advogados e Ecofinance Negócios, foi selecionada para desenvolver insumos técnicos, realizar a prestação de serviços técnicos especializados, coordenação e execução das atividades referentes à elaboração do PLAC e seus subprodutos de diagnóstico - Análise de Risco e Vulnerabilidades Climáticas e Levantamento da Pegada Hídrica. O trabalho foi acompanhado pela Diretoria de Projetos e Políticas de Sustentabilidade (DPPS) da Secretaria do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade (SMAMUS) de Porto Alegre e pelo Banco Mundial.

Este relatório apresenta o Produto 4 (P4) – Levantamento da Pegada Hídrica

SUMÁRIO EXECUTIVO

A pegada hídrica é um indicador do uso e poluição da água, que considera o seu uso direto por um consumidor ou produtor. O cálculo da pegada hídrica de Porto Alegre foi desenvolvido a partir da metodologia da *Water Footprint Network*² (WFN), que permite a determinação do consumo e poluição total para uma área delimitada geograficamente, como é o caso de um município. A Figura 1 apresenta os tipos de pegada hídrica e suas definições.

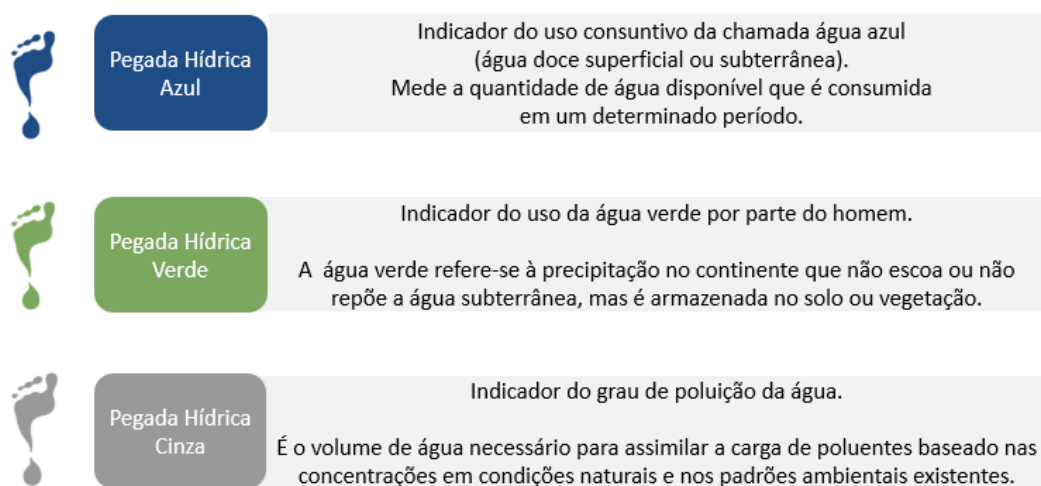


Figura 1. Definições dos tipos de Pegada Hídrica.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Para alcançar o resultado da pegada hídrica no município, foram calculadas as pegadas hídricas dos principais processos que ocorrem em seu território: Agropecuário (Produção agrícola, Pastagens e Pecuária), Doméstico (Residencial, Comercial e Público) e, Industrial (Indústria da Transformação e Mineração); e considerando três tipos de pegada: azul, verde e cinza.

A pegada hídrica total dentro do município de Porto Alegre, considerando um ano médio dentro do período analisado de 2016 a 2019, foi estimada em 1,8 bilhões de m³, o que equivale a aproximadamente 720 mil piscinas olímpicas cheias. A Figura 2 apresenta a pegada hídrica total por componentes (cinza, verde, azul) e os processos envolvidos. A pegada hídrica cinza apresentou a maior representatividade, com 97,6%, o que indica comprometimento da qualidade da água nos corpos hídricos.

² *Water Footprint Network* é uma plataforma com múltiplos stakeholders sem fins lucrativos para colaboração entre empresas, organizações e indivíduos.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

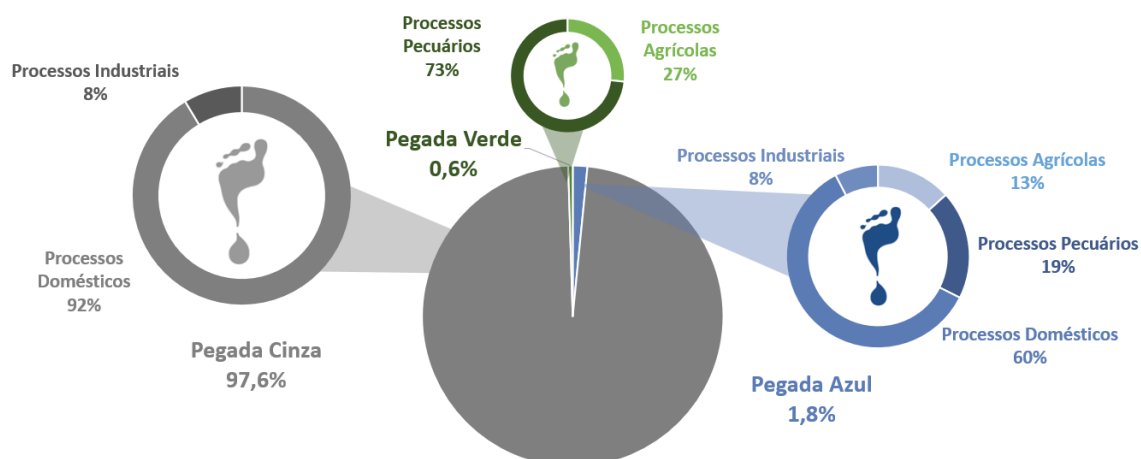


Figura 2. Representatividade da pegada hídrica por componente e processos.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Quadro 1. Destaque dos resultados da Pegada Hídrica na cidade de Porto Alegre

Pegada Hídrica	Representatividade	Destaque dos Resultados
Pegada Cinza	97,6%	A pegada hídrica cinza representa, de forma simplificada, a poluição dos corpos hídricos do município por meio do aporte de esgoto doméstico e efluentes industriais. O resultado representativo de 97,6% deve-se em sua maior parte à parcela de esgoto que ainda não é tratada no município, correspondente a cerca de 40% do total gerado.
Pegada Azul	1,8%	A pegada hídrica azul, que representa o consumo direto de água proveniente de corpos hídricos superficiais e água subterrânea, foi a segunda mais significativa em quantidade, incorporando o consumo direto de água principalmente pelos processos domésticos (60%), mas com relevância para os processos agrícolas e pecuários, que juntos somam 32% do total desta componente.
Pegada Verde	0,6%	A pegada hídrica verde representa o uso de água da chuva, e, portanto, só é aplicável para a agropecuária. A maior parte desta componente (73%) resulta de processos pecuários, incluindo pastagens plantadas e rebanhos existentes no município.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A Figura 3 apresenta a localização das Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). É possível visualizar que, embora não se tenha a informação específica dos pontos de despejo de esgotos não tratados, a maior parte deles deverá se direcionar à Bacia do Lago Guaíba, onde também se localizam os pontos da captação da água que é direcionada às ETAs. Neste sentido, a partir dos resultados deste estudo, recomenda-se a busca pela universalização do tratamento de esgoto, de forma a reduzir a pegada hídrica cinza,

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

que foi a mais significativa, e melhorar a qualidade dos arroios e rios que circulam e banham a cidade de Porto Alegre.

Estações de Tratamento de Água e Esgoto

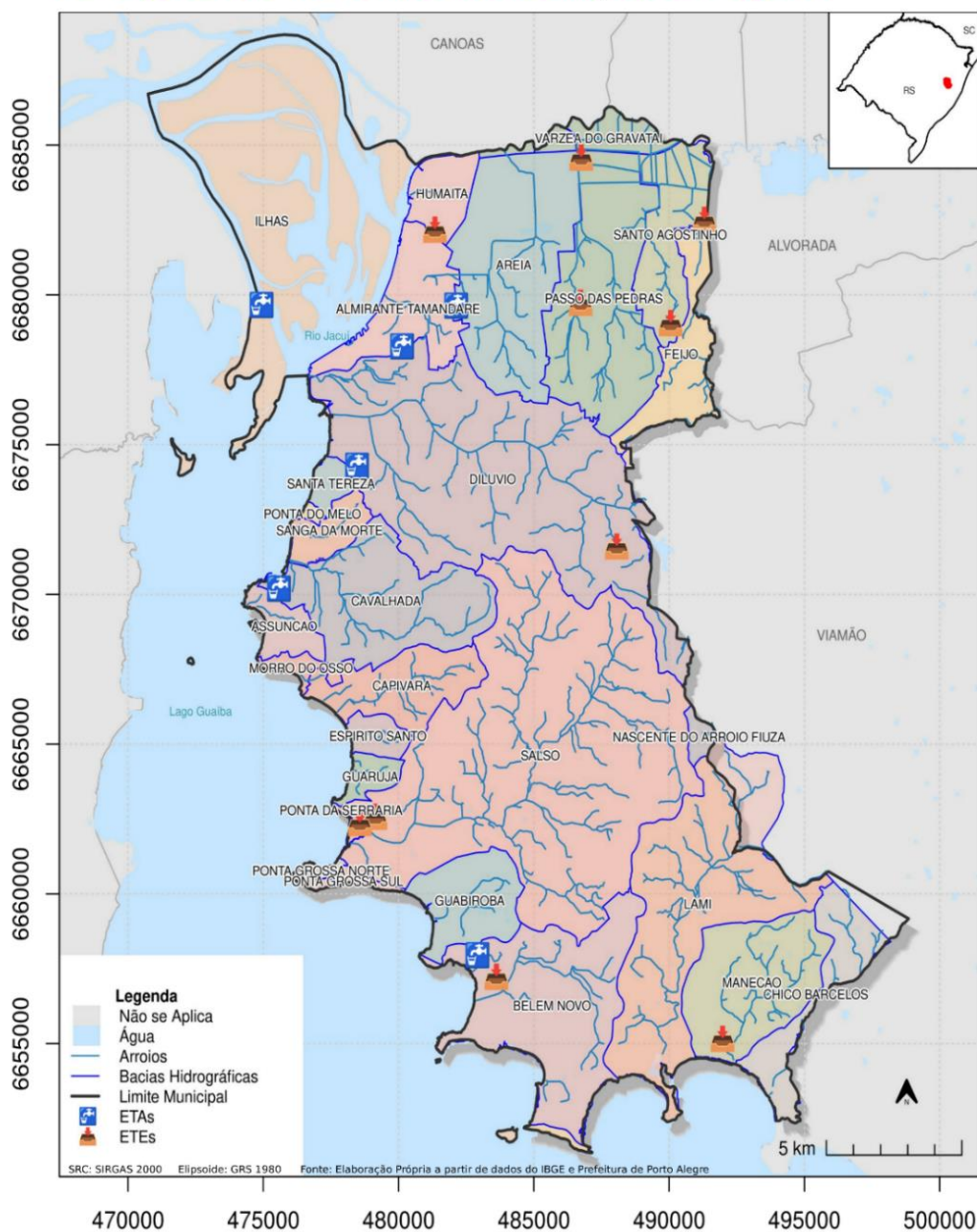


Figura 3. Mapa de sub-bacias hidrográficas, arroios, e localização de estações de tratamento de água e efluentes de Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

1. INTRODUÇÃO

A WayCarbon, em consórcio com o ICLEI América do Sul, Ludovino Lopes Advogados e Ecofinance Negócios, foi contratada pelo Banco Mundial via processo competitivo aberto para prestação de serviços técnicos especializados, coordenação e execução das atividades referentes à elaboração do **Plano de Ação Climática do Município de Porto Alegre – PLAC**, em estreita articulação com as equipes multissetoriais do Município e demais partes interessadas.

A Etapa 1 do PLAC, Formalização e Engajamento, incluiu a entrega dos dois primeiros produtos: o Plano de Trabalho (P1) e o Plano de Comunicação e Engajamento (P2). Em sequência, a Etapa 2 do PLAC de Porto Alegre contém a base do diagnóstico climático para a cidade, contemplando dois produtos: o Relatório de Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas (P3) e o Relatório da Pegada Hídrica (P4). A Etapa 3 contemplará o Desenho do Plano de Ação Climática, incluindo o Relatório do PLAC e Sumário Executivo.

Este relatório apresenta o Produto 4 (P4) – Relatório Final da Pegada Hídrica. A pegada hídrica é um indicador multidimensional da apropriação de recursos de água doce, incluindo o seu uso, consumo e poluição. Os resultados da pegada hídrica irão orientar as etapas posteriores do PLAC, contribuindo com a identificação de soluções de melhor gestão da água, e no desenvolvimento de ações e medidas de mitigação e adaptação.

O presente relatório apresenta as informações utilizadas e os serviços desenvolvidos para a elaboração da pegada hídrica, tais como os dados utilizados, alocações realizadas, cálculos, informações sobre incertezas, resultados gerais, resultados por processo e componente, conclusões e recomendações. Sua estrutura é apresentada abaixo:

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

Capítulo 2 – Contextualização: contextualiza Porto Alegre do ponto de vista socioeconômico, de infraestrutura e ambiental, com o objetivo de apresentar a situação atual da cidade dentro destes aspectos, orientar a discussão dos resultados da pegada hídrica e facilitar a identificação de oportunidades de melhoria.

Capítulo 3 – Metodologia: apresenta os métodos utilizados para a elaboração da Pegada Hídrica, define a fronteira de análise, horizonte temporal, método geral de cálculo e os processos de uso e poluição da água no município. Inclui também as principais limitações decorrentes de

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

premissas metodológicas e da disponibilidade de dados, para trazer transparência sobre os cálculos e orientar futuras atualizações do estudo.

Capítulo 4 – Resultados: apresenta o resultado geral da pegada hídrica de Porto Alegre; indicadores *per capita* e comparação com outras cidades; a análise das incertezas e avaliação dos resultados e discussão por processo.

Capítulo 5 – Conclusões e Recomendações: apresenta as principais conclusões e recomendações do trabalho realizado.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

O objetivo deste capítulo é contextualizar Porto Alegre do ponto de vista socioeconômico, de infraestrutura e ambiental, de forma a apresentar a situação atual da cidade dentro destes aspectos, orientar a discussão dos resultados da pegada hídrica e facilitar a identificação de oportunidades de melhoria.

2.1 CONTEXTO SOCIOECONÔMICO

2.1.1 Contexto geral

Fundada em 1722, porém elevada à categoria de vila somente em 1809, Porto Alegre é um dos quatro municípios iniciais do Rio Grande do Sul. A capital do estado limita-se ao norte com Canoas, a nordeste com Cachoeirinha e Alvorada, a leste com Viamão, a noroeste com Nova Santa Rita e Triunfo e a oeste com o Lago Guaíba e os municípios de Eldorado do Sul e Guaíba. De acordo com o recente Censo Demográfico, em 2022 o município possuía um total de 1.332.570 residentes, distribuídos em uma área de 495,4 km² e densidade demográfica de 2.689,94 hab/km² (IBGE, 2023a).

Frequentemente a cidade apresenta bons resultados com relação a indicadores sociais, econômicos e de infraestrutura quando comparada às demais capitais brasileiras, e nos últimos anos vem desenvolvendo ações em sintonia com as principais pautas ambientais. Contudo, as diferenças dentro de sua região metropolitana, a conciliação entre crescimento urbano e preservação de ecossistemas, uma transição demográfica cada vez mais próxima e discussões quanto a função social da cidade vem sendo alguns dos desafios atuais e futuros.

2.1.2 Renda e atividades principais

Em 2021, a capital gaúcha ocupou a 9ª posição na geração de Produto Interno Bruto (PIB) nacional, somando o valor de R\$ 81.563 bilhões e com um PIB *per capita* registrado em R\$ 54.647,38. As atividades que empregam o maior número de pessoas estão relacionadas a indústria, serviços, agropecuária e administração pública.

O setor de serviços é o responsável pelo maior número de pessoas ocupadas e, em 2020, chegou a concentrar cerca de 80% do valor total da economia da cidade. Em seguida, vem o setor público, composto por administração, defesa, educação, saúde pública e seguridade social, responsável por 11% da economia; e a indústria, que responde por cerca de 9%. Por outro lado,

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

a agropecuária representa menos de 0,5% do PIB e a participação em atividades do setor primário (extrativismo mineral, agropecuária, extração vegetal, caça e pesca) e de serviços industriais de utilidade pública, concentraram menos de 1% dos postos de trabalho na capital (ERNST&YOUNG; PMPA, 2023).

Segundo o Cadastro Central de Empresas (IBGE; CEMPRE, 2021), 58% das indústrias de Porto Alegre são da construção civil e 39% da Indústria da Transformação, mostrando a relevância do setor de construção perante às demais atividades industriais. Dentre as subcategorias da construção civil, conforme classificação CNAE 2.0, destacam-se construção de edifícios, serviços especializados para construção e obras de infraestrutura.

2.2 CONTEXTO DA INFRAESTRUTURA

2.2.1 Zoneamento

Em relação ao zoneamento da cidade, Porto Alegre possui um Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA), segundo o qual existem diversas formas de dividir a cidade de acordo com a interlocução com a população, o adensamento urbano e a distribuição do regime urbanístico. Quanto à interlocução com a população, existem oito Regiões de Gestão de Planejamento (RGPs), resultado do agrupamento de bairros. As RGPs são: RGP1 - Centro, RGP2 - Humaitá/Navegantes/Ilhas/Noroeste, RGP3 - Norte/Eixo Baltazar, RGP4 - Leste/Nordeste, RGP5 - Glória/Cruzeiro/Cristal, RGP6 - Centro-Sul/Sul, RGP7 - Lomba do Pinheiro/Partenon e RGP8 - Restinga/Extremo Sul. A Figura 4 apresenta o mapa detalhado dos bairros e das Regiões de Gestão do Planejamento. É possível visualizar que há uma grande concentração de bairros nas regiões 1, 2 e 6, enquanto as regiões 5 e 7 possuem a menor quantidade.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Mapa de Porto Alegre

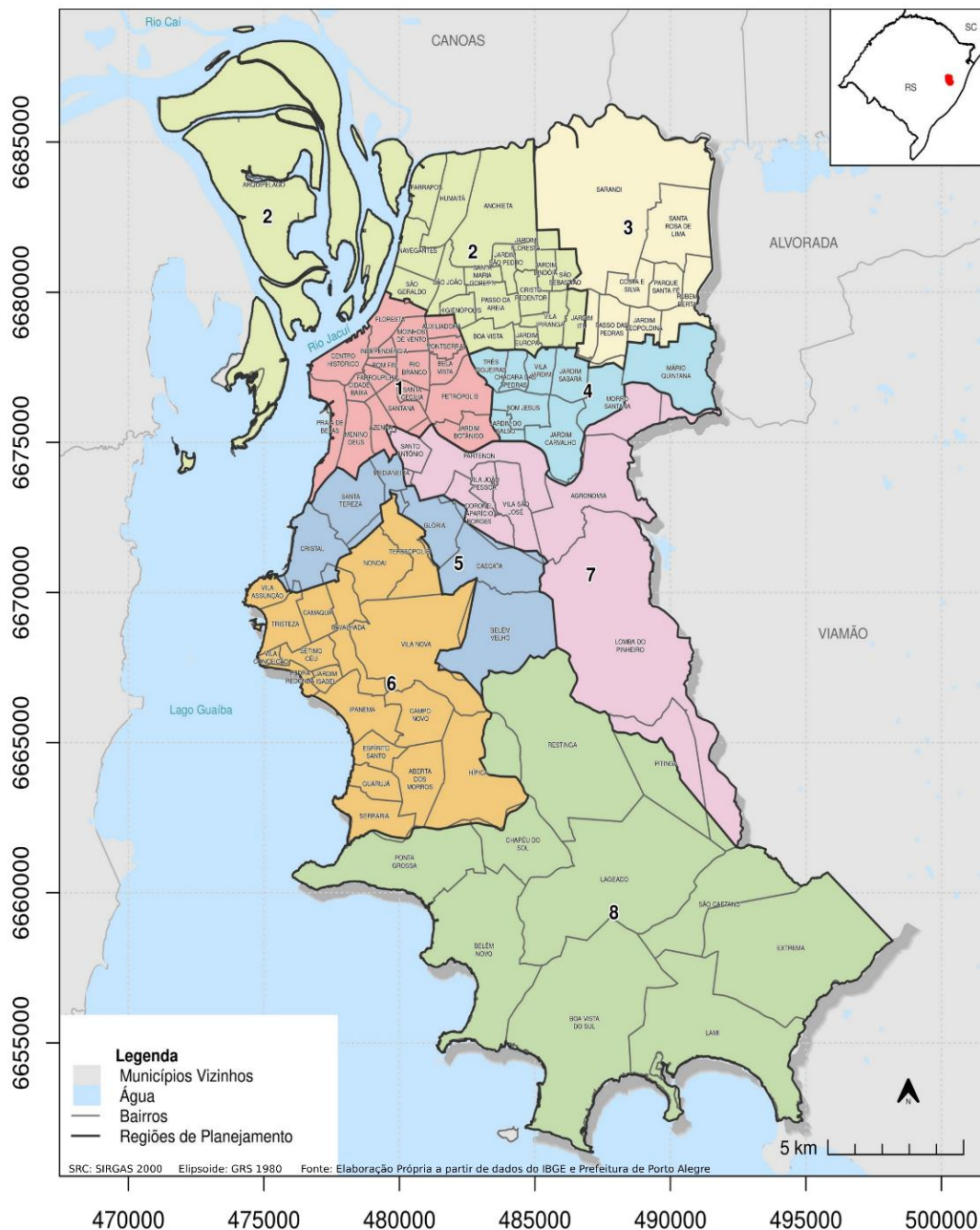


Figura 4. Mapa de Bairros e Regiões de Gestão do Planejamento do município de Porto Alegre.

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados fornecidos pela PMPA (2019a) e MAPBIOMAS (2021).

A Figura 5 apresenta o zoneamento de Porto Alegre, indicando a distribuição das zonas urbanizadas, zonas rurais, áreas verdes e Unidades de Conservação. De forma geral, a região mais urbanizada e de alta densidade habitacional da cidade se estende do centro ao norte, com destaque para a Região de Planejamento 1, que contempla o Centro e mais dezessete bairros.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Há áreas mais rurais na região que se inicia no centro-leste da cidade até o sul, com cultivos agrícolas variados e lavouras de arroz, bem como locais com campo nativo e campo manejado, sendo o último utilizado para pecuária. As áreas ocupadas por matas, que correspondem tanto a áreas somente com espécies nativas quanto áreas com espécies exóticas (pinus, eucalipto, acácia, etc.), também são mais presentes na região sul, e partes da região centro-leste. Por fim, a região das ilhas é a que apresenta maior quantidade de vegetação do tipo arbustiva (HASENACK ET AL. (COORD), 2008).

A cidade de Porto Alegre é considerada a terceira capital com maior área rural do país, atrás apenas de Palmas (TO) e São Paulo (SP), com aproximadamente 12 mil hectares localizados na zona sul e extremo sul da cidade. Um total de 1.263 produtores estão cadastrados no Sindicato Rural de Porto Alegre (PMPA, 2014). O cultivo de frutíferas e hortaliças, a criação de animais e agroindústrias são responsáveis pela geração de trabalho, renda e manutenção da agricultura familiar (PMPA, 2014).

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

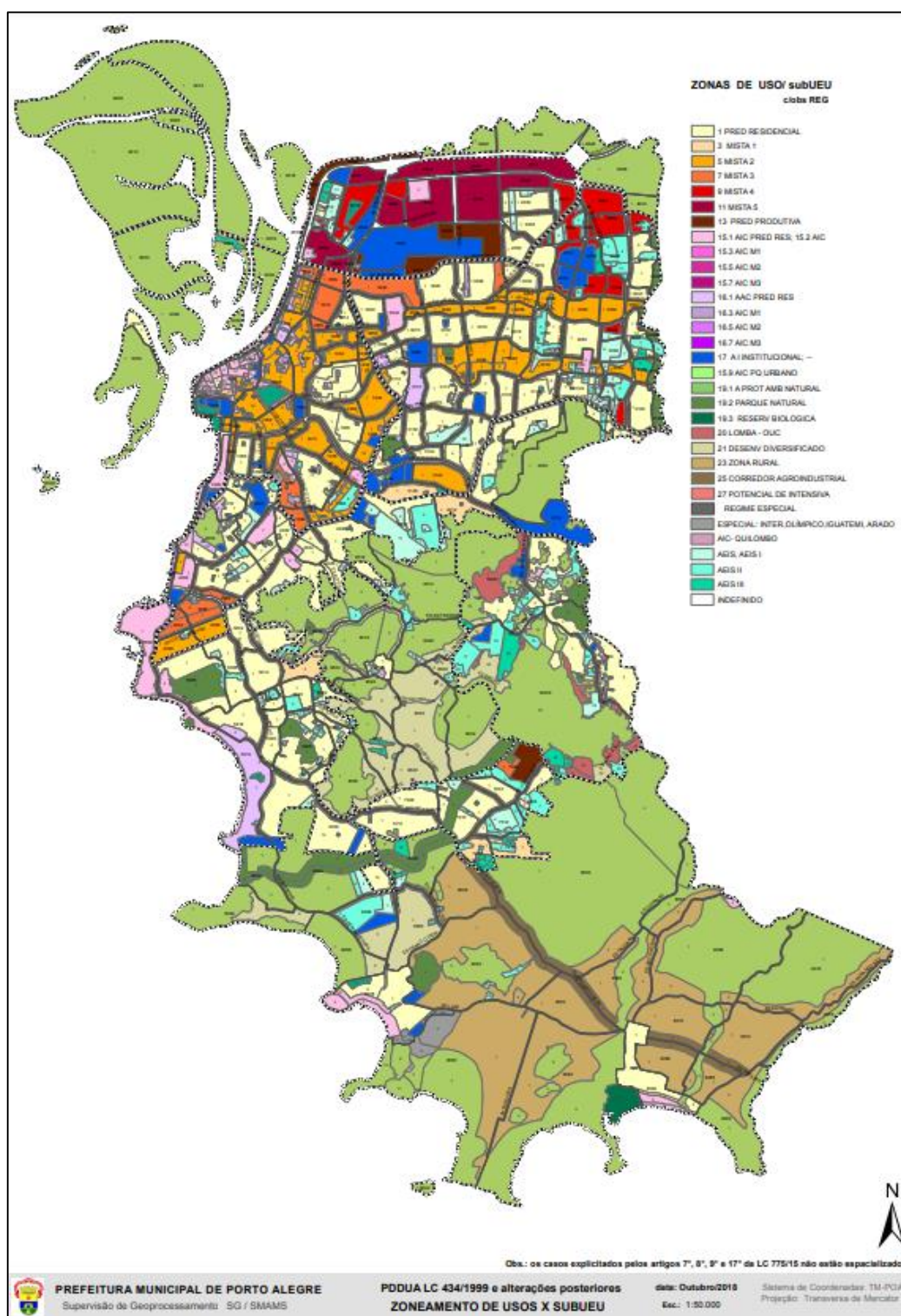


Figura 5. Distribuição de Regime Urbanístico de acordo com o zoneamento de usos.

Fonte: PMPA (2018).

2.2.2 Saneamento básico

Em relação ao setor de saneamento da cidade, o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE)³ é a instituição responsável pela captação, tratamento e distribuição de água, bem como pela coleta e tratamento do esgoto sanitário (cloacal) em Porto Alegre. Desde maio de 2019, também incorporou ao seu escopo a manutenção do sistema pluvial e, a partir de 2021, os projetos e obras de drenagem da capital gaúcha. Já os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são de responsabilidade do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU).

2.2.2.1 Abastecimento de água

Conforme o último relatório do *Ranking do Saneamento*, publicado em 2023, os indicadores Atendimento Total de Água (ITA) e Atendimento Urbano de Água (IUA) foram de 100%, ocupando o primeiro lugar junto com outros 35 municípios brasileiros (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

A cidade apresenta um total de seis Estações de Tratamento de Água (ETAs), seis Estações de Bombeamento de Água Bruta (EBABs), 87 Estações de Bombeamento de Água Tratada (EBATs) e 101 reservatórios. Aproximadamente 88% da água tratada é destinada para uso residencial, distribuída em mais de 4.200 km de redes espalhadas no município. A água é captada no Lago Guaíba e no Rio Jacuí através de 6 ETAs - Belém Novo, Ilha da Pintada, Menino Deus, Moinhos de Vento, São João e Tristeza (Figura 6) - e recebe o tratamento adequado para, posteriormente, distribuir para todos os pontos da cidade (PMPA, 2023a)

O volume de vazão outorgada na Bacia Hidrográfica do Guaíba, de 22,68 m³/s, é um indicativo dos principais usos da água do Lago. Deste valor, 46,6% foi para abastecimento urbano, 32,9% para irrigação e 20,5% para abastecimento industrial, e os usos restantes corresponderam a menos de 1% do total (RIO GRANDE DO SUL, 2016a).

No ano de 2022, o DMAE abastecia diariamente a população com cerca de 328 litros de água para cada habitante, valor acima da média de 50 a 100 litros indicados pela *World Health Organization* (WHO) como suficientes para garantir o acesso à água para uso pessoal e

³ Atualmente o DMAE é de autarquia da Prefeitura, mas há previsão de possível concessão parcial ao setor privado. Porém, independente do órgão executor dos serviços, a gestão dos recursos hídricos de Porto Alegre sempre será de responsabilidade do município.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

doméstico e o atendimento das necessidades básicas (UNITED NATIONS, 2020). O dado de 328 litros por dia fornecidos para cada habitante considera a população do Censo de 2022, o volume de consumo de água faturado para a população e o volume de consumo de água social, que é utilizado por comunidades carentes, geralmente de periferia, das quais não há atualmente canalizações formais por parte do DMAE.

A cidade apresenta problemas relacionados com a falta de água em algumas regiões específicas, causados principalmente pelo consumo excessivo e pelo desperdício – principalmente no verão, quando as temperaturas são consideradas mais elevadas. De forma a reduzir esses problemas, o DMAE considera ampliar e modernizar o sistema para acompanhar as dinâmicas da população nos diferentes bairros, bem como melhorar o abastecimento de água (PMPA, 2017). Em locais onde a população reside em loteamentos irregulares, áreas de riscos ou zonas de preservação ambiental, um serviço gratuito de caminhões-pipa supre a demanda.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica



Figura 6. Principais pontos de captação e sistemas de água de Porto Alegre.

Fonte: PMPA (2023a).

2.2.2.2 Esgotamento Sanitário

Em relação ao Sistema de Esgotamento Sanitário, Porto Alegre possui nove estações de tratamento de esgoto (ETEs) e 36 estações de bombeamento de esgoto (EBEs). Em 2021, cerca de 91,6% da população do município era abrangida pela coleta de esgotos, porém somente 71,8% com separador absoluto, que separa o esgoto cloacal do pluvial (DMAE, 2021), o que contribui com a redução do esgoto efetivamente tratado. Esse é um dos motivos que resulta em aproximadamente 60% da população atendida com tratamento de efluentes, segundo informações do DMAE.

De acordo com o *Ranking do Saneamento*, que avalia as informações fornecidas pelos prestadores de serviços de saneamento básico presentes nos municípios, o DMAE tem capacidade para tratar até 80% do esgoto produzido na cidade (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023). Para isso, o Plano de Saneamento Básico do Município prevê a ampliação das redes coletoras e das ligações domiciliares de esgoto cloacal, além de ampliação da capacidade de tratamento das ETEs (PMPA, 2015a).

Nesse sentido, desde janeiro de 2023, o DMAE vem investindo no sistema de coleta de esgoto no 4º Distrito da cidade, cadastrando e inspecionando 161 imóveis e realizando a correção em 25 ligações de esgoto que estavam inadequadas, com a previsão de realizar mais de 9.200 obras (PMPA; WOLFF, 2023).

2.2.2.3 Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas

Em relação ao sistema de drenagem urbana, Porto Alegre apresenta um Plano Diretor De Drenagem Urbana (Manual de Drenagem Urbana), instituído em 2005 (PMPA, 2005). Foi elaborado um convênio entre a Prefeitura da cidade, através do Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), para a elaboração de Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre (PDDrU), com o objetivo de retomar a recuperação da infiltração natural e a retenção ou detenção das águas pluviais (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).

A resolução destes problemas vem sendo realizada por sub-bacia hidrográfica, iniciando-se pelas bacias dos arroios Moinho, Areia e Tamandaré. Em seguida, os estudos foram ampliados para os arroios Cavalhada, Capivara e Passo das Pedras e, como próximos passos, serão avaliadas as demais 22 bacias hidrográficas do município. Quanto às seis citadas, os sistemas de macrodrenagem dessas bacias foram simulados para diferentes cenários de ocupação do solo,

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

permitindo a detecção dos principais pontos críticos de alagamentos e a análise de possíveis soluções para os problemas verificados. Considerando aspectos econômicos, técnicos e práticos, as soluções apontadas tiveram como base o uso de dispositivos de controle de escoamento, por meio da implantação de reservatórios de amortecimento de cheias, ampliação de condutos e aumento de capacidade de casas de bombas (PMPA, 2023d).

2.2.2.4 Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

O Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) é a autarquia do município de Porto Alegre responsável pela limpeza urbana e pelo manejo dos resíduos sólidos. A coleta seletiva e domiciliar é realizada em 100% das ruas em Porto Alegre, além de ser responsável também pela varrição, capinação das vias públicas, principalmente devido ao descarte inadequado de resíduos pela população (PMPA, 2023b). Segundo dados do DMLU de 2020, a capital apresenta 423 focos crônicos de descarte irregular de resíduos mapeados na cidade (GZH, 2022).

Em 2014 a geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos (domiciliares, públicos e comerciais) foi de 1,36 kg/hab.dia, com projeções para atingir 2,78 kg/hab.dia em um prazo de 20 anos, segundo estudos do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMPA, 2015b). Com base nesse prognóstico, no Volume 3 do Plano, estão descritos diversos programas municipais que têm o objetivo de ampliar a capacidade de coleta e tratamento e buscar diferentes formas de reaproveitamento, reciclagem e tratamento tanto dos resíduos secos quanto dos úmidos. Essas ações também contribuem para a redução dos resíduos que acabam sendo descartados nos arroios e rios da cidade, gerando impactos positivos.

2.1 CONTEXTO FÍSICO E AMBIENTAL

O município de Porto Alegre é caracterizado por variações na paisagem, na vegetação, no solo e nas demais singularidades físicas e ambientais que se modificam ao longo do território. Essa seção inclui levantamentos acerca da caracterização geomorfológica, dos solos e das áreas verdes, além de fitofisionomia, clima e hidrografia. Essas informações irão auxiliar na compreensão dos riscos da capital frente aos impactos da mudança do clima.

2.1.1 Geomorfologia e tipos de solo

A cidade de Porto Alegre ocupa uma área de planície circundada por 40 morros que abrangem 65% do seu território. É limitada pela orla fluvial do Lago Guaíba, de 72 quilômetros de extensão. A geomorfologia é caracterizada por uma variação entre terras altas, com morros isolados,

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

colinas e cristas, e terras baixas, com planícies e terraços aluviais, enseadas, pontas, cordões arenosos e terraços lacustres, e a região do Delta do Jacuí, de cerca de 44 km², distribuída em 16 ilhas do Lago Guaíba sob a jurisdição do município (PMPA, 2023c). Os níveis de declividade predominantes são abaixo de 2% (Tabela 1), caracterizando as extensas áreas planas junto aos corpos d'água nos limites norte, oeste e sul do território e nas ilhas a noroeste. As maiores declividades se encontram no compartimento de morros nas áreas central, leste e sudeste do município e nos entornos das partes mais altas.

Tabela 1. Classes de declividade e percentual da área correspondente.

Classe de declividade (%)	Percentual da área (%)
<2	64,9
2-5	9,4
5-10	14,6
10-20	9,4
20-30	1,4
>30	0,3

Fonte: Adaptado de FUJIMOTO; DIAS (2008).

De forma geral, há diferentes tipos de solo de acordo com os terrenos variados: tipos e encostas de morros, planícies aluviais e lagunares, áreas marginais de arroios, feixes de restinga e áreas com influência antrópica. Os tipos de solo predominantes no município são argissolos e associações entre cambissolos, neossolos, planossolos e gleissolos de diferentes subtipos. (HASENACK ET AL. (COORD), 2008).

2.1.2 Áreas verdes e fitofisionomia

Em relação aos biomas, o município se situa próximo à divisa entre o bioma Mata Atlântica e o bioma Pampa, embora seu território esteja integralmente dentro deste segundo. O bioma Pampa é composto por um conjunto de vegetação de campo em relevo predominante de planície, sendo marcado pela presença de grande diversidade de fauna e flora ainda pouco conhecida (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2021).

As áreas ocupadas pelas ilhas, localizadas ao noroeste, são todas definidas como Áreas de Preservação Permanente (APPs) pela Lei Orgânica do município. Há também as APPs nos entornos de arroios e nos topos dos morros. Porto Alegre possui quatro Unidades de Conservação: Parque Natural Morro do Osso, Reserva Biológica do Lami, Refúgio da Vida Silvestre São Pedro e Parque Natural Municipal Saint' Hillaire (SMAMUS, 2023).

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Quanto às áreas verdes urbanas, o município possui 694 praças urbanizadas, totalizando aproximadamente 5 milhões de metros quadrados. Além disso, ocupando cerca de 230 hectares, há 11 parques urbanizados, sendo eles, por ordem de maior área, Marinha do Brasil, Farroupilha (Redenção), Chico Mendes, Marechal Mascarenhas de Moraes, Maurício Sirotsky Sobrinho (Harmonia), Germânia, Jaime Lerner (trecho 3 da Orla), Gabriel Knijnik, Moinhos de Vento, Orla Moacyr Scliar e Pontal (SMAMUS, 2023b).

A Iniciativa Cidades Sustentáveis apontava que, em 2014, Porto Alegre possuía 62.961.882 m² de áreas verdes (CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2014). Considerando os dados de população do Censo de 2022, tem-se um índice de 47 m² área verde/habitante, valor considerado bem mais alto do que a maior parte das cidades brasileiras. Destaca-se que neste índice estão sendo consideradas áreas de responsabilidade municipal, estadual e federal.

2.1.3 Clima

O clima de Porto Alegre é classificado como subtropical úmido, apresentando chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A temperatura média máxima de 1991 a 2020 foi de 25,6 °C, alcançando de 30 a 31 °C de dezembro a fevereiro. No mesmo período, a temperatura mínima média foi de 15,9 °C, reduzindo para valores próximos a 10 e 11 °C de junho a agosto (INMET, 2020).

A precipitação pluviométrica anual varia entre 1.000 e 2.000 mm/ano, com maiores quantidades de chuva de junho a outubro (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2005). Em Porto Alegre, a precipitação pluviométrica acumulada anual média no período entre 1991 e 2020 foi de 1.494,6 mm, 13% maior na comparação com o período anterior, entre 1961 e 1990, de 1.320,2 mm (INMET, 2020).

A Figura 7 compila os dados de temperaturas máxima e mínima e de precipitação acumulada a cada mês, considerando os últimos 30 anos com dados mais recentes (de 1991 a 2020). Percebe-se que a temperatura varia entre as estações, indo de 10°C a quase 20°C no mês de julho, o mês mais frio, e entre cerca de 20°C e 31°C em janeiro, o mês mais quente. Quanto à precipitação, pode-se perceber sua distribuição ao longo de todos os meses do ano, tendo variado entre 103,3 mm e 165,5 mm nas últimas três décadas, sendo março o mês menos chuvoso e julho o mais chuvoso.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

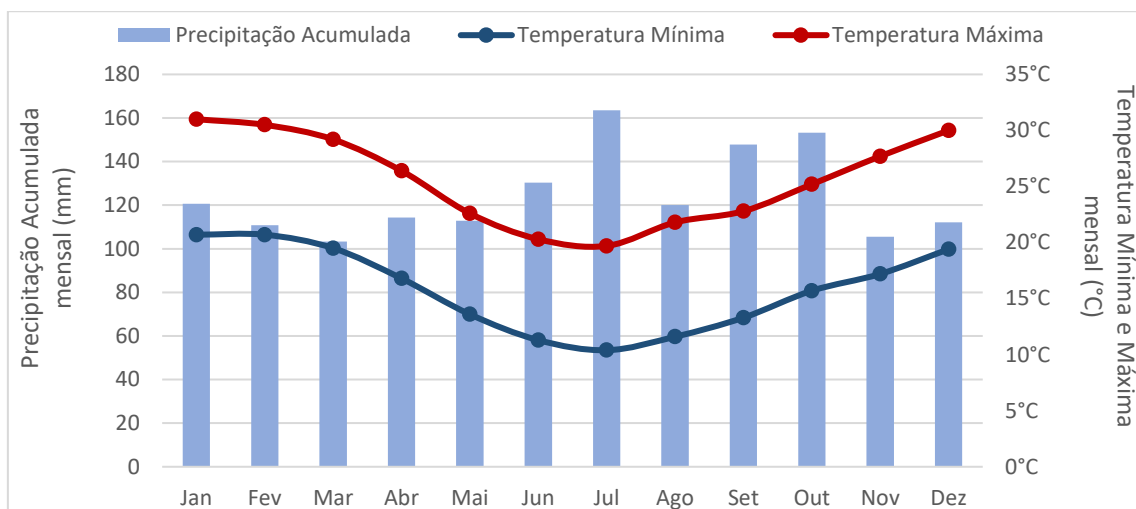


Figura 7. Climograma de Porto Alegre compilado com base na média de 30 anos (1991-2020).

Fonte: Adaptado a partir de INMET (2020).

2.1.4 Hidrografia

O município de Porto Alegre é abrangido por duas bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba (G080), que ocupa a maior parte do território (81%), e a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (G010), localizada na porção nordeste da cidade (SEMA, 2023)⁴. O mapa de todas bacias está apresentando na Figura 8 (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2021). A área de Porto Alegre se situa logo a leste do Guaíba, que banha todo o limite oeste da cidade.

⁴ No estado, há três grandes Bacias: a Bacia do Guaíba, Bacia Litorânea e Bacia do Rio Uruguai. Para classificação das 25 bacias menores existentes dentro de uma destas três, é designada a primeira letra de cada grande bacia (G, L ou U) e um número múltiplo de 10 para diferenciação. Para mais informações, acesse: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

principalmente pela contribuição de outras bacias – Jacuí (84,6%), dos Sinos (7,5%), Caí (5,2%) e Gravataí (2,7%) –, além de receber águas dos arroios adjacentes, abrangendo uma área de drenagem considerada um terço do território do Rio Grande do Sul (COMITÊ DO LAGO GUAÍBA, 2021).

Enquanto a margem leste, onde se situa Porto Alegre, é formada por pontas de morros graníticos residuais, a margem oeste é formada por pontas de areia. A flutuação do nível d'água da Laguna dos Patos e a direção da intensidade dos ventos predominantes na região são os fatores que controlam a dinâmica de escoamento do Lago Guaíba (ERNST&YOUNG; PMPA, 2023). Devido à sua extensão, a qualidade das águas pode variar ao longo dos trechos, diminuindo nas áreas próximas à margem do manancial, onde ocorre menor dispersão da poluição. Sua poluição é proveniente de diversas fontes, incluindo o lançamento de esgoto in natura, ou parcialmente tratado, além de efluentes industriais e agrícolas. Sua revitalização deve ser uma prioridade pública, assim como o gerenciamento correto dos dejetos orgânicos e industriais despejados nos corpos hídricos adjacentes.

Devido a variabilidade já mencionada de sua qualidade, o Lago Guaíba possui vários enquadramentos de Classe, segundo Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005). Em toda sua porção sudeste e sudoeste, é Classe 2⁵; do centro até o norte, é Classe 3, com algumas áreas ao redor da parte central de Classe 2. Os afluentes localizados mais próximos à nascente possuem Classe 3, e aqueles localizados mais ao sul, próximos à foz na Laguna dos Patos, são Classe 2 (SEMA, 2018).

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, que abrange os 19% restantes do território, tem seu gerenciamento dividido em diferentes municípios, sendo que Porto Alegre é Unidade de Gestão, junto com Alvorada, da Margem Esquerda da sub-bacia do Baixo Gravataí. Nesta região do Baixo Gravataí, há predominância de áreas urbanas, lavouras e campo úmido. Assim como outros rios, o Gravataí tem sua foz no Lago Guaíba e forma parte do Delta do Jacuí, uma das mais expressivas áreas naturais da região metropolitana de Porto Alegre (DRH/SEMA, 2012). Porém, quando se

⁵ A Classe 2 inclui águas que podem ser destinadas a uma variedade de usos, incluindo abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional. Já águas de Classe 3 também se destinam a diferentes usos, incluindo abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado. Uma das diferenças entre as classes é que águas de Classe 3 não podem ser utilizadas para recreação de contato primário, como natação, somente para recreação de contato secundário.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

avalia a qualidade das águas, há níveis reduzidos de Oxigênio Dissolvido, com valores variando no enquadramento de rios de classe 3 e 4, conforme resolução Conama 357 (BRASIL, 2005).

Quanto aos sistemas aquíferos (S.A.) do município, há ocorrência do S.A. em rochas do Pré-Cambriano; S.A. em rochas sedimentares do Paleozoico, e o S.A. em depósitos sedimentares do Quaternário (RUALDO MENEGAT, 2018). A água subterrânea é consumida no município para diferentes finalidades, como indústrias, comércio, abastecimento humano e irrigação (SIOUT RS, 2023).

2.1.4.2 Sub-bacias hidrográficas e arroios de Porto Alegre

Especificamente no município de Porto Alegre podem ser delimitadas 27 sub-bacias hidrográficas, identificadas na Figura 9. A maior parte dos arroios da cidade desemboca no Lago Guaíba, tanto no sentido leste para oeste quanto no sentido norte para sudoeste-sul, incluindo os citados acima. Os arroios que desaguam no rio Gravataí, com fluxo de sul para norte, são Feijó, Passo das Pedras, Mangueira, Areia e Santo Agostinho (PMPA, 2015b).

A Tabela 2 abaixo apresenta dados dos arroios cujas bacias hidrográficas possuem o maior número de habitantes. Estas cinco sub-bacias concentravam, em 2010, 71% da população do município (PMPA, 2015b). Pode observar que três delas, incluindo a do Arroio Dilúvio, que sozinha comportava um terço da população, possuem a foz no Lago Guaíba, que é o principal recurso hídrico de captação de água para abastecimento na cidade.

Tabela 2. Dados informativos das cinco sub-bacias com maior população em Porto Alegre.

Nome do arroio que compõe a bacia	População na bacia (2010)	Área da bacia (km ²)	Nascente	Foz
Arroio Dilúvio	448.945	63,2	Lomba do Pinheiro	Lago Guaíba
Arroio Passo das Pedras	180.296	35,3	Morro Santana	Rio Gravataí
Arroio do Salso	131.890	91,2	Bairro Lomba do Pinheiro	Lago Guaíba
Arroio Cavalhada	109.765	24,5	Morro Pedra Redonda	Lago Guaíba
Almirante Tamandaré	105.512	10,2	Arroio integralmente canalizado	Delta do Jacuí

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Fonte: Adaptado por WayCarbon, com base em MOURA; BASSO; SANCHES (2013); PMPA (2015), IMA (2019) e DEP; PMPA (2023).

O Arroio Dilúvio é um dos mais importantes da cidade, e possui um histórico de intensa ocupação urbana em sua bacia e consequentes intervenções em seu curso. O Arroio nasce na Lomba do Pinheiro, Zona Leste, na Represa da Lomba do Sabão, e deságua no limite entre os parques Marinha do Brasil e Maurício Sirotsky Sobrinho (Harmonia) (DEP; PMPA, 2023). Recebe ainda uma parte considerável de poluentes líquidos e sólidos em diversos pontos no transcorrer de seu curso, principalmente ao adentrar na área urbana, necessitando de limpeza e dragagem periódicas. Um diagnóstico desenvolvido pelo Instituto do Meio Ambiente apontou que o Índice de Qualidade da água do Dilúvio calculado por amostragem de diferentes partes do arroio em 2019 foi classificado como “Ruim” para quase 100% das amostras (IMA, 2019), segundo resolução Conama 357, e portanto se enquadrava na Classe 3.

Quanto ao Arroio Passo das Pedras, é um afluente do Arroio Sarandi que nasce no Morro Santana, já foram identificadas concentrações de entulhos nas suas margens e leitos, situação que acarreta o assoreamento do canal e diminuição da profundidade, reduzindo o escoamento da água. Além disso, essa bacia localizada ao norte de Porto Alegre se caracteriza por população de alta vulnerabilidade socioambiental, com moradias precárias e pouco acesso ao sistema de saneamento básico e coleta regular de resíduos, o que resulta em lançamento de efluentes diretamente no arroio e no acúmulo de resíduos sólidos nos lotes e vias (CPRM, 2021).

O Arroio do Salso, que pertence à bacia mais extensa do município, tem cerca de 15 km e flui de nordeste-sudoeste, recebendo vários afluentes até a sua foz no Guaíba. É considerada a única bacia do município que ainda apresenta predomínio de áreas não urbanizadas (MOURA; BASSO; SANCHES, 2013). Segundo Burkt e Fujimoto (2009), a bacia apresenta áreas com baixa densidade de ocupação com elementos naturais preservados e áreas onde essa ocupação é mais intensa com sistema viário consolidado, modelo de habitação compatível com o existente no restante da cidade.

Na sub-bacia do Arroio Cavallhada, localizado na região centro-oeste de Porto Alegre, o predomínio de ocupação é de áreas densamente construídas, mas que possuem áreas verdes, que representam cerca de 40%, seguidos de áreas parcialmente construídas (26%), que se caracterizam por quadras com grande número de lotes ocupados, mas com presença de áreas verdes e/ou terrenos vazios no interior. Por sua vez, ao norte da cidade, na sub-bacia do Arroio Tamandaré, há predomínio de ocupação com áreas densamente construídas, ao ponto de serem

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

impermeáveis, as quais representam cerca de 41%, e áreas densamente construídas, mas que possuem áreas verdes, que representam cerca de 35% (DIAS, 2014).



Figura 9. Sub-bacias hidrográficas do município de Porto Alegre.

Fonte: PMPA (2015).

3. METODOLOGIA⁶

A determinação da pegada hídrica do município de Porto Alegre foi realizada com base na metodologia desenvolvida pela *Water Footprint Network*⁷. A pegada hídrica é um indicador do uso e poluição da água que considera não apenas o seu uso direto por um consumidor ou produtor, mas também seu uso indireto, medida ao longo de toda cadeia dos produtos consumidos ou produzidos. A metodologia permite a determinação do consumo e poluição total a partir de uma perspectiva de um produto, um consumidor ou grupo de consumidores, ou então para uma área delimitada geograficamente, que pode ser uma bacia hidrográfica, um município ou um país.

Segundo HOEKSTRA *et al.* (2011) o cálculo a nível municipal ainda é muito incipiente, sendo mais comum a análise a nível nacional. Recentemente, o Projeto “*Huellas de Ciudades*” calculou, de forma pioneira, a pegada hídrica para diversas cidades na América Latina, dentre elas duas cidades brasileiras: Recife e Fortaleza (SERVICIOS AMBIENTALES S.A., 2020) (PREFEITURA MUNICIPAL DE RECIFE, 2017). Ainda, o município de João Pessoa desenvolveu o cálculo da pegada hídrica com a utilização da mesma metodologia, diagnóstico lançado como parte do seu Plano de Ação Climática (PMJP, 2023).

Antes do cálculo da pegada hídrica propriamente dito, é fundamental a definição do objetivo da análise, uma vez que cada objetivo requer uma análise específica e permitirá alternativas diferentes em relação às suposições adotadas. Além disso, é importante se ter conhecimento dos processos envolvidos, dependendo do escopo a ser trabalhado e a abrangência da análise. A Figura 10 mostra a contabilização da pegada hídrica para várias possíveis abrangências.

⁶ A Seção 3 descreve a metodologia para elaboração da pegada hídrica e o texto foi adaptado para o presente trabalho, com base em projeto de Pegada Hídrica já realizado pela WayCarbon para outra cidade brasileira.

⁷ *Water Footprint Network* é uma plataforma com múltiplos stakeholders sem fins lucrativos para colaboração entre empresas, organizações e indivíduos. A iniciativa foi iniciada pelo Prof. Arjen Hoekstra, criador do conceito de pegada hídrica enquanto uma métrica para estabelecimento da quantidade de água consumida e poluída para produção de bens e serviços ao longo da sua cadeia de valor, junto a demais atores globais. Para saber mais acesse: <https://waterfootprint.org/en/>

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

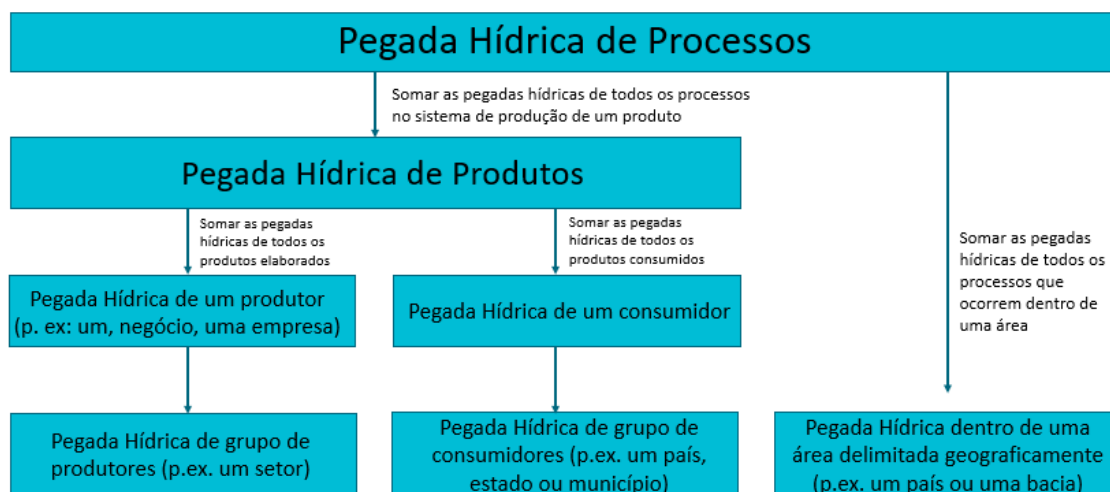


Figura 10. Pegada hídrica de processos como a unidade básica para todas as outras pegadas hídricas.

Fonte: Adaptado de HOEKSTRA *et al.* (2011).

No caso da avaliação de um município, a contabilização da pegada hídrica fornece informações espacial e temporalmente específicas sobre como a água é apropriada para os vários propósitos humanos que podem alimentar a discussão sobre o seu uso e a alocação mais sustentáveis, levando em consideração os impactos ambientais, sociais e econômicos (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

3.1 CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA

A determinação da pegada hídrica dentro de uma área geograficamente determinada, que é o caso de um município, pode ser compreendida como o somatório da pegada hídrica de cada processo que ocorre dentro desta área, conforme demonstrado na equação 1 a seguir:

$$PH_{\text{área}} = \sum_q PH_{\text{proc}}[q] \quad [1]$$

Em que:

- $PH_{\text{área}}$ = Pegada Hídrica de um processo “q” dentro de uma área delimitada geograficamente dada em volume por tempo;
- q = processos que ocorrem dentro da área determinada.

A pegada hídrica nesse caso será expressa como o volume de água por unidade de tempo (m³/ano, por exemplo). Para este estudo, decidiu-se calcular a pegada hídrica de um ano médio, pois desta forma evita-se eventuais discrepâncias relacionadas ao consumo ou poluição da água que podem ocorrer em um determinado ano. O período escolhido foi de 2016 a 2019, pois foi o mesmo utilizado no cálculo das emissões do Inventário de GEE do município (PMPA, 2021). É importante destacar que alguns dados em específico, como precipitação, temperatura e outros

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

utilizados no cálculo da pegada hídrica de produtos agrícolas, o período de dados climáticos é de 30 anos, conforme recomendado pela metodologia da *Water Footprint Network*.

3.2 TIPOS DE PEGADA HÍDRICA

Para que se possa comparar os diferentes usos de recursos hídricos, HOEKSTRA *et al.* (2011) distingue o cálculo da pegada hídrica entre três componentes diferentes: pegada hídrica azul, verde e cinza. A diferenciação por cores visa identificar tanto a fonte do recurso hídrico, água azul ou verde, como também servir como indicador de poluição da água, que é a água cinza.

3.2.1 Pegada Hídrica azul

A pegada hídrica azul mede a quantidade de água azul, que representa a água doce superficial ou subterrânea disponível que é consumida em um determinado período e que não retorna imediatamente para a mesma bacia. O consumo de água acontece quando a água evapora, quando é incorporada ao produto, quando não retorna à mesma bacia hidrográfica, escoando para outra bacia ou para o oceano, ou quando não retorna no mesmo período em que foi captada (por exemplo, quando é retirada em um período de seca e retorna em um período de chuvas).

3.2.2 Pegada Hídrica verde

A pegada hídrica verde é um indicador do uso da água de chuva, entendida como água verde, por parte do homem. A água verde refere-se à precipitação no continente que não escoa ou não repõe a água subterrânea, mas é armazenada no solo ou permanece temporariamente na superfície do solo ou na vegetação. A pegada hídrica verde é o volume da água da chuva consumido durante um processo produtivo. Isto é particularmente relevante para os produtos agrícolas e florestais (grãos, madeira, etc.), correspondendo ao total de água da chuva que sofre evapotranspiração (dos campos e plantações) mais a água incorporada nos produtos agrícolas e florestais colhidos.

3.2.3 Pegada Hídrica cinza

A pegada hídrica cinza é um indicador do grau de poluição da água que pode estar associado a um processo, e mostra a “apropriação da capacidade de assimilação de efluentes” por um determinado recurso hídrico, como um rio. Ela é quantificada como o volume de água necessário

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

para assimilar a carga de poluentes, ou seja, diluir os poluentes de tal forma que a qualidade de água do corpo hídrico permaneça dentro dos padrões de qualidade estabelecidos.

3.3 PROCESSOS DA PEGADA HÍDRICA DA CIDADE DE PORTO ALEGRE

Para a mensuração da Pegada Hídrica de Porto Alegre será avaliada a Pegada Hídrica Direta, que se refere a toda apropriação e poluição de recursos hídricos que ocorre dentro dos limites do município, sendo parte devida ao consumo interno da própria população, e parte devida à produção de bens e serviços.

O cálculo da pegada hídrica do município de Porto Alegre tem o objetivo de identificar quais são os setores com maior impacto sobre os aspectos quantitativo e qualitativo. Com base no levantamento das principais atividades econômicas da cidade, e nos principais usos consuntivos de água conhecidos, foram definidos os processos contemplados no cálculo. O Quadro 2 apresenta estes processos e o seu detalhamento. O passo a passo do método de cálculo para cada componente e as premissas adotadas estão apresentados no APÊNDICE B. DETALHAMENTO DO CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA.

Quadro 2. Descrição dos processos e respectivos níveis de detalhamento utilizados para pegada hídrica do município de Porto Alegre.

Processo	Nível de Detalhamento
Agropecuário	Agricultura
	Pecuária
Doméstico	Residencial
	Comercial
	Público
Industrial	Indústria da Transformação e Mineração

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Os processos agropecuários englobam duas grandes categorias: os processos agrícolas e os processos pecuários. Os processos agrícolas referem-se ao uso da terra, cuja finalidade é antrópica, incluindo assim atividades de agricultura e cujos dados são disponibilizados pelo IBGE para lavoura permanente (IBGE, 2021a) e temporária (IBGE, 2021b). A pecuária irá incluir os principais rebanhos existentes do município, a partir dados da série histórica, também do IBGE (IBGE, 2021c), e as pastagens plantadas (IBGE, 2017a).

O uso doméstico refere-se ao abastecimento de água para fins residenciais, comerciais e para uso público (em repartições públicas). Conforme os dados disponíveis, o uso residencial considerou os usos urbanos e rural, mas sem segregação entre os consumos da área urbana e

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

área rural. Os dados de volume para os processos domésticos foram obtidos com o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE).

Os processos industriais considerados para essa análise foram desagregados segundo a classificação CNAE 2.0 para Indústria da Transformação e a Indústria de Mineração, conforme disponível no estudo “Água na Indústria: Uso e Coeficientes Técnicos” (ANA, 2017a).

Contabilizando cada um dos processos acima citados e os três tipos de pegada, o Quadro 3 apresenta o detalhamento dos componentes de cálculo para as pegadas azul, verde e cinza por cada um dos processos. A pegada cinza dos processos agropecuários não foi contabilizada, pois trata-se de fontes de poluição difusa pelo uso excessivo de fertilizantes e agrotóxicos, em que a medição é extremamente complexa e há grande dificuldade de obtenção de dados específicos.

Quadro 3. Detalhamento dos componentes de cálculo da pegada hídrica por processo.

Processo	Pegada Azul	Pegada Verde	Pegada Cinza
Agropecuário	Necessidade de irrigação comparada com estimativa de demanda hídrica de cultura	Precipitação Efetiva comparada com a estimativa de demanda hídrica da cultura	Não foi considerado no cálculo, pois trata-se de fonte de poluição difusa
Doméstico	Consumo de Água pela diferença entre água faturada e efluente gerado	Não aplicável	Volume de Efluente gerado; Concentração de matéria orgânica (DBO ₅) do efluente tratado e não tratado
Industrial	Consumo de Água direto pela indústria da transformação e pela mineração	Não aplicável	Volume de Efluente gerado por classe industrial; Concentração de matéria orgânica (DBO ₅) típica por classe industrial

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

As fontes de dados que forneceram as informações para o cálculo estão apresentadas no APÊNDICE A. COLETA E LEVANTAMENTO DE DADOS e o detalhamento do método de cálculo para cada um dos processos e tipos de pegada estão apresentados no APÊNDICE B. DETALHAMENTO DO CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA. Por fim, a metodologia da análise de incertezas está apresentada no APÊNDICE C. ANÁLISE DE INCERTEZAS.

3.4 LIMITAÇÕES E BARREIRAS

A metodologia da pegada hídrica, assim como qualquer metodologia dependente de coleta de dados e informações, apresenta algumas limitações e barreiras. No presente estudo, foram obtidos dados de alta qualidade para o cálculo da pegada hídrica do setor doméstico, de uma

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

fonte primária, mas os dados utilizados no cálculo da pegada hídrica industrial e do setor agropecuário foram obtidos de fontes secundárias, em sua maior parte.

Para uma gestão mais robusta e eficiente dos recursos hídricos do município, é importante a busca pelo refinamento dos dados dos demais setores. No caso específico de Porto Alegre, o setor industrial se sobressai em relação à agropecuária, em especial por ser uma atividade econômica mais expressiva na cidade. Mesmo que a maior parte das indústrias da cidade seja da construção civil, há presença de indústrias que possuem um consumo mais relevante de água, como as de bebidas, bem como indústrias que geram um efluente mais rico em matéria orgânica, como o da indústria alimentícia.

A pegada hídrica do setor agropecuário, por sua vez, possui barreiras e limitações relacionadas à quantidade e qualidade dos dados disponíveis no software utilizado para o cálculo, *Cropwat*. Embora o município de Porto Alegre tenha poucos hectares voltados para o plantio de culturas agrícolas ou para a criação de rebanhos, em especial para a primeira tem havido um aumento desta atividade ao longo dos anos. Neste sentido, é relevante a aproximação com o setor para buscar um resultado mais voltado para a realidade de Porto Alegre, considerando fatores como o solo local, data exata de plantio, quantidade de água utilizada na irrigação, entre outros.

Quanto ao grau de granularidade da análise, este ficou limitado à quantidade de dados disponíveis de forma desagregada. Para o setor doméstico, por exemplo, foi possível estabelecer os rios ou arroios em que a água foi captada para abastecimento e depois despejada como efluente, para o caso de efluentes encaminhados para as ETEs e tratados. Porém, para o caso de efluentes não tratados, não havia informações disponíveis sobre estes pontos de despejo, sendo necessário estabelecer uma premissa sobre a bacia hidrográfica de lançamento destes efluentes.

Outra questão que ainda está em desenvolvimento na metodologia utilizada nos cálculos, da *Water Footprint Network*, é como lidar com a variabilidade e as mudanças ao longo do tempo. A produtividade da água pode variar de um ano para outro, influenciando no valor da pegada hídrica ao longo dos anos. Dessa forma, as alterações ocorridas na pegada hídrica de um ano para outro não podem ser interpretadas somente como uma melhoria ou agravamento no uso e/ou poluição da água. Por estes motivos, utilizou-se uma média de vários anos para o cálculo da pegada hídrica, que é a recomendação dada pela metodologia.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

No cálculo da pegada hídrica azul, uma barreira é estabelecer se a água captada em um determinado local é lançada em outro, e em quais outros locais em específico essa água é lançada. Para este estudo, foi estabelecida a premissa de que toda a água captada é devolvida em uma vazão de retorno para a mesma bacia dentro do período de um ano analisado, de forma que a vazão de retorno perdida é zero.

Em específico no caso da pegada cinza, também há desafios referentes à definição das concentrações naturais e máximas permitidas. Estes valores estarão atrelados aos padrões de concentração permitidos pelos diferentes países a partir de normas, legislações e demais regulações impactando, consequentemente, no resultado.

Por fim, é necessário compreender que tipo de respostas, na forma de políticas públicas, podem contribuir para reduzir as pegadas hídricas azul, cinza e verde das atividades da cidade, incluindo percepções referentes à efetividade de diferentes tipos de ações. Uma forma de reduzir as barreiras para implementação destas ações é relacioná-las à cobenefícios, como melhoria na saúde e qualidade de vida da população, incluindo redução de doenças transmitidas pela água, recuperação de recursos hídricos, ampliação de espaços públicos de lazer, entre outros.

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADO GERAL

4.1.1 Componentes da Pegada Hídrica

A pegada hídrica total dentro do município de Porto Alegre foi estimada em 1,8 bilhões de m³, considerando ano médio dentro do período analisado de 2016 a 2019, explicado na seção 3.1 (Cálculo da Pegada Hídrica). Como pode-se visualizar na Figura 11, a componente mais relevante, responsável por 97,6% da pegada hídrica, é a componente cinza, que se refere à qualidade dos corpos hídricos da cidade, como arroios e rios. A baixa representatividade do processo agropecuário indica que as culturas agrícolas e os rebanhos pecuários não são significativos na cidade, o que é corroborado pela pequena área agrícola do município, que representa 6% do uso do solo (MAPBIOMAS, 2021).

Tanto a pegada azul quanto a pegada cinza se mostraram mais significativas no processo doméstico, que contempla os setores residencial, comercial e público. Isto se deve principalmente ao perfil das indústrias do município, que não consomem tanta água em seus processos. A pegada hídrica verde só aparece no processo agropecuário, visto que se refere à água da chuva acumulada nos produtos agrícolas e pastagens plantadas.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

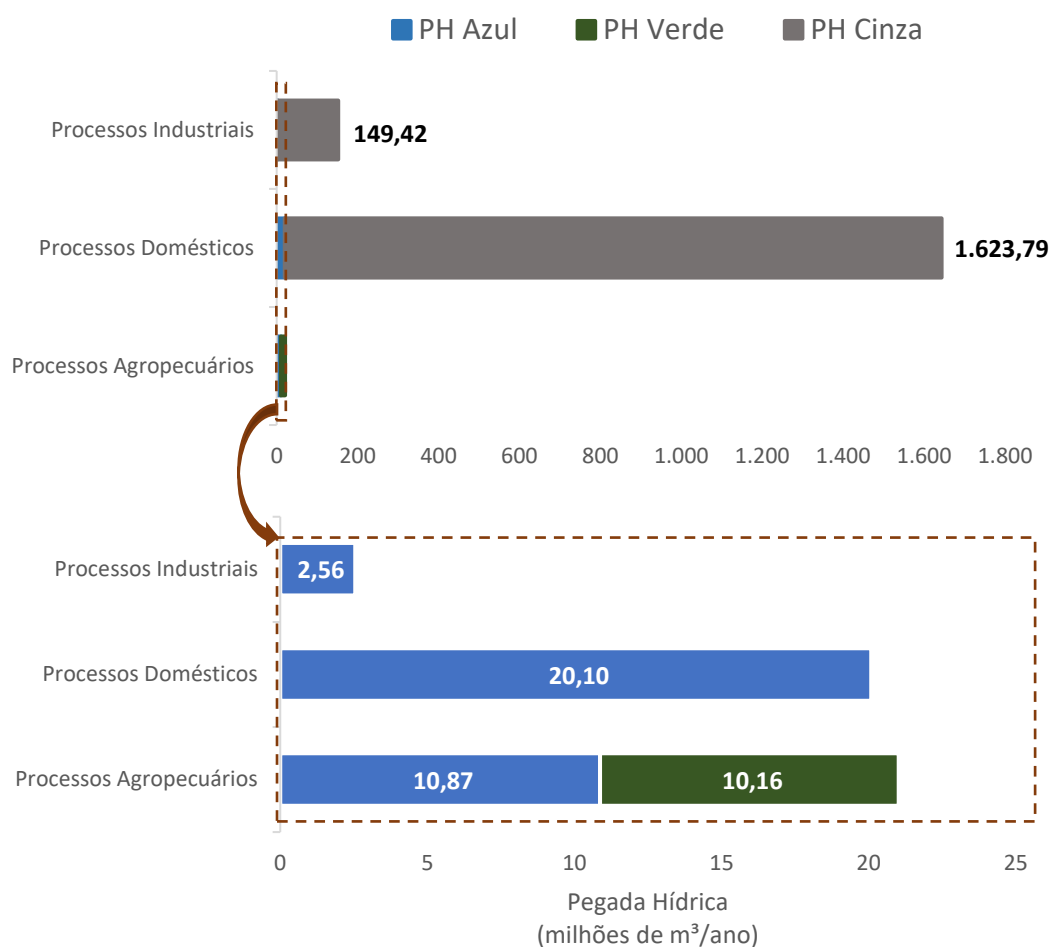


Figura 11. Pegada Hídrica total do município de Porto Alegre, por componentes e processos.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Como já apresentado, Porto Alegre possui duas bacias em seu território: a Bacia do Lago Guaíba e Bacia do Rio Gravataí, e ambas apresentam qualidade da água de regular a ruim nas proximidades de Porto Alegre. O controle da qualidade das águas do Lago Guaíba possui uma complexidade adicional, visto que a Bacia abrange total ou parcialmente 14 municípios e é drenada por 37 arroios principais que contribuem diretamente ao lago pelas suas margens esquerda e direita, ou seja, o Lago recebe efluentes ao longo de toda sua extensão (RIO GRANDE DO SUL, 2016b). Além disso, a foz dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí é na porção extremo norte do Guaíba, contribuindo também com uma piora da qualidade das águas na região.

O maior impacto da componente cinza da pegada hídrica também pôde ser observado nos estudos existentes para as pegadas hídricas das cidades de Recife (PREFEITURA MUNICIPAL DE RECIFE, 2017) e João Pessoa (PMJP, 2023). A Seção 4.1.2 apresenta uma discussão comparativa entre os resultados encontrados na literatura e o resultado deste trabalho.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

A Tabela 3 mostra o detalhamento da pegada hídrica por processo e por componente analisada, demonstrando que o setor mais relevante é o doméstico. Este resultado já era esperado, visto que a indústria mais relevante da cidade, que é a de construção civil, foi enquadrada neste setor pois não há consumo direto de água nas operações, somente nas estruturas de apoio às obras utilizadas pelos funcionários. As discussões específicas para cada processo serão apresentadas no item 4.2.

Tabela 3. Resultados da pegada hídrica de Porto Alegre, por processo e componente

Processo	Pegada Hídrica (m³/ano)			
	Pegada Azul	Pegada Verde	Pegada Cinza	Pegada Total
Processos Agrícolas	4.451.713	2.709.327	-	7.161.040
Processos Pecuários	6.415.032	7.449.255	-	13.864.287
Processos Domésticos	20.095.686	-	1.623.785.483	1.643.881.170
Processos Industriais	2.558.044	-	149.423.012	151.981.055
Total	33.520.475	10.158.582	1.773.208.495	1.816.887.552

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A pegada hídrica azul representa a apropriação dos recursos hídricos provenientes de corpos d'água superficiais e subterrâneos. Essa análise é importante para entender especialmente o uso consuntivo da água para suas diferentes finalidades, como abastecimento para consumo humano, dessedentação animal, insumo na produção industrial e irrigação na agropecuária. Quando a água é apropriada para uma determinada finalidade, ela deixa de estar disponível para outro fim, o que é relevante em particular para regiões que vivem situação de escassez hídrica.

A Figura 12 apresenta os resultados da pegada hídrica azul por processo, indicando que a maior parte do consumo direto de água é do setor doméstico, o qual incorpora consumo residencial, comercial e público. Os processos pecuários também apresentam um consumo significativo, principalmente devido às pastagens plantadas, seguidos pelos processos agrícolas. Os processos industriais apresentam o menor consumo na cidade, conforme detalhado no item 4.2.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

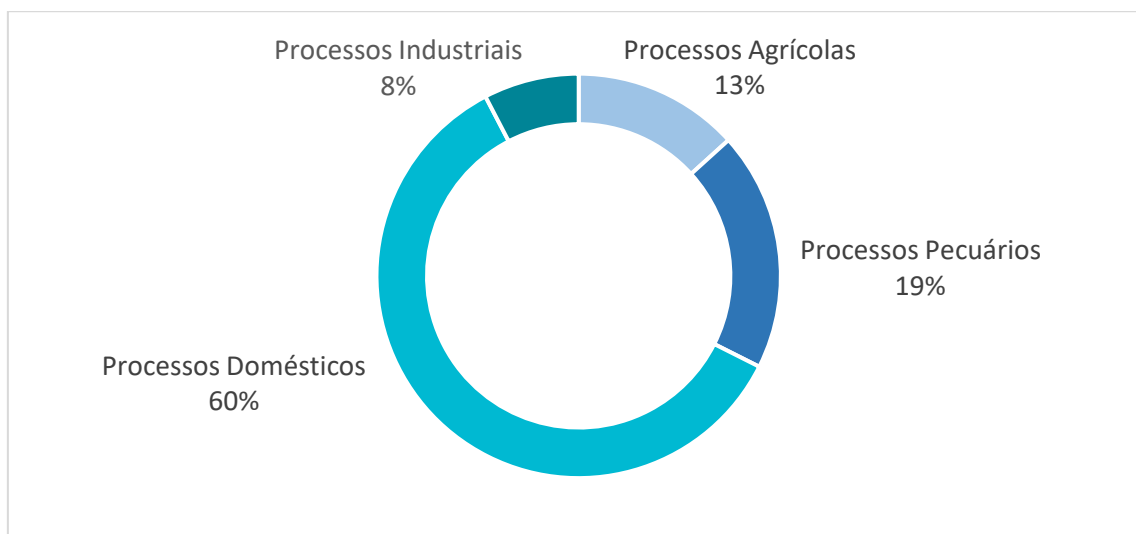


Figura 12. Análise da componente azul da pegada hídrica por processo.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A pegada hídrica verde representa um consumo indireto, que permite compreender o uso da água que ocorre devido à precipitação pluvial. Do ponto de vista da adaptação às mudanças climáticas, o conhecimento dessa informação pode ser aplicado frente aos dados de precipitação esperados para o planejamento e entendimento da melhor localização para plantação de determinados cultivos, de forma a minimizar a pressão sobre os recursos azuis. Dentre os processos estudados, o único que apresenta consumo de água verde são os processos agrícolas e pecuários, de forma que respondem por 100% do seu uso.

A Figura 13 apresenta a distribuição da pegada hídrica entre processos agrícolas e pecuários. Destaca-se que a pegada verde agrícola inclui as principais culturas temporárias, de maior área, enquanto a pegada hídrica da pecuária inclui as pastagens plantadas. As áreas por elas ocupadas totalizam 2.378 hectares, maior que as das culturas incluídas na análise, que totalizam 754 hectares. É importante destacar que a espécie forrageira utilizada para avaliar a pastagem é o capim Sudão, uma espécie plantada durante o período de verão, portanto o resultado está limitado a este tipo de capim. Destaca-se que a espécie foi escolhida pois é muito utilizada no estado do Rio Grande do Sul e possui bom desempenho (EMBRAPA PECUÁRIA SUL, 2013).

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

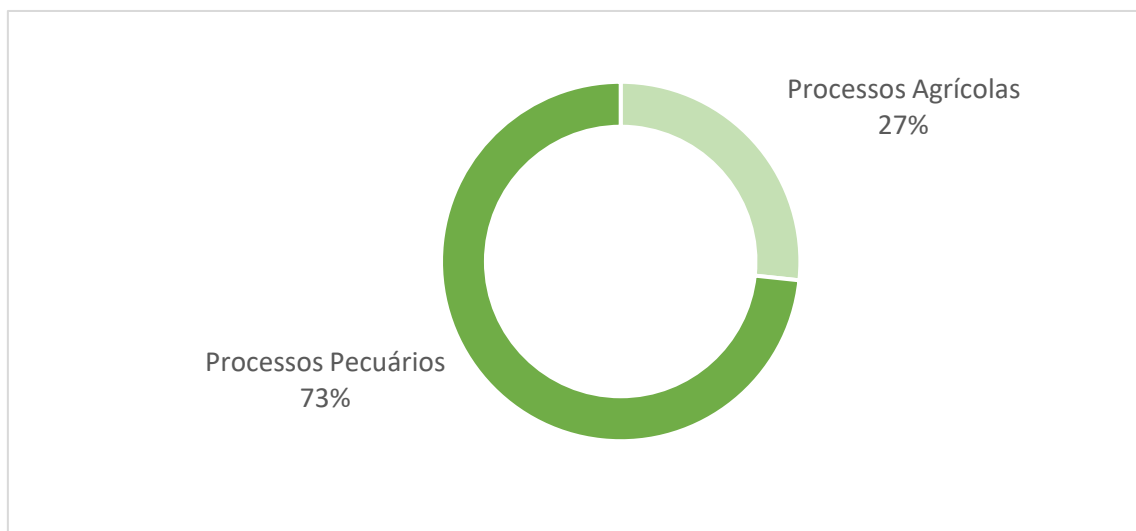


Figura 13. Análise da componente verde da pegada hídrica por processo.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A última componente analisada foi a pegada hídrica cinza, que representa o volume necessário para assimilação da carga de efluentes lançados nos corpos hídricos do município. Como pode ser visto na Figura 14, a pegada cinza dos processos domésticos corresponde a 92% do total, enquanto a dos processos industriais representa os 8% restantes. É importante destacar que, para pegada industrial, considerou-se que o lançamento dos efluentes ocorre conforme a Resolução CONAMA 430/11, que requer, segundo seu Artigo 16, uma remoção mínima de 60% de DBO. Já os efluentes domésticos incluem tanto efluentes tratados quanto não tratados e, visto que cerca de 40% não são tratados, isso contribui com um valor elevado da pegada cinza.

É importante destacar que nos efluentes tratados estão sendo considerados somente aqueles direcionados para ETEs e, após tratamento completo, lançados nos arroios e no Lago Guaíba com baixa carga orgânica. Embora exista também o tratamento por fossas sépticas no município, não foi considerado pois, além de não ser um tratamento completo, os dados necessários para o cálculo não foram obtidos até o fechamento deste estudo.

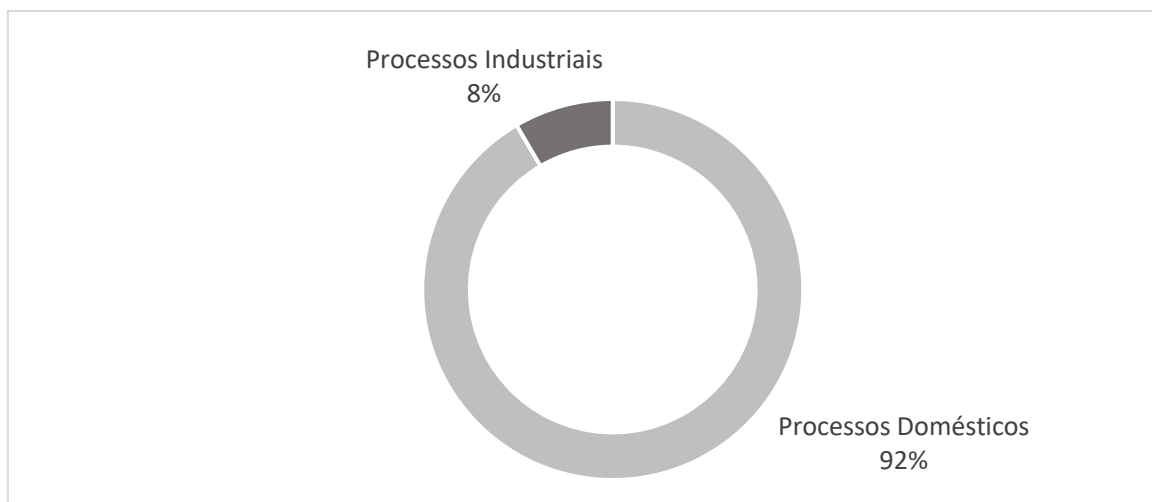


Figura 14. Análise da componente cinza da pegada hídrica por processo.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.1.2 Análise Comparativa da Pegada Hídrica per capita

A pegada hídrica dentro de uma área depende da relevância de cada um dos processos que ocorrem em cada área. Além disso, no caso do cálculo de pegadas hídricas de cidades, ainda há poucas aplicações da metodologia para permitir uma base robusta e confiável para uma comparação direta. Assim, a comparação entre os resultados obtidos nesse relatório e os resultados provenientes do Projeto “*Huellas de Ciudades*” (SERVICIOS AMBIENTALES S.A., 2020), deve ser observada com cautela.

O projeto citado desenvolveu o cálculo da pegada hídrica de doze cidades latinas, incluindo Recife e Fortaleza, utilizando a metodologia da *Water Footprint Network*. Contudo, há diferenças consideráveis na disponibilidade de dados utilizados e premissas adotadas nesses estudos, que possuem um nível de detalhamento menor. Além disso, utilizando a mesma metodologia, a cidade de João Pessoa desenvolveu o cálculo da sua pegada hídrica recentemente, um dos diagnósticos de seu Plano de Ação Climática (PMJP, 2023).

A Tabela 4 apresenta o resultado da pegada hídrica *per capita* de três cidades da América do Sul e três cidades brasileiras. Para a população de todas as cidades brasileiras, utilizou-se os dados mais atuais disponibilizados pelo Censo do IBGE de 2022. Apesar do tamanho da população não ser o único dado de atividade que interfere no consumo de água, a utilização deste indicador permite a identificação da ordem de grandeza da pegada hídrica. É importante destacar que foi

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

analisada somente a pegada hídrica do setor residencial, visto que os demais setores são muito específicos para cada cidade.

Tabela 4. Pegada Hídrica do setor residencial, *per capita*, de cidades brasileiras e latinas.

Cidade	Pegada Hídrica Residencial (m³/hab.ano)		
	Pegada Azul	Pegada Cinza	Pegada Total
Porto Alegre	12,8	1.304,1	1.046,9
João Pessoa	10,7	1.110,3	1.121,0
Recife	5,8	1.053,4	1.059,2
Lima	4,0	715,3	719,3
Fortaleza	25,7	426,2	451,9
Quito	6,0	392,5	386,5
La Paz	2,1	209,6	211,7

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance; SERVICIOS AMBIENTALES S.A. (2020); PREFEITURA MUNICIPAL DE RECIFE (2017); PMJP (2023); IBGE (2023b).

A pegada azul *per capita* do setor residencial de Porto Alegre apresenta um valor um pouco mais elevado que a maior parte dos municípios, de 12,8 m³/hab. Embora haja premissas específicas para cada cidade, o setor doméstico está incluindo os usos residenciais, comerciais e públicos. Neste sentido, é um ponto de atenção para Porto Alegre observar formas de reduzir o consumo por habitante nestes diferentes setores. Assim como para Porto Alegre, João Pessoa e Recife utilizaram o dado de volume de água faturado para estimar o consumo, e este volume foi menor do que aquele contabilizado para a capital gaúcha. Neste sentido, há margens para redução deste indicador nas residências da cidade.

O resultado da pegada cinza para Porto Alegre se mostrou similar ao das cidades de João Pessoa e Recife, as quais também calcularam de forma separada os esgotos tratados e não tratados. As demais cidades não apresentaram esse tipo de separação. Para uma avaliação mais detalhada deste resultado, a Tabela 5 apresenta os resultados segregados apenas para as três cidades citadas, além do percentual de esgoto doméstico tratado.

Tabela 5. Pegada hídrica residencial de esgotos tratados e não tratados de cidades brasileiras.

Cidade	Percentual de esgoto doméstico tratado (%) - 2019	Pegada Hídrica Residencial (m³/hab.ano)	
		Pegada Cinza esgoto tratado	Pegada Cinza esgoto não tratado
Porto Alegre	61%	37,6	996,6
João Pessoa	73%	521,4	588,9
Recife	44%	131,2	922,2

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance; DMAE (2019); SERVICIOS AMBIENTALES S.A. (2020); PREFEITURA MUNICIPAL DE RECIFE (2017); PMJP (2023); IBGE (2023b).

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Conforme pode-se perceber, a pegada hídrica cinza do esgoto tratado de Porto Alegre é bem mais reduzida do que das outras duas cidades brasileiras, indicando uma boa eficiência no tratamento nas ETEs, com lançamento nos arroios e rios de um efluente com baixa DBO. Porém, a pegada cinza do esgoto não tratado já é próxima da cidade de Recife e mais elevada do que o município de João Pessoa, cujo índice de tratamento é maior. Neste sentido, recomenda-se a ampliação do tratamento de esgoto em Porto Alegre como principal atividade a ser desenvolvida para redução da pegada hídrica cinza e consequente melhoria dos recursos hídricos da cidade.

4.1.3 Análise de Incertezas

A elaboração da pegada hídrica envolve o uso de ferramentas de cálculo que utilizam previsões, parâmetros, fatores de emissão padrão e elementos de cálculos. O uso dessas ferramentas acarreta certos níveis de incertezas nos cálculos, que podem estar relacionadas com os dados de entrada e/ou fatores utilizados. O detalhamento do cálculo das incertezas está apresentado no APÊNDICE C. ANÁLISE DE INCERTEZAS.

As incertezas foram calculadas para a Pegada Hídrica de Porto Alegre segundo recomendação do documento *“GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty”* (GHG PROTOCOL, 2003). Os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados das incertezas da Pegada Hídrica de Porto Alegre.

Pegada Hídrica	Maior incerteza (%)	Menor incerteza (%)	Qualidade
Pegada Hídrica Azul	5,28	11,51	Boa
Pegada Hídrica Verde	21,79	45,00	Pobre
Pegada Hídrica Cinza	4,96	15,50	Razoável
TOTAL	4,84	15,13	Razoável

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

As incertezas totais da Pegada Hídrica de Porto Alegre variaram entre 4,84% e 15,13%, com classificação razoável, e próximo ao limiar superior para ser classificada como boa, que é de 15%. A pegada hídrica verde possui maiores incertezas devido à utilização de dados secundários a partir de estudos de literatura e diferentes premissas adotadas. A menor incerteza é da pegada hídrica azul, visto que boa parte dos dados é de fontes primárias.

4.2 RESULTADO POR PROCESSO

A Figura 15 apresenta a distribuição da pegada hídrica pelos diferentes processos existentes na cidade, mostrando que o setor doméstico é o mais representativo, seguido pelo setor industrial. Este resultado está coerente com o já apresentado anteriormente, visto que embora haja indústrias na cidade, de forma geral o consumo de água não é tão significativo.

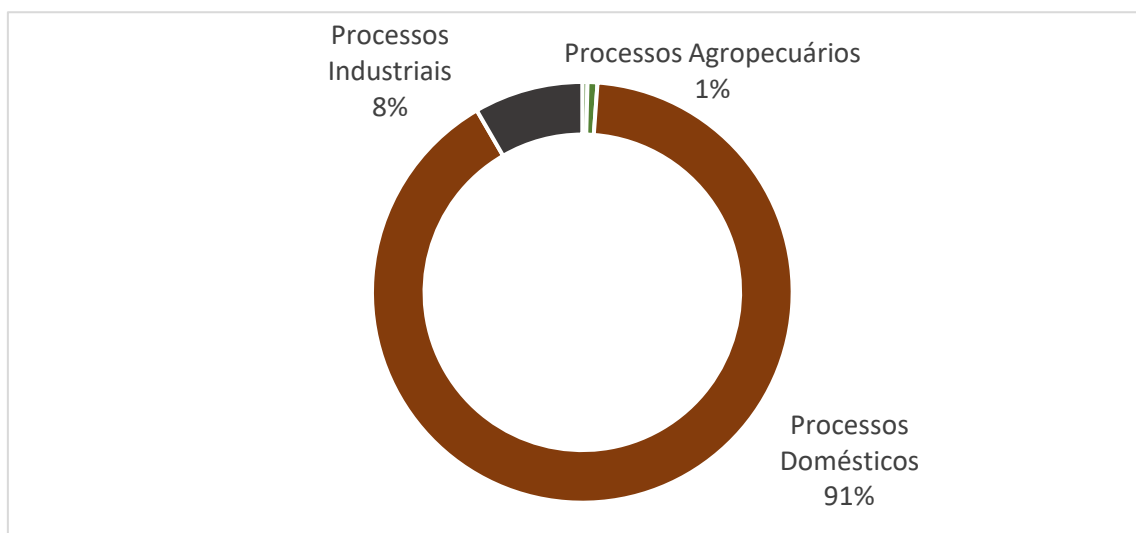


Figura 15. Distribuição da pegada hídrica por processos

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A Figura 16 apresenta com detalhamento os subprocessos, sendo que o setor doméstico inclui os diferentes setores ligados à rede do DMAE (residencial, comercial e público), o setor industrial contempla indústrias de Transformação e Mineração, e o setor agropecuário inclui agricultura e pecuária. Percebe-se que a pegada hídrica residencial é a mais significativa, representando 76,8% do total, seguido pelo setor comercial, com 12,1%.

Conforme citado anteriormente, de acordo com o DMAE, o Guaíba abastece diariamente a população com aproximadamente 328 litros de água para cada habitante, sendo que este valor considera a água faturada. Segundo a Organização das Nações Unidas, é possível reduzir este consumo para 110 litros por dia, para cada habitante (CNM, 2018). Neste sentido, a cidade tem a possibilidade de desenvolver ações de redução do consumo de água e de perdas na distribuição, para reduzir a pegada hídrica azul, bem como ampliar o tratamento de efluentes, para reduzir a pegada hídrica cinza.

Os setores de menor pegada hídrica são agricultura e pecuária, muito porque o perfil da cidade não é focado em culturas agrícolas e há poucos rebanhos de animais. Outros municípios cuja

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

principal atividade econômica é a agropecuária possuem uma pegada hídrica muito elevada para este processo, o que destaca a importância de cada cidade desenvolver seu próprio diagnóstico. As discussões específicas para cada setor serão apresentadas nos tópicos a seguir.

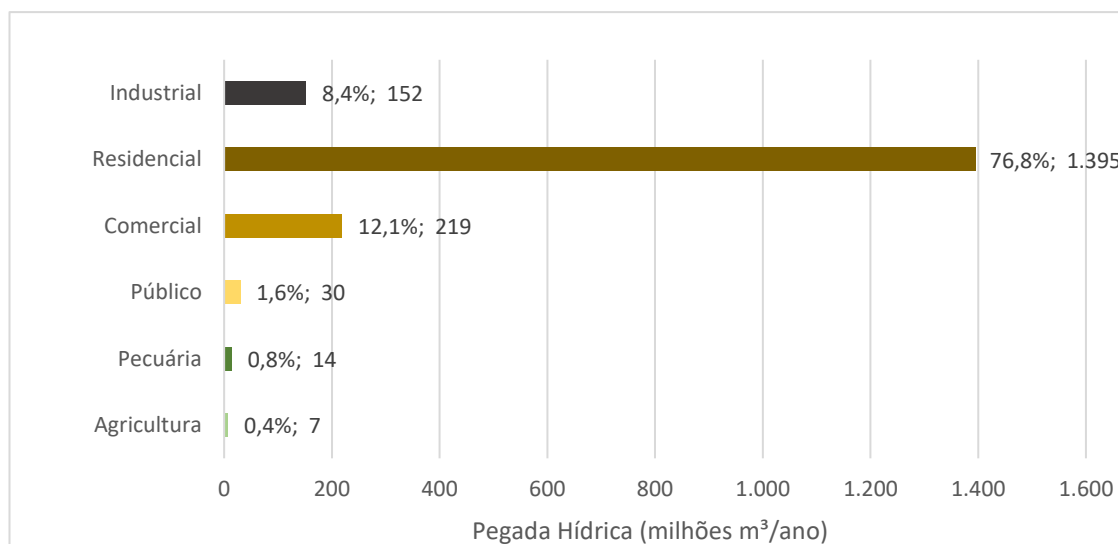


Figura 16. Distribuição da pegada hídrica por subprocessos.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.2.1 Processos Domésticos

A pegada hídrica doméstica, composta pelos setores Residencial, Comercial e Público, é de 1,6 bilhões de m³ (91% do total). A Figura 17 apresenta a contribuição da pegada azul, da pegada cinza das Estações de Tratamento de Efluentes e a Pegada Cinza dos efluentes não tratados.

Uma vez que a pegada cinza considera a quantidade de carga orgânica que um rio consegue assimilar, este resultado é esperado, visto que efluentes não tratados possuem uma carga orgânica mais elevada do que efluentes tratados, os quais seguem as legislações pertinentes de descarte. Este resultado reforça a importância de se ampliar o tratamento de efluentes na cidade e aumentar a conexão das redes residenciais com a rede de coleta.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

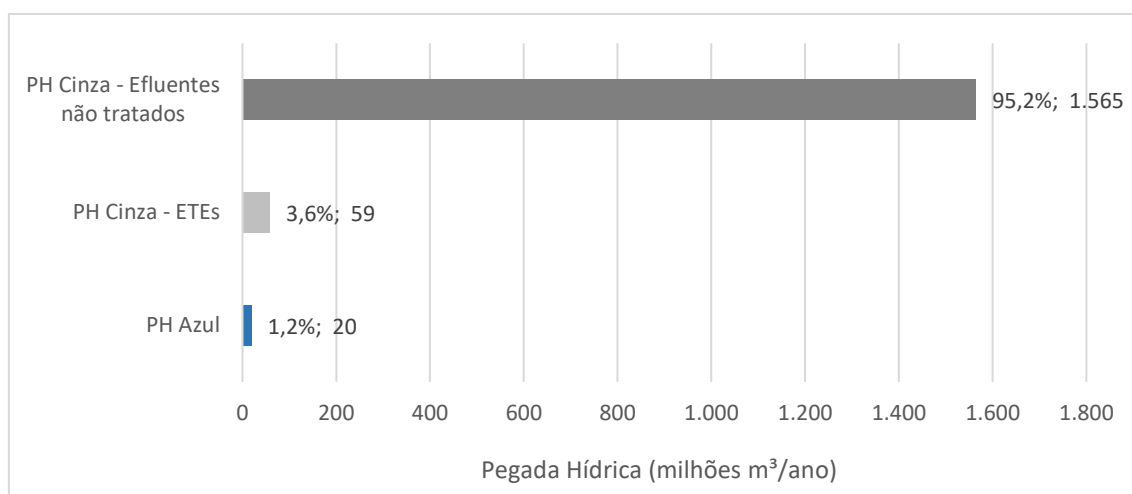


Figura 17. Pegada Hídrica do setor doméstico de Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A Tabela 7 apresenta os volumes de efluentes tratados e não tratados do município de Porto Alegre, calculados a partir dos dados enviados pelo DMAE. O resultado da pegada hídrica cinza mostra que a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) contribui bastante com valor elevado da pegada cinza do efluente não tratado, visto que os arroios e rios da cidade ficam mais sobrecarregados com carga orgânica para assimilar e realizar o seu processo natural de depuração.

Tabela 7. Comparação entre o volume de efluentes tratados e não tratados para a pegada hídrica do setor doméstico.

Origem do efluente	Volume médio de efluente (m³/ano)	Pegada Hídrica Cinza Doméstica (m³/ano)	Pegada Hídrica Cinza Doméstica (%)
ETEs	67.134.571	58.968.091	3,6%
Efluente não tratado	58.140.046	1.564.817.393	96,4%

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A partir da informação, fornecida pelo DMAE, sobre os corpos receptores que recebem os efluentes após a saída das Estações de Tratamento, foi possível identificar quais arroios e rios da cidade recebem os efluentes tratados. A Figura 18 apresenta esta distribuição, mostrando que cerca de 73% dos efluentes tratados tem como ponto de lançamento o Lago Guaíba. Na sequência, 14% são lançados no Arroio do Salso e 5% no Arroio Passo das Pedras, que são arroios que apresentaram grande número de habitantes na área de abrangência de sua bacia (PMPA, 2015b).

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

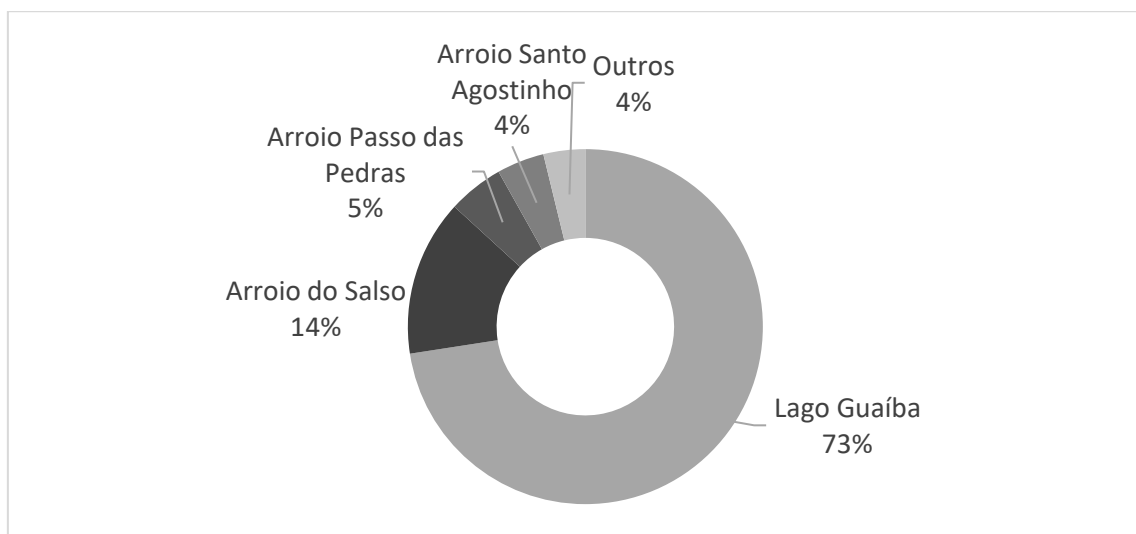


Figura 18. Distribuição da pegada hídrica cinza do efluente tratado por arroio ou rio de Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

É importante destacar que a Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, que possui uma área total de 2973,1 km², cujo corpo receptor principal é o lago de mesmo nome, é o destino final de dezenas de arroios localizados não só em Porto Alegre, mas também em municípios vizinhos (SEMA, 2018). Neste sentido, o gerenciamento da qualidade da água no Lago é dotado de uma complexidade maior, visto que é necessário que os demais municípios também tratem seus efluentes antes de lançá-los no corpo hídrico.

4.2.2 Processos Industriais

A pegada hídrica dos processos industriais, que inclui Indústrias da Transformação e Mineração, totalizou 151 milhões de m³, sendo que 1,7% representam a pegada azul e 98,3% a pegada cinza (Figura 19).

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

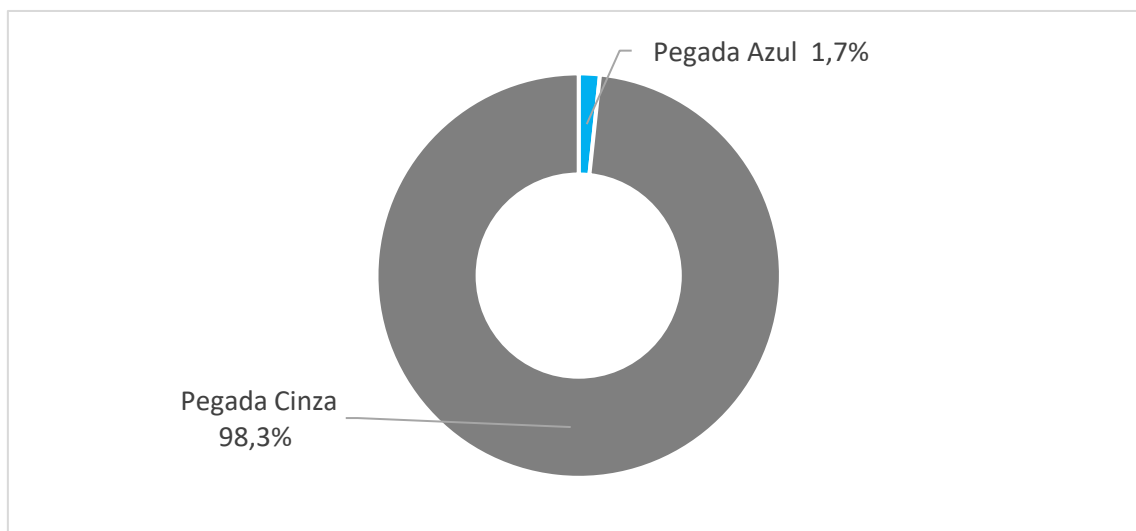


Figura 19. Percentual da pegada hídrica azul e cinza no setor industrial em Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A pegada hídrica azul das indústrias foi obtida a partir do dado de consumo direto de água, da Agência Nacional das Águas para a Indústria da Transformação (ANA, 2017a). A mesma fonte de dados serviu de base para o cálculo do efluente gerado por tipo de indústria, a partir da diferença entre o volume de água retirado e o volume de água consumido. Maiores detalhes do passo a passo do cálculo da pegada hídrica industrial estão apresentados no APÊNDICE B. DETALHAMENTO DO CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA.

A Figura 20 apresenta o resultado da pegada hídrica azul total e a pegada hídrica cinza, por tipo de indústria. As indústrias que foram mais significativas em termos de volume consumido e efluente gerado foram apresentadas de forma separada, e as demais compiladas na categoria “Outras Indústrias”. Foi possível também apresentar de forma separada as indústrias conectadas à rede do DMAE, as quais foram somadas em uma categoria própria.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

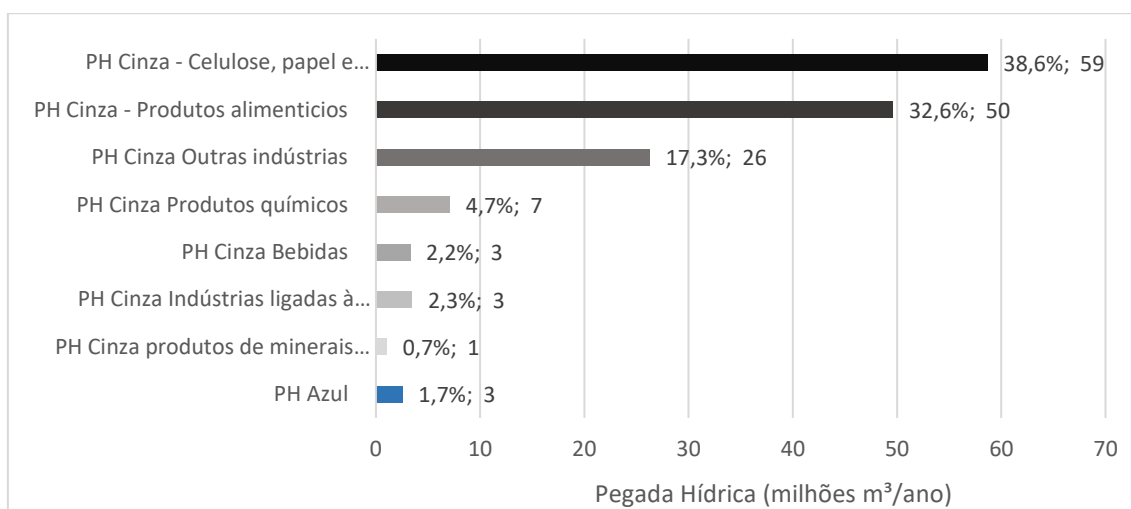


Figura 20. Pegada Hídrica do setor industrial de Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Percebe-se que a maior parte é proveniente da pegada cinza da indústria de celulose, papel e derivados, com 38,6%, seguida de Produtos Alimentícios e Outras Indústrias. Devido ao tipo de processos existentes nestas indústrias, em que a DBO tem relevância no monitoramento da qualidade dos efluentes, o resultado está coerente com o esperado.

Um ponto que se deve observar nesta análise é que a pegada hídrica industrial foi calculada, em sua maior parte, por meio da utilização de dados secundários, então esses valores podem não refletir a total realidade da cidade. Assim, recomenda-se uma maior participação das indústrias para refinamento dos dados a fim de obter resultados mais precisos para o setor.

4.2.3 Processos Agropecuários

A pegada hídrica do setor agropecuário é formada pela pegada azul, referente a água utilizada para irrigação das culturas agrícolas e dessedentação de animais na pecuária, e a pegada verde das chuvas, utilizada no crescimento das plantas. O cálculo foi feito para as culturas agrícolas mais representativas em área e para aquelas que tinham dados disponíveis, bem como para as pastagens plantadas. Além disso, foi calculada a pegada azul da dessedentação animal, incluindo todos os rebanhos da cidade a partir de dados do IBGE (IBGE, 2021c).

O resultado está apresentado na Figura 21, e mais detalhes do passo a passo do cálculo estão no APÊNDICE B. DETALHAMENTO DO CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA. Deve-se destacar que não foi feito o cálculo da pegada cinza devido à dificuldade em se obter dados e por se tratar de uma fonte difusa.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

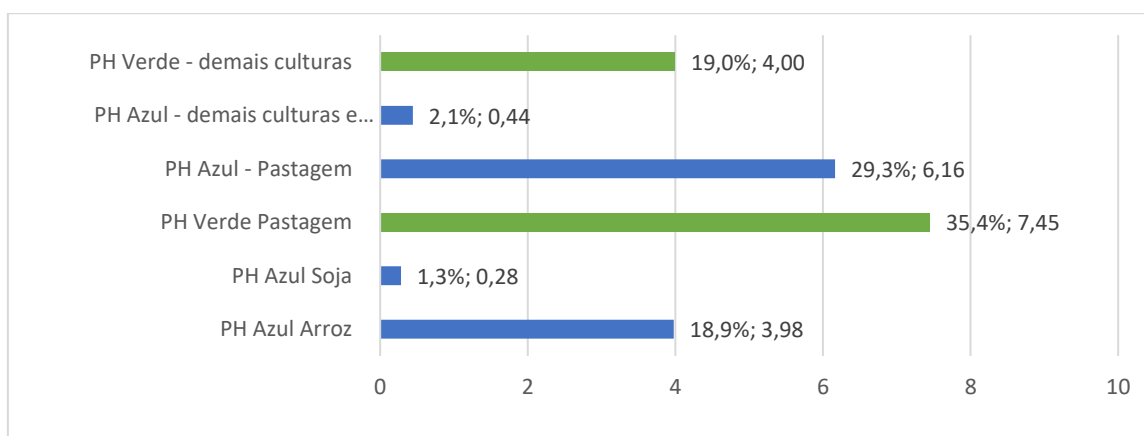


Figura 21. Pegada Hídrica do setor agropecuário de Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Ao analisar a Figura 21, nota-se que o principal contribuinte da pegada hídrica é a pastagem, que possui contribuição na pegada verde e na pegada azul. Quanto à produção de alimentos, destaca-se os cultivos de soja e arroz, sendo este último uma prática característica do estado e o que tem maior demanda hídrica.

De acordo com os dados da ANA, o setor agropecuário brasileiro é responsável por mais de 80% do consumo de água no país, na divisão o maior percentual corresponde a irrigação e o restante cabe à dessedentação animal (ANA, 2019a). Apesar de abrangente, a pesquisa considerou apenas as categorias abastecimento animal e irrigação para o cálculo do setor. No caso da pecuária, existem estudos que avaliam a quantidade de água utilizada em todo processo de criação, abate e transporte dos animais, como por exemplo cálculo das lavagens das instalações e equipamentos. A Tabela 8 apresenta o detalhamento de quais atividades foram mais representativas no setor agropecuário.

Tabela 8. Resumo da Pegada Hídrica do setor Agropecuário.

Processo	Pegada Azul (m³/ano)	Pegada Verde (m³/ano)	Total (m³/ano)	Representatividade
Pastagem	6.162.417	7.449.255	13.611.672	64,7%
Arroz	3.978.775	2.217.162	6.195.938	29,5%
Soja	282.286	243.400	525.685	2,5%
Dessedentação Animal	252.615	-	252.615	1,2%
Cana-de-Açúcar	97.450	122.525	219.975	1,0%
Milho	56.657	75.493	132.150	0,6%
Tomate	30.290	40.105	70.395	0,3%
Feijão	6.255	10.643	16.898	0,1%
Total	10.866.745	10.158.582	21.025.327	100%

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Soja, arroz, trigo e milho constituem as principais culturas agrícolas no Rio Grande do Sul, em termos de área plantada e quantidade produzida (FEIX *et al.*, 2022). À exceção do trigo, as três outras lavouras ocuparam juntas 719,5 hectares em Porto Alegre, entre 2016-2019. Esta área é três vezes maior que a soma das demais produções agrícolas, no mesmo período (IBGE, 2021a; IBGE, 2021b).

O arroz pode ser cultivado tanto em solos inundados como em áreas bem drenadas. No Brasil, 92% da produção é irrigada e existe uma diversidade de tipos de solos cultivados com arroz irrigado por inundação (ANA, 2022a). Conforme mencionado na seção 0, na capital gaúcha podem ser encontrados neossolos, planossolos e gleissolos, variações que se destacam quanto ao uso para cultivo devido às suas características físico-hídricas como textura e retenção de   gua.

Grande parte das atividades que constam na Figura 21 são desenvolvidas no extremo sul da capital, na região denominada Zona Rural de Porto Alegre. Atualmente cerca de 1000 famílias desenvolvem diferentes atividades vinculadas à produção agropecuária, distribuídas por 720 propriedades na Zona Rural. A   rea representa 8,28% do território da capital, umas das maiores do país (ROSSA; PMPA, 2022). É importante lembrar que durante 15 anos a cidade foi declarada como 100% urbana, o que pode ter influenciado no fato da produção agrícola ser tão baixa, em comparação    produção estadual. Desde a mudança realizada há 8 anos, a prefeitura vem desenvolvendo iniciativas para revitalizar o setor, de pouca participação na economia municipal.

4.3 PEGADA HÍDRICA POR BACIA HIDROGRÁFICA

Para a avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica, deve-se comparar a pegada com a disponibilidade de recursos hídricos. Do ponto de vista ambiental, a pegada hídrica    insustentável quando as demandas ambientais de água são desrespeitadas ou quando a poluição excede a capacidade de assimilação de efluentes pelo corpo hídrico receptor. Como o município de Porto Alegre está contido apenas em parte da área de drenagem das bacias, não foi possível estimar qual a disponibilidade hídrica somente para o município.

Porém, para uma análise mais aprofundada da pegada hídrica, foi possível fazer a alocação dos resultados para cada uma das bacias hidrográficas do município, sendo elas a do Lago Guaíba e do Rio Gravataí. Esta separação entre bacias foi feita a partir dos locais de lançamento de

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

efluente das ETEs, determinando-se quais dos arroios pertenciam a cada uma das bacias e, desta forma, obtendo-se a porcentagem de efluentes lançados em cada uma das bacias.

Avaliando-se o resultado apresentado na Tabela 9, é possível se ter uma ideia geral da distribuição da pegada hídrica pelas duas bacias. O Lago Guaíba, além de concentrar 82,7% do valor total da pegada hídrica, também serve como foz do Rio Gravataí, sendo o corpo receptor final dos efluentes que são lançados neste rio, ao norte de Porto Alegre.

Tabela 9. Pegada hídrica por bacia por tipo de processo no município de Porto Alegre.

Processo / Bacia Hidrográfica	Pegada Hídrica (m³/ano)		
	Lago Guaíba	Rio Gravataí	Total
Processo Agropecuário	21.019.072	-	21.019.072
Processo Industrial	125.050.509	26.930.546	151.981.055
Processo Doméstico	1.356.392.422	287.488.748	1.643.881.170
Total	1.502.462.003	314.419.294	1.816.881.297
%	82,7%	17,3%	100%

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A Figura 22 e a Figura 23 apresentam a distribuição de cada tipo de pegada por processo e Bacia Hidrográfica. Para os processos agropecuários, assumiu-se que toda a pegada é concentrada na bacia do Lago Guaíba, visto que é onde se situa a zona rural de acordo com o zoneamento de usos (Figura 5). Quanto à pegada azul do setor doméstico, a captação de água pelas ETAs se situa inteiramente na bacia do Guaíba como já citado anteriormente. Por fim, a pegada cinza do processo doméstico e industrial estão divididas em cerca de 82% no Guaíba e 18% no Gravataí, enquanto a pegada azul do processo industrial apresentou uma distribuição de 94% e 6%, respectivamente. No caso da pegada hídrica cinza, da Figura 22, a distribuição foi feita de acordo com o percentual de divisão do lançamento de efluentes tratados por arroio, com uso da mesma base de dados do DMAE utilizado na Figura 18.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

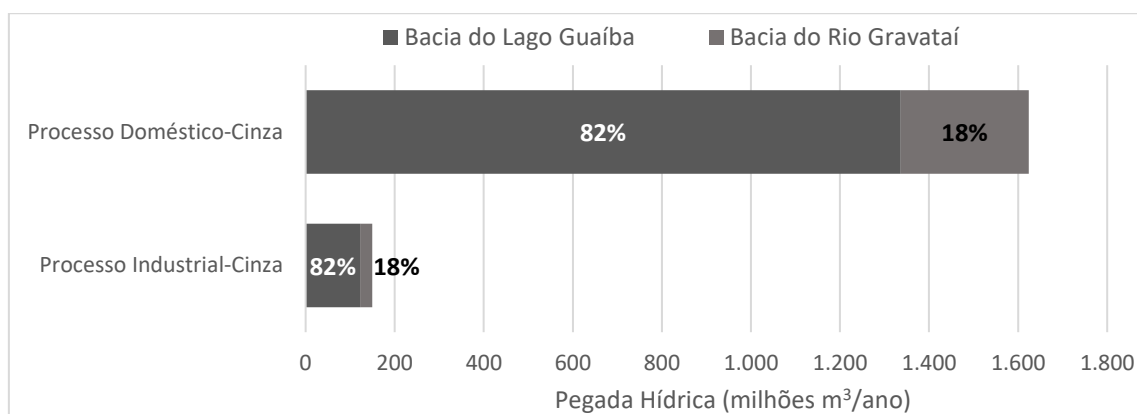


Figura 22. Distribuição da pegada cinza por processo e bacia hidrográfica de Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

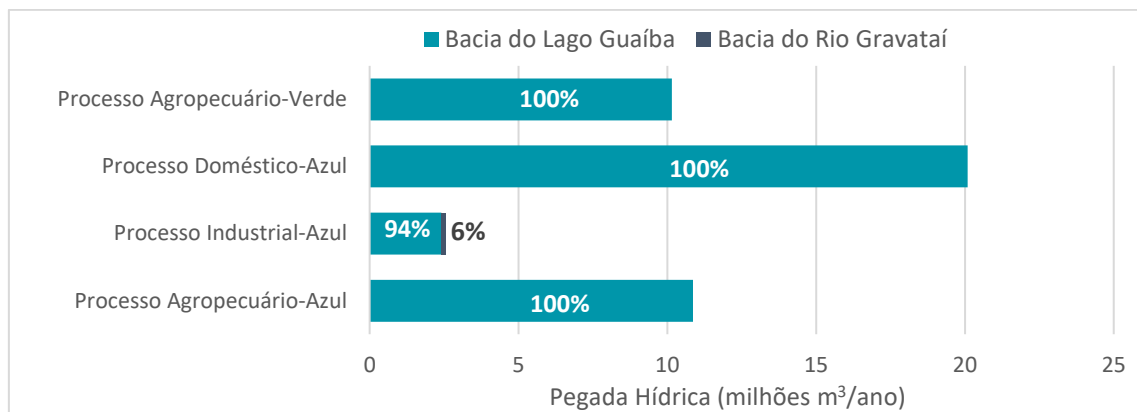


Figura 23. Distribuição das pegadas azul e verde por processo e bacia hidrográfica de Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.4 BALANÇO HÍDRICO

Como complemento aos resultados já apresentados, utilizou-se os estudos de balanço hídrico quantitativo e qualitativo produzidos pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2015b). A ANA disponibiliza os resultados para todo o Brasil, mas foi feito um recorte para a cidade de Porto Alegre considerando apenas as sub-bacias presentes dentro do território da cidade (Figura 9), incluindo também no mapa a informação da localização das Estações de Tratamento de Água (ETAs) e de Esgoto (ETEs).

A Figura 24 apresenta o balanço hídrico quantitativo de Porto Alegre, que visa identificar o quanto da água disponível está sendo consumida em um determinado local. Para se chegar no resultado em valores percentuais, é calculada a razão entre demanda e a oferta de água. A demanda corresponde à retirada de água para usos consuntivos, ou seja, o consumo direto. Já a oferta corresponde à disponibilidade hídrica, ou seja, a quantidade de água disponível para outorga em cada corpo d'água.

Observa-se que no mapa que a maior parte das sub-bacias da cidade apresentou classificação “Muito Crítica”, e a sub-bacia do Arroio do Salso apresentou classificação “Preocupante” em toda sua extensão. Estes resultados indicam que a retirada de água para consumo está muito próxima à quantidade disponível na região. É importante ressaltar que o estudo da ANA leva em conta a retirada e não o consumo de fato ocorrido, mas indicam a importância de ampliar a oferta ou reduzir a demanda nas sub-bacias de Porto Alegre. A sub-bacia do Arroio do Salso é a maior em área, com 91,2 km², e ocupava o terceiro lugar em número de habitantes em 2010 (PMPA, 2015b). Porém, a densidade populacional é baixa e em seu território ainda há presença de áreas não urbanizadas (MOURA; BASSO; SANCHES, 2013).

Esta região já apresenta problemas de abastecimento, motivo pelo qual vem sendo desenvolvida uma nova adutora de água tratada. A obra faz parte do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) Ponta do Arado, que vai qualificar o abastecimento nas regiões Sul, Extremo Sul e Leste da cidade. A Adutora de Água Tratada terá a responsabilidade de conduzir a água para a Estação de Tratamento de Água Tratada (ETA), que já está em execução, até a Adutora Restinga já existente e, a partir dessa, abastecer os reservatórios de todo o sistema (DMAE, 2022).

Embora existam ações em andamento e planejadas para ampliação do abastecimento de água na cidade, ao se avaliar o risco de secas apresentado no relatório de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas de Porto Alegre (P3), a classificação é “Média” para o ano de 2030, com intensificação

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

em 2050. Este risco se apresentou mais elevado na porção norte da cidade, que é mais urbanizada e de maior densidade populacional. Neste contexto, estas áreas devem ter especial atenção no planejamento público para não haver impactos na disponibilidade de água.

Balanço Hídrico Quantitativo

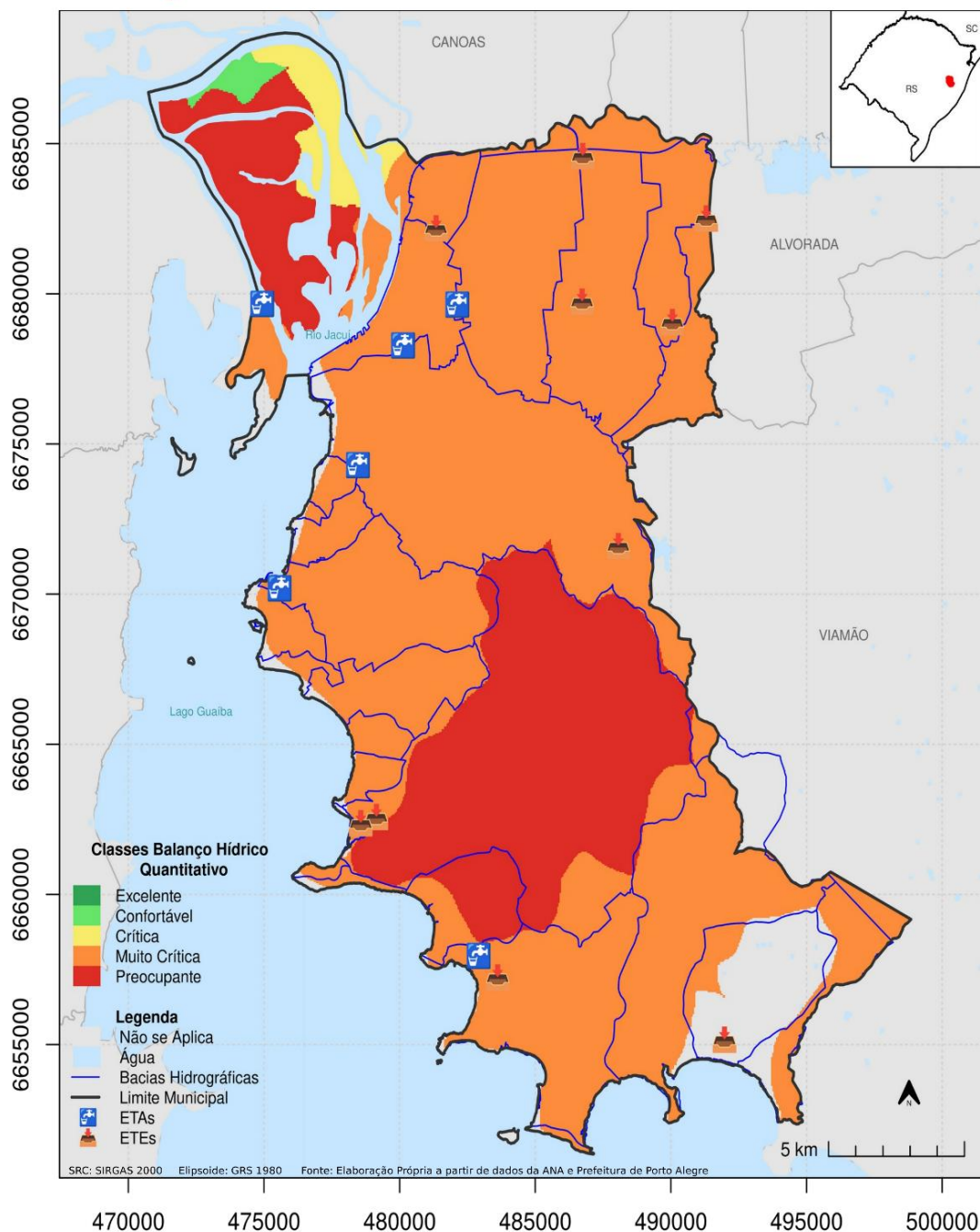


Figura 24. Balanço Hídrico Quantitativo do município de Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance, com base em ANA (2015).

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

A Figura 25 apresenta o balanço hídrico qualitativo de Porto Alegre, que considera a capacidade de assimilação das cargas orgânicas pelos corpos d'água, especificamente para esgoto doméstico, a partir dos dados da Agência Nacional das Águas (ANA, 2015b). O cálculo contabiliza a carga de esgoto doméstico gerada a partir da população urbana de cada município, e deste valor é subtraído o volume de esgoto doméstico tratado. Valores superiores a um (1) indicam que a carga orgânica lançada é superior à carga assimilável pelos corpos d'água. A escala de valores corresponde à seguinte relação: 0-0,5 (ótima), 0,5-1,0 (boa), 1,0-5,0 (razoável), 5,0-20,0 (ruim) e maior que 20 (péssima).

A maior parte do território está classificada como “Péssima”, o que significa que a carga lançada está muito acima da capacidade de assimilação dos corpos hídricos. Os resultados estão coerentes com os apresentados anteriormente, em que a pegada cinza dos efluentes domésticos foi a mais significativa, em grande parte devido aos efluentes não tratados. As sub-bacias que apresentam esta classificação são aquelas que possuem concentração de população, como as sub-bacias do Arroio do Salso, Dilúvio, Passo das Pedras e Tamandaré.

É importante destacar que há presença de Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) na região de todas as sub-bacias citadas acima, exceto o Tamandaré. Embora este não seja o único parâmetro que influencia na qualidade das águas, visto que também há ocorrência de lançamentos de efluentes não tratados, este é um ponto de atenção para o município no manejo da qualidade de suas águas.

Embora o Lago Guaíba não seja abrangido pelos dados da ANA, é importante destacar que 20 dos 27 arroios pertencentes às sub-bacias de Porto Alegre desaguam no Guaíba (PMPA, 2015b), levando consigo efluentes que terminam por contribuir com uma piora na qualidade das águas do Lago. Da mesma forma, o Gravataí recebe esgotos de arroios localizados na porção norte da cidade, que apresentaram classificação “Péssima”.

Balanço Hídrico Qualitativo

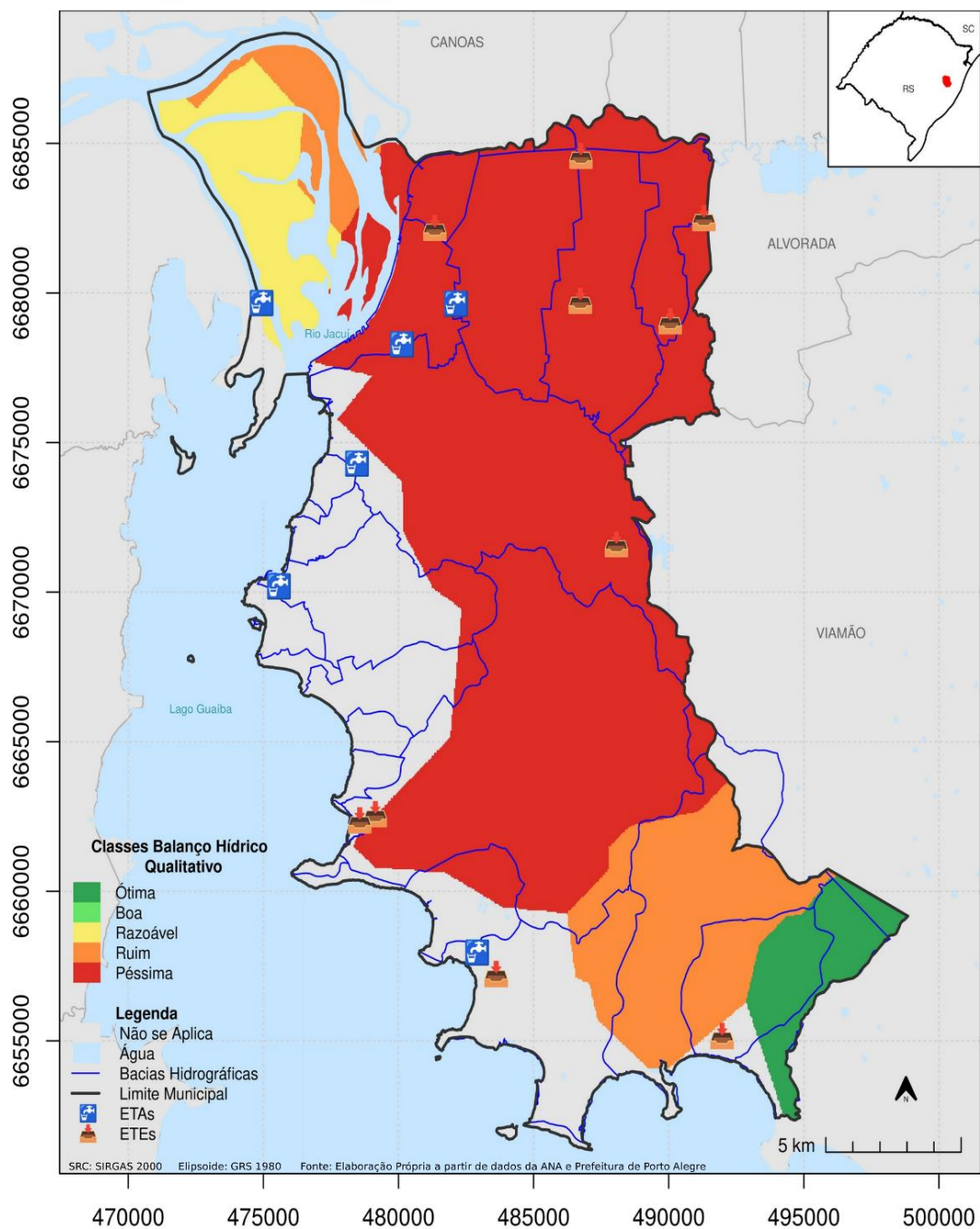


Figura 25. Balanço Hídrico Qualitativo do município de Porto Alegre.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance, com base em ANA (2015).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Porto Alegre, a capital do Rio Grande do Sul, possui como um dos seus limites geográficos o Lago Guaíba, corpo hídrico de mais de 470 km² de superfície, do qual é captada a água para abastecimento de sua população. Em relação ao uso do solo, a cidade apresenta áreas de maior densidade populacional na sua porção centro-norte, possuindo também regiões vegetadas, formações campestres e uma zona rural localizada ao sul.

O município abastece quase 100% de sua população com água, mas ainda carece no alcance do tratamento de esgoto, que em 2019 alcançava cerca de 61% da população. Este resultado está refletido na pegada hídrica, visto que do resultado total de 1,8 bilhões de m³ (para um ano médio de 2016-2019⁸), 97,6% são oriundos da pegada cinza, a qual reflete o grau de poluição dos recursos hídricos.

As características do entorno de Porto Alegre trazem desafios à gestão de qualidade de suas águas. O Lago Guaíba, que contorna todo o limite oeste da cidade, recebe contribuições de poluentes de dezenas de arroios que não se situam somente na capital, mas também em várias cidades do entorno. Porém, é possível desenvolver ações de melhoria no tratamento de efluentes para evitar cargas orgânicas que piorem a qualidade das águas. Neste sentido, recomenda-se seguir um caminho de universalização dos serviços de coleta e tratamento de esgotos, de forma a reduzir a carga orgânica lançada nos arroios e rios da cidade.

O desafio acima apresentado, referente ao Lago Guaíba, também se estende aos demais municípios da Bacia. Neste sentido, recomenda-se o fortalecimento do Comitê de Gerenciamento de forma a direcionar, em conjunto, soluções para este corpo d'água tão importante para Porto Alegre e municípios vizinhos.

As sub-bacias dos arroios que apresentam elevada densidade populacional, como o Dilúvio, Passo das Pedras e Salso, apresentaram classificação “Péssima” no balanço hídrico qualitativo, demonstrando que ainda são necessárias ações para despoluição destes corpos d'água. Quando avaliamos a pegada azul, que é indicativo do consumo direto da água, 60% é oriunda dos processos domésticos. Em comparação a outras cidades brasileiras, verificou-se que a cidade

⁸ Como explicado no capítulo de Metodologia, a pegada hídrica foi calculada para o período médio entre 2016 e 2019 para equivaler à série histórica do inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa de Porto Alegre. Além disso, a metodologia recomenda uma média de anos para evitar discrepâncias de dados que podem ocorrer em um determinado ano.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

apresenta um consumo mais elevado, de forma geral, possuindo uma margem para redução, de forma a garantir água em quantidade suficiente para o abastecimento. No balanço hídrico quantitativo, boa parte das sub-bacias da cidade apresentaram situação “Muito Crítica”. Embora esta pegada tenha representado somente 1,8% do total, é importante se desenvolver ações considerando que há uma tendência de intensificação das secas na região.

Um primeiro passo já foi desenvolvido para Porto Alegre, que se trata do diagnóstico dos Riscos e Vulnerabilidades Climáticas, incluindo risco de secas meteorológicas no território. Este diagnóstico apresenta as principais regiões da cidade que tendem a enfrentar seca mais intensa e, em alinhamento com os resultados da Pegada Hídrica, contribuem para as próximas etapas do Plano de Ação Climática, em que serão apresentadas, em forma de fichas, ações para reduzir os efeitos dos riscos climáticos sob a população.

Por fim, a pegada hídrica verde, que representa o consumo indireto a partir do uso da água devido à precipitação, representou somente 0,6% do total, devido à baixa presença de áreas agrícolas e de rebanhos no seu território. Embora este valor tenha sido pequeno, o município tem desenvolvido ações para incentivar a ampliação da agricultura no seu território, o que pode gerar um aumento na demanda pelo uso da água para irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, W. Análise do Tratamento de Efluentes em uma indústria de produtos alimentícios: Um estudo de caso. **Agrarian Academy**, v. 4, n. 7, p. 49–62, 2017.

ANA. **lista de termos para o Thesaurus de Recursos Hídricos da Agência Nacional das Águas**. Brasília, DF: Agência Nacional das Águas, 2015 a. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/impressa/noticias/20150406034300_Portaria_149-2015.pdf. Acesso em: 15 set. 2023.

ANA. **Balanco hídrico — Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. 2015b. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh-1/snirh/snirh-1/acesso-tematico/balanco-hidrico>. Acesso em: 16 fev. 2022.

ANA. **Água na Indústria: Uso (Demanda) e Coeficientes Técnicos**. 2017a. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c3cd1505-0a96-4b79-9604-4f69f8cec225>. Acesso em: 1 ago. 2023.

ANA. **Estimativa de demanda hídrica da indústria de transformação**. 2017b. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/c3cd1505-0a96-4b79-9604-4f69f8cec225>. Acesso em: 15 fev. 2022.

ANA. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019 a.

ANA. **Usos Consuntivos da Água no Brasil**. 2019b. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

ANA. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. 2019c. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua>. Acesso em: 14 fev. 2022.

ANA. **Nota Técnica nº 6/2022/SPR - Revisão do método de estimativa de uso da água pelo arroz irrigado sob inundação**. [S. l.]: Brasília, 2022 a. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd/attachments/NT_ANA_6_2022_ArrozInundado.pdf. Acesso em: 4 ago. 2023.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

ANA. **Catálogo de Metadados da ANA.** 2022b. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>. Acesso em: 3 ago. 2023.

ARROQUE, C.; HOPPE, L.; ALVIM, A. M.; VITT, F. Análise dos Indicadores Ambientais na Indústria de Bebidas do Grupo Vonpar S.A. sob a Ótica da NBR ISO 14001. p. 22, 2016.

BRASIL. CONAMA 357/2005. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 2 jun. 2023.

BRASIL. CONAMA 430/2011. **Resolução CONAMA Nº 430 DE 13/05/2011.** 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 16 fev. 2022.

BURKT, L. G.; FUJIMOTO, N. S. V. M. A Cidade real supera a cidade legal? Um estudo sobre a bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre/RS. *In*: 2009, Montevideu. **In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina.** Montevideu: [s. n.], 2009. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/83.pdf>

CABRAL, M.; PIVOTO, O. G.; SILVA, G. U.; GOMES, A. C. dos S.; CONCEIÇÃO, C. G.; PARIZI, A. R. C. Determinação do coeficiente da cultura (kc) do capim sudão irrigado na fronteira oeste do RS. v. 9º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO-SIEPE, 2017.

CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Área verde por habitante de Porto Alegre, RS.** 2014. Disponível em: <https://2013-2016-indicadores.cidadessustentaveis.org.br/br/RS/porto-alegre/area-verde-por-habitante>. Acesso em: 13 set. 2023.

CNM. **Portal CNM - Brasileiro consome, em média, 154 litros de água por dia, aponta ONU - Confederação Nacional de Municípios.** 2018. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/brasileiro-consome-em-media-154-litros-de-agua-por-dia-aponta-onu>. Acesso em: 3 ago. 2023.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

COMITÊ DO LAGO GUAÍBA. **Histórico** -. 2021. Disponível em:
https://comitedolagogaiba.com.br/?page_id=286. Acesso em: 3 jul. 2023.

CPRM. **Avaliação Técnica Pós-Desastre**. Porto Alegre, RS: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2021. Disponível em:
https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/22589/1/Relat%C3%B3rio_avaliao%C3%A7%C3%A3o%20t%C3%A9cnica%20p%C3%B3s-desastre_Porto_Alegre.pdf. Acesso em: 29 jun. 2023.

DEP; PMPA. **O Arroio Dilúvio**. 2023. Disponível em:
https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=71. Acesso em: 7 jun. 2023.

DIAS, T. S. **Análise das intervenções na morfologia original e na dinâmica geomorfológica em áreas alagáveis do município de Porto Alegre-RS**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, 2014. Disponível em:
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/95999/000918437.pdf?sequence=1>

DMAE. **Dados Gerais 2022** - DMAE. 2021. Disponível em:
<https://prefeitura.poa.br/dmae/informacoes-gerais>.

DMAE. **Obra de nova adutora de água tratada da Ponta do Arado está em andamento | Prefeitura de Porto Alegre**. 2022. Disponível em:
<https://prefeitura.poa.br/dmae/noticias/obra-de-nova-adutora-de-agua-tratada-da-ponta-do-arado-esta-em-andamento>. Acesso em: 14 set. 2023.

DRH/SEMA. **Processo de Planejamento da Bacia do Rio Gravataí - Plano de Bacia. Relatório Síntese - RS**. Porto Alegre, RS: Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai>. Acesso em: 10 nov. 2022.

EMBRAPA PECUÁRIA SUL. **Capim-sudão BRS Estribo - Portal Embrapa**. 2013. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/5525/capim-sudao-brs-estribo>. Acesso em: 1 ago. 2023.

ERNST&YOUNG; PMPA. **Consultoria Técnica para Revisão do Plano Diretor de Porto Alegre. Produto 2 - Conceitos e Diagnósticos (versão draft)**. Porto Alegre, RS: Ernst & Young; Prefeitura Municipal de Porto Alegre - Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Sustentabilidade (SMAMUS), 2023. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/planodiretor/publicacoes/relatorios>.

FAO. **Harmonized world soil database v1.2 | FAO SOILS PORTAL | Food and Agriculture Organization of the United Nations**. 2008. Disponível em: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/>. Acesso em: 14 fev. 2022.

FAO; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (org.). **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. (FAO irrigation and drainage paper 56).

FEIX, R. D.; LEUSIN JÚNIOR, S.; BORGES, B. K.; PESSOA, M. L. **Painel do Agronegócio do Rio Grande do Sul - 2022**. [S. l.]: Porto Alegre: SPGG, 2022.

FUJIMOTO, N. S. V. M.; DIAS, T. S. **Compartimentos de Relevo do Município de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil**. 2008. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Geomorfologia/19.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2023.

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

GOV. RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Climático do Rio Grande do Sul**. Rio Grande do Sul: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/13110034-atlas-climatico-rs.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

GOV. RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG-RS) - Departamento de Planejamento Governamental, 2021. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial>. Acesso em: 10 nov. 2022.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Papel e Celulose - P+L**. 2008. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/documentos/>. Acesso em: 2 ago. 2023.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

GZH, 2022. **Moradores do Menino Deus reclamam de descarte irregular de lixo: “Cidadão de bem, bem porco”, diz placa colocada em praça.** 2022. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2022/02/moradores-do-menino-deus-reclamam-de-descarte-irregular-de-lixo-cidadao-de-bem-bem-porco-diz-placa-colocada-em-praca-ckzpwq08j000h0188stjh9je5.html>. Acesso em: 9 jun. 2023.

HASENACK ET AL. (COORD), H. **Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação/Ocupação e Paisagem.** Porto Alegre, RS: Prefeitura Municipal de Porto Alegre - Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/hasenack_et_al_2008_diagnostico_ambiental_de_porto_alegre.pdf.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, ASHOK, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global.** [S. l.]: Water Footprint Network, 2011. Disponível em: https://www.waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual_Portuguese.pdf

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Rio Grande do Sul | Porto Alegre | Pesquisa | Censo Agropecuário.** 2017a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/pesquisa/24/76693>. Acesso em: 1 ago. 2023.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017 - Resultados Definitivos.** 2017b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 11 fev. 2022.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Rio Grande do Sul | Porto Alegre | Pesquisa | Produção Agrícola - Lavoura Permanente.** 2021a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/pesquisa/15/11863>. Acesso em: 19 jun. 2023.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Rio Grande do Sul | Porto Alegre | Pesquisa | Produção Agrícola - Lavoura Temporária.** 2021b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/pesquisa/14/10193>. Acesso em: 19 jun. 2023.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

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

IBGE. **IBGE Cidades - Porto Alegre | Panorama**. 2023a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>. Acesso em: 22 jun. 2023.

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

IBGE; CEMPRE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/cempre/tabelas>. Acesso em: 4 ago. 2023.

IMA. **Diagnóstico e monitoramento ambiental do Arroio Dilúvio (eixo Ipiranga) - Instituto do Meio Ambiente**. 2019. Disponível em: <https://www.pucrs.br/ima/projetos/projetos-concluidos/diagnostico-e-monitoramento-ambiental-do-arroio-diluvio-eixo-ipuranga/>. Acesso em: 7 jun. 2023.

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

INMET. **Portal do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET | Normais Climatológicas do Brasil**. 2022. Disponível em: <http://www.google.com/search>. Acesso em: 14 fev. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2023 (SNIS 2021)**. São Paulo: [s. n.], 2023.

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

MAPBIOMAS. **COBERTURA E TRANSIÇÕES MUNICÍPIOS (COLEÇÃO 7.1)**. 2021. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/estatisticas>. Acesso em: 2 ago. 2023.

MOURA, N. S. V.; BASSO, L. A.; SANCHES, N. D. **Áreas Suscetíveis à inundação na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre-RS: Características das Chuvas e sua Influência na**

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Qualidade das Águas Superficiais. n. Universidade Federal Fluminense-Revista GEOgraphia, p. 33, 2013.

ORTOLAN, M. da G. da S. Caracterização dos esgotos domésticos afluentes às estações de tratamento de Esgoto do Departamento Municipal de Água e Esgotos - Porto Alegre (RS) Brasil. **Ecos Técnica**, v. 4, p. 15–29, 2012.

PMJP. **Plano de Ação Climática de João Pessoa | Sumário Executivo**. João Pessoa, PB: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2023. Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/documentos/plano-de-acao-climatica-de-joao-pessoa/>. Acesso em: 1 ago. 2023.

PMPA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana - Volume VI**. Porto Alegre, RS: Departamento de Esgotos Pluviais, 2005. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf. Acesso em: 10 jul. 2023.

PMPA. **SMURB (SPM)**. 2014. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/spm/default.php?p_noticia=174677&IMPORTANCIA+DA+ZONA+RURAL+E+DESTACADA+EM+AUDIENCIA+PUBLICA. Acesso em: 13 jun. 2023.

PMPA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre. Volume 2 - Prognóstico, Objetivos e Metas**. Porto Alegre, RS: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Departamento Municipal de Água e Esgotos, Departamento de Esgotos Pluviais e Departamento Municipal de Limpeza Urbana, 2015 a. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmlu/plano-municipal-de-saneamento-basico>.

PMPA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre**. Porto Alegre, RS: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Departamento Municipal de Água e Esgotos, Departamento de Esgotos Pluviais e Departamento Municipal de Limpeza Urbana, 2015 b. Disponível em: https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=352.

PMPA. **Abastecimento de água per capita**. 2017. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_noticia=191265&CONSUMO+EXCESSIVO+E+DESPERDICIOS+AFETAM+ABASTECIMENTO+DE+AGUA. Acesso em: 13 jun. 2023.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

PMPA. **Zoneamento de Uso por Subunidade**. Porto Alegre, RS: [s. n.], 2018. Escala 1:50.000.

Disponível em:

https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_img/planejamento_urbano/Mapas%20Digitais/Zoneamento%20de%20Uso%20por%20Subunidade.pdf. Acesso em: 6 jun. 2023.

PMPA. **Guia de Consulta: Regime Urbanístico**. [S. l.]: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e da Sustentabilidade, 2019. Disponível em:

https://urbanismodrive.procempa.com.br/geopmpa/SPM/PUBLICO/PDDUA_ATUAL/PDF/guia_pddua.pdf. Acesso em: 25 jul. 2023.

PMPA. **Inventário GEE | Prefeitura de Porto Alegre**. 2021. Disponível em:

<https://prefeitura.poa.br/smamus/inventario-gee>. Acesso em: 13 set. 2023.

PMPA. **Informações Água | Prefeitura de Porto Alegre**. 2023a. Disponível em:

<https://prefeitura.poa.br/dmae/informacoes-agua>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PMPA. **DMLU - Departamento Municipal de Limpeza Urbana | Prefeitura de Porto Alegre**.

2023b. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmlu>. Acesso em: 9 jun. 2023.

PMPA. **Conheça Porto Alegre | Prefeitura de Porto Alegre**. 2023c. Disponível em:

<https://prefeitura.poa.br/gp/projetos/conheca-porto-alegre>. Acesso em: 6 jun. 2023.

PMPA, D. **DEP. Drenagem Urbana. Plano Diretor**. 2023d. Disponível em:

https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=66. Acesso em: 13 set. 2023.

PMPA; WOLFF, M. de L. **Dmae investe R\$ 9,3 milhões em coleta de esgoto sanitário no 4º**

Distrito. 2023. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmae/noticias/dmae-investe-r-93-milhoes-em-coleta-de-esgoto-sanitario-no-4o-distrito>. Acesso em: 9 jun. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RECIFE. **Projeto Pegada de Cidades. Cálculo da Pegada de Carbono e Pegada Hídrica, Cidade do Recife, Brasil**. Recife, PE: Prefeitura Municipal de Recife, 2017.

Disponível em:

http://meioambiente.recife.pe.gov.br/sites/default/files/midia/arquivos/pagina-basica/projeto_pegadas_da_cidade_-_inventario.pdf. Acesso em: 14 fev. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. **Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba - Relatório Executivo**. Rio

Grande do Sul: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2016 a. Disponível em:

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

https://comitedolagogaiba.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Relatorio_executivo_REV02_completo-comp.pdf. Acesso em: 2 jun. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. **Plano da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba - Relatório Final Síntese e SIG**. Rio Grande do Sul: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2016 b. Disponível em: https://comitedolagogaiba.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Relatorio_Final_Sintese_Rev01_completo-comp.pdf. Acesso em: 2 jun. 2023.

ROSSA, T.; PMPA. **Porto Alegre garante recursos para execução do programa de fomento ao setor primário**. 2022. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smdet/noticias/porto-alegre-garante-recursos-para-execucao-do-programa-de-fomento-ao-setor-primario>. Acesso em: 4 ago. 2023.

RUALDO MENEGAT. **Atlas Ambiental de Porto Alegre - UFRGS**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Prefeitura de Porto Alegre e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. Atlas. Disponível em: https://www.ufrgs.br/atlas/atlas_digital.html. Acesso em: 24 maio. 2023.

SEMA. **G010 - Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. 2017. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai>. Acesso em: 31 jul. 2023.

SEMA. **G080 - Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba**. 2018. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g080-bh-guaiba>. Acesso em: 2 jun. 2023.

SEMA. **Dados Gerais das Bacias Hidrográficas**. 2023. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 24 maio. 2023.

SERVICIOS AMBIENTALES S.A. **Serie Huellas de Ciudades**. Caracas: CAF, 2020. Disponível em: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1663>. Acesso em: 11 fev. 2022.

SIOUT RS. **Consulta SIOUT**. 2023. Disponível em: <http://www.siout.rs.gov.br/consulta/#/>. Acesso em: 3 jul. 2023.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

SMAMUS. **Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade | Prefeitura de Porto Alegre - Áreas Verdes**. 2023. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smamus>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SOLUÇÕES PARA CIDADES. **Iniciativas Inovadoras: Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre - RS**. Brasil: Associação Brasileira de Cimento Portland, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 2013. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/07/AF_Inic%20Insp03_pl%20drenagem_web.pdf. Acesso em: 27 jun. 2023.

UNITED NATIONS, U. **Global Issues: Water**. 2020. Disponível em: <https://www.un.org/en/global-issues/water>. Acesso em: 11 set. 2023.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. [S. l.]: Editora UFMG, 1996. v. 1.

APÊNDICES

APÊNDICE A. COLETA E LEVANTAMENTO DE DADOS

A coleta de dados para o cálculo da Pegada Hídrica de Porto Alegre foi realizada por meio do envio de ofícios e e-mails às organizações responsáveis pelos dados. Os dados obtidos pelo retorno dos fornecedores de dados são classificados como dados primários; na ausência desses dados, foram utilizados dados secundários disponíveis em fontes públicas. O Quadro A.1 a seguir apresenta um resumo dos dados utilizados para o cálculo.

Quadro A.1. Dados Primários e Secundários obtidos para o cálculo da Pegada Hídrica de Porto Alegre

Organização responsável	Tipo de Fonte	Tipo de Pegada Hídrica	Dados obtidos
DMAE	Primária	Azul	Volume de água faturada por setor (residencial, comercial, público)
DMAE	Primária	Azul	Coeficiente de retorno ao sistema de abastecimento
IRGA	Primária	Azul	Volume de água utilizado na irrigação do arroz
DMAE	Primária	Cinza	Tratamento de efluentes e população atendida pela coleta e tratamento
DMAE	Primária	Cinza	DBO afluente e efluente das estações de tratamento (ETEs)
EMPRESA DO SETOR DE BEBIDAS	Primária	Azul e Cinza	Volume de água consumido e volume de efluentes tratados
ANA	Secundária	Azul e Cinza	Consumo de água e efluente gerado pela indústria da transformação e mineração
CONAMA	Secundário	Cinza	Concentração de DBO máxima permitida por Classe de Enquadramento dos rios
ANA e EMBRAPA	Secundário	Verde	Consumo de água por tipo de rebanho
FAO	Secundária	Verde	Coeficientes de cultivo (kc) das culturas agrícola e pastagem e demais dados específicos do cultivo
HWSD	Secundária	Verde	Tipo de solo
IBGE	Secundária	Verde	Hectares de lavoura cultivado, pastagens e quantidade de rebanhos
INMET	Secundária	Verde	Dados da Normal Meteorológica de Porto Alegre

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Devido à complexidade de se obter dados primários, principalmente para as indústrias e o setor agropecuário, uma parte dos dados foi obtida de fontes secundárias, por meio de pesquisas de organizações renomadas nas suas respectivas áreas. A descrição detalhada dos dados solicitados

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

para a Pegada Hídrica será apresentada no Apêndice B, em conjunto com as fórmulas utilizadas para os cálculos de cada tipo de pegada e processo analisado.

APÊNDICE B. DETALHAMENTO DO CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA

A determinação da pegada hídrica dentro de uma área geograficamente determinada pode ser compreendida como o somatório da pegada hídrica de cada processo que ocorre dentro desta área, conforme demonstrado na equação a seguir:

$$PH_{\text{área}} = \sum_q PH_{\text{proc}}[q] \quad [1]$$

Em que:

- $PH_{\text{área}}$ = Pegada Hídrica de um processo “q” dentro de uma área delimitada geograficamente dada em volume por tempo;
- q são os processos que ocorrem dentro da área determinada.

A seguir serão apresentadas as premissas básicas adotadas para o cálculo das pegadas verde, azul e cinza. Em seguida, será detalhada a metodologia de cálculo utilizada em cada um dos processos estudados.

B.1 PEGADA HÍDRICA AZUL

O cálculo da pegada hídrica azul é obtido por meio da determinação do somatório da quantidade de água azul apropriada para fins de atividades antrópicas.

$$PH_{\text{Azul}} = Evap_{\text{Azul}} + Inc_{\text{Azul}} - Q_{\text{ret}}_{\text{perdida}} \quad [2]$$

Em que:

- PH_{Azul} Pegada hídrica azul, em m³;
- $Evap_{\text{Azul}}$ Evaporação da água azul, em m³;
- Inc_{Azul} Incorporação da água azul, em m³;
- $Q_{\text{ret}}_{\text{perdida}}$ Vazão de retorno perdida, em m³, que se refere à parcela do fluxo de retorno que não fica disponível na mesma bacia hidrográfica, seja pelo lançamento em outras bacias, no mar ou por retornar em um período diferente do analisado. Com base nos dados analisados para o cálculo da pegada azul, considerou-se como premissa

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

básica que o consumo de água azul já engloba os elementos de incorporação e evaporação. Outra premissa adotada é a de que todas as águas captadas retornam para a mesma bacia de origem no momento do lançamento. Desta forma, a vazão de retorno perdida é igual a zero.

B.2 PEGADA HÍDRICA VERDE

O cálculo da pegada hídrica verde é obtido pelo volume da água da chuva consumido durante um processo produtivo e a água incorporada nos produtos agrícolas e florestais colhidos, conforme demonstrado na equação a seguir:

$$PH_{Verde} = Evap_{Verde} + Inc_{Verde} \quad [3]$$

Em que:

- PH_{Verde} Pegada hídrica verde, em m³;
- $Evap_{Verde}$ Evaporação da água verde, em m³;
- Inc_{Verde} Incorporação da água verde, em m³;

Neste estudo, não foi considerado o cálculo da incorporação de água verde, já que este elemento representa entre 0,1% e no máximo 1% do total de água evapotranspirada (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

B.3 PEGADA HÍDRICA CINZA

O cálculo da pegada hídrica cinza é obtido através do volume de água necessário para assimilar a carga de poluentes baseado nas concentrações em condições naturais e nos padrões ambientais existentes, conforme demonstrado na equação a seguir:

$$PH_{Cinza} = \frac{L_{trat} + L N_{trat}}{(C_{max} - C_{nat})} \quad [4]$$

Em que:

- PH_{Cinza} Pegada hídrica cinza, em m³;
- L_{trat} Carga orgânica tratada, em unidade de massa;
- $L N_{trat}$ Carga orgânica não tratada, em unidade de massa;

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

- C_{nat} Concentração natural de DBO do corpo hídrico de referência, em mg/L;
- C_{max} Concentração máxima de DBO, em mg/L.

A determinação das concentrações de DBO dependem da classe do rio em que são lançados os efluentes, sendo necessário adotar um corpo hídrico de referência. Com base na análise das outorgas de direito de uso da água na cidade de Porto Alegre (SIOUT RS, 2023) e das próprias informações apresentadas na contextualização deste relatório, pode-se considerar que todos os usuários captam água e lançam efluentes nas bacias do Lago Guaíba e do Rio Gravataí. A cidade de Porto Alegre possui atualmente 9 estações de Tratamento de Efluentes (DMAE, 2021), sendo que o efluente após o tratamento é lançado no Lago Guaíba e no Rio Gravataí, segundo as informações específicas das ETEs fornecidas pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE).

A Tabela B.3 apresenta os parâmetros adotados para um desses rios, de acordo com o seu enquadramento de classe e os padrões de qualidade da água da Resolução CONAMA 357/2005:

Tabela B.3 Parâmetros dos corpos hídricos de referência para cálculo da pegada cinza.

Curso d'água e Bacia	Classe	Conc. Máx. de DBO
Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba	3	10 mg/L
Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí	2	5 mg/L

Fonte: BRASIL (2005); SEMA (2023)

A concentração natural tenta refletir o estado do corpo receptor sem a ação humana. Neste sentido, foi adotado o valor de 3 mg/L de DBO como referência, segundo os padrões de qualidade para corpos d'água Classe 1 da Resolução CONAMA 357/2005. Os elementos de carga orgânica tratada e não tratada serão tratados de forma específica na metodologia dos processos industriais e de abastecimento urbano.

B.4 PROCESSO AGROPECUÁRIO

No setor agropecuário, há o consumo de água azul para irrigação e dessedentação de animais, água verde das chuvas utilizada no crescimento das plantas e água cinza para diluição da poluição difusa causada pelo uso de agroquímicos. Neste estudo, foram estimadas as pegadas verde e azul das culturas agrícolas e a pegada azul da pecuária. A pegada cinza não foi calculada devido à ausência de dados sobre a aplicação dos agroquímicos na região. Toda a pegada hídrica do setor de agricultura foi alocada na Bacia do Lago Guaíba, visto que, segundo relatórios das bacias hidrográficas, não há outorgas de água em Porto Alegre para culturas agrícolas no Rio

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Gravataí (SEMA, 2017). Além disso, o zoneamento da cidade aponta que a zona rural se situa na parte sul da cidade, conforme pode ser visto na Figura 5.

B.4.1 Agricultura

Para o cálculo da Pegada Hídrica Verde, foram analisadas as áreas de lavoura temporária e permanente em Porto Alegre, que totalizavam, em média para os anos de 2016 e 2019, 861 hectares e 70 hectares, respectivamente ; IBGE, 2021b). Devido à dificuldade em se encontrar dados públicos disponíveis para cada cultura, optou-se por calcular a PH verde somente daquelas que eram mais relevantes ao município e que tivessem dados disponíveis pela FAO. Sendo assim, na tabela B.4.1a. estão apresentadas as lavouras analisadas, sendo que elas representavam 84% do total de lavouras permanentes e temporárias no período de 2016 a 2019.

Tabela B.4.1a. Área plantada de lavouras temporárias em Porto Alegre analisadas para a Pegada Hídrica de processos agrícolas.

Cultura	Área Plantada [ha] 2016-2019
Lavoura Temporária	754,4
Arroz	550,1
Soja	138,7
Milho	30,0
Cana-de-açúcar	17,5
Tomate	13
Feijão	4,5

Fonte: IBGE, 2021b.

A demanda hídrica de cada uma das culturas foi obtida através do software CROPWAT, desenvolvido pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO). O programa utiliza dados climatológicos locais para calcular a evapotranspiração de referência e, a partir de informações específicas da cultura e do solo, estimar a precipitação efetiva, a evapotranspiração de cada cultura e a necessidade de irrigação.

A evapotranspiração de referência foi calculada a partir dos valores médios de temperatura mínima, temperatura máxima, umidade, vento, insolação e precipitação obtidos no Portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), considerando a estação 83967 localizada em Porto Alegre, e o período da normal climatológica mais recente disponível (1991-2010). Os dados específicos das culturas, como a duração dos estágios de desenvolvimento e os coeficientes de cultura, foram obtidas na base de dados da própria FAO. Somente os dados de início do plantio foram pesquisados em diferentes fontes, de acordo com a época de plantio no Rio Grande do Sul para as culturas avaliadas.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Os resultados do modelo, apresentados em mm/ano, foram então convertidos para m³/ha, conforme recomendação do Manual de Avaliação da Pegada Hídrica, e multiplicados pela área de cada cultura. A Pegada Hídrica Verde de cada uma das culturas foi calculada pela seguinte equação:

$$PH_{Verde} = A_{plantada} \cdot (ET_C - Req_{irrigação}) \quad [5]$$

Em que:

- ***PH_{Verde}*** Pegada hídrica verde, em m³;
- ***A_{plantada}*** Área de cada cultivo, em ha;
- ***ET_C*** Evapotranspiração de cultura, ou seja, toda a água consumida pela planta e devolvida à atmosfera por evaporação e transpiração, em m³/ha;
- ***Req_{irrigação}*** Necessidade hídrica não suprida pela precipitação efetiva, que é a água disponível no solo através da precipitação para utilização pela planta. O requerimento de irrigação é considerado água azul, em m³/ha.

Seguindo a mesma lógica, a pegada hídrica azul de cada uma das culturas foi calculada pela seguinte equação:

$$PH_{Azul} = A_{plantada} \cdot Req_{irrigação} \quad [6]$$

Em que:

- ***PH_{Azul}*** Pegada hídrica verde, em m³;
- ***A_{plantada}*** Área de cada cultivo, em ha;
- ***Req_{irrigação}*** Necessidade hídrica não suprida pela precipitação efetiva, que é a água disponível no solo através da precipitação para utilização pela planta, em m³/ha.

A Tabela B.4.1b apresenta um compilado dos dados utilizados no cálculo das pegadas verde e azul da agricultura, com suas respectivas fontes.

Tabela B.4.1b. Tabela-resumo com as fontes dos dados de atividade para estimativa da pegada verde e azul da agricultura.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Dados de atividade	Fonte
Área plantada de lavouras temporárias e permanentes	Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2017b)
Demanda hídrica das plantações	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 1998). Cálculo feito pelo software CROPWAT, disponível gratuitamente no site da instituição.
Dados climatológicos para alimentação do modelo do CROPWAT	Normal Climatológica 1991-2010 elaboradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023).
Dados de solo para alimentação do modelo do CROPWAT	Base de Dados Mundial Harmonizada sobre o Solo (FAO, 2008)

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

B.4.2 Pecuária

O cálculo da pegada azul das atividades de pecuária se baseou diretamente na pesquisa de “Usos Consuntivos da Água no Brasil”, realizada pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2019b). O estudo utiliza dados de rebanho dos Censos Agropecuário e da Pesquisa da Pecuária Municipal do IBGE e coeficientes técnicos de consumo de água por cabeça, baseados em literatura especializada, para estimar o uso de água na criação de animais (ANA, 2019c). Foi adotado o valor médio dos dados disponíveis para o período de 2016 a 2019. Na Tabela B.4.2a, os dados de efetivos dos rebanhos e o volume médio consumido de água por tipo de animal. Para o cálculo da pegada azul dos rebanhos, multiplicou-se o efetivo do rebanho pelo consumo médio e foi feita a conversão de L/dia em m³/ano, para o resultado da Pegada Azul média, em m³.

Tabela B.4.2a Tabela-resumo contendo os dados de cabeças de rebanho e volume médio consumido por tipo de animal.

Grupo animal	Efetivo rebanho (média 2016-2019)	Consumo médio de água (L/dia/animal)
Galináceos	11.149	0,15
Gado macho de corte	5.165	77
Gado leiteiro	2.444	40
Equinos	4.774	32
Suínos	2.011	11
Ovinos	1.724	8
Caprinos	350	8
Bubalinos	140	40

Fonte: IBGE, 2021c; ANA, 2019b.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Além do cálculo da Pegada Hídrica Azul para os rebanhos da cidade, também foi desenvolvido o cálculo das pegadas azul e verde das pastagens plantadas, ou seja, pastagens que são cultivadas no município. A partir dos dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017a), verificou-se que existiam 2.378 pastagens plantadas, sendo 98% em boas condições e 2% em péssimas.

Os estágios de desenvolvimento, data de início e fim do plantio e coeficiente de cultura foram obtidos por meio de um estudo do capim sudão (CABRAL *et al.*, 2017), pastagem anual de verão utilizada no estado do Rio Grande do Sul de bom desempenho e longo ciclo de utilização (EMBRAPA PECUÁRIA SUL, 2013), enquanto os demais dados foram obtidos pelo modelo de pastagem da base de dados da FAO. Os resultados do software Cropwat, apresentados em mm/ano, foram então convertidos para m³/ha, considerando que 1 mm equivale a 1 L/m², e multiplicados pela área de pastagem plantada na cidade. Por fim, o cálculo foi feito a partir das fórmulas apresentadas no item B.4.1. Agricultura.

Tabela B.4.2b Tabela-resumo com as fontes dos dados de atividade para estimativa da pegada azul e pegada verde na pecuária.

Dados de atividade	Fonte
Kc da pastagem e data do plantio	CABRAL <i>et al.</i> (2017)
Demais dados referentes à pastagem	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 1998). Cálculo feito pelo software CROPWAT, disponível gratuitamente no site da instituição.
Dados climatológicos para alimentação do modelo do CROPWAT	Normal Climatológica 1991-2010 elaboradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023).
Dados de solo para alimentação do modelo do CROPWAT	Base de Dados Mundial Harmonizada sobre o Solo (FAO, 2008)
Consumo médio de água por tipo de rebanho	Manual de Usos Consuntivos da água no Brasil (ANA, 2019c)

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

B.5. PROCESSO SETOR DOMÉSTICO

Para o setor doméstico, foram calculadas as pegadas azul e cinza. Para a pegada azul foram considerados a média do volume de água faturado nos anos de 2016 a 2019 enviados pelo DMAE, separado pelos diferentes tipos de ligação: residencial, comercial e setor público, e adotada a premissa de que 100% da população é atendida com água potável, visto que este valor é bastante próximo do real (PMPA, 2023a).

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Considerando o coeficiente de retorno médio de 0,8 em sistemas de abastecimento (VON SPERLING, 1996), valor padrão de planejamento destes sistemas e que também foi enviado diretamente pelo DMAE, foi possível estimar o volume de água que se torna efluente, e, portanto, não é consumido diretamente nas residências, comércios e em instituições públicas, a partir da equação 7. O volume de água consumida, portanto, foi calculado pela diferença entre o volume total de água faturado e o volume de água que se torna efluente.

$$\text{Volume de água consumido (m}^3\text{)} = \text{Volume de água faturado (m}^3\text{)} \times [1 - \text{Coeficiente de retorno (\%)}]$$

[7]

Para o cálculo da pegada cinza foram utilizados os dados de volume de efluentes coletados e tratado; volume de efluentes coletados, mas não tratados; o e o volume de efluentes não coletados nem tratados. A pegada cinza foi calculada de forma geral por meio da equação abaixo, variando-se os valores de DBO nos efluentes para cada um dos casos:

$$PH_{Cinza} = \frac{L_{efluente}}{(C_{max} - C_{nat})}$$

[8]

Em que:

- PH_{Cinza} Pegada hídrica cinza, em m³;
- $L_{efluente}$ Carga orgânica total do efluente (tratado e não tratado), em unidade de massa;
- C_{nat} Concentração natural de DBO do corpo hídrico de referência, em mg/L;
- C_{max} Concentração máxima de DBO, em mg/L.

A carga orgânica de cada tipo de efluente citado foi calculada a partir de diferentes valores para as variáveis de volume de efluente e a concentração de DBO, conforme apresentado abaixo.

A carga orgânica tratada foi estimada pela equação 9 abaixo:

$$L_{trat} = V_{colet} \times C_{DBO, trat}$$

[9]

Em que:

- L_{trat} Carga orgânica tratada, em kg;
- V_{colet} Volume de efluentes coletados e tratados, em m³;

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

- $C_{DBO, trat}$ Concentração de DBO no efluente tratado nas ETEs do DMAE, em mg/L;

A carga orgânica dos efluentes coletados, mas não tratados, foi estimada pela equação 10 abaixo:

$$L_{col} = V_{colet} \times C_{DBO, a} \quad [10]$$

Em que:

- L_{col} Carga orgânica coletada, mas não tratada, em kg;
- V_{colet} Volume de efluentes coletados, mas não tratados, em m³;
- $C_{DBO, a}$ Concentração de DBO afluente nas ETEs do DMAE, em mg/L;

Para estimativa do volume de efluentes não tratados, utilizou-se a equação 11 abaixo:

$$L_{\tilde{n}trat} = V_{\tilde{n}trat} \times C_{DBO, a} \quad [11]$$

Em que:

- $L_{\tilde{n}trat}$ Carga orgânica não tratada, em kg;
- $V_{\tilde{n}trat}$ Volume de efluentes não tratados, em m³;
- $C_{DBO, a}$ Concentração de DBO afluente nas ETEs do DMAE, em mg/L;

Tanto a concentração da DBO afluente quanto a DBO efluente das Estações de Tratamento do DMAE foram obtidas diretamente a partir do envio pelo Departamento, mas, para a DBO afluente, foi consultado o estudo desenvolvido por Ortolan, o qual apresenta a caracterização da DBO média afluente das ETEs pertencentes ao DMAE, indicando que a média do valor encontrado foi inferior aos valores médios da literatura (ORTOLAN, 2012).

Por fim, a alocação dos efluentes nas bacias foi baseada no percentual de efluentes tratados pelas ETEs que são lançados em duas bacias: Bacias do Lago Guaíba e Bacia do Rio Gravataí. Desta forma, os resultados gerais da pegada hídrica do setor doméstico serão apresentados também pelas bacias, sendo que na do Guaíba são lançados cerca de 94% dos efluentes, enquanto na do Rio Gravataí são lançados cerca de 6%.

B.6. PROCESSO INDUSTRIAL

As componentes analisadas para os processos industriais foram apenas as componentes azul e cinza, uma vez que não é utilizado nos processos água verde, oriunda da chuva.

De uma forma geral, os dados disponíveis que são acompanhados com maior precisão referem-se ao volume de água retirada, e não ao uso consuntivo das atividades. A nível nacional, a Agência Nacional de Águas (ANA) reporta anualmente o cálculo da estimativa dos diferentes usos de água no país. No estudo Estimativa de demanda hídrica da indústria de transformação, é realizada a estimativa para o uso de água na Indústria com base na pesquisa RAIS. O cálculo é feito de maneira indireta, utilizando coeficientes específicos por classe industrial para a retirada, consumo e retorno de água, sendo o retorno a diferença entre a retirada e o consumo (ANA, 2017b). Somente o dado da mineração foi obtido diretamente dos metadados de demanda hídrica por município (ANA, 2022b).

Tabela B.6.1 Uso de Água na Indústria da Transformação e na Mineração.

Classificação categoria industrial	Vazões de retirada	Vazões consumidas	Representatividade de Consumo
	[m³/ano]	[m³/ano]	[%]
Fabricação de bebidas	4.434.624	1.667.666	49,8%
Fabricação de produtos químicos	1.052.909	393.829	11,7%
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	1.457.163	223.186	6,7%
Fabricação de produtos alimentícios	936.914	177.688	5,3%
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	237.416	139.627	4,1%
Fabricação de produtos diversos	542.130	108.426	3,2%
Metalurgia	381.794	91.792	2,7%
Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	190.305	89.048	2,6%
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	185.158	68.611	2,0%
Fabricação de produtos têxteis	125.576	62.341	1,7%
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	275.976	55.195	1,6%
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	273.268	50.594	1,5%
Fabricação de máquinas e equipamentos	181.459	34.259	1,0%
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	164.362	32.410	1,0%

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Classificação categoria industrial	Vazões de retirada	Vazões consumidas	Representatividade de Consumo
	[m³/ano]	[m³/ano]	[%]
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	150.841	30.168	0,9%
Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	134.033	28.943	0,9%
Fabricação de produtos do fumo	139.127	27.825	0,8%
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	136.115	27.223	0,8%
Impressão e reprodução de gravações	104.063	19.585	0,6%
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	87.958	17.592	0,5%
Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	59.846	11.946	0,4%
Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	32.962	6.662	0,2%
Fabricação de produtos de madeira	18.232	4.449	0,1%
Fabricação de móveis	17.062	3.412	0,1%
Total Indústria da Transformação	11.319.293	3.372.480	99,7%
Mineração	18.201	9.477	0,3%
Total Indústria da Transformação e Mineração	11.337.494	3.381.958	100,0%

Fonte: ANA (2017a); (ANA, 2022b).

A pegada hídrica azul da indústria foi calculada a partir dos dados apresentados na tabela assim, considerando-se as vazões consumidas. As indústrias que representavam menos de 4% do total do consumo tiveram suas vazões somadas para a análise final, compiladas em um setor denominado de “Outras Indústrias”. Ainda, somou-se a estes valores o consumo direto das indústrias ligadas à rede do DMAE, que foi calculado da mesma forma que para o setor Doméstico.

Por fim, a alocação dos efluentes nas bacias foi feita da mesma forma que para o setor doméstico, em que 94% dos efluentes são lançados na Bacia do Lago Guaíba e 6% na bacia do Rio Gravataí. Esta premissa foi utilizada tanto para a pegada azul quanto para a pegada cinza

Para a estimativa da pegada cinza da indústria, foi considerado que todo efluente que é gerado nas indústrias é despejado no corpo hídrico, seguindo Resolução CONAMA 430/2011 que exige mínimo de 60% de remoção de carga orgânica (BRASIL, 2011). Para cada tipo de indústria, obteve-se da literatura os valores médios de DBO do efluente bruto ou utilizou-se o valor médio

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

de DBO da cidade, em caso de indústrias que indicavam seguir o tratamento até atingir os parâmetros exigidos. A Tabela B.6.2 apresenta o resumo dos dados de efluentes por tipo de indústria.

Tabela B.6.2 Características do efluente por tipo de indústria.

Setor	DBO ef. Bruto (mg/L)	DBO ef. Tratado (mg/L)	Fonte
Fabricação de bebidas	164	66	DBO média afluente POA, conforme premissas de tratamento de ARROQUE <i>et al.</i> (2016)
Fabricação de produtos químicos	164	66	Para essa produção o parâmetro de DBO não é o mais relevante
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	725	290	GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (2008)
Fabricação de produtos alimentícios	997	399	ALVES (2017)
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	164	66	Para essa produção o parâmetro de DBO não é o mais relevante
Outras	164	66	DBO média afluente POA
Indústrias ligadas à rede do DMAE	164	45	DMAE

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Para o cálculo dos efluentes gerados, foi feita a diferença entre os valores das vazões de retirada e vazões consumidas apresentado na Tabela B.6.1. Com este dado e a concentração de DBO nos efluentes industriais tratados, foi então estimada a carga orgânica total gerada pelo setor industrial:

$$L_{\text{trat,ind}} = \sum q(V_{\text{efluente}}[q] \times C_{\text{DBO,trat}}[q]) \quad [12]$$

Em que:

- $L_{\text{trat,ind}}$ Carga orgânica do setor industrial, em unidade de massa;
- V_{efluente} Volume de efluentes gerados em cada processo industrial;
- q “q” são os processos industriais considerados;
- $C_{\text{DBO,trat}}$ Concentração de DBO efluente de cada uma das indústrias, em mg/L;

Por fim, da mesma forma que para os efluentes domésticos, foi estimada a pegada hídrica cinza das indústrias:

$$PH_{\text{Cinza}} = \frac{L_{\text{trat,ind}}}{(C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})} \quad [13]$$

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Em que:

- PH_{Cinza} Pegada hídrica cinza, em m³;
- $L_{trat,ind}$ Carga orgânica do efluente industrial, em unidade de massa;
- C_{nat} Concentração natural de DBO do corpo hídrico de referência, em mg/L;
- C_{max} Concentração máxima de DBO, em mg/L.

APÊNDICE C. ANÁLISE DE INCERTEZAS⁹

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

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

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

$$I_{total} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2} \quad [14]$$

Onde:

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

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

$$I_{total} = \frac{\sqrt{(I_1 \cdot x_1)^2 + (I_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (I_n \cdot x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|} \quad [15]$$

Onde:

- I_{total} : Incerteza percentual total da soma ou subtração de quantidades (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem). Para intervalos de

⁹ O apêndice C descreve o método de cálculo de análise de incertezas e o texto foi adaptado para o presente trabalho, com base nos projetos já realizados pela WayCarbon para outras cidades brasileiras.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

confiança assimétricos foi considerada a maior diferença percentual entre a média e o limite de confiança;

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

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

$$I_{corrigida} = I \cdot F_c \quad [16]$$

$$F_c = \left[\frac{(-0,720 + 1,0921 \cdot U - 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot U^2 + 1,11 \cdot 10^{-5} \cdot U^3)}{I} \right]^2 \quad [17]$$

Onde:

- $I_{corrigida}$: Incerteza total corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);
- I : Incerteza total não corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);
- F_c : Fator de correção de incerteza.

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

$$I_{baixa} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) - 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100 \quad [18]$$

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

$$I_{alta} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) + 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100 \quad [19]$$

$$\sigma_g = \exp \left\{ \sqrt{\ln \left(1 + \left[\frac{I}{100} \right]^2 \right)} \right\} \quad [20]$$

$$\mu_g = \exp \left\{ \ln(\mu) - \frac{1}{2} \cdot \ln \left(1 + \left[\frac{I}{100} \right]^2 \right) \right\} \quad [21]$$

Onde:

- I_{baixa} : Limite inferior do intervalo de confiança de 95%, em%;
- I_{alta} : Limite superior do intervalo de confiança de 95%, em%;
- μ_g : Média geométrica;
- μ : Média aritmética;
- σ_g : Desvio padrão geométrico;
- I : Incerteza total simétrica do intervalo de confiança de 95%, em%;

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

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

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

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

Fonte: GHG PROTOCOL (2003).

Os dados de entrada foram qualificados conforme as características das coletas de dados da Pegada Hídrica (Tabela C.2):

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Tabela C.2. Avaliação dos dados de entrada da Pegada Hídrica de Porto Alegre.

Sector	Parâmetro	Fonte de informação	Precisão de dados
Pegada Hídrica Azul	Área Agrícola	IBGE	Razoável
	Consumo Doméstico	DMAE	Alta
	Consumo Industrial	DMAE e ANA	Razoável
Pegada Hídrica Cinza	Volume de Efluente Doméstico	DMAE	Alta
	Volume de Efluente Industrial	DMAE e ANA	Razoável
	Qualidade Natural Bacias (DQO)	CONAMA	Alta
	Concentração Efluente Doméstico	DMAE	Alta
	Concentração Efluente Industrial	Estimado a partir da DBO média do efluente por tipo de atividade industrial e remoção mínima de 60% de acordo com a Resolução CONAMA	Razoável
Pegada Hídrica Verde	Área Agrícola e de Pastagens	IBGE	Razoável
	Dessedentação Animal	ANA	Razoável

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Tabela C.3. Avaliação dos dados de entrada da Pegada Hídrica de Porto Alegre - software Cropwat.

Pegada	Elemento de Cálculo	Fonte de informação	Precisão de dados	Menor incerteza adotada	Maior incerteza adotada
Pegada azul	Dados Climáticos	CROPWAT	Boa	5%	15%
Pegada verde	Dados Climáticos	CROPWAT	Boa	5%	15%

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

APÊNDICE D. ATA DA REUNÃO COM O GRUPO DE TRABALHO – 17/10/2023

ATA DE REUNIÃO - WORKSHOP DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA E PEGADA HÍDRICA DE PORTO ALEGRE

Data: 17 de outubro de 2023

Horário: das 14h às 17h

Tipo: virtual

Local: Zoom

Objetivo

- Apresentação dos resultados da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática e Pegada Hídrica de Porto Alegre ao Grupo de Trabalho (GT).

Pontos abordados

- Workshop se inicia com a apresentação das regras da sessão e falas iniciais do Secretário Germano Bremm, representando do Prefeitura de Porto Alegre; Emanuela Monteiro, representando o Banco Mundial, Rosângela Silva, representando a WayCarbon e Rodrigo Corradi, representando o ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade.
- Rosângela apresenta as etapas de diagnóstico do Plano de Ação Climática e o processo de elaboração de seus estudos complementares.
- Franciele apresenta a metodologia e premissas consideradas para a elaboração da análise de risco e vulnerabilidade climática.
 - ⌘ Foram consideradas a análise de seis riscos climáticos para o município de Porto Alegre: inundação fluvial, deslizamento, tempestades, ondas de calor, secas e vetores de arboviroses.
 - ⌘ São apresentados os indicadores considerados para a análise da vulnerabilidade para todos os riscos considerados.
 - ⌘ Apresentação das regiões de planejamento consideradas na apresentação dos resultados.
- Roberta apresenta os resultados obtidos pela Análise de Risco e Vulnerabilidade.
 - ⌘ Apresentação dos cenários futuros para 2050 para os riscos analisados:
 - Inundação fluvial: RGP 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
 - Participante pergunta sobre a consideração do Arroio do Salso.
 - Deslizamento: RGP 3, 4, 5, 6 e 7
 - Tempestade: RGP 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
 - Ondas de Calor: RGP 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8
 - Seca: RGP 2, 3, 4, 7 e 8
 - Vetores: RGP 2, 3, 4, 5, 7 e 8
 - ⌘ Apresentação dos cenários futuros para 2050 para os riscos analisados, destacando as regiões críticas que apresentam maiores pioras nos índices de risco climático.
 - RGP 7 (Arroio dilúvio e afluentes): Inundação fluvial
 - Área central: Deslizamento, Tempestade, Ondas de Calor, Secas e Vetores.
- Rosângela apresenta sobre a nota técnica desenvolvida junto ao Prof. Carlos Nobre sobre os extremos de precipitação vivenciados pelo Estado do Rio Grande do Sul, considerando, em especial, o contexto de Porto Alegre.
- Rosângela abre o espaço para a discussão e coleta de contribuições sobre os dados apresentados

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

- ☞ Anelise pergunta se o Bairro Glória/Cascata, que apresenta grande risco de deslizamentos, foi considerado, assim como o Bairro Arquipélago para o risco de inundação e de vetores e o Bairro Humaitá e Navegantes.
 - Rosângela e Roberta respondem que os bairros foram sim considerados e que no relatório é apresentado com um maior detalhamento essas análises.
- ☞ Anelise perguntou ainda sobre o tempo de recorrência considerado para o reassentamento da população.
 - Gregory responde que no relatório que será reencaminhado aos participantes é apresentado todo o aspecto metodológico dos cenários.
- ☞ Demétrio pergunta sobre a inclusão dos cenários de aumento do nível do mar nos riscos de inundação.
 - Rosângela responde que o risco de inundação considera apenas os impactos fluviais
- ☞ Simone comenta a influência da Lagoa dos Patos e de demais corpos hídricos sobre o Guaíba, sendo considerada a área que mais chove no Rio Grande do Sul. Pergunta se isso foi considerado para as análises e reforça que Porto Alegre se encontra desenvolvendo o seu Plano Diretor e se há associação entre suas discussões com o Plano de Ação Climática.
 - Rosângela responde que esse diálogo será feito mais próximo à etapa de elaboração das ações, sendo realizado o esforço de amarração entre os direcionamentos climáticos e urbanísticos do Plano de Ação Climática e do Plano Diretor.
- ☞ Vaneska comenta sobre as cidades que estão incorporando em suas normativas urbanísticas as questões climáticas e ambientais e pergunta como está sendo pensado essa integração.
- ☞ Rodrigo comenta sobre a revisão e validação dos documentos que serão reencaminhados aos participantes.
- ☞ Mark comenta que considerando o contexto de um Plano de Ação Climática, qual é a proposta de envolvimento das populações mais sensíveis, já que esse plano não deve ser restrito a um grupo técnico ou do poder público. Será desenvolvido algum grupo de voluntários ou de bairros-pilotos para o desenvolvimento de ações?
 - Rosângela responde que a etapa de diagnóstico considera momentos de participação pública, mas os demais pontos serão considerados na etapa de elaboração do Plano de Ação Climática em si.
- ☞ Vaneska comenta sobre a incorporação dos indicadores para o monitoramento do Plano. Complementando a fala do Mark, comenta ainda que há as discussões do Plano Diretor pelos fóruns, podendo ser um espaço para a, também, a discussão do Plano de Ação Climática nas regiões
 - Rovana complementa que a discussão do Plano Diretor e do crescimento da cidade tem que estar atrelada à pauta climática, por isso a elaboração dos diagnósticos para compreender o contexto atual e futuro.
- ☞ Júlio traz a questão da revalorização das florestas urbanas em contraponto com a ampliação da impermeabilização devido à malha urbana e à expansão. Comenta ainda de Porto Alegre como um Hub de Resiliência e da participação da população na discussão e vivência nos espaços urbanos.
 - Rosângela reforça que para a Análise de Risco, as áreas verdes são consideradas, principalmente para as ameaças de ondas de calor e secas, mas que posteriormente essa temática será retomada para a definição de ações para o Plano de Ação Climática.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

- Júlio complementa ainda sobre a mudança da matriz energética nos transportes seria algo de longo prazo, enquanto a ampliação das áreas verdes haveria um retorno muito mais rápido para a melhora ambiental.
- Rosângela inicia a apresentação da metodologia aplicada para a obtenção dos resultados obtidos pela Pegada Hídrica.
 - ☞ Os resultados mostram que a maior pegada identificada é a pegada cinza, com 97%, deixando claro o impacto da poluição no município, com maior participação do setor doméstico.
 - ☞ Considerando apenas o setor doméstico, a principal pegada identificada é a cinza devido a efluentes não tratados, demonstrando que uma ação voltada para o tratamento de efluentes poderá gerar uma grande melhoria na pegada hídrica de Porto Alegre.
 - ☞ Indústrias de papel e celulose e de produtos alimentícios contribuem com maior carga orgânica.
 - ☞ O setor de agropecuária apresenta pegadas verde e azul, não sendo considerada a pegada cinza para o setor.
 - ☞ Com o Balanço Hídrico é identificado uma situação preocupante para a bacia do Salso e um cenário muito crítico para grande parte do município.
 - No Balanço Hídrico Qualitativo, grande parte do município apresenta uma classe péssima.
 - ☞ É destacado que, considerando que o Lago Guaíba recebe contribuições de outros municípios, é necessário a integração de ações para sua melhoria ambiental.
- Rosângela para o espaço para a discussão de resultados e coleta de Contribuição.
 - ☞ Rodrigo reforça o momento para a validação dos dados apresentados e também para o direcionamentos de demais dados para a complementação das análises apresentadas para que, futuramente, seja possível o desenvolvimento de ações alinhadas com esse contexto.
 - ☞ Emanuela comenta que um estudo de Pegada Hídrica é um diferencial na elaboração do Plano de Ação Climática, sendo uma demanda específica da Prefeitura, destacando a prioridade dessa temática para o município.
 - ☞ Pedro comenta sobre o esforço de obtenção e tratamento de dados.
 - ☞ Simone pergunta sobre a consideração da DBO na Pegada Hídrica e da importância da água para a regularização da temperatura local e da produção de oxigênio e complementa se é medido/considerado os agrotóxicos nos efluentes. Pergunta ainda se é realizado o cálculo de fitoplânctons.
 - Rosângela responde que é utilizado a metodologia do Water Footprint, sendo considerada apenas a DBO para a análise. Porém a consideração de outros parâmetros, como agrotóxicos, poderia ser considerado em um aprimoramento da metodologia, porém que passam por uma órgão superior.
 - Sobre o cálculo de fitoplânctons será verificado no estudo anterior realizado para a cidade de João Pessoa que é um município litorâneo.
- Rosângela segue com a apresentação dos próximos passos e comenta do próximo workshop de apresentação pública dos resultados.
- Rosângela traz as etapas específicas do desenvolvimento do Plano de Ação Climática.
 - ☞ Apresentação que exemplos de ações e iniciativas implementadas em outros países e cidades que poderão ser adaptadas e servir de inspiração para as ações de Porto Alegre.
- Júlio parabeniza a dinâmica do Jornal do Futuro e reforça a importância da transversalidade da temática e a necessidade de envolvimento da população, em especial dos jovens, para se pensar o futuro da cidade entendendo o seu passado.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

☞ Coloca que imagina uma cidade mais biofílica, com a utilização da mobilidade ativa para os deslocamentos urbanos, potencializando, também, a vivência em uma cidade mais arborizada.

- Rosangela comenta que essas contribuições são muito importantes para se traçar as melhores ações para Porto Alegre, considerando possíveis barreiras a serem superadas.
- Rovana realiza as falas de encerramento.
- Pedro comenta sobre a Estação da Lomba do Sabão e as questões associadas à barragem, sendo um assunto a ser discutido e acertado de forma conjunta.

Conclusões ou encaminhamentos

- Será encaminhado aos participantes a gravação da reunião, a apresentação utilizada e os documentos desenvolvidos para a análise e validação.

Participantes

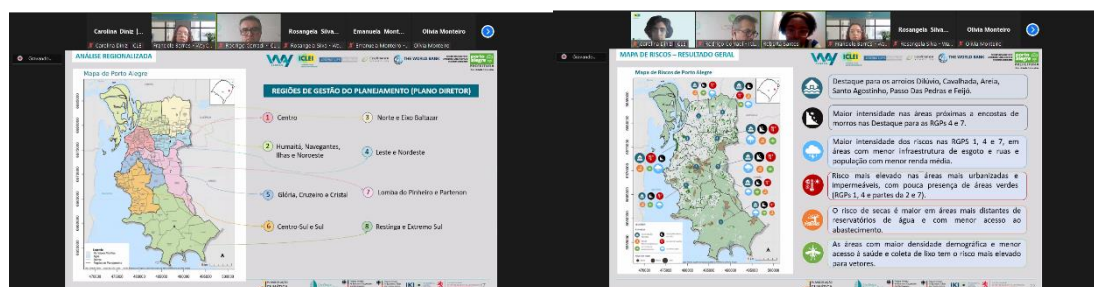
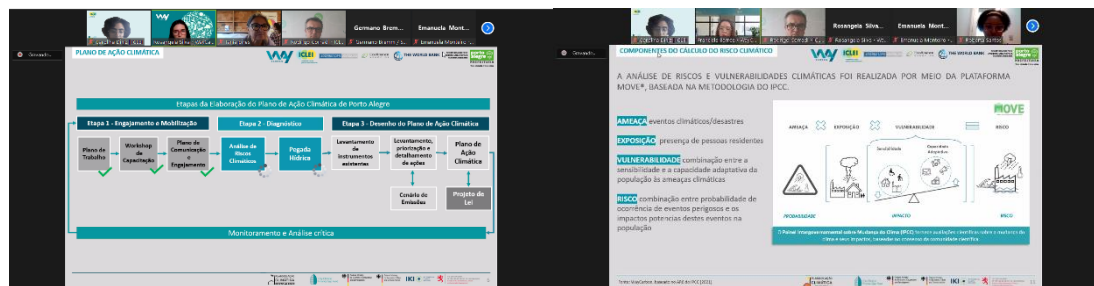
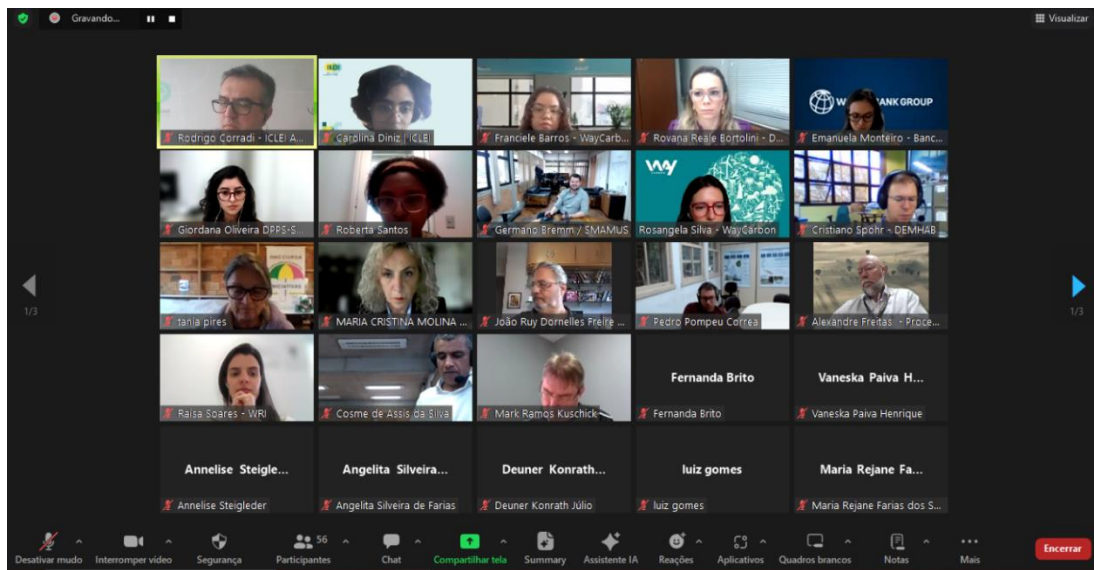
Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Rosangela Silva	WayCarbon
Franciele Barros	WayCarbon
Roberta Santos	WayCarbon
Gregory Pitta	WayCarbon
Rodrigo Corradi	ICLEI
Carolina Diniz	ICLEI
Jurema Paes	Ludovino Lopes Advogados
Eduardo Baltar	Ecofinance
Jhulie Ferreira	Ecofinance
Emanuela Monteiro	Banco Mundial
Rovana Reale Bortolini	SMAMUS
Germano Bremm	SMAMUS
Giordana Oliveira	SMAMUS
Carla Bisol	Comunicação
Alexandre Freitas	Procempa
Ana Bratkowski	
Angelita Silveira de Farias	
Annelise Steigleder	
Bárbara d'Acampora	
Bruno Beltrame	
Cosme de Assis da Silva	
Cristiano Spohr	DEMHAB
Daniela Vieira da Silva	CPU DPU SMAMUS
Demetrio Guadagnin	
Erika K.Vianna	UOM/SMED
Eugenia Kuhn	DEUR UFRGS
Evelise Tarouco da Rocha	Diretoria de Vigilância em Saúde POA
Felisberto Seabra Luisi	-
Fernanda Brito	-
Gabriela Santiago	SMS/ DVS/ NVRV
Glenio Vianna Bohrer	-
Jane Brochado	CMDUA
João Ruy Dornelles Freire	SMDS
Juliana M Pinto	PMPA/SMS/DVS
Júlio Deuner	PPGeCI-UFRGS/PHA
Katia Zanini	
Lourenço Valentini	

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Luana Pavan Detoni	UFRGS
Lucia de Borba Maciel	
Lúcia Panseira	DPU/SMAMUS
Luciana Saraiva	
Luiz Gomes	
Maria Carmen Bastos	
Maria Cristina Molina Ladeira	SMMU
Maria Rejane Farias dos Santos	
Marina Vieira da Rosa	SMS
Mariusia Reuter Colombo	
Mark Ramos Kuschick	
Carlos Alberto Mendes	
Olívia Bertolini Monteiro	
Márcia Orantas	
Patricia	SMAMUS
Patrick Stephanou	SMAMUS
Luana Pavan Detoni	
Pedro Pompeu Correa	DMAE
Raísa Soares	WRI
Richard Bernardes	
Rihan Michele	
Rodolfo Fork	
Roxana Nishimura	
Silva Santiago	
Simone Azambuja	
Sonia Castro	CAUGE-SMAMUS
Tania Pires	
Tarouco da Rocha Evelise	
Ana Andrieli Todero	
Vaneska Paiva Henrique	
Júlio Vargas	

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Registros fotográficos



APÊNDICE E. ATA DA REUNIÃO ABERTA COM A SOCIEDADE CIVIL – 31/10/2023

ATA DE REUNIÃO - WORKSHOP ABERTO DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA E PEGADA HÍDRICA DE PORTO ALEGRE

Data: 31 de outubro de 2023

Horário: das 14h às 17h

Tipo: virtual

Local: Zoom

Objetivo

- Workshop Público de Validação dos resultados obtidos pela Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática e pela Pegada Hídrica de Porto Alegre.

Pontos abordados

- Reunião se inicia com a apresentação das diretrizes e regras da reunião.
- Realização das falas de abertura de Rovana Reale, representando a SMAMUS, Emanuela Monteiro, representando o Banco Mundial, Melina Amoni, representando a WayCarbon e Rodrigo Corradi, representando o ICLEI.
- Rosangela dá prosseguimento à apresentação trazendo dados iniciais sobre a mudança do clima, impactos em Porto Alegre e sobre a agenda climática do município.
- Rosangela apresenta os objetivos do projeto e as etapas do diagnóstico.
- Franciele inicia a apresentação da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática, destacando sobre a metodologia considerada pela análise.
 - Rosangela dá prosseguimento apresentando os resultados obtidos com a Análise e áreas críticas do território.
 - Rosangela apresenta as conclusões finais sobre a Análise, destacando as regiões 4 e 7 como áreas mais críticas.
 - Ainda é apresentado sobre a nota técnica desenvolvida tratando do contexto estadual sobre as recentes ocorrências de eventos extremos, com um destaque especial para Porto Alegre.
- Abertura para a retirada de dúvidas
 - Joel comenta sobre o risco mapeado nas ilhas, onde há uma grande sensibilidade já que as cotas são baixas, mesmo havendo baixa densidade populacional.
 - Complementa que na região 1, o risco de alagamento está muito associado a alta impermeabilização, mais do que a falta de rede de drenagem.
 - Complementa sobre as intervenções na drenagem de Porto Alegre, onde foi implementada soluções de redução dos impactos de alagamentos, podendo ser destacadas essas infraestruturas.
 - Pergunta qual o cenário do IPCC foi considerado.
 - Rosangela responde que é considerado o pessimista-realista 3.7.0
 - Joel comenta que concorda com a seleção do cenário.
 - Joel comenta que o Bomfim se enquadra como alagamento, mas não há córregos no bairro para sua consideração como áreas de inundação.
 - Se põe à disposição para próximas etapas
 - Mário pergunta se é realizado a modelagem evolutiva das ameaças

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

- Rosângela responde que sim, essas modelagens foram realizadas e estão presentes no relatório de forma mais detalhada.
- Marcos pergunta sobre a disponibilização dos dados em formato shapefile.
 - Rosângela responde que será verificado com a SMAMUS como poderá ser feita a disponibilização dessas bases.
- Rovana comenta sobre o retorno da Defesa Civil sobre o risco nas ilhas.
 - Rosângela complementa que, para as ilhas, devido a questão da baixa concentração de população (exposição), o risco nessas áreas acaba se classificando como menor em relação a regiões mais populosas, porém isso não quer dizer que não foi identificado o risco nas ilhas.
- Por meio do chat, outra contribuição mapeada foi sobre a apresentação dos impactos à população negra e sobre a situação atual do Arroio Dilúvio com as chuvas fortes.
- Realização de um intervalo de 5 minutos.
- Flora inicia a apresentação de resultados para a Pegada Hídrica, trazendo o processo metodológico de desenvolvimento da etapa.
 - Apresenta os resultados e conclusões finais sobre a análise, identificando a necessidade de aprimoramento do sistema de tratamento de efluentes.
- Abertura para a retirada de dúvidas
 - Mark pergunta se há algum plano em andamento sobre o tratamento desses efluentes, atualmente considerados como não tratados e se esses dados foram consultados junto ao DMAE.
 - Rosângela comenta que os dados foram sim recebidos a partir do DMAE, mas que agora o processo irá se debuchar melhor sobre as melhorias necessárias nas agendas de saneamento já existentes para essa melhoria no tratamento desses efluentes.
 - Pedro complementa sobre os desafios para as próximas etapas, identificado os impactos por arroio e quais os pontos de atenção e críticos para a melhoria do saneamento e drenagem urbana.
 - Pelo chat, Érika comenta como entraria a questão da drenagem urbana no estudo ou qual estudo está ou poderá ser feito para a avaliação dessa questão.
 - Rosângela responde que esta questão é discutida pelo relatório e complementa que essas questões entrarão no processo de levantamento e priorização de ações para o Plano de Ação Climática.
 - Érika complementa que seria interessante incluir os equipamentos públicos escolares nos mapas.
 - Mark pergunta sobre a pegada hídrica residencial, comercial e público, é possível informar o dado sobre os pHs de forma segregada para uma proposta de redução para cada setor em específico e direcionamento de ações para isso.
 - Rosângela responde que esses pHs foram agrupados em pH doméstico já que não é possível a segregação desse dado. Porém há os dados de consumo que podem trazer um direcionamento.
- Rosângela apresenta os próximos passos do projeto, detalhando a metodologia de desenvolvimento do Plano de Ação Climática.
- Rovana apresenta os projetos já desenvolvidos e/ou em desenvolvimento pela Prefeitura de Porto Alegre que poderão nortear a elaboração de ações.
 - Érika pergunta se as ações mostradas dos planos da SMAMUS (estacionamento, redução do valor do imóvel, redução de deslocamento), já receberam estudos que quantifiquem seus impactos, confirmando a sua assertividade.
 - Rosângela comenta que esse estudo será realizado para as ações que entrarão no Plano.
 - Rovana comenta que esses dados não foram realizados estudos sobre seus impactos.
- Espaço para a realização da dinâmica de Jornal do Futuro.

P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

- Pedro comenta que o monitoramento é um processo lento, caro, mas necessário para entender a realidade no território e planejar ações mais específicas de acordo com os dados do município.
- Joel pergunta sobre o projeto de despoluição do arroio Dilúvio, pois, pela mídia o que foi recebido foi a melhoria local e embelezamento do arroio e não um processo de despoluição.
 - Rovana responde que é um projeto de despoluição, porém está em etapa de projeto e desenvolvimento ainda.
- Lindytamie pergunta como tornar essas práticas sustentáveis (principalmente de construção) mais acessíveis para a população de baixa renda? Nessas obras de revitalização (arroio do Dilúvio), há preocupação com a gentrificação?
 - Rosangela reforça a fala de Rovana, considerando que isso poderá ser considerado, já que o projeto está em uma etapa inicial.
- Mark pergunta se está previsto um convite para a população residente nas bacias dos arroios para que conhecessem e eventualmente colaborassem?
 - Rosangela comenta que será realizado um especial esforço para a mobilização nas etapas participativas do Plano para essa coleta de contribuições dessas populações, olhando também pela lente da justiça climática
- Paulo comenta que a questão da redução de vagas de veículos nos grandes centros reduziria a emissão de gases, e pergunta se, em contrapartida, o aumento populacional não iria gerar mais lixos e resíduos nas redes de esgoto.
 - Rosangela responde que é um ponto a ser avaliado, mas que, nesse caso a população já existe, só se encontra em regiões mais periféricas, então a geração seria a mesma, mas seria necessário identificar se há o atendimento pela rede.
- Rosangela e Rovana realizam as falas de encerramento.

Conclusões ou encaminhamentos

- Será encaminhado aos participantes a apresentação e gravação do workshop.

Participantes

Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Melina Amoni	WayCarbon
Rosangela Silva	WayCarbon
Flora Simon	WayCarbon
Franciele Barros	WayCarbon
Roberta Santos	WayCarbon
Rodrigo Corradi	ICLEI
Raquel Gonçalves	ICLEI
Carolina Diniz	ICLEI
Nathan Pedroni	Ecofinance Negócios
Jhulie Ferreira	Ecofinance Negócios
Jurema Paes	Ludovino Lopes Adv.
Emanuele Monteiro	Banco Mundial
Rovana Reale	SMAMUS
Giordana de Oliveira	SMAMUS
Rafael Favery	Poyry Engenharia
Andréa Rehm	Dep. Inovação - UFRGS
Matheus Dias	SEMMAM São Leopoldo
Giovane Homero Barbosa	Defesa Civil PMPA
América	CAU/DAV/SMAMUS
Christian Bueller	Jornal Zero Hora

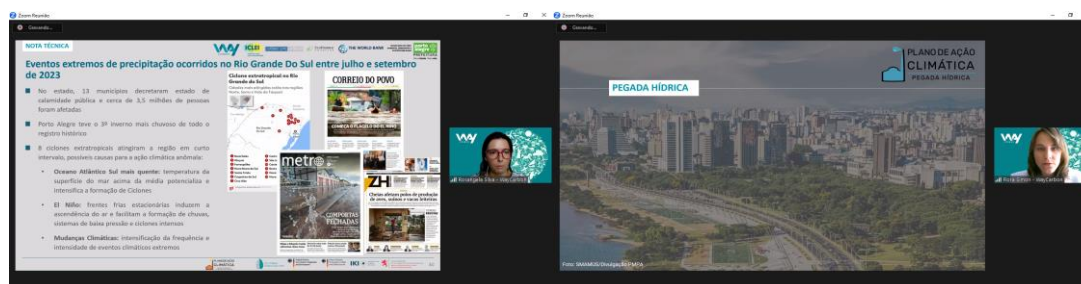
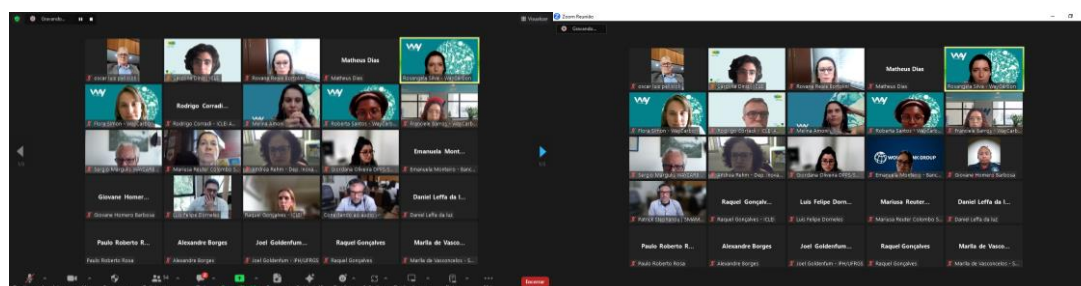
P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Juliano Balbueno	Defesa Civil PMPA
Leandro Fernandes	Defesa Civil PMPA
Angelita Silveira de Farias	Metroplan
Mark Ramos Kuschick	Sociedade de Economia do RS
Marcelo Coelho	DVS/SMS
Cosme de Assis da Silva	SMAMUS/Prefeitura de Porto Alegre
Raquel Alves	Defesa Civil
Fran Schwanck	IPH/UFRGS
Joel Goldenfum	IPH/UFRGS
Oscar Luiz Pellicoli	Desenvolvimento Econômico e Turismo
Marlla de Vasconcelos	SMAMUS PMPA
Mariusia Reuter Colombo	SMAMUS PMPA
Bruna Rodrigues	UFRGS
Rodrigo Rangel	Defesa Civil
Erika Kupac Vianna	SMED- Secretaria da Educação de Porto Alegre
Jivago Corrêa Pereira	Defesa Civil
Pedro Pompeu Correa	DMAE PMPA
Aline Zechlinski	SMAMUS PMPA
Carolina Falcao	Petinelli
Daniel Leffa da luz	Defesa Civil
Joaquim Viana Cardinal	SMAMUS PMPA
Renata Padilha	Eco Pelo Clima
Luciano Velleda	Sul21
Natalia Tusset	UFRGS
Mario Saffer	Engenheiro Engenharia e Meio Ambiente
Marcos Cruz	ObservaPOA/SMPAE
Isadora Fonseca	Defesa Civil
Paulo Roberto Rosa	Defesa Civil
Lindytamie Almeida	UFRGS
Elisabete Sabka	SMS/USA
Alexandre Borges	Defesa Civil
Luis Felipe Dorneles	DLMA
Paulo Júnior	Defesa Civil
Patrick Stephanou	SMAMUS
Jacson Martins	Defesa Civil
Maurício Polidoro	Ministério dos Povos Indígenas
Maria Rejane Santos	Profissional liberal
Luciano Nardon	Secretaria de segurança
Renata Ribeiro	AGI
Lindomar Constante	Defesa civil
Ricardo Quevedo	PROPUR - UFRGS
Bruno Carbonari	Net Impact Porto Alegre
Barbara Mallmann	Net Impact Porto Alegre
Juliana Maciel Pinto	SMS Porto Alegre
Caroline Palacio	AFRY
João Vitor Zaltron	Defesa civil
BRUNO BELTRAME	Coordenação de Resiliencia / SMGOV
Soraya Ribeiro	SMAMUS
Carla Fontana	Igrê - Associação Sócio Ambientalista
LUIZ GOMES	CMDUA
Claudia Garcia	DMAE
Luciano Amaral	Defesa civil

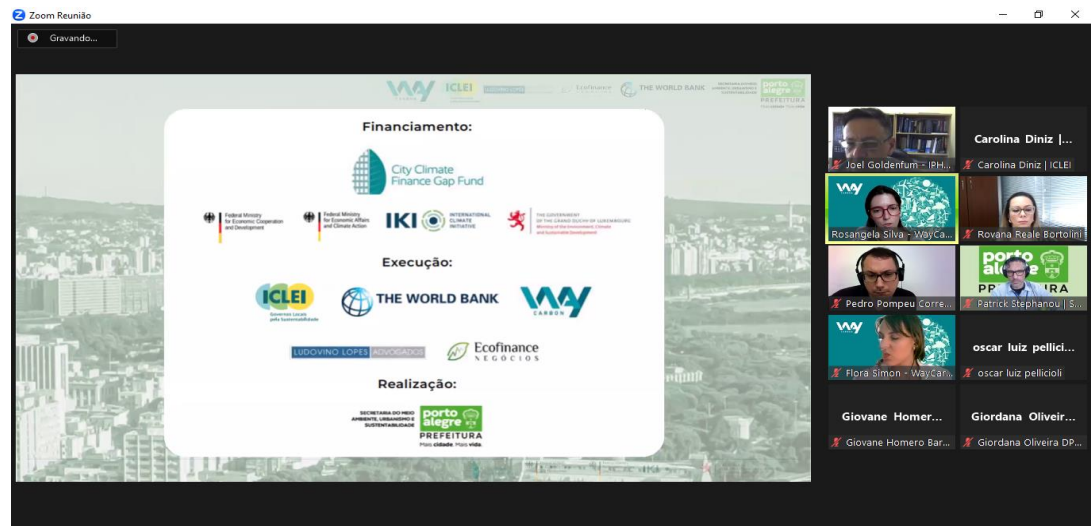
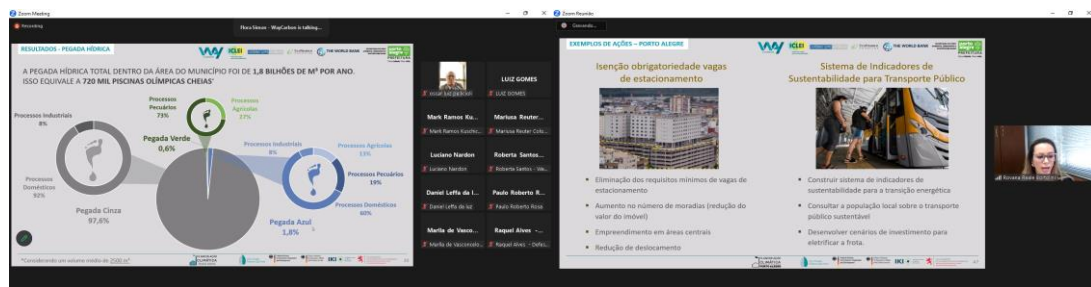
P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Luciane Ulbrich	SMAMUS
Mariana Saraiva	UFRGS
Miguel Zanona Krasner	SMPAE
Gabriel Cantor	UFRGS
Adriano Rossetto	SMAMUS
Luiz Sibemberg	UFRGS
Marina Milani	SMAMUS

Registros fotográficos



P4 – Levantamento da Pegada Hídrica



P4 – Levantamento da Pegada Hídrica

E.1 Respostas dos questionamentos recebidos da sociedade civil no workshop aberto

No dia 31/10/2023, foi realizado, em formato online na plataforma Zoom, o Workshop público de apresentação dos resultados da Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas e Pegada Hídrica, com o objetivo de apresentar os principais resultados destes dois diagnósticos e escutar as contribuições da sociedade civil sobre os estudos. Todos os comentários foram encaminhados por meio do chat disponível na plataforma ou por meio de contribuição em formato de fala. Neste Apêndice estão apresentadas todas as contribuições que não foram respondidas durante o workshop, visto que as demais constam na ata, que também está apresentada neste Apêndice, e na gravação, que será disponibilizada no Youtube da SMAMUS¹⁰.

O Quadro F.3 apresenta os comentários e perguntas, com o respectivo status e a justificativa. O status pode ser “Incorporado”, quando a observação foi adicionada aos produtos P3 ou P4, ou “Não incorporado”, quando o respectivo produto já apresentava as informações solicitadas. Em ambos os casos, a justificativa fornece as explicações aos apontamentos.

¹⁰ Link para acesso ao Youtube da SMAMUS com a gravação do workshop:
<https://www.youtube.com/watch?v=JQW3bD4iluM>

Quadro E 1. Respostas às proposições da sociedade civil realizadas por meio do chat.

Comentário	Status	Justificativa
Quando falam em 'população negra', sugiro que a frase seja reescrita para dizer que os eventos "afetam mais à população negra", que historicamente residem em regiões de maior vulnerabilidade ambiental e social. Justificativa: falar que num lugar com diversos fatores desfavoráveis é tbm um lugar com 'maior concentração de população negra' pode dar a entender que a 'população negra faz parte do problema', como 'causadora do problema', o que seria um erro grave e não é isso o que eu entendi da fala de vcs.	Incorporado	Ao longo da discussão dos resultados, as discussões foram direcionadas sobre como os eventos climáticos afetam com mais intensidade populações mais vulneráveis (ex: população negra e de baixa renda). Para atender ao apontamento realizado, o primeiro parágrafo antes da Figura 16 teve a última frase alterada. Segue parágrafo com destaque em negrito para a frase reescrita: “Em 2004 a pior situação era observada no bairro Sarandi, em que 67,3% das famílias eram pobres, bairros Lomba do Pinheiro e Agronomia, com 54,2%, e Restinga, com 53,4%. Em comum, as regiões concentravam a maior proporção de chefes de família em condição de pobreza (PMPA, 2004). Como podemos observar na Figura 16, estes bairros apresentam uma maior concentração da população negra. Historicamente estas populações são mais vulneráveis aos efeitos da mudança do clima devido às desigualdades socioeconômicas que, muitas vezes, resultam em moradias com menor infraestrutura e localizadas em áreas de risco.”
Como está sendo tratado a situação do Arroio Dilúvio que, com as chuvas fortes, tem subido muito na Av. Ipiranga?	Não incorporado	O Arroio Dilúvio é citado ao longo dos relatórios da Análise de Risco (P3) e Pegada Hídrica (P4). Este importante arroio do município é citado tanto no capítulo de contextualização quanto na discussão dos resultados, devido a sua relevância para ambos os diagnósticos. No capítulo 4.2. Inundação fluvial do P3, é apresentado o potencial de transbordamento do Arroio Dilúvio nos bairros em que se situa, consequentemente afetando avenidas. Na próxima etapa do PLAC, de levantamento de ações, as regiões afetadas serão consideradas para proposição de iniciativas de adaptação aos efeitos das ameaças climáticas.

Comentário	Status	Justificativa
Seria interessante incluir os equipamentos públicos escolares nos mapas <i>(referente à exposição das infraestruturas, na Análise de Risco)</i> .	Não incorporado	No relatório do P3 estão inclusos mapas adicionais contendo infraestruturas críticas, considerando setores de saúde (Hospitais e Unidades de Pronto Atendimento - UPAs), transporte (principais vias e terminais rodoviários, hidroviários, aeroviário) e patrimônios edificados (casas de cultura e arte, museus, bibliotecas, entre outros). Importante destacar que a inclusão do sistema viário contempla a análise de como a população pode ser afetada em eventos que resultam no bloqueio de vias, visto que tais eventos impediriam a chegada nas escolas, locais de trabalho e moradias.
Está previsto um convite para a população residente nas bacias dos arroios para que conhecessem e eventualmente colaborassem?	Será incorporado na próxima etapa de construção do PLAC.	Como comentado também no workshop, a sequência da etapa de diagnóstico será de levantamento de ações e medidas que a cidade vem desenvolvendo ou possa vir a desenvolver, com base nos diagnósticos apresentados no dia 31/10 (Análise de Riscos e Pegada Hídrica) e no inventário de emissões da cidade (lançado em 2021). Nesta etapa, serão consultados diferentes atores tanto da Prefeitura quanto da sociedade civil, academia, ONGs, entre outros, para que as ações que serão priorizadas do PLAC contemplem as demandas das populações mais afetadas por efeitos resultados da mudança do clima. Além disso, foi disponibilizado um formulário aberto para contribuição da população (https://forms.office.com/r/udLxJYxSZX).
Questão de alagamentos na RGP1: Alagamentos se dão provavelmente por excesso de impermeabilização, é interessante este destaque.	Incorporado	Estas questões foram apontadas na discussão do terceiro e quartos parágrafos, no subitem Risco, dentro dos resultados de inundação fluvial. Para dar mais destaque, foi incluída a frase destacada em negrito , no terceiro parágrafo: “Avaliando-se as Ameaças, a inundação se amplia em 2050 para o município como um todo, porém, na análise do risco climático, pode-se perceber que a classificação na RGP 8 varia entre “Baixa” e “Média”. Isto acontece porque à exceção do bairro Restinga e pouco setores censitários, na zona sul predominam atividades rurais, assim como baixa concentração populacional e menos áreas impermeabilizadas. Já na RGP 1 e na RGP3, regiões que por serem mais urbanizadas possuem maior quantidade de áreas impermeáveis , há uma elevada densidade demográfica, concentrada principalmente ao redor dos arroios.”

Comentário	Status	Justificativa
No Plano Diretor de drenagem já observamos também a importância de se realizar intervenções na drenagem. Algumas bacias já foram avaliadas aqui no IPH, com essa ideia de utilizar algumas estruturas como telhados verdes e pavimentos permeáveis para reduzir tanto efeitos de inundações quanto alagamentos. Talvez possa ser importante dar um reforço maior para esse tipo de infraestrutura.	Será incorporado na próxima etapa de construção do PLAC.	Essas recomendações de medidas são mencionadas no capítulo final de recomendações. Segue parágrafo: “A possibilidade de incorporação de Soluções Baseadas na Natureza deve ser extremamente pensada visto que são essenciais para tornar a cidade ainda mais resiliente aos efeitos climáticos, com foco nos bairros que apresentam uma classe de risco mais alta”. Na próxima etapa do PLAC serão revistos todos os planos desenvolvidos pela cidade que possuem conexão com a mudança do clima, incluindo o Plano Diretor de Drenagem, para aprofundamento de ações, metas e medidas já em desenvolvimento e planejadas pela cidade, incluindo medidas de telhados verdes e pavimentos permeáveis, entre outras similares.
Verificar questões sobre inundação nos bairros Bom fim e Cidade Baixa, porque se enquadraria mais como alagamentos.	Não incorporado	Como apresentando na tabela geral de classificação do risco que está no Apêndice D do relatório, os bairros Bom Fim e Cidade Baixa possuem classificação “Alta” e “Média”. Como apresentado na metodologia, a classificação do risco é resultado de três índices: ameaça (constituída por fatores climáticos e ambientais), exposição (população por setor censitário nos bairros); e vulnerabilidade (que inclui variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa). Neste sentido, pode-se verificar que o transbordamento da bacia do arroio Dilúvio chega a atingir parte de ambos os bairros (Figura 17 do Produto 3). Aliado a isso, os fatores que influenciaram em um valor mais elevado para o risco advêm da elevada exposição e da alta impermeabilidade do solo na região, que é um aspecto que amplia a vulnerabilidade.

Comentário	Status	Justificativa
Quando é apresentada a pegada hídrica doméstica (residencial, comercial e setor público), está disponível este dado da pegada hídrica para cada setor, pensando em proposta de reunião sistemática para cada setor?	Incorporado	Na Figura 16 do Produto 4, estão apresentadas as pegadas hídricas por cada subsetor (residencial, comercial e setor público), que juntos resultam na pegada hídrica doméstica. Estes subsectores foram definidos a partir do percentual do volume de água faturado pelo DMAE para cada tipo de ligação na rede e, portanto, a diferenciação do valor se dará mais na pegada azul, devido aos diferentes consumos de cada subsetor. É importante destacar que a água é tratada em conjunto para todos os subprocessos, e, portanto os valores de DBO dos efluentes são os mesmos para residenciais, comércio e repartições públicas. Foram realizadas alterações no parágrafo que apresenta a Figura 16 e no Apêndice sobre a metodologia. Seguem as alterações nos parágrafos destacadas em negrito: “A Figura 16 apresenta com detalhamento os subprocessos, sendo que o setor doméstico inclui os diferentes setores ligados à rede do DMAE (residencial, comercial e público), o setor industrial contempla indústrias de Transformação e Mineração, e o setor agropecuário inclui agricultura e pecuária. Percebe-se que a pegada hídrica residencial é a mais significativa, representando 76,8% do total, seguido pelo setor comercial, com 12,1%.” “Para o setor doméstico, foram calculadas as pegadas azul e cinza. Para a pegada azul foram considerados a média do volume de água faturado nos anos de 2016 a 2019 enviados pelo DMAE, separado pelos diferentes tipos de ligação: residencial, comercial e setor público, e adotada a premissa de que 100% da população é atendida com água potável, visto que este valor é bastante próximo do real (PMPA, 2023d).”

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance