



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA



# **Diagnóstico do abastecimento de água nas indústrias de alimentos e cozinhas industriais do município de Novo Hamburgo/RS, Brasil**

*Autora: Miriam Becker da Roza Costa*

*Orientadora: Liliana Amaral Féris*

*Coorientadora: Keila Guerra Pacheco Nunes*

Porto Alegre, novembro de 2021



Autora: Miriam Becker da Roza Costa

# Diagnóstico do abastecimento de água nas indústrias de alimentos e cozinhas industriais do município de Novo Hamburgo/RS, Brasil

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à COMGRAD/ENQ da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química*

Orientadora: Liliana Amaral Féris

Coorientadora: Keila Guerra Pacheco Nunes

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Jordana Corralo Spada, UFRGS

Doutoranda Ivone Vanessa Jurado, UFRGS

Porto Alegre

2021

## AGRADECIMENTOS

À minha amada mãe, que sempre foi meu exemplo, meu esteio e proteção, agradeço por tudo, pelo dom da vida, pelo carinho, dedicação e incentivo de sempre. Faltam palavras para descrever sua bondade e a minha saudade.

Ao meu filho, que veio no momento certo, para me dar forças para continuar. Obrigada por me apresentar esse amor incondicional.

Ao meu pai, por estar sempre ao meu lado; pelo amor, carinho e incentivo sempre presentes.

Ao meu esposo, por todo amor, paciência e incentivo nesta e em todas as etapas que enfrentamos e não de vir daqui para frente.

Meu agradecimento especial à minha querida professora orientadora Liliana, que nos conquista com seu carinho materno e nos ensina com muito empenho e dedicação. Obrigada pelos ensinamentos e pela confiança depositada.

Meu segundo agradecimento especial à minha professora coorientadora Keila, que sempre esteve disponível; muito obrigada pelas correções e orientações que foram essenciais.

Às amigas Camila, Mônia e Vitória pela amizade e parceria durante o curso.

Aos amigos da Vigilância em Saúde de Novo Hamburgo, obrigada pelo convívio diário e pelo ambiente agradável para se trabalhar. Agradeço à minha coordenadora Ana Luísa Dalbem e à gerente Lisa Gaspar Ávila, pelos desafios a mim propostos.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Química da UFRGS que nos proporcionam um ensino de qualidade e excelência.

## RESUMO

A qualidade da água consumida pela população está diretamente ligada à sua qualidade de vida. A água disponível no planeta Terra vem enfrentando grandes mudanças ao longo dos anos e isso se deve principalmente às ações antrópicas. A água doce pode ser encontrada principalmente em geleiras, mananciais superficiais e subterrâneos. A legislação brasileira traz os limites estabelecidos para os parâmetros necessários para garantir a potabilidade da água para consumo humano. Para consumo humano, a água extraída de mananciais superficiais e subterrâneos precisa de tratamento específico, de acordo com a classificação na qual se encontra. A empresa COMUSA é a responsável por captar, tratar e distribuir a água para o município de Novo Hamburgo. A água distribuída para a população Hamburguesa é captada do Rio dos Sinos e também de aquíferos subterrâneos, em regiões periféricas, de difícil acesso. Em regiões que não recebem a água da COMUSA, existe a opção para a captação de águas subterrâneas como forma de abastecimento. Em indústrias de alimentos e cozinhas industriais a água é uma das matérias-primas mais utilizadas na fabricação e manipulação de alimentos, por isso a qualidade da água de abastecimento é tão importante nestes estabelecimentos. Baseado nisso, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a situação quanto às fontes de abastecimento de água utilizadas pelas indústrias de alimentos e cozinhas industriais em Novo Hamburgo. Em torno de 9% das indústrias de alimentos e 50% das cozinhas industriais utilizam fontes de abastecimento subterrâneo e realizam tratamento e controle da potabilidade da água captada. Os laudos de análise de potabilidade da água utilizada em uma cozinha industrial selecionada apresentaram resultados satisfatórios quanto as análises de pH, turbidez, cor e coliformes fecais, entretanto cloro residual livre apresentou valores fora do permitido pela legislação, necessitando de ajustes na dosagem de cloro adicionado na etapa de sanificação. A indústria de alimentos selecionada realiza a captação de água mineral e as análises de potabilidade apresentam resultados satisfatórios desde as análises físico-químicas e microbiológica, quanto nas análises de elementos inorgânicos previstos na legislação. Os demais estabelecimentos recebem água do sistema de abastecimento municipal, o qual disponibiliza os laudos com resultados satisfatórios de potabilidade da água tratada e distribuída para os estabelecimentos e para a população.

**Palavras-chave:** *qualidade da água, cozinha industrial, indústria de alimentos, potabilidade da água, fontes de abastecimento.*

## ABSTRACT

The water quality consumed by the population is directly linked to their life quality. The available water on Earth planet has been facing major changes over the years and this is mainly due to anthropic actions. Fresh water can be found mainly in glaciers, surface and underground springs. Brazilian legislation sets the limits established for the parameters necessary to guarantee the water potability for human consumption. For human consumption, water extracted from surface and underground springs needs specific treatment, according to the classification in which it is found. The company COMUSA is responsible for collecting, treating and distributing water to the Novo Hamburgo city. The water distributed to the Hamburg population is collected from the Rio dos Sinos and also from underground aquifers, in peripheral regions, which are difficult to access. In regions that do not receive water from COMUSA, there is an option to capture groundwater as a form of supply. In food industries and industrial kitchens, water is one of the raw materials most used in the manufacture and handling of food, which is why the quality of the water supply is so important in these establishments. Based on this, the present study was developed with the objective of evaluating the situation regarding the water supply sources used by the food industries and industrial kitchens in Novo Hamburgo. The water potability analysis reports used in these establishments were analyzed and, for the most part, they had satisfactory results regarding the studied analysis parameters. Around 9% of the food industries and 50% of the industrial kitchens use underground sources of supply and carry out treatment and control of the potability of collected water. The potability analysis of the water used in a selected industrial kitchen showed satisfactory results in terms of pH, turbidity, color and fecal coliform analyses, however free residual chlorine presented values outside the limits allowed by legislation, requiring adjustments in the added chlorine dosage in the sanitization step. The selected food industry collects mineral water and the potability analyzes present satisfactory results from the physicochemical and microbiological analyses, as well as the analysis of inorganic elements provided in the legislation. The other establishments receive water from the municipal supply system, which provides the potability reports with satisfactory results of the water treated and distributed to the establishments and to the population.

**Keywords:** *water quality, industrial kitchen, food industry, water potability, supply sources.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição da água no mundo.....	2
Figura 2: Classes de enquadramento das águas doces segundo Resolução n° 357, CONAMA. 3	
Figura 3: Mapa de extensão do Rio dos Sinos, com a identificação das classes das águas em cada trecho do leito do rio. ....	8
Figura 4: Formação de águas subterrâneas através do ciclo hidrológico. ....	9
Figura 5: Principais domínios sedimentares (verde) e cristalino (amarelo), ao longo do território nacional.....	10
Figura 6: Etapas para o desenvolvimento do trabalho. ....	16
Figura 7: Histograma de diagnóstico das indústrias de alimentos e cozinhas industriais do município de Novo Hamburgo.....	20
Figura 8: Etapas de tratamento de água realizado pela ETA da empresa COMUSA, após captação em águas superficiais. ....	24
Figura 9: Etapas de tratamento da água realizado pela empresa COMUSA após extração de água subterrânea.....	25
Figura 10: Resultados de análises de pH, ao longo do ano de 2020, para os 3 loteamentos com extração de água subterrânea pela COMUSA. ....	26
Figura 11: Resultados de análises de turbidez (uT), ao longo do ano de 2020, para os 3 loteamentos com extração de água subterrânea pela COMUSA.....	26
Figura 12: Resultados de análises de cloro residual livre (mg/L), ao longo do ano de 2020, para os 3 loteamentos com extração de água subterrânea pela COMUSA. ....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos recursos hídricos e população no Brasil por região. ....	3
Tabela 2: Peso atribuído para cada parâmetro considerado no cálculo de IQA. ....	4
Tabela 3: Classificações dos intervalos de IQA e possível utilização de águas superficiais. ....	5
Tabela 4: Padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 .....	5
Tabela 5: Padrões de potabilidade microbiológicos de água para consumo humano para SAA, SAC e SAI. ....	11
Tabela 6: Número de amostras e frequência de amostragem necessárias para controle microbiológico em SAA. ....	12
Tabela 7: Resultados de turbidez (uT), pH, cloro residual das amostras extraídas de SAC em uma cozinha industrial. (coleta de amostra 1: na saída da rede de abastecimento, 2: no ponto de consumo) .....	21
Tabela 8: Resultados das análises físico-química e microbiológica de amostra de água coletada de poço subterrâneo de fonte cristalina. (ufc: unidade formadora de colônia). ....	22
Tabela 9: Resultados das análises de elementos inorgânicos presentes na água mineral. (VMP: valor máximo permitido pela RDC n°274/2005) .....	22
Tabela 10: Resultados das análises de potabilidade da água superficial captada do Rio dos Sinos e tratada na ETA da empresa COMUSA, no ano 2020. ....	24
Tabela 11: Média anual dos resultados das análises de potabilidade da água subterrânea captada e desinfetada pela empresa COMUSA, nos 3 loteamentos. ....	27



## SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Revisão Bibliográfica	2
2.1	Disponibilidade e uso da água	2
2.1.1	Índice de Qualidade da Água - IQA	4
2.1.2	Qualidade da água em águas subterrâneas	9
2.2	Padrões de potabilidade para água destinada para consumo humano	11
2.2.1	Tratamento de água em estações de tratamento de água	13
2.3	Indústrias de alimentos e cozinhas industriais	14
3	Materiais e Métodos	16
3.1	Dados sobre os estabelecimentos estudados	16
4	Resultados	18
4.1	Determinações legais para o consumo de água no município de Novo Hamburgo – RS/Brasil	18
4.2	Diagnóstico do abastecimento das indústrias de alimentos e cozinhas industriais de Novo Hamburgo – RS/Brasil	19
4.3	Laudos de potabilidade de água para consumo humano	20
4.3.1	Cozinha industrial com uso de fonte alternativa (poço subterrâneo)	20
4.3.2	Indústria de envase de água mineral	21
4.3.3	Qualidade da água fornecida pela COMUSA	23
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	28
	REFERÊNCIAS	29



## **1 Introdução**

Os recursos hídricos disponíveis no planeta Terra estão cada vez mais escassos, devido a ações de interferência humana, como o lançamento de efluentes líquidos de processos industriais, ao despejo de efluentes domésticos não tratados nos mananciais, dentre outras atividades. Neste contexto se faz necessário buscar um equilíbrio entre os processos produtivos e a proteção do meio ambiente, para manter o mínimo de qualidade das águas disponíveis.

A qualidade da água é resultado das atividades humanas e depende de diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos, como pH, concentração de oxigênio disponível, cor, turbidez, coliformes fecais presentes, dentre outras. Além disso, a qualidade da água está diretamente ligada a qualidade de vida da população. Um manancial que apresenta altas concentrações de nitrogênio e fósforo pode apresentar eutrofização, a qual pode levar a proliferação de algas. O crescimento descontrolado das algas aumenta a turbidez da água, impedindo a passagem da luz solar, além de aumentar o consumo do oxigênio disponível no manancial. Por ser um bem finito e esgotável é importante que seja planejada, por todos, uma gestão do uso das águas superficiais e subterrâneas existentes, além de realizar, o máximo possível, de saneamento de esgotos urbanos, e ainda um controle e tratamento dos resíduos industriais descartados nos corpos d'água (MARQUES, 2007)

Medidas têm sido realizadas buscando monitorar as condições dos recursos hídricos a nível nacional. No Rio Grande do Sul, o Rio dos Sinos abastece um grande número de cidades desde a sua nascente até o final do seu leito. Ao longo dos anos, este manancial recebeu, de forma descontrolada, efluentes não tratados com diferentes características, causando danos quase irreversíveis. Atualmente, o Rio dos Sinos possui trechos com poluição no nível mais grave e mesmo assim é utilizado como fonte de captação para abastecer água em vários municípios. Em Novo Hamburgo, há a captação e o tratamento da água do Rio dos Sinos e é realizado pela empresa COMUSA (Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo). A COMUSA também realiza a captação e tratamento de águas subterrâneas, para distribuição em regiões periféricas da cidade.

Os estabelecimentos fabricantes e manipuladores de alimentos necessitam receber e inserir no seu produto uma água de qualidade. A água é um dos ingredientes mais importantes para as indústrias de alimentos e cozinhas industriais. Tendo isto em vista, o foco deste trabalho foi estudar a situação do abastecimento de água nas indústrias de alimentos e cozinhas industriais do município de Novo Hamburgo, RS-Brasil. Além disso, foi realizado um estudo comparativo da qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento municipal (realizado pela empresa COMUSA) com as águas obtidas a partir de fontes alternativas coletivas (poços subterrâneos).

## 2 Revisão Bibliográfica

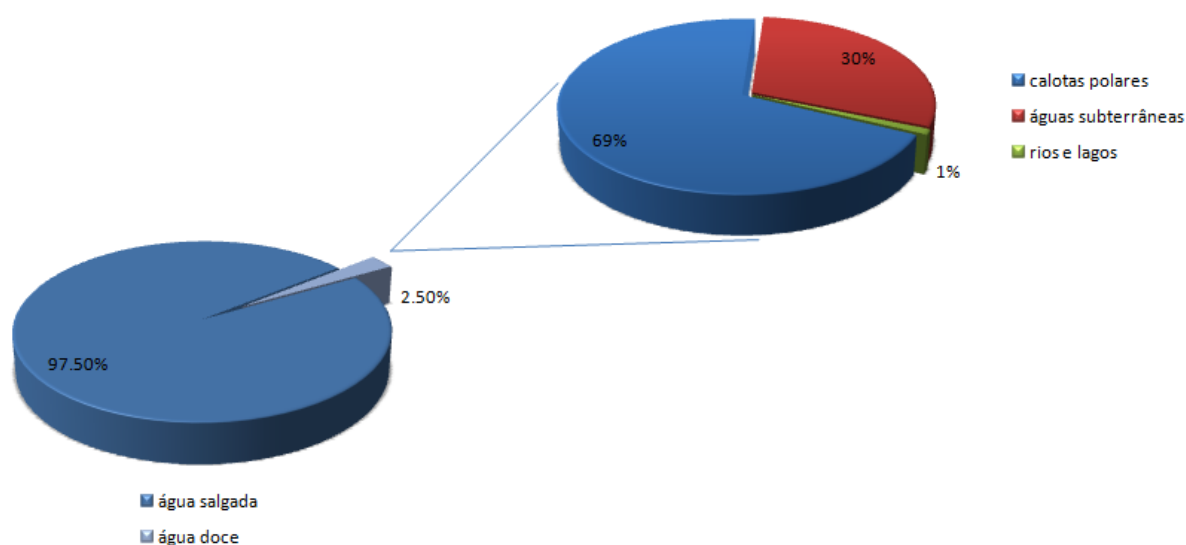
Neste capítulo serão apresentados os conceitos a respeito da qualidade da água e os parâmetros necessários para que a mesma seja destinada para consumo humano. Será abordada também a legislação pertinente à utilização de redes de abastecimento e fontes subterrâneas de abastecimento.

### 2.1 Disponibilidade e uso da água

Nas últimas décadas a humanidade passou a dar uma atenção especial à quantidade e qualidade da água existente no planeta Terra. Devido ao desenvolvimento industrial, ao crescimento populacional e ao uso da água em diversas áreas, como agricultura, houve uma rápida degradação dos corpos d'água.

Aproximadamente 70% da Terra é coberta por água e estima-se que 97,5% da parte disponível é formada por água salgada e apenas 2,5% de água doce. Do total de água doce existente, 69% se encontram nas calotas polares e geleiras e são de difícil extração. Os outros 31% de água doce disponível, 30% são águas subterrâneas, 1% está em rios e lagos (ANA, 2021) (Figura 1). De toda a água doce acessível, apenas 8% dela é destinada para os domicílios, pois 70% da água consumida no mundo são utilizadas na agricultura e 22% nas indústrias (PINTO, 2017).

Figura 1: Distribuição da água no mundo.



Fonte: ANA, 2021.

O Brasil possui 3% da população mundial e aproximadamente 12% de toda a água superficial da Terra (TRATA BRASIL, 2021). Entretanto, 70% desta disponibilidade hídrica se encontra na Bacia Amazônica, onde a densidade populacional é a menor do país, conforme Tabela 1. Em contrapartida, quase 30% da população do Brasil se encontra na região Nordeste, a qual possui apenas 3,3% da água doce disponível. As regiões Sul e Sudeste, onde vivem cerca de 60% da população, dispõe de 12,5% da água doce disponível.

Tabela 1: Distribuição dos recursos hídricos e população no Brasil por região.

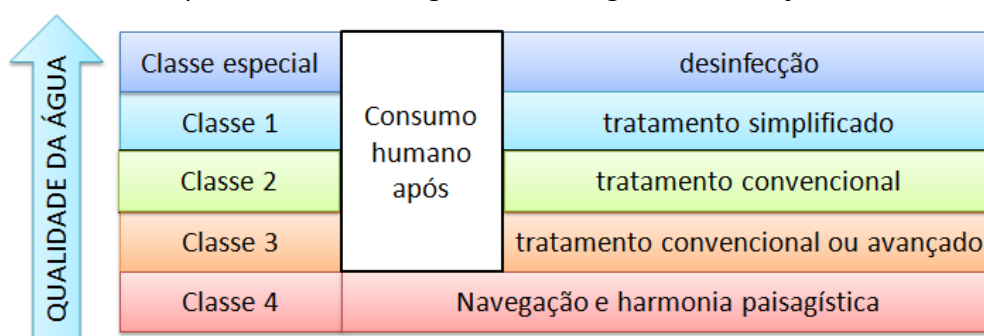
Região	Disponibilidade hídrica (%)	População (%)
Norte	68,5	6,8
Nordeste	3,3	28,9
Sudeste	6,0	42,7
Sul	6,5	15,1
Centro-oeste	15,7	6,4

Fonte: AUGUSTO, (2012).

Devido a importância e a iminente possibilidade de enfrentarmos a escassez deste recurso natural, diversas ações têm sido tomadas com o objetivo de reduzir as interferências realizadas pelas atividades humanas. Em 2005, com a publicação da resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº357 foram estabelecidos os parâmetros de qualidade, com os valores limites adotados como requisito normativo para enquadrar a qualidade das águas superficiais (BRASIL, 2005).

Esta resolução apresenta 13 classificações para águas doces, salobras e salinas no país, sendo cinco classes para a água doce, quatro classes para a água salobra e quatro classes para águas salinas. Para as águas doces, as classificações se dividem em águas doces de classe especial as de melhor qualidade, passando para as classes I, II, III e IV, decrescendo, nesta ordem a qualidade, conforme mostrado na Figura 2. Quanto menor a qualidade da água, mais rigoroso deve ser o tratamento para torná-la potável para o consumo humano (BRASIL, 2012; BROETTO, 2016). Para a classe especial ser utilizada como fonte de abastecimento para consumo humano é necessário que essa fonte passe apenas por um processo de desinfecção. Já a água doce de classe 1 necessita passar por um tratamento simplificado; a classe 2 precisa de tratamentos convencionais, enquanto a classe 3 necessita de tratamento convencional ou ainda avançado. Os tratamentos aplicados em cada classe são definidos de acordo com os resultados da análise das amostras coletadas.

Figura 2: Classes de enquadramento das águas doces segundo Resolução nº 357, CONAMA.



Fonte: BRASIL, 2005.

Dentre os principais indicadores da qualidade da água estão cor, turbidez e pH. A cor é uma característica física que demonstra a existência de íons em solução na água e é esperado que a água potável seja incolor. Nas estações de tratamento de água, a turbidez é um parâmetro operacional de extrema importância para o controle dos processos de coagulação,

floculação, sedimentação e filtração. As partículas que promovem turbidez na água podem abrigar microrganismos e proteger estes da ação de cloro para desinfecção da amostra de água, por exemplo. A turbidez interfere na incidência de luz solar em um corpo d'água, podendo modificar o ecossistema presente no mesmo. O pH é outro fator muito importante para a qualidade da água e também decisivo para o uso das técnicas de tratamento da água. (BASSO, 2008).

### 2.1.1 Índice de Qualidade da Água - IQA

Em 1970 com a elaboração do Índice de Qualidade da Água (IQA) foram selecionados 9 parâmetros (representados por  $q_i$ ), considerados os mais importantes para a avaliação da qualidade da água e, para cada um, foi-lhes atribuído um peso ( $w_i$ ) (BRASIL, 2012). O IQA consiste em um produtório destes 9 parâmetros, elevado ao seu peso correspondente, conforme a Equação 1.

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

Equação 1

Em 1975, a CETESB adaptou o IQA para ser utilizado no Brasil e nesta adaptação os parâmetros nitrato e fosfato foram substituídos por nitrogênio e fósforo totais, respectivamente. Esse índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (BRASIL, 2012; RODRIGUES, 2020). Os pesos, atribuídos para cada parâmetro considerado, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Peso atribuído para cada parâmetro considerado no cálculo de IQA.

Parâmetro para IQA	Peso atribuído
Oxigênio dissolvido (OD)	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08

Fonte: BRASIL, 2012

A Tabela 3 apresenta os intervalos de classificação das águas de acordo com o IQA obtido após as análises, bem como o possível destino das águas testadas (BRASIL, 2012). As águas com IQA superior a 36, para serem utilizadas para abastecimento público, necessitam de tratamentos convencionais, enquanto as águas com IQA inferior a 36, são impróprias para

utilização pelas redes de abastecimento público após tratamento convencional e necessitam de tratamento avançado.

Tabela 3: Classificações dos intervalos de IQA e possível utilização de águas superficiais.

Intervalo de IQA	Classificação	Utilização
79 < IQA < 100	Ótima	Possível utilização para abastecimento público após tratamento convencional
51 < IQA < 79	Boa	
36 < IQA < 51	Regular	
19 < IQA < 36	Ruim	Imprópria para abastecimento público após tratamento convencional, sendo necessário tratamento avançado
IQA < 19	Péssima	

Fonte: BRASIL, 2012

Na Tabela 4 são apresentados os limites dos parâmetros analisados para a determinação da classificação das águas superficiais, segundo a Resolução do CONAMA n° 357/2005. Quanto maior o número da classe, menores são as exigências quanto aos parâmetros analisados e mais rigorosos são os tratamentos necessários para promover a potabilidade da água considerada.

Tabela 4: Padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
OD (mg/L)	> 6	> 5	> 4	>2
DBO (mg/L)	< 3	< 5	< 10	-
Fósforo total (mg/L)	< 0,025	<0,05	<0,075	-
Turbidez (UNT)	< 40	< 100	<100	-
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	< 200	<1000	<2500	-

Fonte: BRASIL, 2005

Serão descritos a seguir alguns parâmetros, os quais estão diretamente relacionados à qualidade da água e determinam os possíveis usos da mesma (RODRIGUES, 2020).

a) Oxigênio dissolvido (OD): este índice representa um parâmetro essencial para a manutenção da vida em ambientes aquáticos. O oxigênio pode ser introduzido no meio aquático através da fotossíntese e também processos de aeração. Águas poluídas apresentam baixos valores de OD, pois utilizam o oxigênio disponível para a decomposição da matéria orgânica presente no meio, enquanto águas limpas apresentam valores de OD elevados (BRASIL, 2012).

Os mananciais eutrofizados possuem baixos valores de OD, pois nessas águas houve um processo natural conhecido como eutrofização, no qual ocorre crescimento de algas induzido pelo enriquecimento de nutrientes. Esse enriquecimento de nutrientes acontece quando o manancial recebe uma quantidade de efluente contendo matéria orgânica, levando ao consumo do oxigênio presente no meio, e a liberação de sais minerais como fósforo e

nitrogênio, essenciais para a proliferação de algas aquáticas (ZHANG, 2020). Essas algas reduzem a incidência de luz no meio aquático, dificultando a fotossíntese das plantas, contribuindo para a redução do OD. Segundo Rodrigues (2020), os peixes são diretamente afetados pelos níveis insuficientes de OD, em concentrações inferiores a 4 mg/L tornam o meio aquático inviável para a sobrevivência de peixes que são sensíveis às concentrações de oxigênio, já em concentrações inferiores a 2 mg/L levam a morte de peixes mais resistentes a escassez de oxigênio.

b) Demanda bioquímica de oxigênio (DBO): é um parâmetro importante para a determinação da quantidade de matéria orgânica biodegradável presente na água. A DBO é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente no meio, por meio de decomposição microbiana aeróbia.

A análise de DBO consiste em um teste realizado a uma temperatura constante de 20°C e durante um período de 5 dias. Uma amostra é coletada em duplicata, o oxigênio dissolvido é medido em uma das amostras logo após a coleta e da outra amostra o oxigênio é medido após 5 dias, neste período a amostra fica em temperatura controlada de 20°C. A diferença de concentração de oxigênio representa a DBO (VALENTE, 1997).

Altos valores de DBO, normalmente decorrente da grande introdução de carga orgânica a partir de efluentes domésticos, indica a necessidade de grande quantidade de oxigênio necessário para degradar a matéria orgânica presente no manancial. Quando a DBO é maior que o OD, ocorre a morte dos organismos aquáticos. (REBOUÇAS, 1999)

c) Nitrogênio e fósforo total: são essenciais para a manutenção da vida nos rios e mananciais. Quando se apresentam em excesso nos mananciais promovem a proliferação das algas e plantas aquáticas, podendo ocasionar eutrofização do manancial.

Xing et al. (2020) propõem a utilização de plantas pantanosas para controlar a poluição da água, quando há níveis em excesso de nitrogênio e fósforo em decorrência de efluentes domésticos e industriais nos mananciais. As plantas *Typha orientalis* C. Presl, *Lemna minor* L. e *Ceratophyllum demersum* L., foram adicionadas em amostras com altas concentrações de nitrogênio e fósforo e foi observado um aumento na eficiência de remoção de nitrogênio de 71 para 96% e de nitrogênio de 46% para 76%.

d) Fenol total: são comuns nas águas naturais que recebem efluentes provenientes de atividades como: indústria de processamento da borracha, colas e adesivos, indústrias de pesticidas, entre outras. É um composto nocivo ao ser humano e espécies aquáticas (CETESB, 2004). Os compostos fenólicos fazem parte do grupo dos compostos orgânicos conhecidos por causarem tumores, afetarem o sistema de reprodução e diminuição da imunidade em caso de exposição a depender da concentração e tempo de exposição. Podem ainda causar vômito, diarreia, confusão e alergias. (NTHUNYA, 2019)

e) Coliformes fecais (*Escherichia coli*): as cepas de *E. coli*, presente no material fecal, são microrganismos presentes no intestino de animais de sangue quente, incluindo humanos. O material fecal é transportado para as águas superficiais principalmente carregado pelas



chuvas e por descarte de redes de esgoto (EREGNO, 2018; MASTERS, 2011). Esses patógenos estão associados às doenças de veiculação hídrica, principalmente em situação de contato primário com a água superficial, como recreação sem tratamento prévio.

f) pH: este parâmetro é de extrema importância para a qualidade da água e para manutenção da vida no meio aquático. É fator determinante para a definição de técnicas de tratamento de água (QIN, 2015). Não traz riscos sanitários e a faixa de classificação para águas doces, segundo a resolução nº 357, do CONAMA, é entre 6,0 e 9,0.

Na agricultura o pH da água utilizada afeta diretamente o processo de irrigação e qualidade do solo. As águas ácidas ( $\text{pH} < 7$ ) além de causar a corrosão do sistema de irrigação, promove a liberação de metais tóxicos adsorvidos pelo solo. Já utilizando águas alcalinas há redução da solubilidade de cálcio e magnésio e diminuição no desempenho dos fertilizantes de nitrogênio (CHEN *et al.*, 2021).

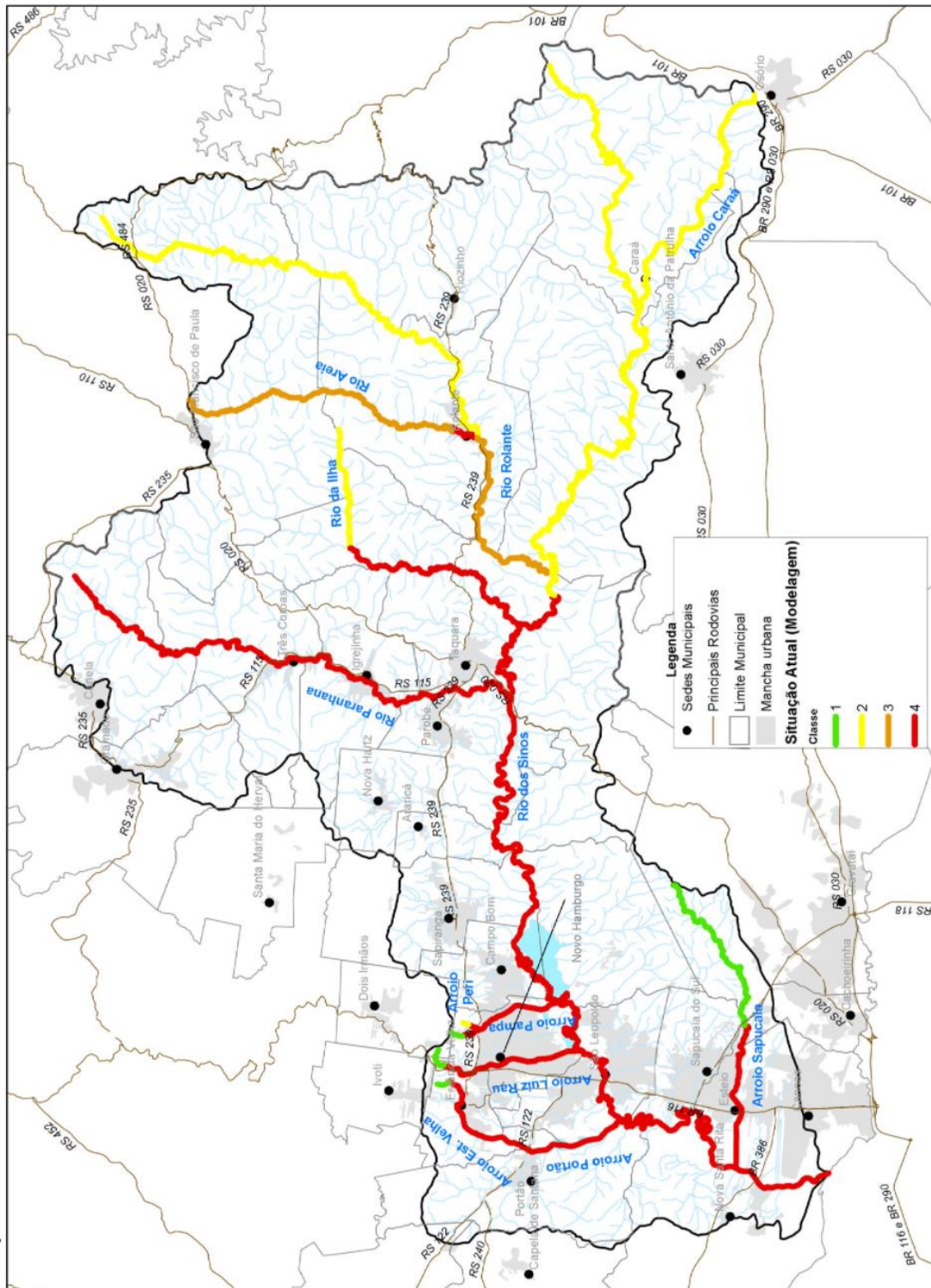
g) Turbidez: pode ser definida como a medida do grau de resistência da água à passagem de luz e ocorre devido a presença de partículas flutuando na água. É um fator de caráter estético que determina, em primeira vista, aceitação ou rejeição da água considerada.

O IQA não contempla algumas variáveis importantes, tais como: metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, número de células de cianobactérias entre outros parâmetros que podem afetar a longo prazo a saúde dos indivíduos (CETESB, 2017).

O Rio Grande do Sul está compreendido por 3 regiões hidrográficas, segundo relatório da Agência Nacional de águas, são elas: região hidrográfica Uruguai, a qual é localizada na região mais a noroeste do mapa do estado do RS; região hidrográfica do litoral, a qual se trata da região sudeste do mapa do estado; e região hidrográfica do Guaíba, a qual compreende a região central e metropolitana do estado (SEMA-RS, 2021). De acordo com este relatório as águas compreendidas por ambas as regiões hidrográficas possuem IQA classificado em condição “boa”, já na região do Vale dos Sinos, a qual se encontra na região Guaíba, a classificação cai para condição “regular”. A região hidrográfica do Guaíba apresenta a média anual de OD maior que 6 mg/L na maioria dos pontos monitorados, enquanto na região do Vale dos Sinos, este parâmetro está em torno de 4 a 4,9 mg/L. (BRASIL, 2012)

O Rio dos Sinos é um dos mananciais pertencentes à região hidrográfica do Atlântico Sul e possui cerca de 190 km de extensão. Tem sua nascente nos morros do município de Carará (altitude de 800 metros) e desemboca no delta do Jacuí, no município de Canoas (altitude de 5 metros). Na Figura 3 é apresentado um mapa que mostra as classes das águas do Rio dos Sinos ao longo do seu leito. Na região do município de Novo Hamburgo o Rio dos Sinos apresenta características de água superficial de classe 4, a pior entre as classes. A alta mortalidade de peixes, além dos baixos valores de OD, indica a degradação da bacia do Rio dos Sinos. Estes impactos ambientais se devem principalmente ao lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, além da disposição de resíduos sólidos neste rio, sem o devido controle.

Figura 3: Mapa de extensão do Rio dos Sinos, com a identificação das classes das águas em cada trecho do leito do rio.



Fonte: COMITESINOS, 2021

### 2.1.2 Qualidade da água em águas subterrâneas

As reservas de águas subterrâneas se formam no subsolo devido ao ciclo hidrológico, pela infiltração e percolação das águas pluviais e superficiais pelas fendas, e trechos permeáveis do solo, conforme Figura 4. Os reservatórios subterrâneos abrigam aproximadamente 0,6% de toda a água do planeta e estima-se que 97% da água doce disponível (sendo descontado a quantidade existente nas calotas polares) existente no globo terrestre estejam nestas reservas, por isso a importância em se pensar no seu uso consciente, afinal é um bem finito e esgotável (PAIM, 2018).

Figura 4: Formação de águas subterrâneas através do ciclo hidrológico.



Fonte: VARNIER, 2018.

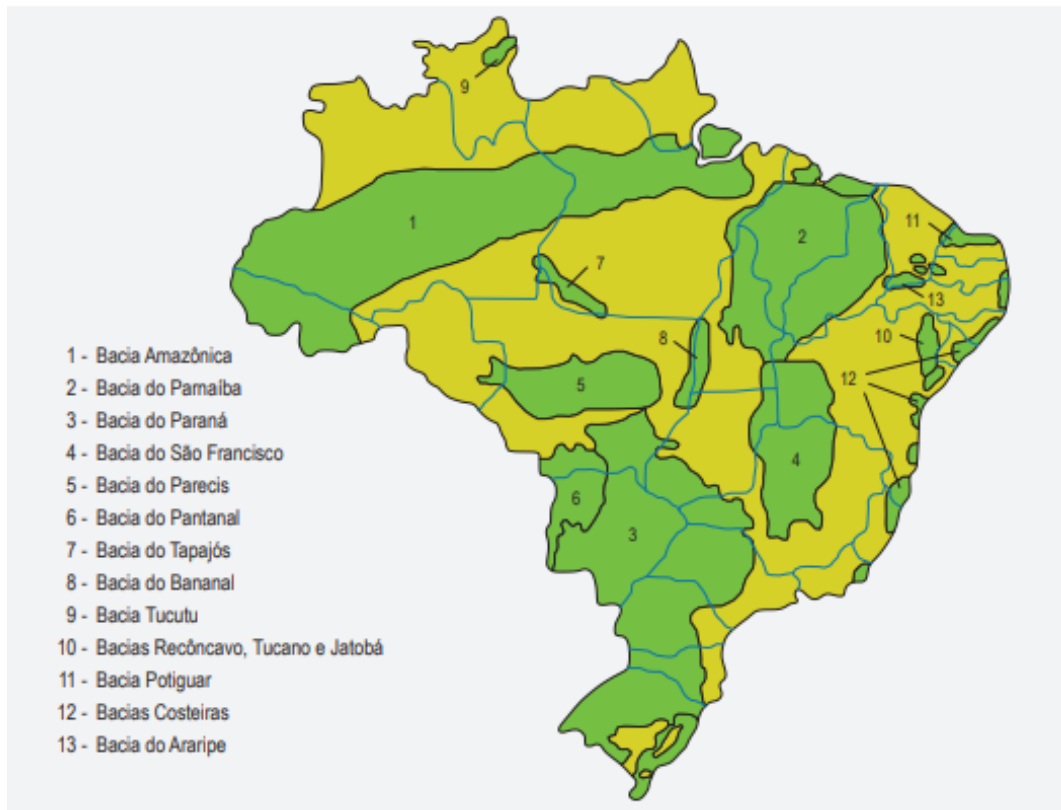
Águas subterrâneas abastecem nascentes, rios, pântanos e lagoas e as informações quanto a quantidade e qualidade das águas subterrâneas, ainda são escassas, pois existem poucos pontos de monitoramento (BRASIL, 2007). A forma como as rochas armazenam e transmitem a água subterrânea influencia diretamente a sua qualidade. Existem basicamente três formas em que a água ocorre no subsolo:

- Nas rochas fraturadas: a água está presente nas discontinuidades da rocha como falhas e fraturas. Corresponde às rochas ígneas e metamórficas.
- Nos terrenos fraturados-cársticos, além das discontinuidades da rocha, ocorre também a dissolução ao longo dos planos de fraturas, devido à presença de minerais solúveis nas rochas calcárias.

- Nas rochas sedimentares, a água é armazenada no espaço entre os grãos da rocha.

De forma geral, os terrenos sedimentares apresentam os melhores aquíferos, e ocupam cerca de 4.130.000 km<sup>2</sup>, ou seja, aproximadamente 48% do território nacional (Figura 5). Os terrenos cristalinos constituem os aquíferos cárstico-fraturados, que ocupam cerca de 4.380.000 km<sup>2</sup>, equivalente a 52% da área do Brasil (BRASIL, 2007).

Figura 5: Principais domínios sedimentares (verde) e cristalino (amarelo), ao longo do território nacional.



Fonte: (BRASIL, 2007)

Os poços subterrâneos consistem em perfurações no solo que objetivam atingir e extrair águas subterrâneas, oriundas de aquíferos confinados. São fontes alternativas utilizadas por uma parcela da população e, devido à escassez de dados referentes às perfurações, estima-se que existam aproximadamente 2,5 milhões de poços no país e 88% deles são clandestinos (TRATA BRASIL, 2019). Os poços subterrâneos são extremamente importantes quando se fala em crise hídrica mundial, pois são reservas de água sob a superfície que preenchem os poros entre rochas e sedimentos. As águas, desses poços subterrâneos, são utilizadas para consumo humano, uso industrial, atividades da agricultura, como irrigação, lazer, entre outras. As águas subterrâneas participam do fornecimento de águas principalmente para domicílios em regiões de zonas rurais. São utilizadas para turismo através de águas termais e na extração de água mineral (ZOBY; MATOS, 2002).

Segundo dados do IBGE (2002), 15,6% dos domicílios brasileiros utilizam água subterrânea, 77,8% utilizam água fornecida pela rede de abastecimento de água e 6,6% utilizam outras fontes de abastecimento. Já em 2017, segundo o IBGE, o número de domicílios que utilizam água fornecida pela rede de abastecimento de água aumentou para 85,5%, diminuindo assim a utilização de águas subterrâneas (IBGE, 2017).

A Resolução do CONAMA n° 396, de 3 de abril de 2008 traz a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, e apresenta uma separação das águas subterrâneas por classes, de acordo com a qualidade encontrada na sua captação, bem como os valores limites referentes a compostos orgânicos e diversos metais (BRASIL A, 2008). As águas subterrâneas utilizadas para consumo humano e recreação deverão atender os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria n° 888/2021 (descrita no tópico 2.2), do Ministério da Saúde, e na Resolução do CONAMA N° 357/2005, respectivamente.

## 2.2 Padrões de potabilidade para água destinada para consumo humano

A água destinada para consumo humano é dita potável e é aquela onde são atingidos os padrões de potabilidade estabelecidos na legislação vigente, definido pela Portaria GM/MS n° 888 de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre a Potabilidade da Água para Consumo Humano (BRASIL, 2021). Esta portaria alterou o Anexo XX da Portaria de Consolidação n°5 de 28 de setembro de 2017, o qual detalha a qualidade da água, bem como padrões de potabilidade.

A água potável pode ter destinação para a ingestão, preparação e produção de alimentos, bem como a higiene pessoal do indivíduo e é determinante para a saúde e qualidade de vida da população. O consumo de águas fora dos padrões de potabilidade pode ocasionar diversas doenças de origem hídrica, causadas por bactérias, vírus, fungos, entre outros. Porém, a realidade da população é de que nem todas as regiões recebem o abastecimento de água fornecido por empresa autorizada pelo poder público.

A Portaria n° 888/2021 apresenta os padrões bacteriológicos da água para consumo e estão apresentados na Tabela 5. Nesta tabela são apresentados os valores máximos permitidos (VMP) para coliformes totais em sistemas de abastecimento de água (SAA), solução alternativa coletiva (SAC) e solução alternativa individual (SAI).

Tabela 5: Padrões de potabilidade microbiológicos de água para consumo humano para SAA, SAC e SAI.

Formas de abastecimento		Parâmetro		VMP
SAI		Escherichia coli		Ausência em 100 mL
SAA e SAC	Na saída do tratamento	Coliformes totais		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição e pontos de consumo	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais	Se abastecem menos de 20 mil habitantes	Apenas 1 amostra, entre as examinadas, poderá apresentar resultado positivo

			Se abastecem mais de 20 mil habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras analisadas
--	--	--	--	---

Fonte: adaptada da Portaria nº 888/2021.

Segundo a Portaria nº888, o SAA deve coletar ao menos duas amostras semanais para o controle microbiológico com análise de coliformes totais. Já para trechos abastecidos por SAC devem ter uma frequência de amostragem de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6: Número de amostras e frequência de amostragem necessárias para controle microbiológico em SAA.

Parâmetro	Tipo de manancial	Número de amostras		Frequência de amostragem
		Saída do tratamento	No ponto de consumo	
Cor, pH, coliformes totais e <i>Escherichia coli</i>	Superficial	1	1	Semanal
	Subterrâneo	1	1	Mensal
Turbidez	Superficial	1	1	Semanal
	Subterrâneo	1	1	Semanal (na saída) Mensal (no consumo)
Residual de desinfetante	Superficial ou subterrâneo	1	1	Diário
Demais parâmetros	Superficial ou subterrâneo	1	-	Semestral

Fonte: adaptada da Portaria nº 888/2021.

A portaria determina que, no sistema de distribuição, os parâmetros físico-químicos que garantem a qualidade e potabilidade da água para consumo humano sigam os seguintes limites (BRASIL, 2021):

- Turbidez - Padrões: máximo permitido 5 uT (unidade de turbidez);
- Cor - Padrões: máximo permitido 15 uH (unidade Hazen);
- pH - Padrões: faixa recomendada entre 6,0 e 9,5;
- Cloro residual livre - Padrões: faixa recomendada entre 0,20 mg/L e 2,00 mg/L - Mínimo permitido 0,20 mg/L - Máximo permitido 5,00 mg/L.
- Coliformes totais - Padrões: ausência em 95% das amostras;
- Coliformes fecais (*Escherichia coli*) - Padrões: ausência em 100% das amostras.

Segundo o artigo n° 24 desta portaria, todos os SAA, inclusive as SAC devem ser monitorados e tratados para garantir uma quantidade mínima de cloro residual livre nos pontos de distribuição e pontos de consumo (BRASIL, 2021).

O artigo n° 96 do decreto estadual n° 23.430 de 24 de outubro de 1974 trata sobre a possibilidade de uso de água advinda de poço subterrâneo (SAC), e diz que é permitido o seu uso apenas para fins industriais ou para uso em floricultura ou agricultura, isto quando houver a disponibilidade de SAA. Ou seja, em locais onde existe SAA, a lei proíbe o uso das fontes de poços subterrâneos para consumo humano, e permite seu uso apenas para fins industriais e agrícolas.

Em contrapartida, em locais onde não há SAA, a legislação autoriza o uso das fontes alternativas. As empresas e estabelecimentos comerciais que farão uso dessas fontes alternativas necessitam de autorização dos órgãos competentes pois a utilizarão para um bem coletivo, o qual necessita de controle e vigilância, enquanto fontes alternativas individuais não necessitam de autorização.

As fontes alternativas utilizadas por estabelecimentos comerciais, além da documentação para regularização da extração de água subterrânea e dos laudos de análise da potabilidade da água periodicamente, necessitam também de um profissional responsável técnico habilitado para a análise das condições da fonte alternativa.

### *2.2.1 Tratamento de água em estações de tratamento de água*

A água bruta extraída das águas superficiais, dependendo da classe que se enquadrarem, necessitam passar por tratamentos físico-químicos para proporcionar potabilidade para a água extraída (BITTENCOURT, 2002). Os tratamentos físico-químicos, realizados nas estações de tratamento de água (ETA), geralmente utilizados, consistem em algumas etapas, descritas a seguir:

A) Coagulação/floculação: são operações unitárias que tem como objetivo separar os sólidos dispersos da água extraída do manancial. Consistem na formação de coágulos e flocos, através da reação da dispersão com um reagente coagulante. Os coagulantes mais usados são os sais de metais à base de alumínio ou ferro, tais como: sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato férrico, sulfato ferroso e policloreto de alumínio.

A etapa de floculação ocorre logo em seguida, e consiste no agrupamento das partículas coaguladas, formando partículas maiores, denominadas flocos. A floculação é favorecida com agitação moderada, onde há um maior contato entre as partículas e formação dos flocos. Os flocos formados possuem massa específica superior a massa específica da água, havendo sua deposição no fundo dos tanques da ETA. Cor, turbidez, carga orgânica, organismos patogênicos passíveis de coagulação, além de substâncias que podem conferir sabor e odor à água, são removidos após a finalização destas etapas.

B) Decantação: esta etapa é responsável pela remoção dos flocos, formados na etapa anterior. Tem-se então a fase sólida decantada (lodo) e a fase líquida sobrenadante (água clarificada). A camada de lodo formada no fundo dos decantadores precisa ser periodicamente removida.

C) Filtração: o objetivo desta etapa é remover os flocos mais finos e leves, não removidos na etapa anterior. Nesta operação unitária, a água clarificada, presente nos decantadores, é conduzida para um meio poroso. Normalmente são utilizados filtros de areia, com granulometria específica. Após esta etapa a água está clarificada e livre de turbidez, porém ainda pode apresentar microrganismos patogênicos.

D) Desinfecção: nesta etapa o objetivo é a remoção dos microrganismos nocivos aos seres humanos, mediante a destruição da estrutura celular, pela interferência no metabolismo como inativação de enzimas, pela interferência na biossíntese e no crescimento celular, através da adição de produtos químicos denominados agentes desinfetantes. Dentre os agentes desinfetantes, os mais utilizados são os produtos à base de cloro, tais como: cloro gasoso ( $\text{Cl}_{2(g)}$ ), solução aquosa de hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}_{(aq)}$ ) e o hipoclorito de cálcio sólido ( $\text{Ca(ClO)}_{2(s)}$ ).

E) Fluoretação: esta etapa é exigida pelo Ministério da Saúde como forma de garantir que a população tenha acesso ao flúor, com o objetivo de reduzir preventivamente a incidência de cáries em crianças principalmente. Os reagentes químicos que podem ser utilizados nesta etapa são: fluorsilicato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6(s)$ ) e ácido fluossilício ( $\text{H}_2\text{SiF}_6(l)$ ).

### 2.3 Indústrias de alimentos e cozinhas industriais

As indústrias de alimentos são estabelecimentos que preparam/manipulam, normalmente em grandes quantidades, alimentos ou ingredientes para a preparação de alimentos, para serem posteriormente comercializados. Pelo fato de realizarem a manipulação de itens que interferem diretamente na saúde da população é necessário que esta atividade seja realizada com a máxima higiene possível. Para isso a Portaria nº326, de 30 de julho de 1997, trouxe o regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos (BRASIL, 1997). Neste regulamento são abordados todos os requisitos necessários e que devem ser seguidos pelas indústrias de alimentos dentro do território nacional.

Cozinhas industriais são espaços especializados na preparação de alimentação. No contexto deste trabalho serão trazidos dados de cozinhas industriais que preparam alimentos para consumo imediato, as quais normalmente se instalam dentro de empresas e produzem refeições para os funcionários da mesma. O Brasil é reconhecido por ter uma legislação rígida neste setor, pois exige aspectos bem restritos para o funcionamento desta atividade, desde a determinação de local para a construção destes espaços, passando pela exigência de materiais específicos para os acabamentos da cozinha, além de regras sanitárias rígidas para iniciar e manter esta atividade em funcionamento. (GUIMARÃES, 2011)

A água desempenha um papel fundamental nas indústrias de alimentos e cozinhas industriais. Ela pode ser utilizada como ingrediente ou como veículo para incorporação de



ingredientes na fabricação e manipulação dos alimentos. Além disso, a água é utilizada como veículo para aquecimento e resfriamento, para limpeza e sanificação de equipamentos. Assim, o controle da qualidade da água é essencial nestes estabelecimentos, devendo abranger seus aspectos físicos, químicos e microbiológicos (GUIMARÃES, 2011).

Inúmeras doenças podem surgir quando há higienização ineficaz nos estabelecimentos manipuladores de alimentos. Cerca de 200 doenças podem ter origem alimentícia, sendo geralmente provocadas por agentes microbiológicos como bactérias, fungos (bolores), parasitas, vírus ou ainda agentes químicos que podem estar presentes principalmente na água utilizada. As bactérias representam o grupo mais importante, sendo responsáveis por cerca de 90% dos casos e 70% dos surtos. (GALLETTI, 2010)

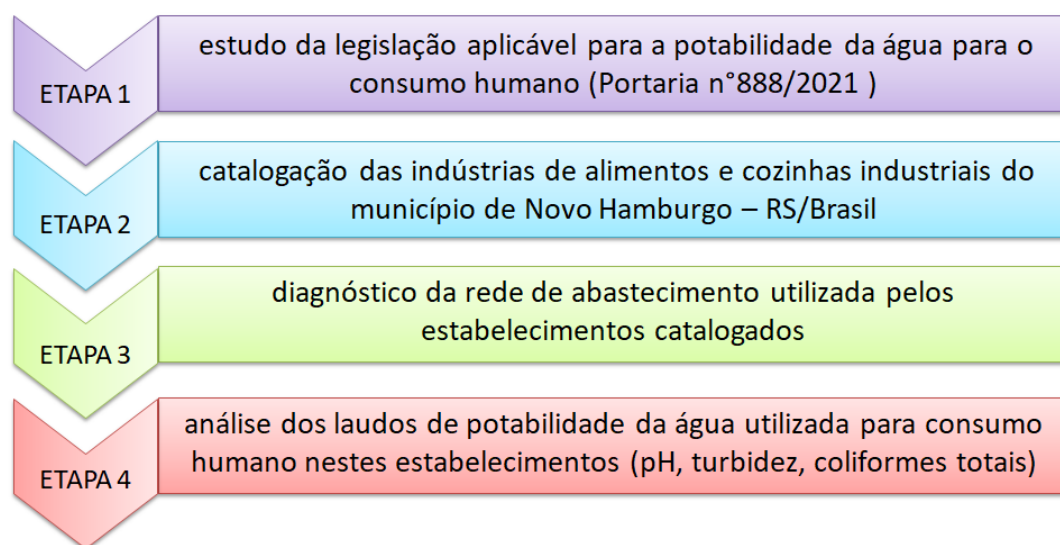
Desta forma, o controle da qualidade da água deve ser estabelecido na indústria de alimentos, acatando aos critérios da regulamentação vigente, com avaliação recorrente de suas características, assegurando que os produtos alimentícios proporcionem excelência em qualidade físico-química e microbiológica.

### 3 Materiais e Métodos

O trabalho desenvolvido seguiu a base de estudo de caso, realizando pesquisa bibliográfica sobre os padrões de qualidade da água e suas ramificações em bases de dados como *Science Direct*, Sistema LUME UFRGS e Google Acadêmico. Para a pesquisa bibliográfica foram utilizadas as seguintes palavras-chave na base de dados *Science Direct*: “*surface water quality*”, “*groundwater quality*”, “*water contaminants*”. No sistema LUME/UFRGS e Google Acadêmico foram realizadas buscas com as palavras-chave: “qualidade da água”, “escassez de recursos hídricos”, além da busca pela legislação aplicável para o uso de recursos hídricos. As palavras-chave foram pesquisadas entre setembro e outubro de 2021.

As etapas do trabalho consistiram em quatro partes: (1) estudo da literatura e da legislação aplicável para o consumo humano de água; (2) catalogação das indústrias de alimentos e cozinhas industriais com solicitação de alvará sanitário junto à Vigilância Sanitária do município de Novo Hamburgo; (3) diagnóstico da rede de abastecimento utilizada pelos estabelecimentos catalogados e (4) análise dos laudos de potabilidade da água utilizada para consumo humano nestes estabelecimentos e comparação com a legislação aplicável. As etapas estão apresentadas na Figura 6.

Figura 6: Etapas para o desenvolvimento do trabalho.



Fonte: Elaboração própria.

#### 3.1 Dados sobre os estabelecimentos estudados

Os dados referentes às indústrias de alimentos e cozinhas industriais do município de Novo Hamburgo – RS/Brasil, foram fornecidos pela Secretaria de Saúde do município, no setor de Gerência em Saúde, junto ao departamento de Vigilância Sanitária. Foram coletadas informações referentes às redes de abastecimento utilizadas pelos estabelecimentos que estavam com solicitação de alvará sanitário junto ao departamento.

O município de Novo Hamburgo possuía, entre janeiro e outubro de 2021, 56 indústrias de alimentos e 24 cozinhas industriais cadastrados na VISA. Foi realizado um levantamento de quantos estabelecimentos, dentre os selecionados, obtinham água de fonte alternativa (SAC) e sistema de abastecimento municipal (SAA). Além disso, foi observado se havia irregularidades quanto a fonte utilizada pelos estabelecimentos.

Os laudos de análise da potabilidade de água de poços subterrâneos existentes em indústrias de alimentos e cozinhas industriais, bem como água fornecida pelo sistema de abastecimento municipal (COMUSA) foram analisados quanto aos padrões estabelecidos pela legislação.

## **4 Resultados**

Neste capítulo serão abordadas as legislações aplicáveis para os sistemas de abastecimento de água no município de Novo Hamburgo, bem como as documentações necessárias em caso de uso de águas subterrâneas. Será apresentado o diagnóstico feito, quanto ao abastecimento de água, nas indústrias de alimentos e cozinhas industriais do município e ainda um estudo comparativo quando as análises da potabilidade da água utilizada no abastecimento.

### **4.1 Determinações legais para o consumo de água no município de Novo Hamburgo – RS/Brasil**

A legislação determina que seja utilizada a água fornecida pela rede municipal do sistema de abastecimento de água (SAA). Em locais onde não há SAA, fica permitido a utilização das soluções alternativas de abastecimento (SAC - poço subterrâneo). Em contrapartida, em locais onde há abastecimento de água, fica proibida a utilização da água de SAC.

Para utilização da fonte alternativa de água são necessários alguns documentos, os quais serão descritos a seguir. A Diretoria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul (DRH/RS) é o setor responsável pela emissão de um documento chamado outorga de poço subterrâneo, o qual é um documento que dá o direito de uso do poço em questão. Este documento faz parte da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), no qual o Poder Público autoriza o usuário a fazer uso desse bem. Neste documento são descritos, dentre outras informações, para qual finalidade de uso esta autorização está sendo emitida.

Além da outorga emitida pelo órgão estadual, outros documentos são necessários para a utilização do poço subterrâneo. A autorização para Solução Alternativa Coletiva (SAC) é um documento necessário para que se utilize a água de fontes subterrâneas em um contexto de uso para um grupo de pessoas, como por exemplo, em indústrias, cooperativas, entre outras. Esta autorização de SAC é emitida pelo órgão fiscalizador do município no qual o poço está localizado (setor de Vigilância Ambiental municipal, o qual é um departamento que existe dentro da Vigilância em Saúde do município). Para a emissão dessa autorização de SAC é necessário a apresentação de outros documentos, como por exemplo: croqui de localização do poço, outorga estadual emitida pela DRH/RS, plano de amostragem da água do poço, laudos de qualidade da água extraída, além de certidão de responsabilidade técnica de profissional habilitado para analisar periodicamente a qualidade da água oriunda do poço subterrâneo. Após a emissão da autorização de SAC, os laudos de qualidade da água extraída devem ser enviados trimestralmente para o órgão fiscalizador.

No município de Novo Hamburgo, a empresa que possui autorização do poder público para realizar a captação, tratamento e distribuição da água potável para a população é a autarquia COMUSA (Companhia Municipal de Saneamento de Novo Hamburgo). A COMUSA iniciou as atividades em 1998 e em dados apresentados no ano de 2017, informam que a empresa fornece água potável para 98% da população do município.

O Decreto Federal nº 5440, de 4 de maio de 2005, o qual “estabelece as definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano” regulamenta que os dados referentes à qualidade da água tratada e distribuída para a população sejam disponibilizados sob a forma de relatório anuais, os quais podem ser encontrados no site oficial da empresa COMUSA.

#### **4.2 Diagnóstico do abastecimento das indústrias de alimentos e cozinhas industriais de Novo Hamburgo – RS/Brasil**

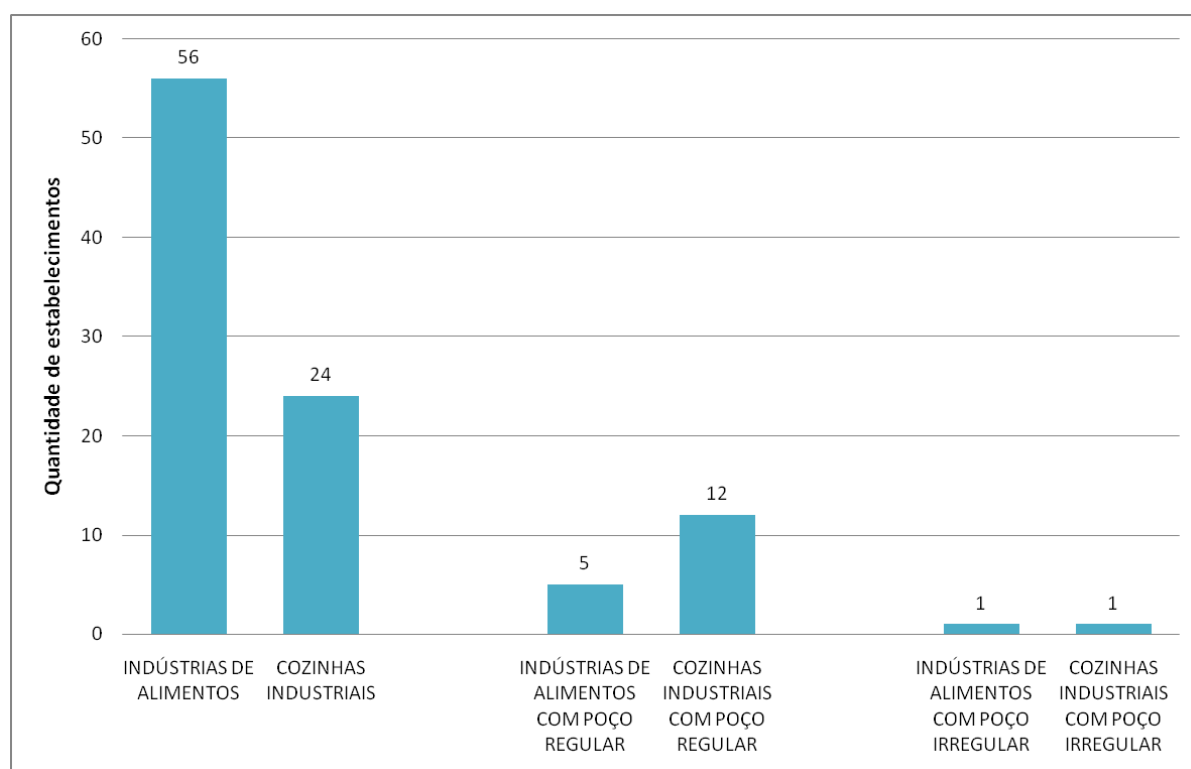
No levantamento realizado, foram catalogadas 56 indústrias de alimentos e 24 cozinhas industriais no município de Novo Hamburgo, conforme histograma apresentado na Figura 7. Estes estabelecimentos estavam aguardando vistoria da Vigilância Sanitária do município, objetivando a emissão do alvará sanitário. Uma das exigências para a emissão deste documento é a comprovação da qualidade da água utilizada na produção dos alimentos.

Das 56 indústrias de alimentos, 6 utilizam fontes alternativas de abastecimento (SAC). Apenas uma delas utiliza esta fonte de forma indevida, pois há o sistema de abastecimento de água municipal (SAA - COMUSA) disponível. Esta indústria de alimentos foi orientada e realizará adequações no projeto hidráulico do estabelecimento, para utilizar apenas o SAA – COMUSA como fonte de abastecimento de água para a produção dos alimentos.

Das 24 cozinhas industriais, 13 utilizam poço subterrâneo como fonte de abastecimento. Apenas uma das cozinhas industriais estava utilizando a água de fonte alternativa de forma indevida e foi também solicitado a adequação do projeto hidráulico do estabelecimento.

As 5 indústrias de alimentos (9% das indústrias) e as 12 cozinhas industriais (50% das cozinhas industriais) que utilizam SAC para abastecimento de água de forma regular, se localizam em regiões periféricas do município, onde não há o recebimento da água da COMUSA. Mais especificamente, algumas cozinhas industriais estão situadas dentro de empresas contratantes, que se localizam na Rodovia RS-239; outras se localizam no bairro Lomba Grande. Estas duas regiões, são consideradas como pontos críticos para o abastecimento pela rede municipal (COMUSA).

Figura 7: Histograma de diagnóstico das indústrias de alimentos e cozinhas industriais do município de Novo Hamburgo.



Fonte: elaboração própria.

### 4.3 Laudos de potabilidade de água para consumo humano

Os laudos de potabilidade das águas oriundas das SAC, fornecidos pelas indústrias de alimentos e cozinhas industriais foram analisados e alguns dados foram selecionados para serem apresentados neste trabalho.

#### 4.3.1 Cozinha industrial com uso de fonte alternativa (poço subterrâneo)

Uma cozinha industrial, localizada na RS-239 (ponto crítico para abastecimento da COMUSA), realiza as análises de potabilidade da água e emite trimestralmente um laudo de qualidade da água, o qual é recebido pelo departamento de Vigilância Ambiental em Saúde do município. Na Tabela 7, serão apresentados os resultados apresentados pelos laudos de análise da água extraída da fonte alternativa, pela cozinha industrial. O estabelecimento apresenta as análises com amostras coletadas na saída do tratamento, onde há uma bomba clorada para sanificação e no ponto de consumo.

As amostras coletadas apresentaram turbidez abaixo do valor máximo permitido pela legislação federal (5 uT) e as análises de cor se encontram abaixo do limite de quantificação. A água coletada foi então considerada límpida e incolor. O pH medido nas amostras coletadas permaneceu estável e dentro da faixa estabelecida pela legislação. Nas análises de cloro residual livre (mg/L), o estabelecimento apresentou a média mensal, bem como a menor

concentração observada no período. A legislação exige a presença do cloro residual livre com concentração entre 0,20 mg/L, e 2,0 mg/L, com limite máximo de 5,0 mg/L em todo o sistema de distribuição, desde a saída do tratamento até o ponto de consumo. O estabelecimento apresentou níveis abaixo do estabelecido, para este parâmetro, no primeiro e terceiro trimestre de 2020, e níveis acima no terceiro trimestre do ano de 2020. Portanto, a empresa terá que adequar os níveis de cloração realizados na água extraída do poço subterrâneo.

Tabela 7: Resultados de turbidez (uT), pH, cloro residual das amostras extraídas de SAC em uma cozinha industrial. (coleta de amostra 1: na saída da rede de abastecimento, 2: no ponto de consumo)

Período de amostragem em 2020	Turbidez média mensal (uT)		pH		Cloro residual livre média mensal (mg/L)		Cloro residual livre mínimo (mg/L)	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
1° trimestre	0,804	0,225	6,33	6,62	1,36	0,5	0,56	0,09
2° trimestre	0,6255	0,430	6,50	6,80	1,52	0,71	1,52	1,73
3° trimestre	0,214	0,592	6,21	6,36	0,30	9,22	0,30	0
4° trimestre	0,221	0,165	6,37	6,30	2,80	2,48	2,80	2,18

Fonte: Vigilância em Saúde de Novo Hamburgo.

Os laudos apresentam ainda os resultados para coliformes totais e coliformes fecais (*Escherichia coli*). Todas as amostras analisadas apresentaram resultados de ausência de crescimento em amostras de 100 mL, conforme exige a legislação federal para padrões de potabilidade de águas para consumo humano.

#### 4.3.2 Indústria de envase de água mineral

Uma das indústrias catalogadas como “indústria de alimentos” se trata de uma indústria de envase de água mineral, localizada no bairro Lomba Grande no município de Novo Hamburgo (RS/Brasil). O poço subterrâneo desta indústria possui profundidade de aproximadamente 130 metros e a bomba de captação está localizada a 80 metros da superfície.

Esta empresa possui um poço de captação de água cristalina e além das análises tradicionais apresentadas para se enquadrar como uma água com potabilidade, adequada para consumo humano, é necessário que essa empresa realize também análises de água referente aos elementos inorgânicos contidos na água captada. Estas análises laboratoriais específicas para águas subterrâneas cristalinas são efetuadas pela Rede de Laboratórios de Análises Mineraias (LAMIN). Essas análises são essenciais para a qualidade e certificação das águas minerais comercializadas no território nacional.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados quanto às análises físico-químicas e microbiológicas realizadas na água mineral amostrada. A empresa realiza análise microbiológica completa, rastreando 5 famílias de bactérias com potencial patogênico, além

de coliformes totais. Os resultados demonstram que a água extraída apresenta potabilidade de acordo com os padrões físico-químicos e microbiológicos, entretanto, águas de aquíferos cristalinos necessitam de aprovação também nas análises dos elementos inorgânicos, e alguns íons (presentes principalmente em desinfetantes), os quais estão apresentados na Tabela 9. Os valores máximos permitidos (VMP) para os elementos inorgânicos são oriundos da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 274, de 22 de setembro de 2005, do Ministério da Saúde. Esta resolução traz o regulamento técnico para águas envasadas e gelo. Os resultados demonstram que a água captada com a finalidade de envase de água mineral atende satisfatoriamente todos os parâmetros analisados.

Tabela 8: Resultados das análises físico-química e microbiológica de amostra de água coletada de poço subterrâneo de fonte cristalina. (ufc: unidade formadora de colônia).

<i>Parâmetro</i>	<i>FAIXA PERMITIDA</i>		<i>RESULTADO</i>
Cor	-		Ausente
Odor	-		Ausente
Turbidez	-		Ausente
pH	6,00 a 9,00		7,20
	<i>UNIDADE</i>	<i>LQ</i>	<i>RESULTADO</i>
Coliformes totais	/100 mL	-	Ausência
Escherichia coli	/100 mL	-	Ausência
Clostridium perfringens	ufc /100 mL	1,00	<1
Enterococcus sp.	ufc /100 mL	1,00	<1
Pseudomonas aeruginosa	ufc /100 mL	1,00	<1

Fonte: Vigilância em Saúde de Novo Hamburgo.

Tabela 9: Resultados das análises de elementos inorgânicos presentes na água mineral. (VMP: valor máximo permitido pela RDC nº274/2005)

<i>Parâmetro</i>	<i>VMP (mg/L)</i>	<i>Resultado</i>
Alumínio	-	< 0,03
Antimônio	0,005	<0,005
Arsênio	0,01	< 0,008
Bário	0,7	0,162
Berílio	-	< 0,001
Boro	5	0,028
Cádmio	0,003	< 0,002
Cálcio	-	20,590
Chumbo	0,01	< 0,010
Cobalto	-	< 0,003
Cobre	1	0,003
Cromo	0,05	< 0,003
Estanho	-	< 0,010
Estrôncio	-	0,083
Ferro	-	0,111



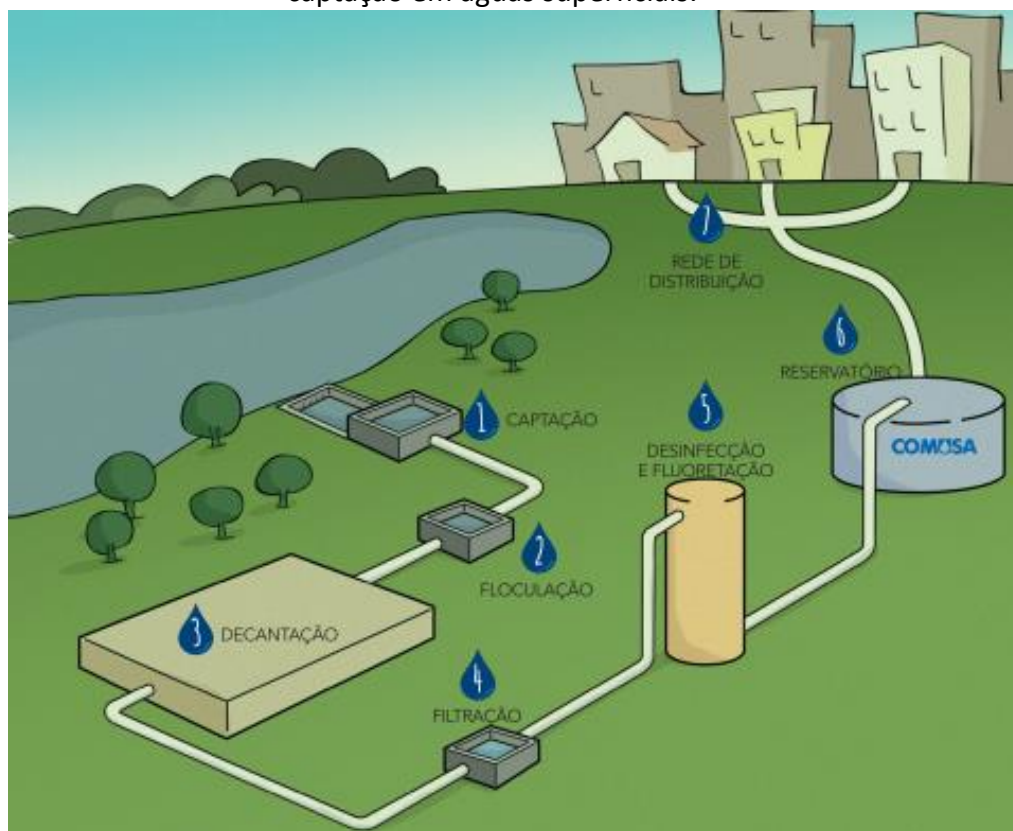
Lítio	-	0,008
Magnésio	-	8,319
Manganês	0,5	< 0,007
Mercúrio	0,001	< 0,0003
Molibdênio	-	0,007
Níquel	0,02	< 0,007
Potássio	-	4,179
Selênio	0,01	< 0,010
Silício	-	22,430
Sódio	-	29,470
Titânio	-	< 0,005
Vanádio	-	< 0,030
Zinco	-	< 0,020
Amônio	-	< 0,05
Bicarbonato	-	149,25
Brometo	-	0,05
Carbonato	-	0,00
Cianeto	0,07	< 0,01
Cloreto	-	5,78
Fluoreto	-	0,14
Fosfato	-	0,10
Gás carbônico	-	0,00
Gás sulfídrico	-	< 0,02
Nitrato	50	4,70
Nitrito	0,02	< 0,005
Sulfato	-	8,85

Fonte: Vigilância em Saúde de Novo Hamburgo.

#### 4.3.3 Qualidade da água fornecida pela COMUSA

A maioria dos estabelecimentos catalogados recebem água pelo SAA do município, fornecida pela empresa COMUSA. A COMUSA faz a captação de água superficial do Rio dos Sinos e realiza o tratamento em sua estação de tratamento de água (ETA). A água bruta extraída do Rio dos Sinos primeiramente passa pelo processo de coagulação/floculação, seguido pela etapa de decantação, filtração, posterior desinfecção e finalizando com a fluoretação, conforme Figura 8. A COMUSA produz em média 700 litros por segundo de água tratada e possui 113 pontos de controle de qualidade da água, distribuídos pelo município.

Figura 8: Etapas de tratamento de água realizado pela ETA da empresa COMUSA, após captação em águas superficiais.



Fonte: COMUSA.

A COMUSA disponibiliza os relatórios mensais e anuais referentes às análises realizadas para o controle da potabilidade da água distribuída. Na Tabela 10 estão apresentados a média dos resultados obtidos para as análises realizadas na água após a passagem pela ETA, para o ano de 2020.

No mês de maio de 2020, o percentual de amostras com presença de coliformes totais foi maior que 5% (estabelecidos pela legislação), segundo a COMUSA, em caso de resultados fora dos padrões, a companhia rapidamente adota as medidas necessárias para o reestabelecimento dos padrões. Segundo o relatório anual, em maio de 2020, foram realizadas análises de coliformes totais em 360 amostras coletadas, e 332 delas estavam em acordo com a ausência de coliformes totais em 100 mL.

Tabela 10: Resultados das análises de potabilidade da água superficial captada do Rio dos Sinos e tratada na ETA da empresa COMUSA, no ano 2020.

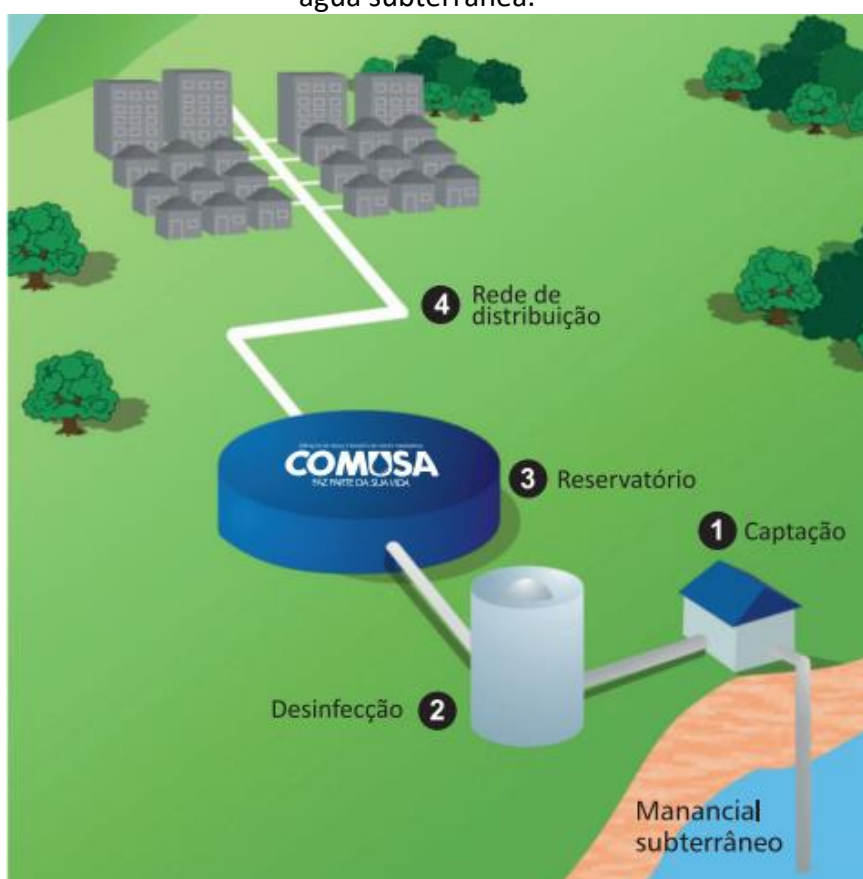
Período de amostragem em 2020	pH	Cor (UH)	Turbidez (UT)	Cloro livre (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	% amostras com presença de coliformes totais
Janeiro	6,79	2	0,24	0,95	0,69	2,1
Fevereiro	6,83	6	0,45	0,84	0,68	3,8

Março	6,83	5	0,25	0,85	0,68	2,1
Abril	7,07	9	0,26	0,33	0,76	4,2
Maió	6,93	3	0,28	0,58	0,74	7,8
Junho	6,79	2	0,25	1,09	0,73	4,6
Julho	6,58	1	0,29	1,36	0,68	5
Agosto	6,70	0	0,31	1,37	0,73	5
Setembro	6,75	0	0,27	1,18	0,76	1,7
Outubro	6,98	1	0,30	1,34	0,72	1,7
Novembro	7,00	3	0,31	1,25	0,76	1,7
Dezembro	6,98	0	0,29	1,2	0,77	1,7

Fonte: Vigilância em Saúde de Novo Hamburgo.

A empresa COMUSA realiza também a captação de águas subterrâneas para a distribuição para a população que reside em regiões periféricas da cidade. O tratamento realizado após a captação da água subterrânea, segundo a COMUSA, é apenas de desinfecção, conforme Figura 9. A água subterrânea é captada em 3 pontos diferentes: Loteamento da Lomba, Loteamento Jardim da Figueira e Loteamento COOPSERV.

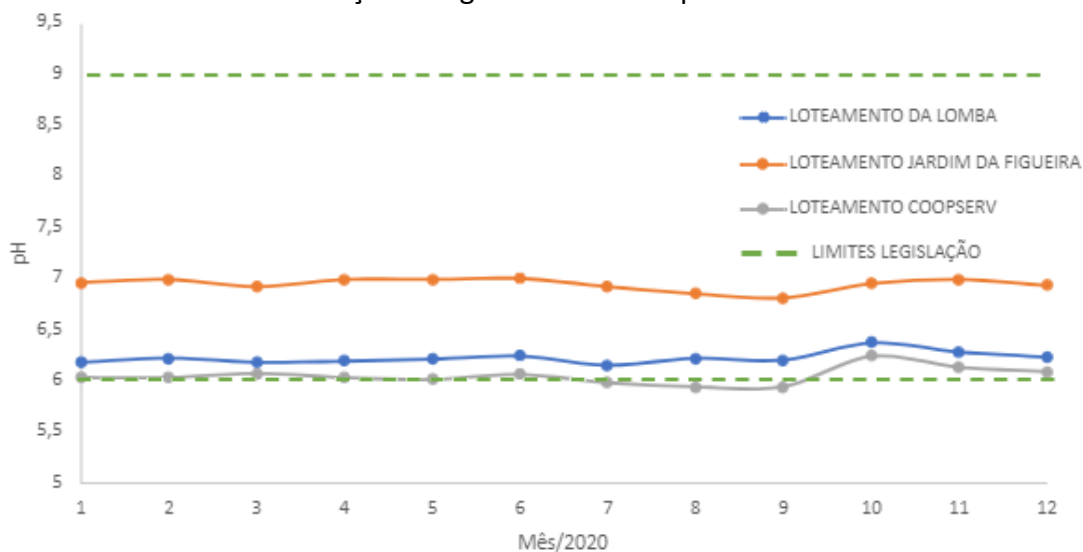
Figura 9: Etapas de tratamento da água realizado pela empresa COMUSA após extração de água subterrânea.



Fonte: COMUSA

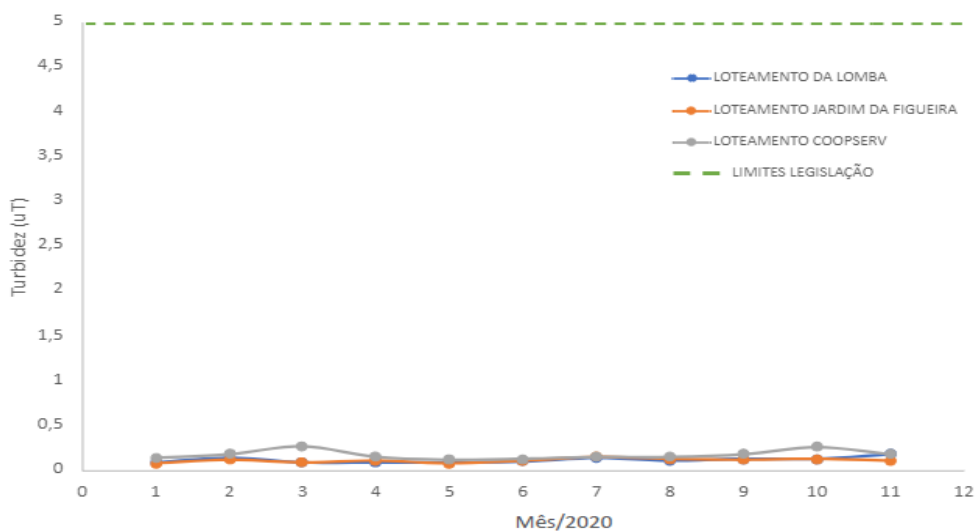
Os resultados das análises de pH, turbidez e cloro residual livre, realizadas nos três loteamentos, ao longo do ano de 2020, são apresentados nas Figuras 10 a 12. O pH permaneceu dentro dos limites estabelecidos pela legislação nos 3 loteamentos. Apenas entre julho e setembro, o loteamento COOPSERV teve pH abaixo do limite inferior. Turbidez apresentou resultados muito próximos de zero, e isto é muito satisfatório pois significa que a água distribuída é límpida. Os resultados para cloro residual livre ficaram entre os limites estabelecidos pela legislação. As análises de cor e o percentual de amostras com presença de coliformes fecais apresentaram resultados nulos.

Figura 10: Resultados de análises de pH, ao longo do ano de 2020, para os 3 loteamentos com extração de água subterrânea pela COMUSA.



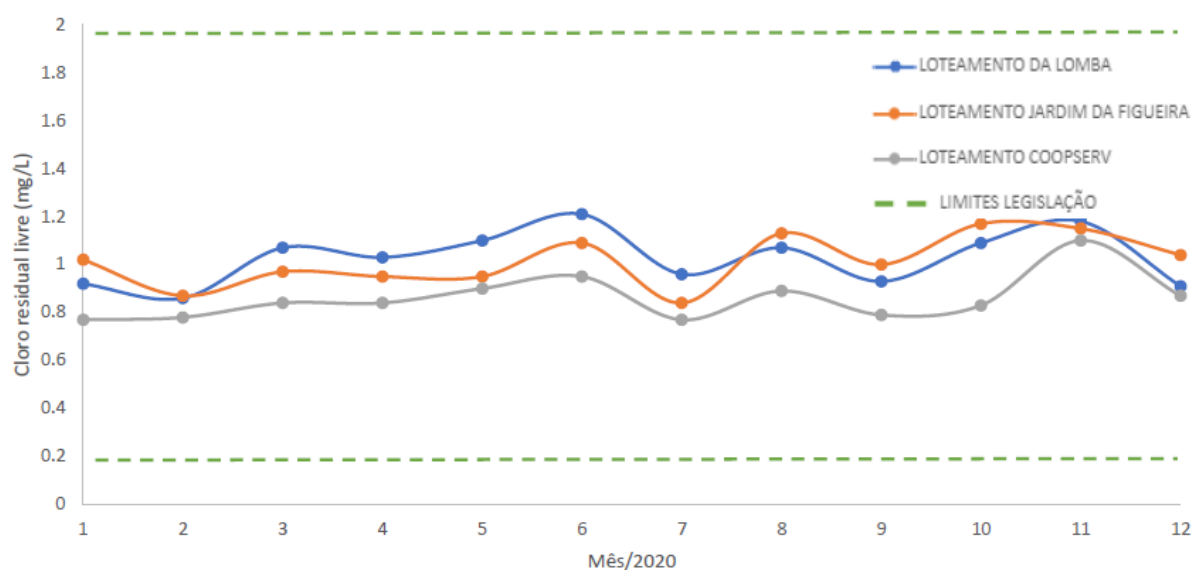
Fonte: Vigilância em Saúde de Novo Hamburgo.

Figura 11: Resultados de análises de turbidez (uT), ao longo do ano de 2020, para os 3 loteamentos com extração de água subterrânea pela COMUSA.



Fonte: Vigilância em Saúde de Novo Hamburgo.

Figura 12: Resultados de análises de cloro residual livre (mg/L), ao longo do ano de 2020, para os 3 loteamentos com extração de água subterrânea pela COMUSA.



Fonte: Vigilância em Saúde de Novo Hamburgo.

A Tabela 11 apresenta a média anual dos parâmetros para os três loteamentos e, durante o ano de 2020, a água fornecida pela COMUSA apresentou resultados satisfatórios de potabilidade para a água. Estes resultados demonstram que o processo de sanificação realizado na água subterrânea captada é suficiente para tornar a água potável para consumo humano.

Tabela 11: Média anual dos resultados das análises de potabilidade da água subterrânea captada e desinfetada pela empresa COMUSA, nos 3 loteamentos.

Loteamento	Nº médio de amostras coletadas/mês	pH	Turbidez (uT)	Cloro residual livre (mg/L)
da Lomba	61	6,22	0,11	1,03
Jardim da Figueira	63	6,94	0,10	1,02
COOPSERV	61	6,05	0,16	0,86

Fonte: Vigilância em Saúde de Novo Hamburgo.

## 5 Conclusões e Trabalhos Futuros

A qualidade da água distribuída para as indústrias de alimentos e cozinhas industriais do município de Novo Hamburgo se encontra em situação adequada ao estabelecido pela legislação. Do total de estabelecimentos desse setor, 9% das indústrias de alimentos e 50% das cozinhas industriais utilizam fontes subterrâneas de abastecimento de água. Os estabelecimentos realizam análise de potabilidade da água e disponibilizam os resultados para o setor de Vigilância Ambiental em Saúde do município.

Foram selecionados dois estabelecimentos para apresentação dos resultados das análises de potabilidade da água neste trabalho. A cozinha industrial escolhida se localiza na RS-239 e realiza a sanificação da água subterrânea captada. A indústria de alimentos selecionada foi uma indústria de envase de água mineral, a qual além das análises físico-químicas previstas pela legislação, apresenta as análises de elementos inorgânicos e minerais presentes na água. Os laudos apresentados pelos estabelecimentos apresentam resultados satisfatórios de potabilidade da água para consumo humano.

Os laudos de potabilidade da água fornecida pela rede municipal de abastecimento (COMUSA), foram também analisados. A COMUSA realiza captação de água de manancial superficial (Rio dos Sinos) e de água subterrânea. O ponto de captação de água no Rio dos Sinos apresenta-se na Classe 4 de acordo com a Resolução nº357/2005 (a pior entre as classes em qualidade da água). A água passa por tratamento na estação de tratamento da empresa e é distribuída para a população com a apresentação dos laudos de potabilidade realizados na saída da ETA. A água subterrânea é captada pela COMUSA em 3 pontos distintos. A água captada nestes 3 locais passa por uma etapa de sanificação para posterior distribuição. E os laudos de potabilidade apresentados demonstram que as águas, tanto superficiais, quanto subterrâneas, distribuídas pela COMUSA, se encontram dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano.

Este estudo contribui para estimar o alcance que a rede de abastecimento municipal está tendo nestes ramos de atividade e aponta para as regiões onde poderia haver melhoras nesta distribuição. Os laudos apresentados pela empresa COMUSA possuem resultados satisfatórios para a potabilidade da água captada e tratada. Entretanto, por se tratar de uma água proveniente de um manancial Classe 4, poderia haver a implementação de mais uma etapa de tratamento ao final do processo, como a de ozonização.

Para trabalhos futuros há a possibilidade de avaliar as fontes de abastecimento utilizadas pelos demais estabelecimentos passíveis de alvará sanitário no município.

## REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água no mundo — Português (Brasil)**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 28 out. 2021.

AUGUSTO, L. G. S.; GURGEL, I. G. D.; Neto, H. F. C.; Melo, C. H.; Costa, A. M. “O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano”. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1511–1522, 2012.

BITTENCOURT, C.; DE PAULA, M. A. S. **Tratamento de Água e Efluentes – Fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos**. São Paulo: Saraiva Educação S.A., 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília, DF: TDA Brasil, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil**. Brasília, DF: Maxi Gráfica, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **PORTARIA GM/MS Nº 888**, DE 4 DE MAIO DE 2021 Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **PORTARIA Nº 326**, DE 30 DE JULHO DE 1997 - Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 15 de junho 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, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 396**, de 7 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2008.

BROETTO, T. **Indicadores de impactos ambientais da agropecuária em bacias hidrográficas**, Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016.

CETESB. **Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas Índice**. 2017 Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2003**. Disponível em: [http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao\\_urbanismo\\_e\\_meio\\_ambiente/biblioteca\\_virtual/bv\\_informativos\\_tecnicos/Relat%C3%B3rio%20Anual.pdf](http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/biblioteca_virtual/bv_informativos_tecnicos/Relat%C3%B3rio%20Anual.pdf)

CHEN, C.; Wang, S; Kim, H.; Pan, S.; Fan, C.; Lin, Y. “Non-conventional water reuse in agriculture: A circular water economy”. **Water Research**, v. 199, 2021.

COMITESINOS - **Enquadramento legal das águas**. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/projeto-enquadramento-legal-dasaguas>. Acesso em: 28/10/2021.

EREGNO, F. E.; TRYLAND, I.; TJOMSLAND, T.; KEMPA, M.; HEISTAD, A. “Hydrodynamic modelling of recreational water quality using Escherichia coli as an indicator of microbial contamination”. **Journal of Hydrology**, v. 561, 2018.

GALLETTI, J. P.; FLORESTA, A. C. F.; SANTOS, H. D.; MINHARRO, S. “Qualidade de água de abastecimento na indústria de produtos de origem animal: revisão bibliográfica”. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, 2010.

GUIMARÃES, A. L. A. **Água na indústria de alimentos**. Portal Educação, 2011. Disponível em: <https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/Farmacia/agua-na-industria-de-alimentos/57760>. Acesso em: 30 out. 2021.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico | Área do setor de saneamento | 2017**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017>. Acesso em: 19 out. 2021.

MARQUES, M. N.; COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F.; FILHO, O. B. “Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do rio ribeira de iguape, São Paulo”. **Química Nova**, v. 30, n. 5, 2007.



MASTERS, N.; WIEGAND, A.; AHMED, W.; KATOULI, M. “Escherichia coli virulence genes profile of surface waters as an indicator of water quality”. **Water Research**, v. 45, n. 19, 2011.

NTHUNYA, L. N.; KHUMALO, N. P.; VERLIEFDE, A. R.; MAMBA, B. B.; MHLANGA, S. D. “Quantitative analysis of phenols and PAHs in the Nandoni Dam in Limpopo Province, South Africa: A preliminary study for dam water quality management”. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 112, 2019.

PAIM, Rosana Alves. **Avaliação da qualidade da água subterrânea de poços ponteira no município de Osório, RS**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2018.

PINTO, Elis. “Geopolítica da água”. **Revista de Geopolítica**, v. 8, n. 1, p. 19–32, 2017.

QIN, Y.; KWON, H. J.; HOWLADER, M. M. R.; DEEN, M. J. *et al.* Microfabricated electrochemical pH and free chlorine sensors for water quality monitoring: recent advances and research challenges. **RSC Advances**, v. 5, n. 85, 2015.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, J. R., Benedito, P. F.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras Editora, 1999.

RODRIGUES, B. B. **Contaminação de microbacias urbanas: o caso do Arroio Moinho, Porto Alegre, RS, Brasil**. Dissertação de Mestrado. 2020.

SEMA-RS, Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do RS. **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas> Acesso em 25 nov. 2021.

TRATA BRASIL, 2021. **Dificuldades de acesso e distribuição de água no país**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/pt/institucional-blog/dificuldades-do-acesso-e-distribuicao-de-agua-no-pais> Acesso em: 20 nov. 2021.

TRATA BRASIL, 2019. **O cenário do uso das águas subterrâneas no Brasil**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/pt/estudo-blog/estudos-itb/o-cenario-do-uso-das-aguas-subterraneas-no-brasil> Acesso em: 23 nov. 2021

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. “Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP”. **Eclética Química**, v. 22, 1997.

VARNIER, Cláudia. **CARACTERIZAÇÃO E VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEA**. 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/01/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o-e-Vulnerabilidade-das-%C3%81guas-Subterr%C3%A2neas-Claudia-Varnier.pdf>. Acesso em 15 Out. 2021.

XING, W.; HAN, Y.; GUO, Z.; ZHOU, Y. "Quantitative study on redistribution of nitrogen and phosphorus by wetland plants under different water quality conditions". **Environmental Pollution**, v. 261, 2020.

ZHANG, Y.; LIANG, J.; ZENG, G.; TANG, W.; LU, Y.; LUO, Y.; XING, W.; TANG, N.; YE, S.; LI, X.; HUANG, W. "How climate change and eutrophication interact with microplastic pollution and sediment resuspension in shallow lakes: A review". **Science of The Total Environment**, v. 705, 2020.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. "Águas subterrâneas no brasil e sua inserção na política nacional de recursos hídricos" Florianópolis. **Congresso brasileiro de águas subterrâneas**. Florianópolis, p. 12, 2002.