

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Vitória Schuller

Barragem Mãe d'Água: uma Análise Atual

Porto Alegre
2024

Vitória Schuller

Barragem Mãe d'Água: uma Análise Atual

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina de Almeida Silva

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na Publicação

Schuller, Vitória
Barragem Mãe d'Água: uma análise atual / Vitória
Schuller. -- 2024.
57 f.
Orientador: Maria Cristina de Almeida Silva.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia
Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Qualidade da água. 2. Barragem Mãe d'Água. 3.
Bacia Mãe d'Água. 4. Índice de qualidade da água . I.
de Almeida Silva, Maria Cristina, orient. II. Título.

Vitória Schuller
Barragem Mãe d'Água: uma Análise Atual

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel(a).

Aprovado em: Porto Alegre, 15 de fevereiro de 2024.

Prof^a. Dr^a Maria Cristina de Almeida Silva – UFRGS
Orientadora

Prof. Dr. Cristiano Poletto – UFRGS
Examinador

Eng. Marcelo Zaro – Instituto de Química UFRGS
Examinador

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento a minha família por todo o apoio e por estarem sempre presentes.

Meu agradecimento a todos os professores da graduação, especialmente pela necessidade de reinvenção ao atravessarmos uma longa pandemia.

A professora e orientadora Maria Cristina, agradeço imensamente pelos ensinamentos, pela paciência e pela forma afetiva de ensinar e compartilhar os conhecimentos.

RESUMO

SCHULLER, Vitória. Barragem Mãe d'Água: uma Análise Atual. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) — Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2024.

A qualidade da água está relacionada aos usos necessários para finalidades específicas e a poluição hídrica está relacionada com fenômenos de introdução de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, modifiquem a natureza de um corpo de água de tal forma que prejudique os usos que dele são feitos. Esse trabalho propõe a realização de um apanhado histórico da Barragem Mãe D'Água, desde sua inauguração até os dias atuais. Para isto, buscou-se trabalhos acadêmicos desenvolvidos sobre a área da Bacia Mãe d'Água, os quais foram pesquisados em bancos de dados como Lume e SABI da UFRGS. Os diversos trabalhos realizados na bacia abordaram temáticas como a qualidade da água, o carregamento de sedimentos, a disposição inadequada de resíduos, a resposta do ambiente frente a urbanização, entre outros temas, que permitiram fornecer um panorama sobre o histórico da área bem como as alterações ao longo do tempo. Além disso, também foi avaliada a qualidade atual da água da Barragem Mãe d'Água em quatro (4) pontos estabelecidos, a partir de coletas e análises de parâmetros físicos, químicos e biológicos, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA – CETESB). Os resultados das amostras coletadas em 2024 indicam qualidade “ruim” e “péssima” para a maioria das coletas, apontando que a qualidade da água nesses pontos é precária.

Palavras-chave: Barragem Mãe d'Água; Poluição da Água; Qualidade da Água; Índice de Qualidade da Água (IQA).

ABSTRACT

SCHULLER, Vitória. Mãe d'Água Dam: A Current Analysis. 2024. Bachelor's thesis (Environmental engineering) — Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2024.

The water quality is related to the necessary uses for specific purposes, and water pollution is associated with phenomena involving the introduction of substances or forms of energy that, directly or indirectly, modify the nature of a body of water in such a way that it harms the uses made of it. This work proposes a historical overview of the Mãe D'Água Dam, from its inauguration to the present day. To achieve this, academic works developed on the Mãe D'Água Basin were sought, which were researched in databases such as Lume and SABI from UFRGS. The various studies conducted in the basin addressed topics such as water quality, sediment loading, improper waste disposal, environmental response to urbanization, among other themes, providing an overview of the area's history and changes over time. Additionally, the current water quality of the Mãe D'Água Dam was also evaluated at four (4) established points through collection and analysis of physical, chemical, and biological parameters, using the Water Quality Index (IQA - CETESB). The results of the samples collected in 2024 indicate "poor" and "very poor" quality for most collections, indicating that the water quality at these points is precarious.

Keywords: Mãe d'Água Dam; Water Pollution; Water Quality; Water Quality Index (WQI).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classes de enquadramento d'água doce superficial.	14
Figura 2: Curvas médias de variação da qualidade das águas.	21
Figura 3: Localização da bacia do Arroio Dilúvio (em verde) abrangendo áreas dos municípios de Porto Alegre e de Viamão, RS; em laranja está destacada a bacia Mãe d'Água.	24
Figura 4: Fluxograma da metodologia.	25
Figura 5: Rede dos 20 termos mais citados na busca da plataforma Scopus. As cores indicam palavras que estão mais relacionadas entre si.	26
Figura 6: Pontos de análise.	27
Figura 7: (a) (b) (c) Coleta de amostra no P1.	28
Figura 8: (a) (b) Coleta de amostra no P2.	28
Figura 9: (a) (b) Coleta de amostra no P3.	29
Figura 10: Coleta de amostra no P4.	29
Figura 11: Principais temas abordados nos trabalhos.	34
Figura 12: Bacia Mãe d'Água.	35
Figura 13: a) Fotografia de momento anterior a construção da barragem; b) Fotografia de 1963, quando o lago tinha acabado de ser preenchido. (1) barragem Mãe d'Água; (2) Campus do Vale; (3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas; (4) Loteamento Santa Isabel; (5) Loteamento Jardim Universitário.	36
Figura 14: Mapa de áreas permeáveis e impermeáveis da Bacia Mãe d'Água nos anos (a) 2003 e (b) 2014.	37
Figura 15: Imagens de satélite de 2002 e 2024.	39
Figura 16: Resíduos no reservatório da barragem.	41
Figura 17: Variação do IQA nos pontos P1 e P4 para as coletas realizadas entre 1990 e 2024.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de qualidade da água e suas principais origens naturais e antropogênicas.....	12
Tabela 2: Principais agentes poluidores das águas.....	15
Tabela 3: Classificação do IQA.....	23
Tabela 4: Pontos amostrais 2020/2021 e 2024.	30
Tabela 5: Trabalhos realizados sobre diferentes assuntos relativos à Bacia Mãe d'Água.	33
Tabela 6: Resultado da análise de janeiro de 2024.....	44
Tabela 7: Resultado IQA para as amostras de 2024.	44
Tabela 8: Resultado IQA para as amostras de 2020, 2021 e 2024.	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente

COT- Carbono Orgânico Total

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento

DQO - Demanda Química de Oxigênio

ERQA - Estação de Recuperação de Qualidade Ambiental

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

IQA -Índice de Qualidade da Água

IQA-CETESB - Índice de Qualidade da Água adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

IQA-NSF - Índice de Qualidade da Água da National Sanitation Foundation

NSF - National Sanitation Foundation

OD - Oxigênio Dissolvido

pH- Potencial Hidrogeniônico

RMPA – Região Metropolitana de Porto Alegre

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 QUALIDADE DA ÁGUA.....	11
3.1.1 Poluição da Água.....	14
3.1.2 Contaminação da Água.....	16
3.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	16
3.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	18
3.4 ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA	19
3.4.1 IQA – CETESB	20
3.3.2 Limitações do IQANSF – CETESB.....	23
4. METODOLOGIA	24
4.1 PESQUISA BIBLIOMÉTRICA.....	25
4.2 COLETA DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA	26
4.2.1 Pontos de Coleta	27
4.2.2 Levantamento de Dados em Campo.....	30
4.3 APLICAÇÃO DO IQA	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 PESQUISA BIBLIOMÉTRICA.....	32
5.1.1 Caracterização da área de estudo	34
5.1.2 Respostas do ambiente ao processo de urbanização	36
5.1.2 Qualidade da água na Bacia Mãe d'Água	41
5.2 RESULTADO DAS COLETAS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	43
5.3 CÁLCULO DO IQA.....	44
6. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Constituição Federal (1988), “todo cidadão tem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”. Sendo assim, é essencial que políticas públicas sejam criadas e adotadas para garantir a qualidade da água e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população. Como afirma Wentz (2023), a qualidade ambiental está intimamente ligada à qualidade de vida, pois vida e meio ambiente são inseparáveis, sendo que a interação e o equilíbrio entre ambos expressam as condições ambientais peculiares a cada espaço geográfico.

Esse trabalho foi elaborado no intuito de contribuir com o desenvolvimento do projeto de extensão nº 50919, intitulado “Educação Ambiental na Bacia Hidrográfica da Barragem Mãe d’Água”, engendrado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) e Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A Barragem Mãe d’Água está localizada no Campus do Vale da UFRGS, na divisa entre os municípios de Porto Alegre e Viamão. A mesma compõe a Bacia Hidrográfica Mãe d’Água, a qual é um dos afluentes do Arroio Dilúvio.

A barragem, inaugurada em 1962, tinha como principais objetivos, à época, suprir as necessidades do IPH e irrigar as granjas experimentais da Faculdade de Agronomia, tornando-se também um polo recreativo para aquela comunidade. Com o passar dos anos, com o avanço demográfico na região, a falta de saneamento básico e de planejamento urbano, a qualidade da água da Bacia Mãe d’Água foi afetada.

A barragem já foi objeto de estudo de muitas pesquisas acadêmicas e esse trabalho propõe a realização de um apanhado histórico, com coleta de informações que auxiliem na compreensão do processo de uso do solo que acarretou a degradação ambiental na área, especialmente em relação à qualidade da água da barragem. Além da coleta de informações de trabalhos já publicados, também foi avaliada a qualidade da água em quatro (4) pontos estabelecidos, a partir da realização de coletas e análises de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água da Barragem Mãe D'Água.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma análise bibliométrica sobre a Barragem Mãe d'Água com relação ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica em que a mesma está inserida;
- Aplicar o Índice de Qualidade da Água (IQA) e avaliar a qualidade da água da barragem em 4 pontos estabelecidos;
- Comparar a qualidade da água para as análises de 2024 com os dados históricos de 1990, 1991, 2002, 2007 2020 e 2021.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade não se caracteriza como uma condição fixa de um ambiente ou sistema, nem pode ser definida por meio da medição ou estimativa de uma única grandeza. Cabe salientar que a qualidade da água está relacionada aos diversos usos para finalidades específicas. Em outras palavras, o conceito de qualidade da água é flexível, adaptando-se ao uso necessário. Por exemplo, a qualidade da água destinada ao abastecimento humano difere da qualidade da água utilizada na irrigação de lavouras (EMBRAPA, 2018; WENTZ, 2023).

A qualidade da água, segundo Von Sperling (1996), é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem, podendo ser degradada conforme o uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica. Segundo o autor, as condições naturais que interferem na qualidade da água incluem o escoamento superficial e a infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. Assim, a incorporação de sólidos em suspensão ou dissolvidos ocorre mesmo na condição em que a bacia hidrográfica esteja totalmente preservada em suas condições naturais. Nesse caso, tem grande influência a cobertura e a composição do solo. Quanto aos fatores de interferência antrópica, a forma em que o homem usa e ocupa o solo, seja de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, seja de forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, implicam na introdução de compostos na água, afetando diretamente a qualidade da água.

Além disso, inúmeros fatores influenciam na qualidade da água - formação geológica, solos, geomorfologia, clima e cobertura vegetal - particulares de cada bacia hidrográfica, variando assim, entre períodos sazonais e os cursos d'água (TUCCI, 1997).

Nesse contexto, a representação da qualidade da água pode ser delineada através de parâmetros que traduzem suas propriedades físicas, químicas e biológicas, os quais são designados como parâmetros de qualidade da água. A Tabela 1 descreve os principais parâmetros de qualidade da água e suas origens naturais e antropogênicas.

Tabela 1: Parâmetros de qualidade da água e suas principais origens naturais e antropogênicas.

	Parâmetro	Natural	Antropogênica
Parâmetros Físicos	Cor	Decomposição da matéria orgânica; Ferro e manganês.	Resíduos industriais; Esgotos domésticos.
	Turbidez	Partículas de silte, argila e rochas; Algas; Microrganismo.	Despejos domésticos; Despejos industriais; Microrganismos; Erosão.
	Sabor e Odor	Matéria orgânica em decomposição; Microrganismos; Gases dissolvidos.	Despejos domésticos; Despejos industriais; Gases dissolvidos.
	Temperatura	Transferência de calor por radiação, condução e convecção.	Águas de torres de resfriamento; Despejos industriais.
Parâmetros Químicos	pH	Dissolução de rochas; Gases da atmosfera; Oxidação da matéria orgânica; Fotossíntese.	Despejos domésticos (matéria orgânica); Despejos industriais.
	Dureza	Dissolução de minerais contendo cálcio e magnésio.	Despejos industriais.
	Ferro e Manganês	Dissolução de compostos do solo.	Despejos industriais.
	Cloretos	Dissolução de minerais; Intrusão de águas salinas.	Despejos domésticos; Despejos industriais; Águas utilizadas em irrigação
	Nitrogênio	Proteínas e outros compostos biológicos; Nitrogênio de composição celular.	Despejos domésticos; Despejos industriais; Excremento de animais; Fertilizantes.
	Fósforo	Dissolução de compostos do solo; Decomposição da matéria orgânica.	Despejos domésticos e industriais; Detergente; Excremento de animais; Fertilizantes.
	OD	Dissolução oxigênio da atmosfera; Produção pelos organismos fotossintéticos.	Aeração artificial produzida pelos organismos fotossintéticos em corpos d'água eutrofizados.
	Matéria Orgânica	Matéria orgânica vegetal e animal.	Despejos domésticos; Despejos industriais.
	Micro poluentes	A origem natural é de menor importância.	Despejos industriais; Processamento e refinamento de petróleo; Atividades mineradoras; Agricultura.

	DBO e DQO	Matéria orgânica animal e vegetal.	Despejos domésticos; Despejos industriais.
Parâmetros Biológicos	Algas	Organismos autotróficos, fotossintetizantes, contendo clorofila.	Excesso de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, provenientes de atividades agrícolas e urbanas.
	Bactérias	Organismos unicelulares, algumas patogênicas.	protistas sendo bactérias Despejos domésticos; Despejos industriais.
	Protozoários	Organismos unicelulares sem parede celular, sendo alguns patogênicos.	Despejos domésticos; Despejos industriais.

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

No Brasil, a Resolução CONAMA 357/2005 é um marco legal importante no contexto da qualidade da água dos corpos hídricos superficiais nacionais, que “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”. Essa norma define as classes de enquadramento dos corpos de água e os padrões de qualidade da água para diversos usos, como abastecimento humano, irrigação e recreação. A mesma também estabelece limites máximos permitidos para diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Dentre os instrumentos de gestão de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d’água se destaca como o principal instrumento de integração entre a gestão de qualidade das águas e a gestão ambiental (STRADA, 2021). Através da associação de classes de uso, o enquadramento tem a finalidade de assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e, também, reduzir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes e ações corretivas (BRASIL, 1997). A Figura 1 demonstra a classificação para água doce, de acordo com a qualidade da água.

Figura 1: Classes de enquadramento d'água doce superficial.



Fonte: Strada (2021)

3.1.1 Poluição da Água

A poluição hídrica está relacionada com fenômenos de introdução de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, modifiquem a natureza de um corpo de água de tal forma que prejudique os usos que dele são feitos. A poluição das águas pode manifestar-se de formas distintas (BRASIL, 2006, p. 56):

- Introdução de substâncias artificiais e estranhas ao ambiente, como pelo lançamento de agrotóxicos em rios ou pela contaminação causada por organismos patogênicos.
- Introdução de substâncias naturais e estranhas ao meio, como ocorre no transporte de sedimentos para as águas de um lago, reduzindo seu volume útil.
- Modificação na proporção ou nas características dos elementos constituintes do próprio ambiente, ilustrada, por exemplo, pela redução do teor de oxigênio dissolvido nas águas de um rio devido à presença de matéria orgânica.

A poluição dos corpos de água pode ocorrer de forma pontual, na qual os poluentes atingem o corpo hídrico de forma concentrada no espaço, como no caso da descarga de canalizações de esgotos em um rio, ou de forma difusa. Nesta, os poluentes adentram o corpo de água distribuídos ao longo de parte de sua extensão, como, por exemplo, pela poluição veiculada pela drenagem pluvial natural ou pela poluição de fertilizantes no cultivo agrícola.

A Tabela 2 apresenta os principais agentes poluidores das águas, suas principais fontes e os principais efeitos poluidores.

Tabela 2: Principais agentes poluidores das águas.

Poluentes	Principais Parâmetros	Fonte			Possível Efeito poluidor
		Esgoto Doméstico	Drenagem Urbana	Rural	
Nutrientes	Nitrogênio Fósforo	XXX	XX	X	-Crescimento excessivo de algas -Toxicidade aos peixes (amônia) -Doença em recém-nascidos (nitrato) -Poluição da água subterrânea
Matéria orgânica biodegradável	Demanda Bioquímica de Oxigênio	XXX	XX	X	-Consumo de oxigênio -Mortandade de peixes -Condições sépticas
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	XXX	XX	X	-Problemas estéticos -Depósito de lodo -Adsorção de poluentes -Proteção de patógenos
Patogênicos	Coliformes	XXX	XX	XX	-Doenças de veiculação hídrica
Sólidos inorgânicos dissolvidos	Sólidos dissolvidos totais Condutividade elétrica				-Salinidade excessiva - prejuízo às plantações (irrigação), toxicidade a plantas (alguns íons) -Problemas de permeabilidade do solo (sódio)
Matéria orgânica não biodegradável	Pesticidas alguns detergentes outros			X	-Toxicidade (vários) -Espumas (detergentes) -Redução da transferência de oxigênio (detergentes) -Maus odores (fenóis)
Metais pesados	Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn etc.)				-Toxicidade -Inibição do tratamento biológico de esgotos -Contaminação da água subterrânea -Problemas na disposição de lodos na agricultura
Óleos e graxas	Teor de óleos e graxas	X	X		-Redução da transferência de oxigênio entre água e atmosfera

Legenda: x = pouco; xx = médio; xxx = muito; em branco = usualmente não importante.

Fonte: Von Sperling (1996), adaptado por Wentz (2023).

3.1.2 Contaminação da Água

A poluição da água pode ser entendida como ações ou introdução de substâncias que alterem o estado natural de um corpo hídrico, podendo, inclusive, ter origem natural, como pela deposição de sedimentos em um lago. Já a contaminação da água difere em seu conceito, e apesar da contaminação ser uma forma de poluição, na contaminação há um nível elevado de toxicidade, que prejudica e impede seu uso pretendido.

A contaminação pode ser causada por poluentes, mas também por substâncias tóxicas ou patógenos, que mesmo em pequenas quantidades, podem causar um risco a saúde humana, animal ou ao meio ambiente. Como exemplo, podem-se citar metais pesados, organismos patogênicos, produtos químicos agrícolas, contaminantes emergentes, entre outros.

Segundo o Ministério da Saúde (2006), entre os agentes contaminantes de grande relevância, destacam-se os organismos patogênicos, que podem levar a graves doenças de veiculação hídrica, e é uma situação prevalente no Brasil devido à situação sanitária precária em muitos centros urbanos. Bactérias coliformes são os indicadores principais desses organismos, sendo sua presença mais preocupante em locais com condições sanitárias deficientes.

Os compostos organossintéticos formam outro grupo preocupante, sendo sintetizados artificialmente, dificultando a biodegradação. Os agrotóxicos, como seus principais constituintes, afetam o sistema nervoso humano, e sua contaminação ocorre de forma difusa. O combate a esse problema requer uma abordagem que inclua a conscientização, mecanismos institucionais e legais para restringir seu uso.

Os metais pesados, originados de diversos processos industriais, fertilizantes e agrotóxicos, apresentam efeitos variados sobre a biota aquática e a saúde humana. Embora alguns sejam essenciais em concentrações mínimas, em níveis mais elevados tornam-se altamente tóxicos, prejudicando ecossistemas aquáticos e colocando em risco a saúde humana. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

3.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

A qualidade ambiental está intrinsecamente relacionada com o uso e ocupação do solo. Nesse sentido, as mudanças no padrão de uso e ocupação do solo e os

processos de expansão urbana refletem na qualidade uma bacia hidrográfica, onde a água é o elemento integrador. Segundo Von Sperling (1996), a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Para melhor avaliar a qualidade ambiental urbana e controlar suas degradações ambientais associadas, é preciso entender sua dinâmica de funcionamento, a fim de identificar soluções para os desafios ambientais enfrentados no espaço urbano. No estudo da qualidade ambiental urbana, a compreensão de seus diversos componentes de forma sistêmica dentro de uma perspectiva espacial e temporal que expresse a organização do espaço geográfico, é essencial (CAVALHEIRO, 1995; FUJIMOTO, 2001).

Em locais com moradias irregulares, sem saneamento básico adequado, onde ocorre o lançamento de esgotos nos corpos hídricos sem o adequado tratamento, o comprometimento da qualidade da água é comum, podendo impactar na saúde da população e até inviabilizar o atendimento de usos a jusante (ANA, 2017).

As consequências sobre os recursos hídricos têm gerado prejuízos não apenas pelas alterações hidrológicas, mas também pela carga de poluentes lixiviados ou carregados, gerando assim passivos ambientais que afetam a qualidade de vida da população e o equilíbrio ambiental das áreas de drenagem das bacias hidrográficas (FERNANDES, 2015).

Segundo Fernandes (2015), o arraste de sedimentos é de expressivo conhecimento, pois o assoreamento dos reservatórios resultantes da lixiviação e carregamento dos sedimentos pode levar ao colapso e trazer problemas como enchentes, que em sua decorrência pode resultar em problemas sanitários, ou seja, envolver a saúde pública e de ordem social e econômica das mais diversas magnitudes.

Poleto (2007) trata com importância as alterações ao meio ambiente provocadas pela urbanização e destaca a supressão e/ou substituição da vegetação nativa por áreas impermeabilizadas. O fato de impermeabilizar novas áreas implica no aumento do volume escoado superficialmente, em consequência da redução do volume interceptado pela vegetação e das alterações no ciclo hidrológico. Por influência do maior volume escoado nas áreas impermeáveis, o corpo d'água receptor desta vazão estará sujeito aos processos erosivos e enchentes.

Fujimoto (2001) destaca que as alterações no espaço urbano quase sempre estão relacionadas com a intensidade do uso da terra e com o aumento da área

urbanizada. As transformações dos vários tipos de uso da terra e as atividades humanas relacionadas a elas ocorrem em todos os setores do espaço urbano (FUJIMOTO, 2001).

3.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, o monitoramento de águas pode ser definido como a medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, de forma contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água.

O monitoramento é um fator essencial para a eficiente gestão dos recursos hídricos, ao permitir a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, e ao ser capaz de fornecer as informações necessárias ao adequado manejo desses ambientes. As informações obtidas podem ser traduzidas em propostas de ações buscando um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, social e a conservação desse recurso (PESSOA, 2010; LEITÃO *et al.*, 2015).

No monitoramento da qualidade das águas naturais, observam-se as alterações nas características físicas, químicas e microbiológicas da água, decorrentes tanto de atividades humanas quanto de fenômenos naturais. As práticas associadas a esse monitoramento incluem a coleta de dados e amostras em locais específicos, realizada em intervalos regulares, com o objetivo de gerar informações que possam ser utilizadas para a definição das condições atuais de qualidade da água (KLOCK *et al.*, 2014).

Klock *et al.* (2014) destacam que essas definições amplas podem ser separadas em três tipos de atividades de monitoramento: monitoramento para diagnóstico, levantamento e monitoramento para vigilância - respectivamente programas de longo prazo, curto prazo e monitoramento contínuo. O propósito ou objetivo do programa de monitoramento definirá a ênfase dada à coleta de dados.

O monitoramento é uma prática essencial diante da crescente complexidade na garantia da qualidade da água em diversas regiões, como abordado por Strada (2021). Segundo a autora, a importância dessa prática reside na sua capacidade de identificar atividades humanas potencialmente degradantes aos recursos hídricos,

permitindo a tomada de decisões embasadas em dados confiáveis sobre a qualidade da água.

A prática do monitoramento se materializa por meio da coleta de dados e amostras de água em locais georreferenciados, em intervalos regulares de tempo. Essas informações são cruciais para a definição das condições presentes de qualidade da água (ANA, 2020).

Considerando que a qualidade da água é influenciada por diversos componentes, a representação adequada dessa qualidade se dá por meio de parâmetros que abrangem suas diferentes características (VON SPERLING, 1996). Esse enfoque analítico é crucial para assegurar que a água atenda aos requisitos necessários para os usos previstos, como discutido pelo autor, que destaca a importância das técnicas analíticas na determinação dos parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e hidrobiológicos, para a verificação da qualidade da água.

3.4 ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Ainda sobre o monitoramento da qualidade das águas, destaca-se como uma ferramenta primordial para a adequada gestão dos recursos hídricos, pois fornece informações necessárias para o manejo adequado desse recurso. No entanto, existe uma dificuldade intrínseca de comunicação entre aqueles que produzem e detêm o conhecimento sobre a qualidade das águas e aqueles que não são especialistas em qualidade de água, mas necessitam desse conhecimento para subsidiar suas ações gerenciais (PESSOA, 2010).

Devido a esse fato, os Índices de Qualidade de Água (IQA) surgem como uma metodologia integradora de análise por dispor várias informações num único resultado numérico (SETTA *et al.*, 2014). A utilização de um IQA é prática e representa uma diretriz de condução. Isso se deve ao fato de que qualquer programa de acompanhamento da qualidade de água gera uma grande quantidade de dados analíticos, os quais precisam ser apresentados em formato sintético. Isso é essencial para descrever e representar de forma compreensível e significativa o estado atual e as tendências da qualidade da água (EMBRAPA, 2010).

Com o uso de um IQA é possível retratar a evolução da qualidade da água ao longo do tempo e do espaço, o que não ocorre a partir da simples comparação

individual da concentração de determinado parâmetro detectado com um padrão de qualidade estabelecido (STRADA, 2021).

Para Leitão *et al.* (2015), existem diversas finalidades possíveis para o uso dos Índices de Qualidade da Água, dentre elas, as que mais se destacam para o presente texto são: 1) avaliação de mudanças na qualidade ambiental em determinado período de tempo e acompanhamento da qualidade dos recursos hídricos superficiais; 2) auxiliar na pesquisa científica, ao se reduzir uma grande quantidade de dados, atuando como ferramenta para o estudo dos fenômenos ambientais; 3) averiguação do cumprimento da legislação ambiental; 4) identificar problemas de qualidade de água que demandem estudos especiais em trechos de rios e, por fim, 5) ser instrumento na gestão dos recursos hídricos.

Por ser uma ferramenta que permite uma rápida e sistemática avaliação das características da água em relação às suas fontes poluidoras, o IQA passou a ser amplamente aplicado no diagnóstico da qualidade das águas de superfície, áreas costeiras, aquicultura, controle e gerenciamento dos recursos hídricos (CARVALHO *et al.*, 2019). Existem diversos tipos de índices, os quais se relacionam ao uso que se deseja fazer da água em um determinado corpo d'água e, geralmente, são elaborados a partir de opiniões de especialistas e/ou métodos estatísticos (EMBRAPA, 2007).

Dentre os índices conhecidos, o Índice de Qualidade de Água (IQA-NSF) proposto em 1970 pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos foi introduzido no Brasil pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em 1975, que o adaptou transformando-o num produtório ponderado de nove variáveis analíticas de monitoramento de qualidade de água, e é o mais difundido e aplicado no Brasil. Desta forma, o IQA – CETESB será o índice destacado nesse trabalho, pois o mesmo foi utilizado para a aplicação do IQA.

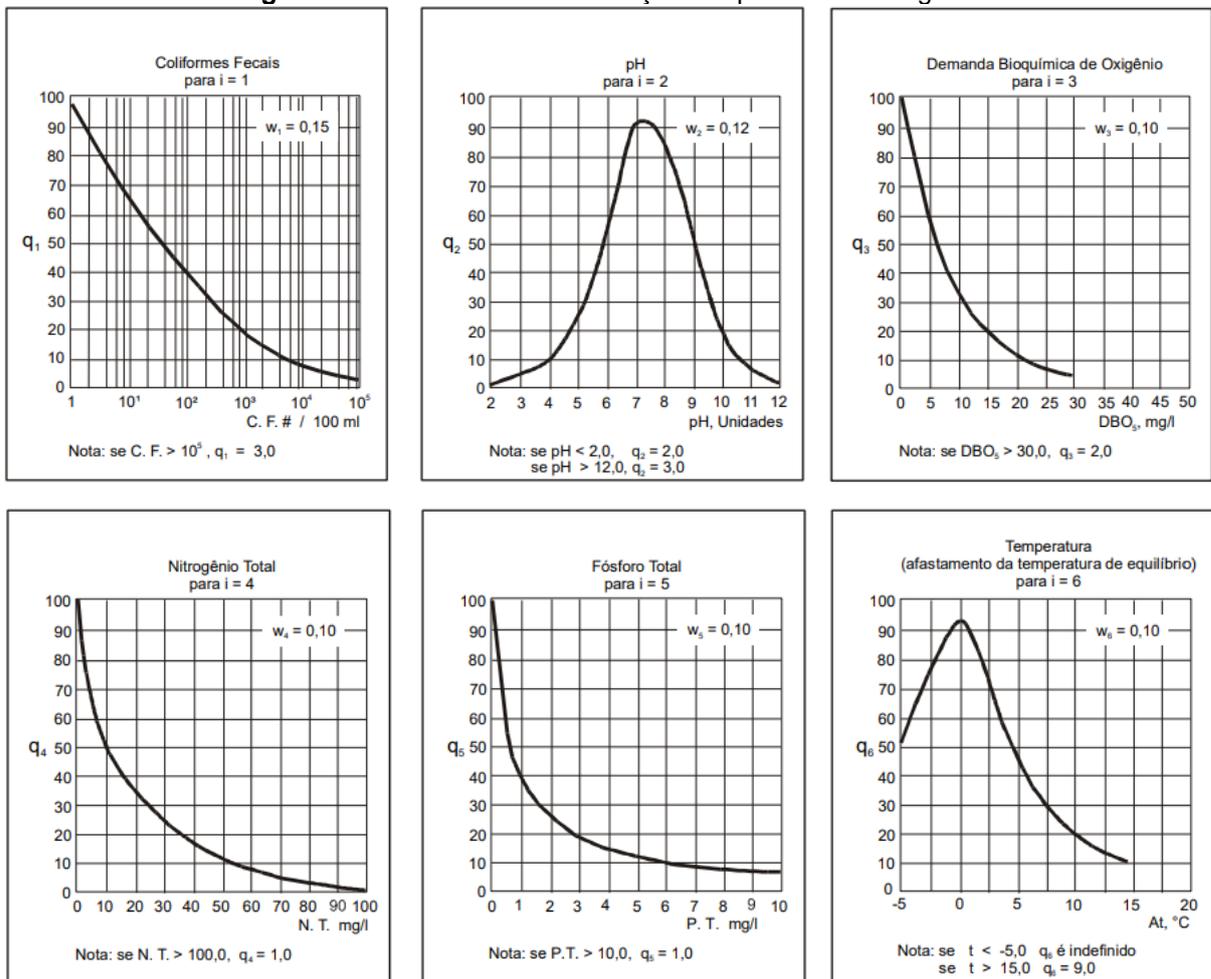
3.4.1 IQA – CETESB

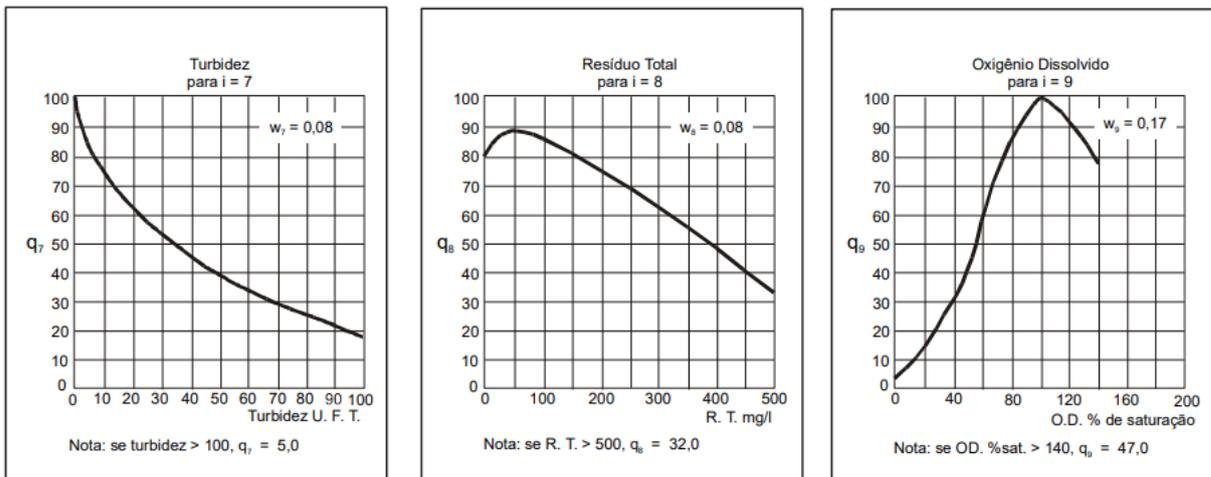
A criação do IQA - CETESB baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores “*rating*”. Ao final, nove variáveis indicadoras de qualidade de água

foram selecionadas. Assim, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de cada parâmetro.

Essas curvas de variação, de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro, são sintetizadas em um conjunto de curvas médias, bem como seu peso relativo correspondente. Os parâmetros analisados incluem: Coliformes Fecais, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total, Oxigênio Dissolvido (OD). As curvas médias de cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentadas na Figura 2.

Figura 2: Curvas médias de variação da qualidade das águas.





Fonte: CETESB (2017)

As variáveis que fazem parte do cálculo do IQA, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. Salienta-se que esse índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (CETESB, 2017).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, conforme observado na equação abaixo:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

w_i: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Para ensaios de *Escherichia coli* é possível utilizar a mesma curva de qualidade que foi desenvolvida para Coliformes Termotolerantes, aplicando-se um fator de correção de 1,25 sobre o resultado de *E. Coli*. Também, para a quantificação de matéria orgânica nos corpos hídricos, em alternativa a DBO_{5,20}, a CETESB adotou a

variável Carbono Orgânico Total (COT), mantendo-se a utilização da curva de qualidade da DBO_{5,20}, com os valores da DBO estimada pelos resultados de COT através da equação a seguir:

$$DBO \text{ estimada} = \beta * (COT ^ \gamma)$$

Onde:

$$\beta = 0,5106858$$

$$\gamma = 1,27831$$

A partir do cálculo efetuado, é possível determinar a qualidade das águas brutas, expressa pelo IQA, em uma escala que varia de 0 a 100, conforme representado na Tabela 3:

Tabela 3: Classificação do IQA.

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	79 < IQA ≤ 100
BOA	51 < IQA ≤ 79
REGULAR	36 < IQA ≤ 51
RUIM	19 < IQA ≤ 36
PÉSSIMA	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB (2017)

3.3.2 Limitações do IQANSF – CETESB

Os índices de qualidade da água são fundamentais para servir de informação para o público em geral, assim como para a tomada de decisões referente aos recursos hídricos. Entre as principais vantagens do uso do IQA, inclui-se a facilidade de comunicação com o público leigo e a capacidade de representar uma média de diversas variáveis em um único número, unificando unidades de medidas diferentes.

Por outro lado, a perda de informação das variáveis individuais e da sua interação pode ser encarado como uma limitação. Desta maneira, a análise integrada do índice deve estar acompanhada de uma avaliação detalhada da qualidade das águas da respectiva bacia hidrográfica (CETESB, 2017).

Conforme Amaro (2009), o IQA é um índice pouco flexível, visto que a inclusão de novas variáveis de qualidade da água demandaria um extenso tempo de pesquisa para integrá-las às metodologias atualmente utilizadas.

Outra limitação é que contempla, por exemplo, o parâmetro de óleos e graxas, metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico e o número de células de cianobactérias (CETESB, 2017).

4. METODOLOGIA

O local escolhido para a realização do presente estudo localiza-se no Campus do Vale da UFRGS, na divisa entre os municípios de Porto Alegre e Viamão (Figura 3). A Barragem Mãe d'Água compõe a Bacia Hidrográfica Mãe d'Água, a qual é um dos afluentes do Arroio Dilúvio.

Figura 3: Localização da bacia do Arroio Dilúvio (em verde) abrangendo áreas dos municípios de Porto Alegre e de Viamão, RS; em laranja está destacada a bacia Mãe d'Água.

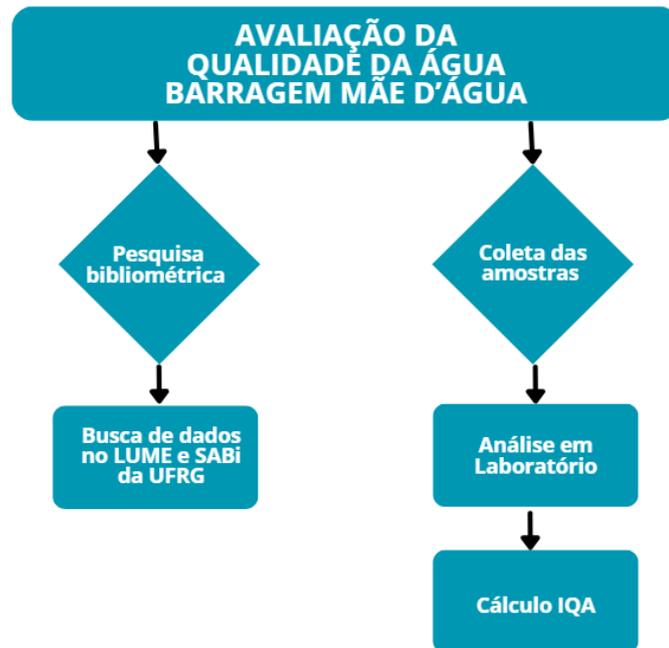


Fonte: Ribeiro (2017)

A fim de realizar a avaliação da qualidade da água da Barragem Mãe d'Água, a metodologia desse trabalho dividiu-se em uma frente mais teórica, com a pesquisa bibliométrica, e outra frente prática, através da coleta de amostras e da aplicação do cálculo do IQA.

O esquema representativo do processo metodológico adotado nessa pesquisa é apresentado no fluxograma da Figura 4 e cada etapa é descrita a seguir.

Figura 4: Fluxograma da metodologia.



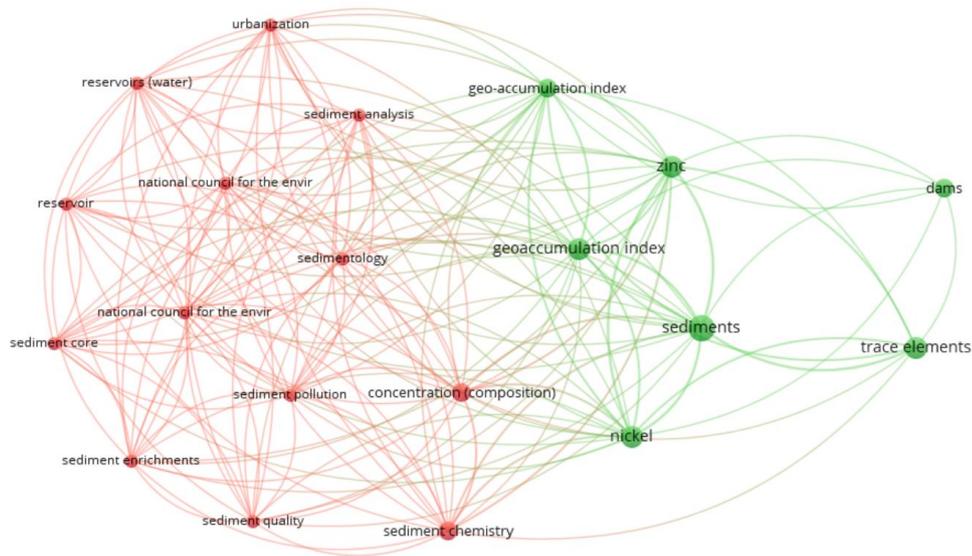
Fonte: A autora (2024)

4.1 PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

Nesta etapa foi realizado o levantamento de trabalhos desenvolvidos sobre a Barragem Mãe D'Água. Priorizou-se trabalhos que envolviam a temática da qualidade da água, do uso e ocupação do solo, de eventos hidrológicos e da urbanização.

Inicialmente, buscou-se trabalhos em banco de dados internacionais, como *Scopus* e *Web of Science*. Delimitou-se a busca em título, resumo e palavras-chave, usando os termos “Mãe d'Água”, “*dam*” e “*reservoir*”. Foram encontrados cinco artigos nessas plataformas, dos autores Fernandes *et al.* (2017,2019) e Zanandrea *et al.* (2019). A Figura 5 ilustra a rede com os vinte termos mais citados, utilizando o programa *VOSviewer* (van Eck e Waltman, 2010), com os dados adquiridos na plataforma *Scopus*.

Figura 5: Rede dos 20 termos mais citados na busca da plataforma *Scopus*. As cores indicam palavras que estão mais relacionadas entre si.



Fonte: A autora (2024).

Como na pesquisa inicial foram encontrados apenas cinco artigos, o que não seria muito representativo para uma análise bibliométrica, optou-se por pesquisar os dados nas plataformas Lumi e SABi da UFRGS, visto que o assunto é de interesse local, e não global. Para tanto, buscou-se artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado publicados nas plataformas Lume e SABi da UFRGS.

O intervalo de tempo consultado foi de 2000-2023 e como palavras-chave para consulta utilizou-se “Mãe d’Água”, “Barragem Mãe d’Água” e “Bacia Mãe d’Água”. Assim, foram selecionados os trabalhos acadêmicos que serviram de base para a caracterização da área de estudo, para definir informações importantes ao objetivo da pesquisa e caracterização da problemática, além de base para a análise bibliométrica.

4.2 COLETA DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

O IPH realizou, durante os anos de agosto de 2020 e agosto de 2021, coleta e análise de amostras em quatro (4) pontos da Barragem Mãe d’Água, apresentados no item a seguir do presente trabalho. Esse monitoramento foi realizado por solicitação pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), para identificar se havia contribuição da UFRGS na degradação da qualidade da água nesse ambiente. Foram realizados, no período, 12 amostragens, com periodicidade mensal. O resultado desse

trabalho foi apresentado no 31º Congresso de Engenharia Ambiental e Sanitária (ALBORNOZ *et al.*, 2021).

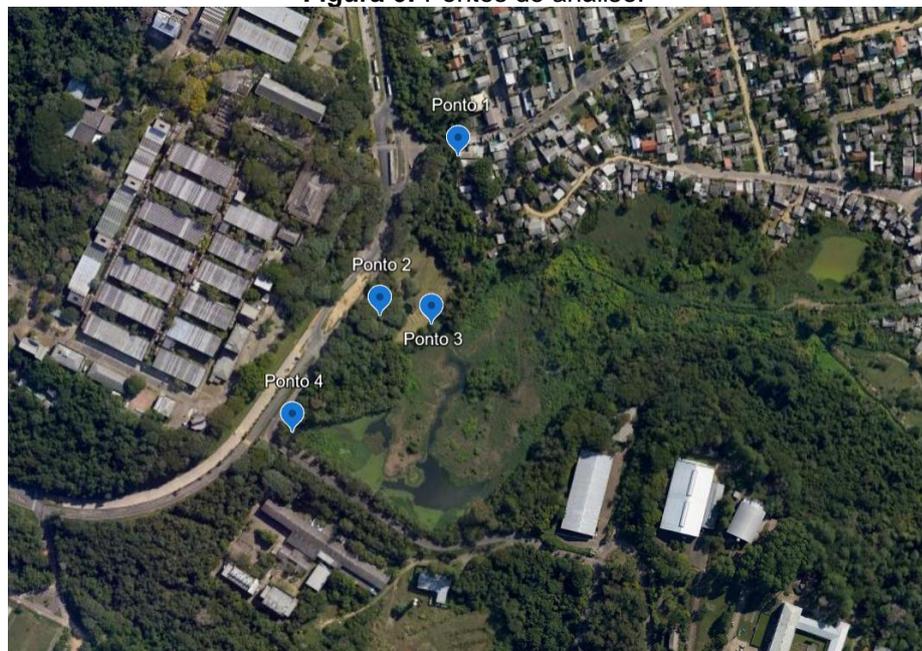
Para a avaliação da qualidade da água utilizou-se, além desses dados, informações coletadas em 2024. Foi realizada a coleta de amostras de água e posterior análise no laboratório no dia 12 de janeiro de 2024. Os pontos de amostragem foram os mesmos do trabalho supracitado, a fim de permitir comparação.

Os dados de qualidade da água da barragem referentes a 1990/91, 2001 e 2007 foram obtidos da dissertação de Rangel (2008), intitulada “A percepção sobre a água na paisagem urbana: Bacia Hidrográfica da Barragem Mãe d’Água – Região Metropolitana de Porto Alegre/RS”, que analisa o IQA da barragem nessas três épocas distintas, servindo de comparativo para os pontos P1 e P4.

4.2.1 Pontos de Coleta

Para a realização do monitoramento solicitado pela FEPAM em 2020, foram selecionados 4 pontos de coleta, sendo 2 contribuições/afuentes (ponto 1 – P1 e ponto 2 – P2) e 2 pontos na própria Barragem (ponto 3 – P3 e ponto 4 – P4). A distribuição dos pontos está ilustrada na Figura 6.

Figura 6: Pontos de análise.



Fonte: Guedes *et al.* (2024).

O Ponto 1 (P1) foi escolhido por ser um afluente à Barragem, que passa pelo Jardim Universitário. Foram observados, em algumas situações, presença de óleo na

superfície da água. Por isso, acredita-se que o mesmo tenha contribuição de efluentes domésticos das residências circunvizinhas. A Figura 7 mostra o procedimento de coleta de amostra de água do P1.

Figura 7: (a) (b) (c) Coleta de amostra no P1.



Fonte: Autora e Albornoz (2021)

O Ponto 2 (P2) representa contribuição do Campus do Vale da UFRGS. Até 2021, os efluentes sanitários gerados no Campus eram destinados à Estação de Recuperação de Qualidade Ambiental (ERQA). Depois, foi realizada ligação com a rede coletora de esgotos do Departamento Municipal de Água e Esgotos, e a Estação foi desativada.

Contudo, mesmo após a ligação, ainda há liberação de efluente, que pode contribuir para a poluição do manancial e, por isso, esse ponto também foi monitorado. O procedimento de coleta no P2 está apresentado na Figura 8.

Figura 8: (a) (b) Coleta de amostra no P2.



Fonte: Autora e Albornoz (2021)

O Ponto 3 (P3) foi selecionado por estar à jusante do ponto de mistura do P2 com a barragem. Assim, com o seu monitoramento, é possível avaliar a característica da água do manancial após essa contribuição. A Figura 9 mostra a coleta no P3.

Figura 9: (a) (b) Coleta de amostra no P3.



Fonte: Albornoz (2021)

Por fim, o Ponto 4 (P4) localiza-se no vertedouro, ou seja, é a água da barragem após serem incorporadas todas as contribuições. A Figura 10 mostra a coleta no P4.

Figura 10: Coleta de amostra no P4.



Fonte: A autora (2024).

Os locais de amostragem foram selecionados conforme as diretrizes da NBR 9897 (ABNT, 1987), sendo devidamente georreferenciados. A Tabela 4 apresenta, de forma resumida, a descrição de cada ponto e suas respectivas coordenadas.

Tabela 4: Pontos amostrais 2020/2021 e 2024.

Ponto	Latitude	Longitude	Descrição
P1	30°04'19,81"S	51°07'02,14"O	Ponte de ligação entre o Campus do Vale e a Vila Universitária (Viamão), caracterizando poluição proveniente de Viamão.
P2	30°04'24,84"S	51°07'04,95"O	Entrada do efluente na Estação Recuperadora da Qualidade Ambiental (ERQA), caracterizando poluição proveniente do Anel Viário do Campus do Vale.
P3	30°04'24,50"S	51°07'02,93"O	Barragem Mãe D'Água a jusante da descarga do efluente da ERQA, caracterizando um ponto de mistura – e a qualidade da água reservada.
P4	30°04'28,39"S	51°07'07,73"O	Vertedouro, caracterizando o efluente da barragem.

Fonte: Adaptado de Alborno (2021)

4.2.2 Levantamento de Dados em Campo

Tanto para as coletas realizadas durante o período de 2020-2021, quanto para a amostragem deste ano (2024), os procedimentos de campo referentes à coleta foram realizados segundo o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras - Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos (ANA, 2011).

As análises de 2020-2021 foram todas realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental do IPH/UFRGS. Para a amostragem realizada em 2024, alguns parâmetros de qualidade de água foram medidos *in loco*, e outros, no laboratório supracitado. A análise *in loco* foi realizada a partir da utilização de sonda multiparamêtro Horiba, que fornece informações de temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido. O uso da sonda multiparâmetro se justifica pela sua praticidade para obtenção de informações em campo. Contudo, os parâmetros por ela avaliados também podem ser medidos em laboratório.

Os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), fósforo total, nitrogênio total, sólidos totais e coliformes termotolerantes foram determinados em laboratório. Para tal, foram empregadas as metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017).

4.3 APLICAÇÃO DO IQA

Para o cálculo do IQA, foi utilizado o IQA-NSF adaptado pela CETESB, conforme abordado na seção 3.2.1, visto que esse índice tem como uma das principais características a capacidade de avaliar as águas quanto a contaminação por esgotos, um dos principais tipos de poluição hídrica dos arroios urbanos (WENTZ, 2023).

Os parâmetros coletados e analisados por Albornoz *et al.* (2021), no período de agosto de 2020 a agosto de 2021, serviram como base para calcular o IQA e avaliar a qualidade da água nesse período. Durante essas coletas, não foi utilizada a sonda multiparâmetro, e, por isso, não foram disponibilizados dados de temperatura. Sendo assim, algumas adaptações foram realizadas a fim de se calcular o IQA.

Como na metodologia de IQA da CETESB se avalia o afastamento da temperatura de equilíbrio, considerou-se que não houve variação de temperatura, já que não foi constatada interferência de afluentes aquecidos/resfriados. Também, para o parâmetro oxigênio dissolvido, que no cálculo é avaliado em porcentagem de saturação, atribui-se um valor de temperatura padrão da água de 20°C, considerando-se o elevado calor específico da água (1 cal/g°C).

Considerando que o ponto P2 é efluente do Campus do Vale, o mesmo não pode ser avaliado pela metodologia do IQA. Desta forma, a análise do ponto P2 foi baseada na Resolução CONSEMA N° 355/2017, que estabelece os padrões de emissão de efluentes líquidos.

Utilizando a calculadora e-licencie (<https://app.e-licencie.com.br/calculadora/>), calculou-se o Índice de Qualidade da Água (IQA CETESB) para as amostras coletadas em 2020-2021 e na coleta de 2024. Isso permitiu uma avaliação da evolução da qualidade da água na barragem por meio da comparação dos dados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

Diversos estudos já foram desenvolvidos na temática da Bacia Mãe d'Água desde os anos 2000. Essas pesquisas abordaram aspectos sobre as respostas do ambiente ao processo de urbanização (e.g. FUJIMOTO), sobre carregamento de sedimentos (e.g. POLETO, 2007), sobre a disposição inadequada de resíduos sólidos (e.g., JAWOROWSKI *ET AL.*, 2005; UNGARETTI, 2010; RIBEIRO, 2017), sobre a qualidade da água (RANGEL, 2008), entre outros.

A pesquisa bibliométrica buscou realizar uma análise quantitativa sobre os principais estudos desenvolvidos nessa bacia hidrográfica. Isso incluiu diversos tipos de trabalhos, como monografias de graduação, dissertações, teses e artigos publicados, os quais são apresentados na Tabela 5.

Na Tabela a seguir são especificadas algumas características relacionadas aos temas abordados nas análises, incluindo aspectos físicos de modo geral, qualidade água, sedimentos, resíduos sólidos; aspectos socioeconômicos, históricos, relativos à urbanização e à evolução da ocupação antrópica, além de aspectos legais e jurídicos. Também são detalhadas algumas técnicas de coleta e tratamento dos dados, tais como sensoriamento remoto e processamento digital de imagens, coleta de dados *in loco*, como medições de parâmetros físico-químicos ou realização de entrevistas, e análises laboratoriais. Por fim, verificou-se se houve alguma proposta de melhoria ou recuperação do ambiente (RIBEIRO, 2017).

Tabela 5: Trabalhos realizados sobre diferentes assuntos relativos à Bacia Mãe d'Água.

Autor / Data	Características da análise: Abrangência espacial, itens abordados, técnicas utilizadas											
	1) Bacia Mãe d'Água 2) Bacia Mãe d'Água + B.H. Dilúvio 3) Bacia Mãe d'Água + outras áreas	Aspectos físicos de modo geral	Qualidade água	Sedimentos	Resíduos sólidos	Socioeconômica	História, urbanização, evolução da ocupação	Aspectos legais e jurídicos	Sensoriamento remoto Processamento digital de imagens	Coleta de dados in loco	Experimentos de laboratório	Proposta de recuperação ambiental
ALVES (2000)	1	•				•	•		•	•		
VIANA ET AL. (2000)	2	•	•	•	•		•			•	•	
FUJIMOTO (2001)	1	•	•			•	•	•	•	•	•	
SKRABE ET AL. (2002)	1	•	•			•				•		•
BOLLMANN (2003)	3	•	•			•				•		
ALVES (2004)	2	•				•	•		•		•	
FREITAS (2005)	1	•	•							•	•	
JAWOROWSKI ET AL. (2005)	1	•	•		•							
POLETO (2007)	1	•	•	•		•			•	•	•	
RANGEL (2008)	1	•	•			•	•		•	•		
LOITZENBAUER ET AL. (2009)	1	•				•						
MOURA E BASSO (2011)	1	•	•			•	•		•	•	•	
UNGARETTI (2010)	1	•			•	•	•			•		
CARDOSO (2011)	1	•	•	•		•	•		•	•	•	
HECKESCHNEIDER (2011)	1	•							•			
BUFFON ET AL. (2011)	3	•							•			
IESCHECK ET AL. (2012)	3	•							•			•
FADEL E CAMPOS (2013)	2	•					•					•
WARTCHOW E PASSUELLO (2013)	1	•				•				•		•
HÜFFNER (2013)	1	•					•		•			•
BERTONI ET AL. (2014)	1	•			•	•		•	•			•
MAIA E SILVEIRA (2014)	1	•						•				
CARDOZO ET AL. (2015)	1	•							•			
FERNANDES (2015)	1	•		•						•	•	
MICHEL ET AL. (2015)	1	•		•								
MAIA (2015)	1	•				•	•			•		
ANDRADE (2015)	1	•				•						•
ZANANDREA (2016)	1	•					•	•	•	•		•
POLETO ET AL. (2017)	1	•	•	•						•	•	
RIBEIRO (2017)	1	•			•	•	•					
ZANANDREA ET AL. (2018)	3	•					•		•			
POLETO ET AL. (2018)	1	•	•	•			•			•		

TRINDADE (2019)	1	•	•	•	•		•		•			
FERNANDES ET AL. (2020)	1	•	•	•			•			•	•	
FERNANDES ET AL. (2020)	1	•	•	•			•		•	•		
ZANANDREA ET AL. (2020)	1	•					•		•			
ALBORNOZ ET AL. (2021)	1	•	•					•		•	•	

Fonte: Adaptado de RIBEIRO (2017)

Desde 2000, somam-se 37 trabalhos acadêmicos desenvolvidos sobre a Bacia Mãe d'Água, ainda que abrangida dentro de um contexto mais amplo. A Figura 11 representa os aspectos mais abordados nos referidos trabalhos.

Figura 11: Principais temas abordados nos trabalhos.



Fonte: A autora (2024)

5.1.1 Caracterização da área de estudo

A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) tem como principal fonte de água, para abastecimento de mais de 1,6 milhões de habitantes, o Lago Guaíba. No entanto, surge um desafio, decorrente dos afluentes com elevadas concentrações de poluentes que o lago recebe. Entre esses afluentes, destaca-se o Arroio Dilúvio, que é o principal curso d'água de Porto Alegre.

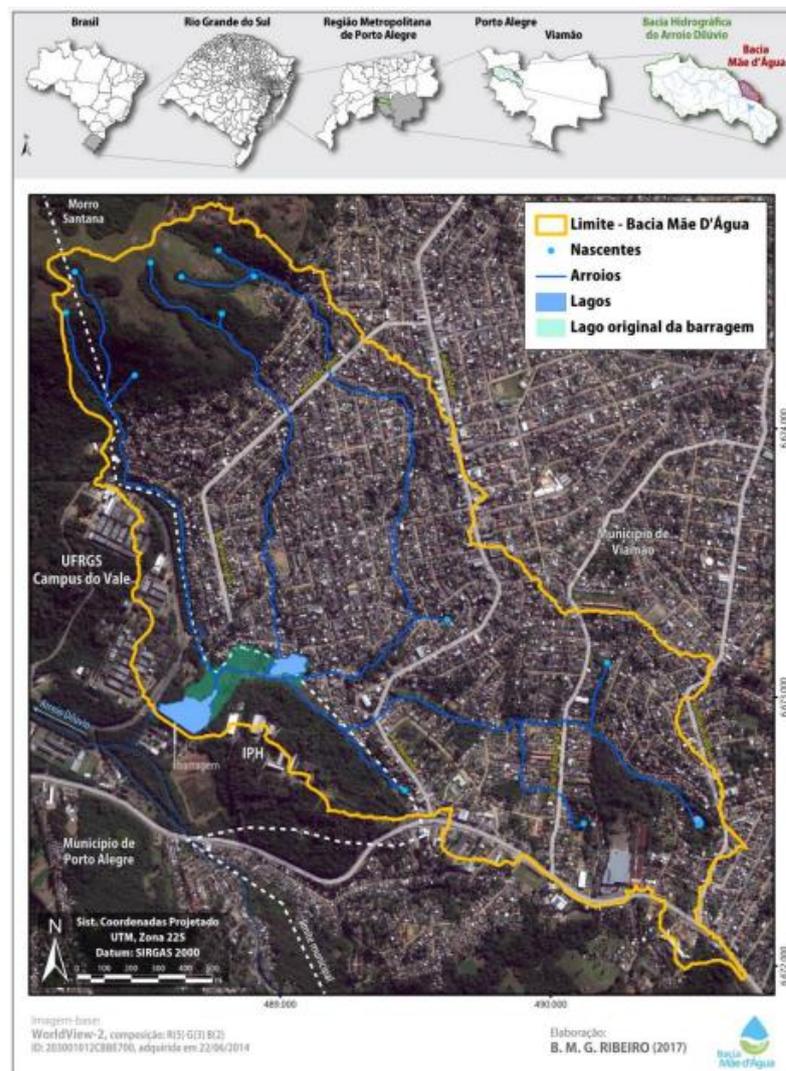
O Arroio Dilúvio, embora tenha seu curso praticamente inteiro dentro dos limites da cidade de Porto Alegre, tem suas principais nascentes localizadas nos entornos das represas Lomba do Sabão e Mãe d'Água, ambas em Viamão. As porções da bacia localizadas neste município se caracterizam basicamente pela ocupação de

assentamentos de baixa renda, mais rarefeitos e com baixa qualidade ambiental, habitacional e urbanística (RIBEIRO, 2017).

Assim, a Bacia Hidrográfica Mãe d'Água contribui com as alterações ambientais que ocorrem no Arroio Dilúvio, já que apresenta significativos impactos antropogênicos ocasionados por forte adensamento populacional e tipos de uso de solo urbano (VIEIRA, 2009).

A Bacia Mãe d'Água é composta por quatro arroios principais e totaliza uma área de 337 ha (RIBEIRO, 2017) e situa-se no Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A água drenada na bacia é direcionada a um lago artificial, a Barragem Mãe d'Água, que é o objeto de estudo desta pesquisa. A Figura 12 representa a dimensão da bacia e seus exultórios.

Figura 12: Bacia Mãe d'Água.

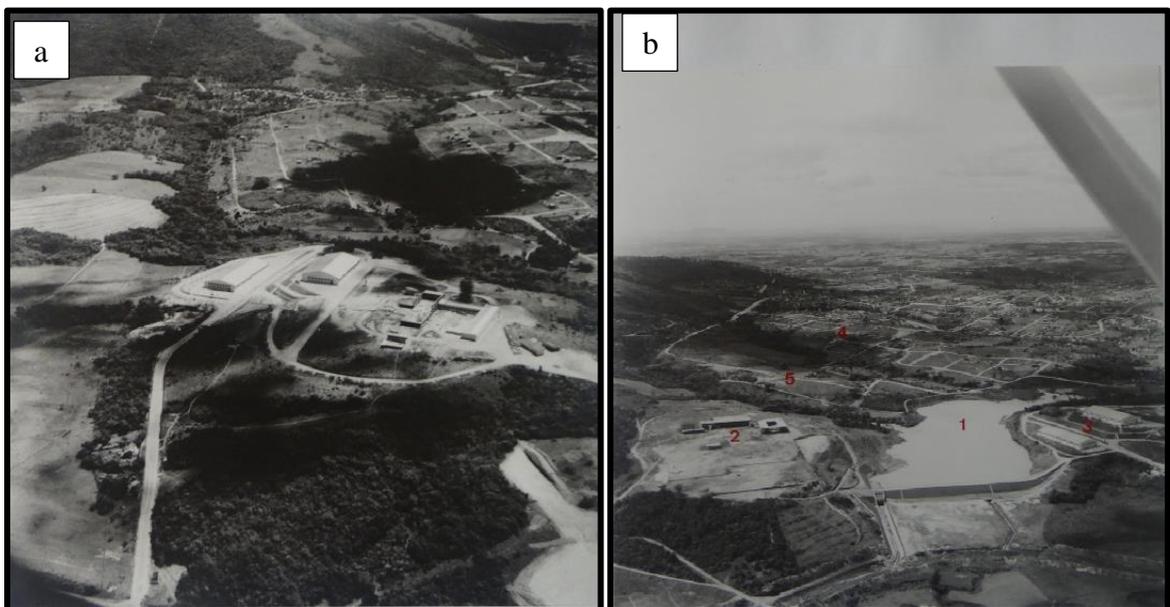


Fonte: Ribeiro (2017)

5.1.2 Respostas do ambiente ao processo de urbanização

Segundo Fujimoto (2001), a barragem Mãe d'Água foi inaugurada em 1962 pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). As suas principais características eram: área inundada estimada de 16 ha, profundidade média de 3,15 m, altura máxima sobre o leito do curso da água de 9m, extensão do coroamento de 200m e volume de acumulação de 500.000 m³. A Figura 13 apresenta uma fotografia aérea da área de momento anterior a construção da barragem e uma fotografia de 1963.

Figura 13: a) Fotografia de momento anterior a construção da barragem; b) Fotografia de 1963, quando o lago tinha acabado de ser preenchido. (1) barragem Mãe d'Água; (2) Campus do Vale; (3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas; (4) Loteamento Santa Isabel; (5) Loteamento Jardim Universitário.



Fonte: Fujimoto (2001)

Os principais objetivos de sua construção foram acumular água para suprir as necessidades do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), proporcionando o desenvolvimento de pesquisas hidráulicas, e irrigar as granjas experimentais da Faculdade de Agronomia (FUJIMOTO, 2001). Entretanto, esses objetivos foram abandonados devido à degradação ambiental das águas da barragem, decorrente da supressão da vegetação ciliar, da construção de habitações e da contaminação das águas dos arroios da bacia, que são receptores de esgoto domiciliar e resíduos sólidos gerados nas áreas à montante (RIBEIRO, 2017).

Com base em entrevistas de moradores e técnicos envolvidos na obra, e na análise de fotografias, Fujimoto (2001) caracteriza a cobertura vegetal e o uso do solo, durante sua construção e logo após o preenchimento do lago. A área era caracterizada

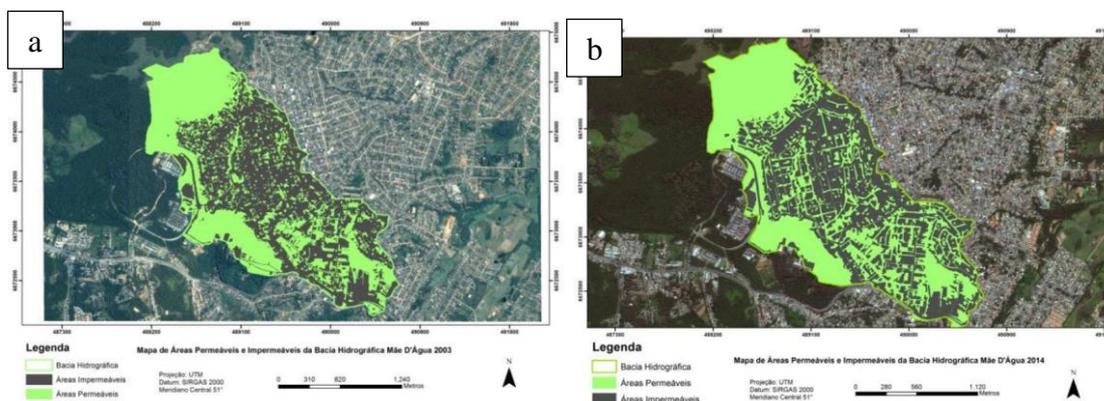
por elevado grau de preservação da cobertura vegetal, da morfologia, e da qualidade da água, pela presença de pequenas bacias de acumulação construídas pelos moradores e servia como um local de lazer.

A evolução da ocupação relacionada ao aumento populacional e as diversas modalidades de intervenção na bacia hidrográfica ao longo dos anos, proporcionaram uma transformação das suas características originais, alterando a dinâmica existente e inserindo novos ritmos ao ambiente. De acordo com os dados do IBGE, os anos 70 e 80 foram as décadas de maior incremento populacional, através do processo migratório, no município de Viamão e demais municípios da região metropolitana de Porto Alegre (FUJIMOTO, 2001).

No ano 2000, a população total do município de Viamão era de 227.429 de habitantes. Com relação ao número de habitantes da bacia, Zanandrea (2015) identifica uma redução 9,5% de 2003 para 2014 na sua projeção do número de habitantes da bacia. Tanto na bacia como no município o número de domicílios aumentou de acordo com o Censo de 2010. As áreas impermeáveis da bacia aumentaram em 6,6%, o que demonstra um aumento de 19,64 m² de área impermeabilizada por um habitante e 29,86 m² por domicílio (ZANANDREA, 2016).

Segundo a autora, em 2003 a bacia possuía um total de 1,46 km² de área impermeabilizada, totalizando 43,7% da bacia, já em 2014 esse valor passou para 1,68 km², o que corresponde a 50,3% de toda a Bacia Mãe d'Água. A Figura 14 apresenta a classificação das áreas permeáveis e impermeáveis para os anos de 2003 e 2014.

Figura 14: Mapa de áreas permeáveis e impermeáveis da Bacia Mãe d'Água nos anos (a) 2003 e (b) 2014.



Fonte: Zanandrea (2016)

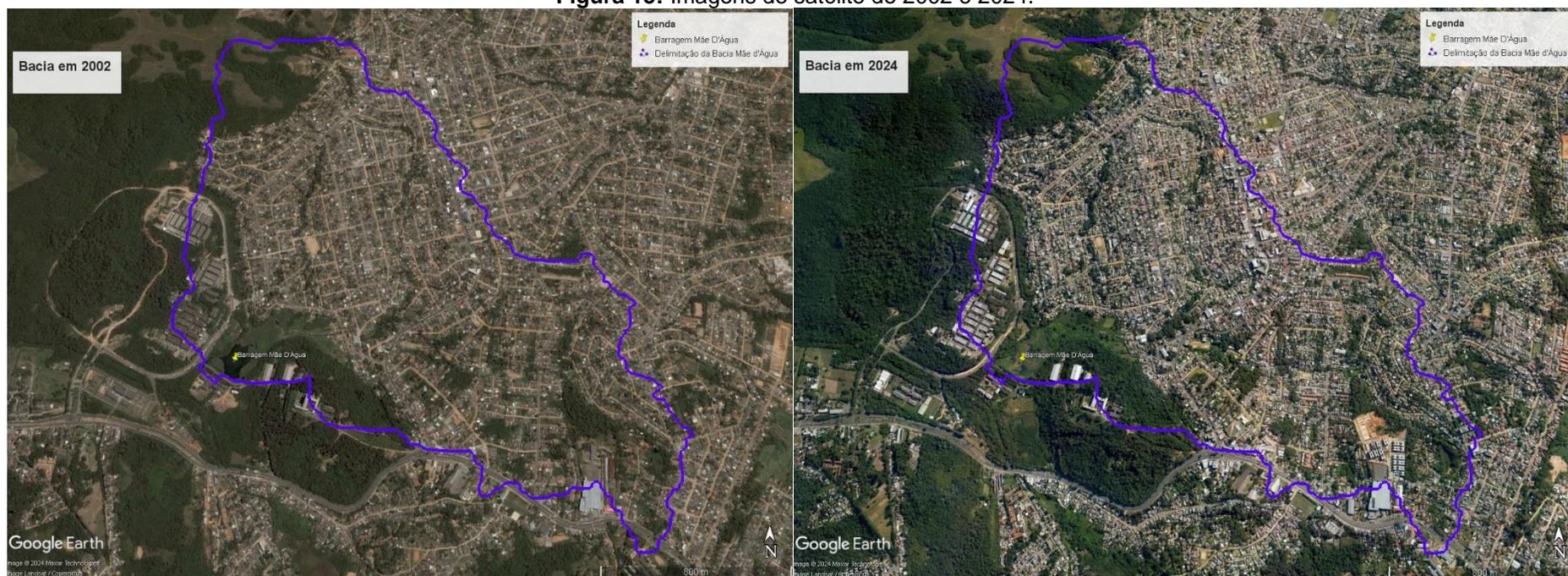
Esses resultados demonstram que a tendência atual do processo de urbanização nessa região é a redução da densidade habitacional e o aumento da área impermeável, aumentando a quantidade de metros quadrados de área impermeável por habitante, como já retratado por Menezes Filho & Tucci (2012).

Nota-se que mesmo com a redução da população ocorre um aumento das áreas impermeáveis na bacia, devido ao aumento do número de domicílios, e a diminuição do número de habitantes por domicílio (Zanandrea, 2016). Segundo o Censo do IBGE, a densidade habitacional para uma mesma área impermeável no município de Viamão era 3,1 hab./domicílio em 2010 e passou para 2,63 hab./domicílio em 2022. A população da cidade de Viamão chegou a 224.116 pessoas no Censo de 2022, o que representa uma queda de -6,38% em comparação com o Censo de 2010.

Poleto (2007) trata com importância as alterações ao meio ambiente provocadas pela urbanização e destaca a supressão e/ou substituição da vegetação nativa por áreas impermeabilizadas. O fato de impermeabilizar novas áreas implica no aumento do volume escoado superficialmente, em consequência da redução do volume interceptado pela vegetação e das alterações no ciclo hidrológico. Por influência do maior volume escoado nas áreas impermeáveis, o corpo d'água receptor desta vazão estará sujeito aos processos erosivos e enchentes.

A Figura 15, a seguir, representam as imagens de satélite de 2002 e 2024 da região delimitada pela Bacia Mãe d'Água, com o intuito de visualizar as mudanças na área. A bacia foi delimitada no software QGIS, considerando o exultório como o vertedouro da barragem, e assim, seu *shapefile* foi importado no *Google Earth* para utilizar a ferramenta de imagens históricas.

Figura 15: Imagens de satélite de 2002 e 2024.



Fonte: A autora (2024)

Numa comparação das imagens de satélite, visualmente a expansão urbana não é tão expressiva, visto que a maior onda de crescimento populacional ocorreu na década de 70/80. Ainda assim, é possível observar um cenário urbano que continua a evoluir, onde se destaca principalmente uma mudança no padrão de ocupação, identificada pelo aumento significativo de ruas asfaltadas. Quanto à barragem, comparando as imagens, é nítida a diminuição do seu espelho d'água.

Como abordado por Ribeiro (2017), à medida em que aumentam as superfícies impermeabilizadas, ocorrem alterações significativas no regime de escoamento dos cursos d'água da bacia, pois há aumento do volume de água escoado superficialmente e redução da infiltração; o aumento do volume do escoamento superficial pode resultar em inundações onde outrora não havia, ou agravar em locais onde já ocorria inundações de menor magnitude. Tais eventos de inundação têm sido observados com maior frequência pela população da bacia (RIBEIRO, 2017).

Os impactos na barragem Mãe d'Água, ao longo das últimas décadas, são visíveis. Por exemplo, a camada de água que ainda persiste tem profundidade extremamente reduzida, posto que a urbanização existente às suas margens aporta material oriundo de processos de erosão de solos, assoreando o lago, além do processo de eutrofização que também contribui para essa redução. Isso implica que a área é pelo menos 65% menor em relação ao lago original (Rangel, 2008).

No cenário atual, a barragem Mãe d'Água recebe esgotos das moradias do entorno sem tratamento, lançamento de sedimentos e resíduos domésticos que são trazidos pela água da chuva ou diretamente lançados ao lago. A Figura 16 demonstra essa situação.

Figura 16: Resíduos no reservatório da barragem.



Fonte: Rangel (2008)

5.1.2 Qualidade da água na Bacia Mãe d'Água

Segundo Moura e Basso (2011), nas últimas décadas, a modificação no uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Mãe d'Água resultou em problemas típicos da intensificação do processo de urbanização: o incremento das áreas ocupadas por moradias tanto legais como irregulares, associado ao aumento do desmatamento e dos processos erosivos. Na área da bacia foram identificadas, na época do estudo, cinco vilas ou áreas ocupadas irregularmente. Em seu trabalho, Moura e Basso (2011), realizaram uma revisão bibliográfica e análise de dados histórico dos parâmetros temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão totais e coliformes fecais. A partir disso, constataram que as águas superficiais têm qualidade ruim para a maioria dos usos da água. Isso decorre do lançamento de esgotos domésticos não tratados nos arroios que desembocam na barragem (MOURA E BASSO, 2011).

A qualidade ambiental da barragem também foi escopo da pesquisa de Freitas (2005), em que as análises das coletas realizadas em 2004 apresentaram características típicas de ambientes aquáticos eutrofizados. Esses resultados demonstraram que a interferência antrópica está influenciando na dinâmica natural da Barragem Mãe d'Água, contribuindo para a eutrofização das águas, baixa saturação de oxigênio, dominância de partículas finas no sedimento e na redução da macrofauna bentônica (FREITAS, 2005).

Em sua pesquisa, Cardoso (2011) relaciona a evolução urbana e o enriquecimento por metais traços na barragem. As amostras analisadas apresentaram concentrações de Zinco e Níquel acima do valor de *background* (referência local representativa do nível natural de concentração de um elemento químico nos solos/sedimentos) e com padrões de crescimento. Evidenciaram, portanto, a existência de enriquecimento dos sedimentos por esses elementos. A autora analisa, considerando que a área de estudo se caracteriza historicamente pela ocupação residencial, com predominância de poluição de fontes difusas, a dinâmica urbana pode ser considerada como o principal agente fornecedor de metais-traço aos corpos d'água.

Mais recentemente, Fernandes (2015) apresenta resultados de coleta de amostras de sedimentos com vistas à análise das concentrações dos metais Zinco e Níquel, dos teores de matéria orgânica e da composição granulométrica em diferentes profundidades amostradas em testemunhos de sedimentos. Todas as amostras apresentaram concentrações de Zn e Ni acima do valor de *background* local e com padrões de crescimento. O índice de geoacumulação demonstra que a maior parte das concentrações de metais em profundidade encontra-se como “não poluída”; porém, fica eminente o enriquecimento nas superfícies, onde a classificação variou entre moderadamente à fortemente poluído, confirmando que as modificações antrópicas ocorridas nas últimas décadas nesta bacia podem implicar em diversos passivos ambientais como a contaminação deste ecossistema lacustre. O autor atribui às altas taxas de urbanização das áreas à montante a alta produção e carreamento de sedimentos contaminados ao recurso hídrico, bem como seus reflexos negativos sobre os corpos d'água ali presentes.

Ainda no contexto de qualidade da água da Bacia Mãe d'Água, Albornoz (2021) faz uma análise da qualidade da água da barragem, a partir de coletas realizadas ao longo de doze meses. Os resultados de caracterização indicaram que Viamão/RS contribui com lançamento de esgotos *in natura* na Barragem Mãe D'Água. Também foram observados elevados valores de concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total (FT), nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e nitrogênio amoniacal (NH₄⁺). Dessa forma fica evidente o impacto da falta de saneamento de uma cidade em municípios vizinhos, e fica clara a importância de planejar as ações de saneamento a partir da bacia hidrográfica (ALBORNOZ, 2021).

5.2 RESULTADO DAS COLETAS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os resultados das análises das amostras de água da coleta realizada em 2024 são apresentados na Tabela 6. Para fins de interpretação dos resultados para o ponto P3, que é efluente do Campus do Vale, são apresentados os padrões de emissão estabelecidos na Resolução do CONSEMA N° 355/2017.

É possível observar que o valor de turbidez no ponto P3 é superior ao encontrado nos outros pontos, pois o mesmo localiza-se no interior da barragem, numa área de difícil de acesso e que continha muito lodo. Como observado por Albornoz (2021), a barragem, ao longo de décadas, vem recebendo esgotos *in natura* e sedimentos, o que ocasionou um acúmulo de matéria orgânica sedimentada e em suspensão. A lâmina d'água remanescente, que possui uma profundidade muito inferior aos seus valores iniciais projetados, provoca constante revolvimento da matéria orgânica presente no leito e, portanto, ocasionando um valor elevado de turbidez (ALBORNOZ, 2021).

Os valores de concentração do parâmetro de DBO estão associados a medida da concentração devida à poluição por compostos orgânicos, geralmente causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

As elevadas concentrações dos parâmetros nitrogênio total e fósforo total estão ligados diretamente com processos de eutrofização, o que prejudica a vida aquática e é, atualmente, uma realidade na barragem.

No que diz respeito ao parâmetro de oxigênio dissolvido, as concentrações encontradas nas amostras são baixas, sugerindo a contribuição de poluição na barragem nesses pontos. O OD é um fator limitante para a manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em corpos hídricos, onde em concentrações abaixo de 5 mg/L, já começa a ocorrer prejuízos para a vida aquática.

O ponto P3, analisado em relação ao atendimento das concentrações de lançamento de esgotos apresentadas na Resolução do CONSEMA nº 355/2017, apresenta valor de concentração de fósforo total superior ao exigido, indicado pela coloração vermelha na Tabela 6.

Tabela 6: Resultado da análise de janeiro de 2024.

Análise	Unidade	Resultado da Análise realizada em 2024				Consema 355/2017
		P1	P2	P3	P4	
Temperatura	°C	23,08	23,23	22,85	24,40	
pH	-	6,98	7,81	6,80	7,20	Entre 6 e 9
Turbidez	NTU	5,30	5,10	1000,00	3,80	
OD	mg/L OD	1,24	0,64	1,38	1,36	
DBO	mg/L O ₂	26,00	90,00	20,00	20,00	120 (Q<100m ³ /d)
Fósforo total	mg/L P-PO ₄	2,20	8,30	6,70	1,60	4 (Q<100m ³ /d)
NTK	mg/L N-NH ₄	1,74	5,21	3,47	1,45	20 (Q<100m ³ /d)
Sólidos totais	mg/L	10,00	46,00	2288,00	18,00	
Coliformes totais	NMP/100 MI	2,2E+05	2,0E+05	2,4E+07	4,0E+05	

Fonte: A partir das coletas realizadas

5.3 CÁLCULO DO IQA

O resultado do IQA para as coletas de 2024 demonstram que não houve nenhum ponto com qualidade regular, todas as amostras apresentando a categoria “ruim”. O ponto de coleta P4 corresponde ao efluente de todo o sistema (vertedor da barragem), para esse ponto converge toda a água que chega na Bacia Mãe d’Água. É, portanto, o ponto que representa a qualidade da água após a mistura e diluição da poluição na barragem e foi o ponto que apresentou o valor de IQA mais alto (27,93). Já o ponto P1 apresentou um IQA de 24,46 e o P3 de 22,24. A Tabela 7 representa as categorias de IQA para cada um dos três pontos analisados.

Tabela 7: Resultado IQA para as amostras de 2024.

Ponto	jan/24
P1	RUIM
P3	RUIM
P4	RUIM

Fonte: A autora (2024)

A qualidade da água das coletas de 2020 e 2021 também apresentaram qualidade ruim, pode-se dizer que nesse período a qualidade da água nesses pontos da bacia se manteve estável. A Tabela 8 apresenta os resultados de IQA para as amostragens de 2020, 2021 e 2024.

Tabela 8: Resultado IQA para as amostras de 2020, 2021 e 2024.

Ponto	Categoria IQA		
	dez/20	jan/21	jan/24
P1	RUIM	RUIM	RUIM
P3	RUIM	PÉSSIMA	RUIM
P4	RUIM	RUIM	RUIM

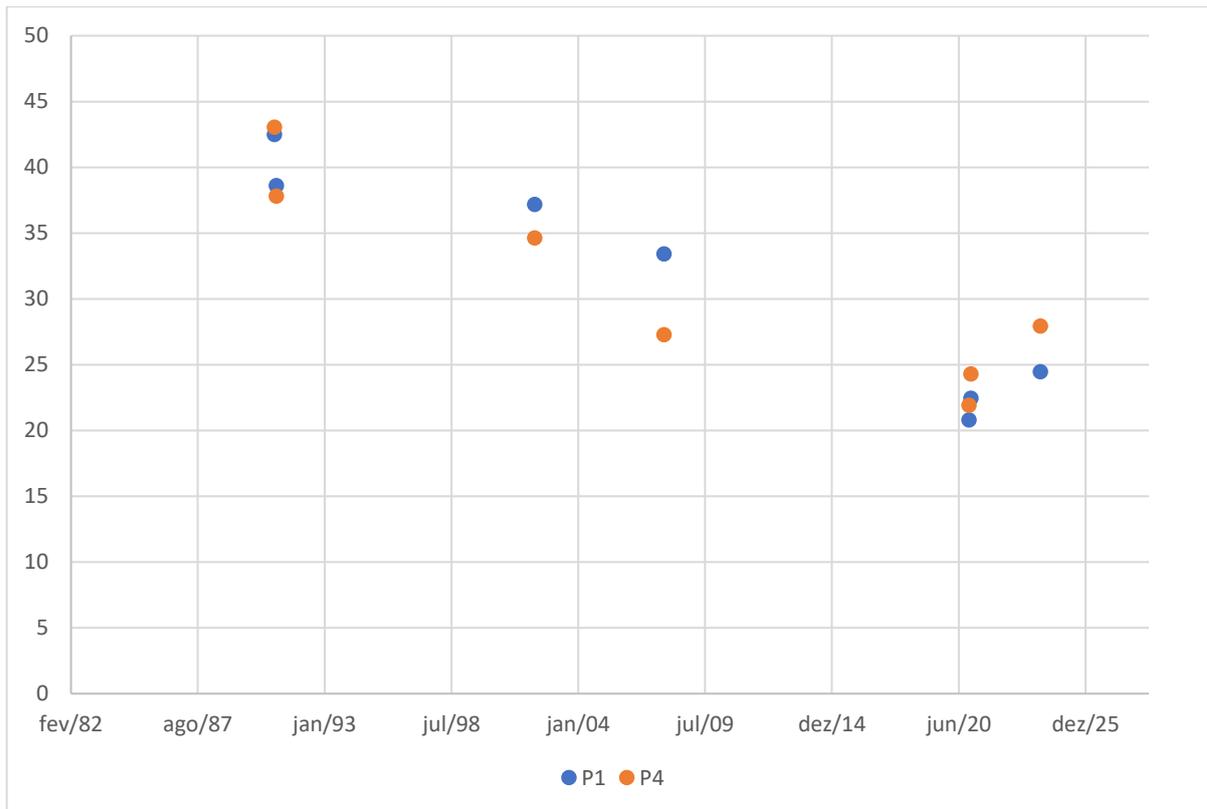
Fonte: A autora (2024)

Os resultados obtidos através da média dos pontos de amostragem do estudo de Rangel (2008), em 1990, 1991, 2001 e 2007, indicaram que a qualidade da água na Bacia da Barragem Mãe d'Água era regular para os anos de 90 e 91. A partir dos dados de 2002, houve uma queda na qualidade da água no período.

Essa queda é observada frente a um significativo aumento populacional na área de estudo, pois, segundo dados do IBGE, a população de Viamão cresceu mais de 30% no período de 1991 a 2000 (RANGEL, 2008). Segundo Rangel, em decorrência desse crescimento, tem-se uma maior produção e despejo de esgotos na rede hídrica, maior produção de resíduos e outros materiais, que acabam sendo transportados e depositados no reservatório da barragem.

A Figura 16 apresenta os dados históricos e de 2024 da qualidade da água na Barragem nos pontos P1 e P4. É possível constatar que houve uma queda na qualidade da água, sendo o suficiente para transformar, seguindo a metodologia do IQA da CETESB, da qualidade “razoável” para qualidade “ruim”.

Figura 17: Variação do IQA nos pontos P1 e P4 para as coletas realizadas entre 1990 e 2024.



Legenda:

dez/90: P1 = 42,5, P4 = 43,05;
 jan/91: P1 = 38,62, P4 = 37,8;
 mar/02: P1 = 37,19, P4 = 34,64;
 out/07: P1 = 33,41, P4 = 27,28;
 dez/20: P1 = 20,08, P2 = 21,92;
 jan/21: P1 = 22,44, P2 = 24,3;
 jan/24: P1 = 24,46, P2 = 27,93.

Fonte: A autora (2024)

Esse processo de deterioração da qualidade da água, e conseqüentemente do ecossistema da barragem, afeta, além do corpo hídrico, a biodiversidade da área, a paisagem do lugar e a qualidade de vida dos moradores locais.

6. CONCLUSÃO

Inaugurada em 1962 com objetivos voltados para pesquisas hidráulicas e irrigação, a barragem enfrentou ao longo das décadas uma série de desafios, resultando na modificação de suas características originais. A análise histórica e atual da Barragem Mãe d'Água revela um cenário de perda da qualidade da água e do ambiente.

O histórico de ocupação da área, marcado por intensa urbanização, especialmente nas décadas de 70 e 80, reflete a transformação da bacia Mãe d'Água e suas consequências para o arroio Dilúvio e, conseqüentemente, para o lago Guaíba, vital para o abastecimento de mais de 1,6 milhões de habitantes na Região Metropolitana de Porto Alegre.

A área da Bacia Mãe d'Água foi tema de diversos trabalhos acadêmicos desde 2000, evidenciando a preocupação e o interesse crescente na compreensão dos problemas enfrentados na bacia. Os estudos abordaram diversas questões, desde os impactos da urbanização até a disposição inadequada de resíduos sólidos, refletindo a complexidade dos desafios enfrentados pela Barragem Mãe d'Água.

Os resultados das análises de água realizadas em 2024 revelam uma situação crítica, com parâmetros como turbidez, DQO, nitrogênio total, fósforo total, oxigênio dissolvido e coliformes, indicando uma qualidade ruim da água. A poluição por esgotos *in natura*, sedimentos e resíduos domésticos contribuiu para a degradação do ecossistema da barragem, comprometendo não apenas a qualidade da água, mas também a vida aquática e os processos de autodepuração.

O cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) para os pontos de coleta revela uma classificação de ruim a péssima, evidenciando a urgência de ações para reverter a situação. A comparação com dados históricos destaca uma queda progressiva na qualidade da água, associada ao aumento populacional e às atividades antrópicas na área.

É importante que medidas de recuperação e preservação sejam adotadas, envolvendo ações de gestão ambiental, controle de esgoto e resíduos, além de iniciativas de conscientização e educação ambiental para a melhora da qualidade da água e do ecossistema local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Guia nacional de coleta e preservação de amostras - água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Rede Nacional - Redes de Monitoramento. Brasília: ANA - Portal da qualidade das águas. Disponível em: <https://portalpnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>.

Albornoz, L.L.; Klüsener, J. J.; Pletsch, J. S.; Bernardes, A. M.; Silva, S. W. (2021). Plano de monitoramento da qualidade da água da Barragem Mãe d'Água. 31º Congresso da ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Curitiba – Brasil.

AMARO, C. A. Proposta de um Índice para Avaliação de Conformidade da Qualidade dos Corpos Hídricos ao Enquadramento. 2009. 224 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ANDRADE, L. A. DE. Desenho urbano, satisfação e preferência na urbanização de orlas fluviais degradadas. 2015. 161 p. Porto Alegre, 2015. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR). Porto Alegre, RS: UFRGS, 2015.

APHA (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association.

BERTONI, A. S.; RIBEIRO, B. M. G.; MANO, C. M.; MARQUES, C. A. N.; SILVA, E. L. B.; COSTA, F. G.; PICCININI, F. J.; WURDIG, J. F. F.; BUSATO, L.; ZORZI, L. M.; ANDRADE, L. A. DE; MELLO, M. B. M.; GAMBIM, P. S. Ideias para minimizar a degradação ambiental da Bacia do Mãe D'Água. Trabalho final da disciplina URB-030 Métodos Quantitativos Aplicados ao Planejamento Urbano e Regional. Porto Alegre, RS: PROPUR/UFRGS, 2014. 50 p

BOLLMANN, H. A. Relação da densidade populacional sobre variáveis de qualidade físico-química das águas superficiais em microbacias hidrográficas urbanas sem cobertura sanitária em Porto Alegre - RS. Porto Alegre, 2003. 145 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA). Porto Alegre, RS: UFRGS, 2003.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 2016. 496 p. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 9 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde).

BUFFON, P.; FARINA, F. C.; SILVA, T. S.; YUP-ZOUAIN, R. N. Aplicação de técnicas de geoprocessamento na delimitação e avaliação da qualidade ambiental das Áreas de Preservação Permanente (APPs) no entorno do Campus do Vale da UFRGS. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 30-5 de maio de 2011, Curitiba, PR. Anais... São José dos Campos, SP: INPE, 2011. p. 941-948.

CARDOSO, A. R. Evolução urbana e o enriquecimento de sedimentos por metais-traço na Barragem Mãe d'Água, sub-bacia do Arroio Dilúvio, RMPA/RS. Porto Alegre, 2011. 87 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA). Porto Alegre, RS: UFRGS, 2011.

CARDOZO, G.; ZANANDREA, F.; POLETO, C. Comparação de Métodos de Classificação de Uso do Solo na Subbacia Mãe d'Água-Viamão/RS. In: 5ª Reunião de Estudos Ambientais e II Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis, 18-19 de julho de 2015, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, RS: REA, 2015.

CARVALHO, A. P.; BALDUINO, A. R.; MACIEL, G. F.; PICANÇO, A. P. Avaliação da Poluição em Rios Utilizando Índices De Qualidade Da Água: Um Estudo de Caso no Ribeirão São João em Porto Nacional –TO. 2019. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/11696>

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução 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. Diário Oficial da União nº 053, Brasília, 17 mar. 2005.

CONSEMA. Resolução nº 355, de 13 de julho de 2017. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

CAVALHEIRO, F. Urbanização e Alterações Ambientais. 1995. Análise Ambiental: Uma Visão Multidisciplinar (2º ed.). São Paulo: Editora da UNESP, 114-124 p.

EMBRAPA. Água e saneamento: contribuições da Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMBRAPA. Índices de Qualidade de Água: Métodos e Aplicabilidade. 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/859420>

FADEL, A. W.; CAMPOS, H. A. Gestão urbano-metropolitana com base em bacias hidrográficas: uma experiência interinstitucional entre Porto Alegre e Viamão (RS). In: XV Encontro Nacional da ANPUR - ENANPUR, 20-24 de maio de 2013, Recife, PE. Anais... Recife, PE: ANPUR, 2013. 19 p.

FERNANDES, F. Enriquecimento geoquímico de metais em testemunhos de sedimentos, correlacionado com granulometria e teores de matéria orgânica. São Carlos, 2015. 103 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP: USP, 2015. DOI: 10.11606/D.18.2015.tde-16122015-112634.

FERNANDES, F.; BICOSKI F. S.; POLETO C. (2020) Estudo de concentração e interações físico-químicas de carbono orgânico total no sedimento de fundo do reservatório Mãe d'Água. XIV Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Campinas – Brasil.

FERNANDES, F.; POLETO C.; SILVEIRA, A. L. L. (2020) Analysis of the volume of silted sediments and the urbanization rate in urban river basins: a case study of the Mãe D'água reservoir. Anais do Congresso Internacional de Engenharia Ambiental & 10ª Reunião de Estudos Ambientais. Toledo – Brasil.

FREITAS, C. Caracterização ecológica da represa Mãe d'Água, Campus do Vale da UFRGS, Morro Santana, Porto Alegre – RS (Brasil). Porto Alegre, 2005. 54 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Biociências (IB), Programa de Pós-Graduação em Ecologia (PPGECOL). Porto Alegre, RS: UFRGS, 2005.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Análise ambiental urbana na área metropolitana de Porto Alegre - RS: sub-bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio. São Paulo. São Paulo, 2001. 236 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. São Paulo, SP: USP, 2001.

GUEDES, M. T. J; PESSOTA, M.; RIBEIRO, C.; ZARO, M.; SILVA, M. C. A. S. (2024) Avaliação da evolução temporal da qualidade da água da Barragem Mãe D'Água. 21º SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife-Brasil (submetido à publicação)

HECK, C. S.; SCHNEIDER, I. A. Planejamento ambiental em uma bacia hidrográfica urbana: bacia da barragem Mãe d'Água, Viamão/RS. In: II Seminário Saberes Aplicados ao Planejamento Ambiental, julho de 2011, Porto Alegre. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2011. 22 p.

HINATA, S. S. Qualidade da Água Associada ao Cultivo de Banana na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio das Pacas – RS. 2014. 155 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

HÜFFNER, A. N. Otimização para controle de alagamentos urbanos: aplicação na bacia hidrográfica da vila Santa Isabel em Viamão, RS. Porto Alegre, 2013. 82 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA). Porto Alegre, RS: UFRGS, 2013.

IESCHECK, A. L.; SILVA, S. C. DA; SILVA, T. S. DA; FARINA, F. C.; AYUP-ZOUAIN, R. N. Aplicação dos sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto na definição de microbacia como área de influência ambiental e unidade de gestão: o caso do campus do vale da UFRGS – RS. In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 6-9 de maio de 2012, Recife, PE. Anais... Recife, PE: CTG/UFPE, 2012. p. 001-005. ISBN: 978-85-63978-01-1.

Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). IPH 50 Histórias Cinquentenárias, 224 p, Porto Alegre: UFRGS Editora, 2003.

JAWOROWSKI, A. L. O.; SCHETTINI, E. B. C.; SILVEIRA, A. L. L. Qualidade da água e caracterização de resíduos sólidos em arroio urbano da Região Metropolitana de Porto Alegre. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH, 20-24 de novembro de 2005, João Pessoa, PB. Anais... Porto Alegre, RS: ABRH, 2005.

KLOCK, A.L.S. & MATTEI, R.M. (2014). Cap. 3: Coleta e preservação de amostras de água. In: Monitoramento e Diagnóstico de Qualidade de Água Superficial. Programa de Capacitação em Gestão da Água, Projeto TSGA – Tecnologias Sociais para a Gestão da Água. Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC, Florianópolis, SC, pp. 31-44

LEITÃO, V. de S., Cuba, R. M. F., Santos, L. de P. S., & Santos Neto, A. S. Use of the water quality index(IQA) for monitoring the quality of water in an area of environmental preservation. 2015. Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental, 19(3), 794–803.

LOITZENBAUER, E.; PEREIRA, T. DA S.; MENDES, C. A. B. Análise ambiental urbana: bacia do arroio Mãe D'Água, Porto Alegre, RS. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – SBRH, Campo Grande, MS, 22-26 de novembro de 2009. Anais... Campo Grande, MS: ABRH, 2009. 11 p.

MAIA, J. A. A influência do Campus do Vale da UFRGS na urbanização do seu entorno a partir da perspectiva dos moradores do bairro Santa Isabel, Viamão / RS. Porto Alegre, 2015. 223 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Arquitetura, Programa de PósGraduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR). Porto Alegre, RS: UFRGS, 2015.

MAIA, J. A.; SILVEIRA, A. L. L. Conurbação e Meio Ambiente: uma análise da Legislação Ambiental. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica Mãe D'água, Viamão-POA/RS. In: III Seminário Nacional sobre Tratamento de Áreas de Preservação

Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo - APP Urbana, 10- 13 de setembro de 2014, Belém. Anais... Recife, PE: ANPUR, 2014.

MICHEL, G. P.; KOBAYAMA, M.; GOERL, R. F.; MICHEL, R. D. L. Metodologia de mapeamento de escorregamentos e fluxos de detritos. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH, 22-27 de novembro de 2015, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: ABRH, 2015.

MOURA, N. S. V.; BASSO, L. A. Ocupação da terra e qualidade da água na periferia da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS: o caso da Barragem Mãe d'Água. Pesquisas em Geociências, v. 37, n. 3, 2011. p. 227-241. ISSN: 1807-9806.

PESSOA, M. A. R. IQAFAL – Índice FUZZY de Qualidade de Água para Ambiente Lótico. 2010, 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Computação) Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.

POLETO, C.; FERNANDES, F.; BEIER, E. V. (2017) Geocronologia e taxa de sedimentação utilizando ²¹⁰Pb correlacionados com metais pesados em cores de sedimentos. II Congresso Internacional de Hidrossedimentologia. Foz do Iguaçu – Brasil

POLETO, C. Alterações morfológicas em um canal fluvial urbano no contexto antrópico, social e ambiental: um estudo de caso. Acta Scientiarum – Technology, Maringá, v. 33, n. 4, 2011. p. 357-364. DOI: 10.4025/actascitechnol.v33i4.8288.

POLETO, C.; FERNANDES, F. Comparative Studies between urbanization and dam settlement processes. European Journal of Sustainable Development. Rome. Vol. 7, n. 3 (oct. 2018), p. 371-380.

RANGEL, M. L. A Percepção sobre a água na paisagem urbana: bacia hidrográfica da Barragem Mãe D'Água - Região Metropolitana de Porto Alegre/RS. Porto Alegre, 2008. 163 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Geociências (IG), Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO). Porto Alegre, RS: UFRGS, 2008.

RIBEIRO, B. M. G. Modelagem Socioambiental de Resíduos Sólidos em Áreas Urbanas Degradadas : Aplicação na Bacia Mãe d'Água, Viamão, RS. 2017, 429 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

SETTA, B. R. S.; CANESIN, F. P.; SILVA, J. G. P.; VILAS-BOAS, M. D. Estudo Comparativo da Qualidade das Águas na Bacia Experimental e Representativa do Rio Piabanha – região serrana do Rio de Janeiro – RJ, com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12. Anais...Natal, 2014.

SKRABE, E. S.; COSTA, A. A.; FREITAS, C.; PALMA, C. B.; SILVA, C. M. DA; CUNHA, J.; KAMINSKI, L. A.; LEAL, M. G.; GARBIN, M. L.; HASPER, T. O. B.; BOTH, R.; FORNECK, E. D.; PORTO, M. L.; GUERRA, T. Diagnóstico ambiental e proposta de recuperação da bacia da represa Mãe D'Água, Morro Santana, Porto Alegre,

Viamão, RS. In: XIV Salão de Iniciação Científica da UFRGS, Porto Alegre, RS, 2002. Livro de resumos... Porto Alegre, RS: UFRGS, 2002

STRADA, D. Aplicação Do IQA-CCME em Série Histórica De Qualidade Da Água: Estudo De Caso das Sub-Bacias do Arroio Do Salso e do Arroio Lami, RS. 2021, 120f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2021.

TRINDADE, L. M. Aplicação de ferramentas de gestão de recursos hídricos para a planificação de um sistema de tratamento descentralizado de esgoto sanitário com wetland construído em microbacia hidrográfica urbana. 2019, 145f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2ªed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997.

UNGARETTI, A. R. Perspectiva socioambiental sobre a disposição de resíduos sólidos em arroios urbanos. Um estudo na sub-bacia hidrográfica Mãe D'Água no Município de Viamão – RS. Porto Alegre, 2010. 245 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR). Porto Alegre, RS: UFRGS, 2010.

VIEIRA, S. C. Análise Ambiental do Uso e Ocupação do Solo Urbano de uma Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio – Porto Alegre/RS. 2009, 181 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WENTZ, A.E.P. A Degradação Ambiental Urbana na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre/RS, entre os anos de 2002 e 2022. 2023. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

WARTCHOW, D.; PASSUELLO, R. F. Planejamento do saneamento básico em bacias hidrográficas urbanas degradadas: estudo de caso Mãe D'Água. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - SBRH, 17-22 de novembro de 2013, Bento Gonçalves, RS. Anais... Porto Alegre, RS: ABRH, 2013.

ZANANDREA, F.; SILVEIRA, A. L. L.; MICHEL, G. P. (2018) Avaliação da eficiência hidrológica de taxas de ocupação estabelecidas por políticas urbanas. XII Encontro Nacional de Águas Urbanas. Maceió – Brasil.

ZANANDREA, F.; SILVEIRA, A. L. L. Uso de técnicas de low impact development no controle de impactos hidrológicos. Engenharia sanitária e ambiental : órgão oficial de informação técnica da ABES, Porto Alegre, vol. 24, n. 6, p. 1195-120, novembro, 2019