

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
ENGENHARIA QUÍMICA**

**TANANE LIMA BARCELLOS AVEIRO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CACIMBÃO NA ZONA SUL DE BAGÉ**

**Bagé  
2023**

**TANANE LIMA BARCELLOS AVEIRO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CACIMBÃO NA ZONA SUL DE BAGÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tânia Regina de Souza

**Bagé  
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

A948a Aveiro, Tanane Lima Barcellos

Análise da qualidade da água do Cacimbão na zona sul de  
Bagé / Tanane Lima Barcellos Aveiro.

66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2023.

"Orientação: Tânia Regina de Souza".

1. Águas subterrâneas. 2. Potabilidade. 3. Parâmetros. 4.  
Escherichia coli. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa

**TANANE LIMA BARCELLOS AVEIRO**

## **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CACIMBÃO NA ZONA SUL DE BAGÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 08 de fevereiro de 2023.

Banca examinadora:

---

Profa. Dra. Tânia Regina de Souza  
Orientador  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr. Marcilio Machado Morais  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr. Gabriel Henrique Justi  
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **GABRIEL HENRIQUE JUSTI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/02/2023, às 10:34, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MARCILIO MACHADO MORAIS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/02/2023, às 17:18, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/02/2023, às 09:22, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1043861** e o código CRC **37DC1A41**.

Referência: Processo nº 23100.002091/2023-90 SEI nº 1043861

Não há exemplo maior de dedicação do que o da nossa família. À minha querida família, que tanto amo e admiro, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste percurso.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, à minha mãe Oxum e aos meus Guias de Luz por iluminarem o meu caminho, concedendo saúde e força para enfrentar toda e qualquer adversidade surgida em minha vida até aqui.

Agradeço a minha família, por todo apoio e esforço investido em minha educação, pelas orientações e conforto durante minha trajetória acadêmica, em especial à minha mãe Naira, pessoa de uma fortaleza infinita, melhor amiga e melhor abrigo para seus filhos, ao meu pai Valmir, que nunca mediu esforços para me agradar e me fazer feliz, aos meus anjos enviados por Deus, meus irmãos Talisson e Thauã, vocês são os melhores irmãos que alguém poderia ter, e estejam certos de que no meio de tanta gente, são os olhos em que mais senti segurança e admiração para seguir percorrendo meu caminho acadêmico, e não esqueçam: “Onde estiver estaremos juntos para sempre”.

Às minhas amadas e amigas avós, Vó Ni e Vó Neca, pelo suporte e por vibrarem comigo em cada conquista em minha vida, por menor que fosse. Ao meu amado e querido avô Vanderlei Feijó Aveiro, *in memoriam*, que mesmo morando lá no céu, jamais deixou de iluminar meus passos, e essa conquista é para o senhor.

Agradeço a todos meus familiares, tios, dindos e primos por estarem sempre torcendo e me desejando o melhor. Não esquecendo de que os amigos são a família que escolhemos pra nós, gostaria de agradecer também a estas pessoas tão especiais, pela paciência, compreensão, amor, carinho e colo durante os períodos difíceis.

Agradeço ao meu namorado, companheiro e amigo Matheus, quem me traz a paz quando o mundo tira, e quem me faz sentir a pessoa mais capaz e extraordinária desse planeta. Obrigada meu amor, por caminhar comigo e não soltar minha mão quando as coisas não estavam fáceis.

Agradeço a todos os meus colegas e amigos que fiz na Uni, seja lá no início ou agora ao final do curso, por toda a amizade, apoio e incentivo durante os momentos compartilhados na graduação. “Weee” – entendedores entenderão.

Agradeço à minha querida orientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Tânia Regina de Souza, que foi muito além de uma excelente professora que compartilhou ensinamentos e dicas valiosas para a realização deste estudo e ao longo da

graduação, mas também foi uma amiga com quem pude conversar, dividir anseios e receber conselhos e palavras de carinho que levarei para a vida toda, tanto profissional quanto pessoal, afinal: “Depois da tempestade vem a bonança”- Mt 10,16-23.

Agradeço ao professor Dr. Marcílio Machado Morais e ao professor Dr. Gabriel Henrique Justi, pelas considerações e contribuições valiosas acerca desta pesquisa.

Gostaria de agradecer a Universidade Federal do Pampa, universidade pública, gratuita e de qualidade, a todo seu corpo docente, direção e administração, os quais contribuíram de forma significativa para minha formação acadêmica até este momento.

A todos, minha eterna gratidão.

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”*

Arthur Schopenhauer.

## RESUMO

A água é imprescindível à vida de todos os seres, e para ser considerada potável deve possuir valores adequados para os parâmetros de potabilidade, estipulados pela Portaria n. 888/2021 do Ministério da Saúde. Aquíferos são reservatórios subterrâneos de água da chuva, a qual se infiltra pelo solo e escoar entre os poros, passando por um processo de filtração natural, sendo apontados como uma boa reserva frente a uma possível falta de água no mundo. Bagé é uma cidade com histórico de estiagem, cuja população convive com restrições de consumo de água pela rede de abastecimento, em períodos acentuados de escassez hídrica, levando a população a buscar por fontes alternativas de água para garantir seu abastecimento. Pelo exposto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a água do Cacimbão, que é uma fonte natural advinda de lençol freático na zona sul de Bagé, em que foi analisada a presença de contaminantes na água, além de se propor um possível tratamento prévio para a sua utilização pela comunidade. A metodologia consistiu em coletar 5 amostras de água no Cacimbão e 1 amostra em uma residência próxima a ele, cuja água provém da rede de abastecimento do município, e em realizar análises físico-químicas e microbiológicas nestas águas. Foram obtidos valores de pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade, oxigênio dissolvido, dureza, coliformes totais e termotolerantes. O pH ficou em torno de 7 e a turbidez na ordem de 0.3 NTU. A condutividade elétrica apresentou valor médio de 310.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a análise de sólidos totais dissolvidos 155.2 ppm e a salinidade ficou em torno de 7‰. As análises de oxigênio dissolvido resultaram em 7.3 ppm, e a dureza da água em 159.5 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . As análises microbiológicas detectaram a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em todas as amostras coletadas no Cacimbão, e ausência destes na amostra coletada na residência. Assim, a água do Cacimbão se mostrou dentro dos padrões da legislação nos parâmetros físico-químicos (exceto para condutividade elétrica), sendo classificada como água potável, salobra de classe 1. Para os parâmetros microbiológicos, a água se mostrou não potável. Foram propostas duas técnicas de desinfecção para tratamento prévio desta água: fervura e a adição de cloro, em que apenas esta última apresentou resultado promissor.

Palavras-chave: Águas subterrâneas. Potabilidade. Parâmetros. *Escherichia coli*.

## ABSTRACT

Water is essential for the life of all living beings. The potable water must comply with the specified parameters by the Potability Legislation, Ordinance 888/2021 of the Ministry of Health. Aquifers are underground reservoirs of rainwater, which undergoes a natural filtration as it percolates through the cracks in the soil surface, and so they are pointed out as a good option for the lack of water in the world. Bagé is a city with drought history, which consequently led its inhabitants to live with restrictions on the regular water network consumption in times of severe water scarcity, this situation encourages the population to look for alternatives on the water supply. For the above mentioned, the objective of this Course Completion Work was to characterize the water quality of Cacimbão, which is a natural water source that originates from groundwater, located in the south of Bagé, researching the presence of contaminating agents in the water, and to propose an adequate previous treatment for its safe consumption by the community. The methodology consisted of collecting 5 Cacimbão's water samples and 1 sample in a house close to it, in which the water distribution originates from the regular city water network, and at analyzing the physicochemical and microbiological elements of these waters. Through the analysis were obtained the values of pH, turbidity, electric conductivity, total dissolved solids, salinity, dissolved oxygen, water hardness, and total and thermotolerant coliforms. The pH stayed around 7 and turbidity obtained a result of 0.33 NTU. The electric conductivity showed an average value of 310.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , the analysis of total dissolved solids had 155.2 ppm and salinity stayed around 7‰. The dissolved oxygen analysis had as result 7.3 ppm, for water hardness it showed 159.5 mg/L of  $\text{CaCO}_3$ . The microbiological analysis detected the presence of total coliforms and *Escherichia coli* in all of the samples collected at Cacimbão, and the absence of these parameters in the water collected at the house nearby. Therefore, Cacimbão's water is accorded to the physicochemical parameters required by legislation (except for electric conductivity), being classified as potable water, brackish class 1. For the microbiological parameters, the water turned out as non-potable. Two technical disinfection solutions for previous treatment of the water were proposed: boil and addition of chlorine, only the last one showed promising results.

Keywords: Groundwater. Potability. Parameters. *Escherichia coli*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais usos da água no Brasil.....	21
Figura 2 – Distribuição da água no planeta Terra.....	22
Figura 3 – Localização dos Aquíferos Alter do Chão e Guarani.....	23
Figura 4 – Diferentes tipos de aquíferos.....	24
Figura 5 – Esquema de tratamento de água do tipo convencional nas ETAs.....	28
Figura 6 – Local de coleta de água, conhecido como Cacimbão.....	29
Figura 7 – Pessoas da comunidade coletando água no Cacimbão.....	30
Figura 8 – Esquema da metodologia utilizada no TCC.....	38
Figura 9 – Localização do Cacimbão na cidade de Bagé/RS.....	40
Figura 10 – Esterilização das torneiras e a coleta das amostras.....	41
Figura 11 – Amostras de água coletadas para análises físico-químicas.....	42
Figura 12 – Equipamentos de medições dos parâmetros físico-químicos.....	43
Figura 13 – Soluções preparadas no laboratório para titulação.....	45
Figura 14 – Solução a ser titulada (púrpura) e solução após titulação (azul).....	45
Figura 15 – Amostras de água coletadas para análise microbiológica.....	46
Figura 16 – Reagente substrato cromogênico Colitag.....	47
Figura 17 – Análise microbiológica das amostras de água.....	53
Figura 18 – Incidência de luz UV nas amostras de água .....	53
Figura 19 – Análise microbiológica das amostras de água pré tratadas.....	55
Figura 20 – Incidência de luz UV nas amostras de água pré tratadas .....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrão de potabilidade, estipulado pela Portaria n. 888/2021 do MS.	37
Tabela 2 – Parâmetros obtidos no pHmetro e turbidímetro.....	48
Tabela 3 – Parâmetros obtidos no múltiplo medidor digital.....	49
Tabela 4 – Parâmetros obtidos no oxímetro.....	51
Tabela 5 – Valores obtidos para a dureza das águas coletadas.....	51
Tabela 6 – Detecção de coliformes totais e termotolerantes.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas  
ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico  
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária  
CGVAM – Coordenação Geral da Vigilância em Saúde Ambiental  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
DAEB – Departamento de Água, Arroios e Esgoto de Bagé  
EDTA – Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético  
ETAs – Estações de Tratamento de Água  
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
IAS – Instituto Água e Saneamento  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INPM – Instituto Nacional de Pesos e Medidas  
LMTA – Laboratório de Microbiologia e Toxicologia de Alimentos  
MS – Ministério da Saúde  
NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez  
OMS – Organização Mundial da Saúde  
PET – Polietileno Tereftalato  
PSB – Portaria de Saúde de Brasília  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
RS – Rio Grande do Sul  
SAC – Solução Alternativa Coletiva  
SAI – Solução Alternativa Individual  
SISAGUA – Sistema de Informações sobre Qualidade da Água para Consumo Humano  
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso  
UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa  
UV – Ultravioleta  
VMD – Valores Máximos Desejáveis  
VMP – Valores Máximos Permitidos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos .....	18
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>19</b>
3.1	Qualidade e disponibilidade de água no planeta e no Brasil .....	19
3.2	A escassez de água em Bagé e o Cacimbão .....	25
3.3	Legislações utilizadas no controle da qualidade da água potável .....	30
3.4	Parâmetros que determinam a qualidade da água .....	33
3.4.1	Parâmetros de qualidade física.....	33
3.4.2	Parâmetros de qualidade química .....	34
3.4.3	Parâmetros de qualidade microbiológica .....	36
3.5	Valores padrões da qualidade da água .....	37
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>38</b>
4.1	Coleta das amostras de água.....	39
4.2	Realização das análises físico – químicas.....	41
4.2.1	Turbidez .....	42
4.2.2	Condutividade elétrica, teor de sólidos dissolvidos e salinidade.....	42
4.2.3	Potencial Hidrogeniônico (pH) .....	43
4.2.4	Oxigênio dissolvido .....	43
4.2.5	Dureza .....	44
4.3	Análises microbiológicas .....	46
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
5.1	Análises Físico-químicas.....	48
5.2	Análises Microbiológicas .....	52
5.3	Proposta de Tratamento da água do Cacimbão .....	54
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é uma riqueza natural essencial à saúde vital de todos os seres vivos, e sua qualidade é o fator determinante para a manutenção de um organismo sadio. Segundo Nanes, Nanes e Farias (2012), assim como a qualidade da água pode proporcionar saúde e bem-estar para a comunidade, pode também transmitir doenças e infecções caso esteja contaminada.

A água própria para o consumo humano deve ser isenta de contaminantes químicos, físicos e microbiológicos, além de obedecer aos padrões de potabilidade determinados pela Portaria n. 888/2021 do Ministério da Saúde. Logo, a água para ser classificada como potável, deve possuir tais padrões dentro dos valores máximos permitidos pela legislação, determinados pelo Ministério da Saúde, para garantir a ausência de contaminantes e então assegurar a saúde de quem a consumir (BRASIL, 2021).

O processo de tratamento da água imprópria para o consumo humano em água potável mais utilizado pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs) é o chamado método convencional, onde são realizados procedimentos de coagulação, floculação, decantação, filtração, correção de potencial hidrogeniônico (pH), desinfecção e fluoretação (LIBÂNIO, 2010).

Conforme afirma Ribeiro e Pizzo (2009), o aumento do consumo de água ocorre de maneira proporcional à expansão demográfica ao decorrer do tempo, o que acarreta uma demanda maior pelo abastecimento público deste recurso, e que muitas vezes se encontra em estado de escassez. Isto pode levar a população a buscar fontes alternativas para a obtenção da água, sem o prévio conhecimento de sua qualidade.

As fontes de águas subterrâneas são recursos naturais que podem ser explorados para o abastecimento tanto de comunidades rurais, como também urbanas, em áreas sem acesso à rede pública de abastecimento de água, ou que tenham a água racionada devido à falta de chuvas (CAPPI *et al.*, 2012). Constituem uma grande parcela da quantidade de água doce do mundo, presentes basicamente nos aquíferos (FERREIRA, 2017).

O município de Bagé, localizado no estado do Rio Grande do Sul, possui cerca de 121.518 habitantes, conforme estimativa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020), sendo que 83,71% do total destes

habitantes estão instalados na zona urbana da cidade, e 16,29% em zona rural (INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO, 2020). Segundo a prévia da população divulgada pelo IBGE (2022), com base nos dados do Censo Demográfico 2022, coletados até o dia 25 de dezembro do mesmo ano, o número da população em Bagé foi atualizado para 113.173 habitantes, entretanto a pesquisa ainda não foi finalizada no município. De acordo com levantamento realizado pelo Instituto Água e Saneamento – IAS (2020), 19.769 habitantes da cidade não possuem acesso à água pela rede geral de distribuição, o que pode levar a comunidade a explorar outras fontes para captação de água, como o Cacimbão, e garantir seu abastecimento. Além disto, a cidade é conhecida pela escassez de água em determinados meses do ano e por passar por frequentes racionamentos, que acabam restringindo seu consumo há algumas décadas. Segundo o departamento municipal de distribuição de água responsável pelo abastecimento em Bagé, o Departamento de Água, Arrios e Esgoto de Bagé – DAEB (2022), em fevereiro do ano de 2022, a população chegou a ficar 12 h com abastecimento de água e 12 h sem abastecimento, e este racionamento se estendeu até o mês de abril do mesmo ano.

Nesta perspectiva, o presente trabalho de conclusão de curso (TCC) visou analisar a qualidade da água do Cacimbão do Bairro Castro Alves – Bagé/RS, fonte cujos moradores da região usufruem para retirar água e abastecer suas residências, principalmente nos períodos de escassez hídrica.

A escolha do tema para estudo se justifica a fim de se proporcionar conhecimento à população, acerca das condições da água que é frequentemente coletada para consumo animal e até mesmo humano, e também servir de instrumento aos gestores do município, para soluções e melhorias das condições encontradas do recurso natural, possibilitando um melhor controle de qualidade deste, verificando seu enquadramento na legislação em vigência para a água potável.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a qualidade da água do Cacimbão no bairro Castro Alves, zona sul da cidade de Bagé, local onde algumas pessoas buscam água para seu consumo.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Coletar amostras de água proveniente do Cacimbão e de uma residência localizada ao lado do Cacimbão, que recebe água proveniente da rede municipal de abastecimento, o DAEB;
- Analisar os parâmetros físico-químicos (condutividade elétrica, turbidez, pH, dureza, salinidade, teor de sólidos dissolvidos, oxigênio dissolvido) e os parâmetros microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes) das amostras de águas coletadas, e conferir se os parâmetros estabelecidos estão de acordo com os padrões de potabilidade requisitados pela Portaria n. 888/2021 do Ministério da Saúde;
- Propor, caso os parâmetros estejam em desacordo com os padrões de potabilidade exigidos pela legislação vigente, um pré-tratamento para a água do Cacimbão, previamente à sua utilização para o consumo humano.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O presente tópico apresenta conteúdos essenciais para um bom entendimento e desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), servindo como alicerce teórico. Inicia-se, debatendo sobre a qualidade e disponibilidade de água no planeta e no Brasil, seguido da explanação sobre a escassez de água no município de Bagé e a descrição do Cacimbão, e posteriormente, serão abordadas as legislações utilizadas no controle da água potável. Finalmente, serão mostrados os parâmetros que determinam a qualidade da água.

#### **3.1 Qualidade e disponibilidade de água no planeta e no Brasil**

A água é um recurso natural primordial à conservação de toda forma de vida, estando presente em mais de 60% do peso total do corpo humano (SPERLING, 1996), podendo variar este percentual conforme a espécie do ser vivo, seu metabolismo e sua idade.

A água considerada própria para consumo é fonte importante para abastecimento das comunidades, e para tal deve passar por um tratamento conveniente para se enquadrar nos padrões de potabilidade impostos pela Legislação Federal vigente, o Ministério da Saúde, que atualmente é a Portaria n. 888/2021 (BRASIL, 2021).

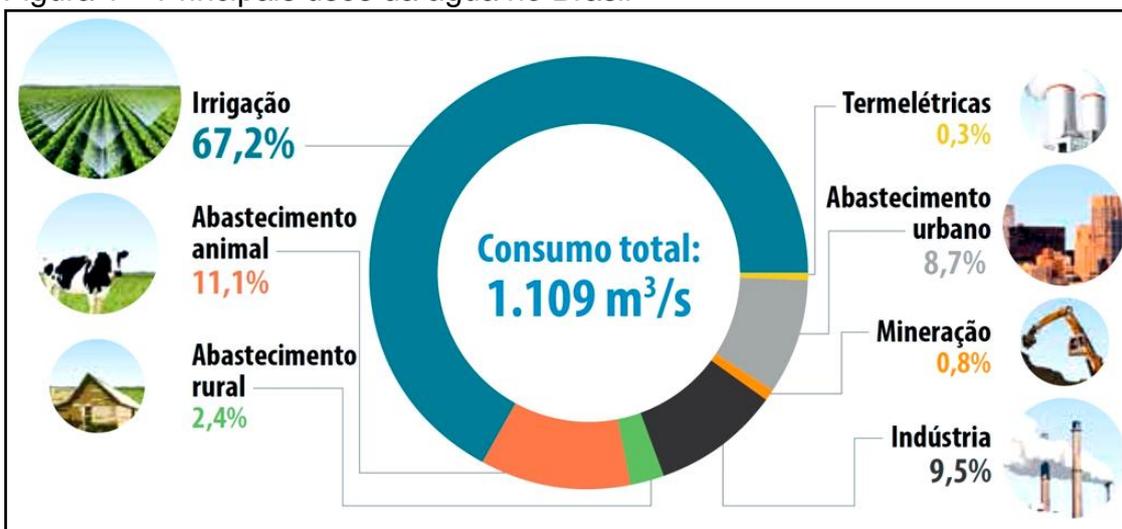
Para Almeida (2013), a qualidade da água é influenciada pelo conjunto de fenômenos naturais e ações causadas pelo ser humano, em função do uso e ocupação do solo em pontos onde ocorre captação de água, como por exemplo, em reservatórios que ficam próximos a lixões e aterros sanitários, onde o chorume (resíduo líquido tóxico oriundo da decomposição da matéria orgânica do lixo) percola no solo, conduzindo substâncias poluentes capazes de contaminar lençóis freáticos, alterando diretamente a qualidade da água e a tornando inviável para consumo. As atividades agrícolas também podem ser apontadas como responsáveis em poluir as águas subterrâneas, pois podem contaminar os aquíferos com o uso de diversos compostos inorgânicos, provenientes de fertilizantes e inseticidas, que acabam sendo carregados pela chuva e se infiltram no solo (HIRATA; ZOBY; OLIVEIRA, 2010).

A qualidade da água potável está diretamente ligada à qualidade de vida da população, e essa vinculação pode ser percebida em países com condições precárias de tratamento de água e saneamento básico, onde os índices de doenças transmitidas pela água são elevados (ALMEIDA; FREITAS; BRILHANTE, 2001). A estimativa é de que 60% das internações em hospitais, ao redor do mundo, sejam em decorrência da precariedade no saneamento básico, e que 90% deste número seja devido à baixa quantidade de água potável disponível ou ao consumo de água contaminada (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

A poluição das águas consiste em um aumento de substâncias que modificam a natureza de um corpo d'água, prejudicando o uso para qual é destinado (SPERLING, 1996). A poluição de corpos hídricos gera uma sucessão de problemas para a população, pois além das enfermidades transmitidas pela água, ocorre a proliferação de insetos e presença de maus odores. A fim de reduzir os problemas e assegurar saúde às pessoas, toda a água própria para consumo distribuída por sistemas de abastecimento, deve passar por monitoramento e controle de qualidade. Segundo Almeida (2013), a alteração da qualidade da água não está apenas relacionada a parâmetros estéticos, visto que, a água com boa aparência pode conter substâncias tóxicas para alguma espécie, enquanto a água com aspecto não satisfatório pode ser utilizada para determinados fins.

Infelizmente, a disponibilidade de água potável no planeta vem diminuindo gradativamente, devido às alterações climáticas, ao crescimento demográfico desordenado, aumento de seu uso nas indústrias, agricultura e pecuária, ou desperdícios deste bem no geral, o que é preocupante e tem gerado problemas de abastecimento em nível mundial (LUCENA *et al.*, 2013). No Brasil, de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2017), a vazão volumétrica média do consumo de água anual é de 1.109 m<sup>3</sup>/s, e deste total, o setor agropecuário apresenta o maior percentual de consumo, de 67.2%, seguido de 11,1% utilizado para consumo humano (8,7% abastecimento urbano e 2,4% abastecimento rural), 11,1% para dessedentação animal, 9,5% consumido pelas indústrias, 0,8% utilizados na mineração, e 0,3% pelas termelétricas, conforme representado na Figura 1.

Figura 1 – Principais usos da água no Brasil



Fonte: Adaptado de ANA (2017)

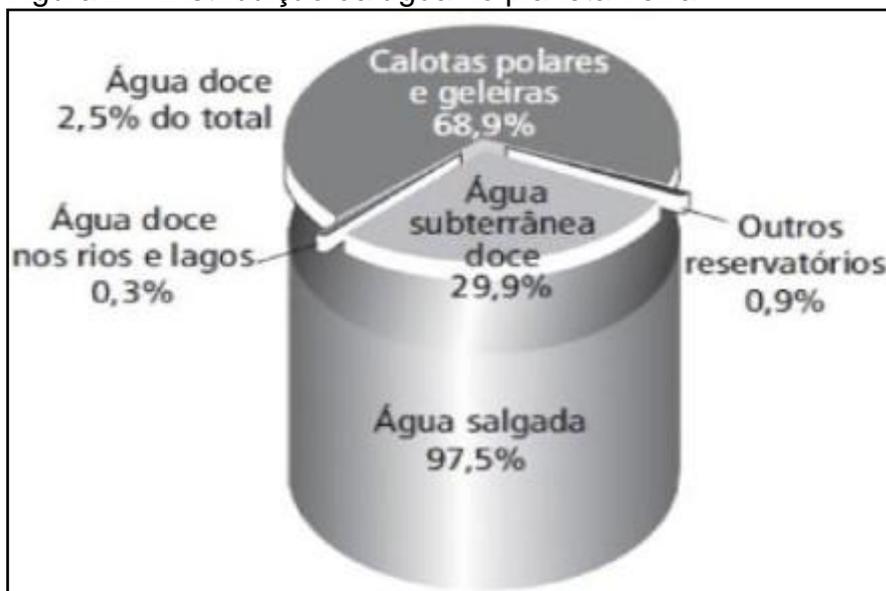
Segundo Franz (2018), a escassez de água, tanto no planeta como no Brasil, está relacionada à sua distribuição irregular ao longo do continente, pode-se citar como exemplo, a região norte do Brasil, que aloja 68% das reservas de água doce do país é a região com menor densidade demográfica (8,6% da população brasileira), enquanto a região sudeste que é a região com maior densidade demográfica (41,6% de toda população brasileira) apresenta apenas 6% das reservas de água doce.

A condição de escassez de água potável no cenário atual leva o ser humano a refletir sobre o uso desregrado que faz desse bem natural, além de desenvolver atitudes que zelam pela sua preservação. Uma alternativa adicional para as áreas que sofrem com escassez de água potável, além de coletar e tratar as águas das chuvas é programar pontos para captação de água subterrânea (GRASSI, 2001).

Ponderando dados sobre a quantidade de água no mundo, estima-se que 97,5% do volume total de água do planeta Terra seja integrado por água salgada (imprópria para consumo direto), e que somente 2,5% do volume seja constituído por água doce. Dentro dessa fração de água doce, 69% das águas estão concentradas nas geleiras, 29,9% estão situadas abaixo da superfície da Terra, depositadas em aquíferos, e 0,3% caracterizam as águas de rios e lagos (TELLES, 2012). Somente 3% da quantidade total de água no planeta são de água doce própria para consumo humano. Entretanto, ainda que pequeno este percentual de recursos hídricos disponíveis para abastecimento dos seres humanos é suficiente para abastecer a

população, desde que seja bem administrado (FRANZ, 2018). A Figura 2 ilustra a distribuição da água no planeta Terra.

Figura 2 – Distribuição da água no planeta Terra



Fonte: Adaptado de Oliveira (2018a)

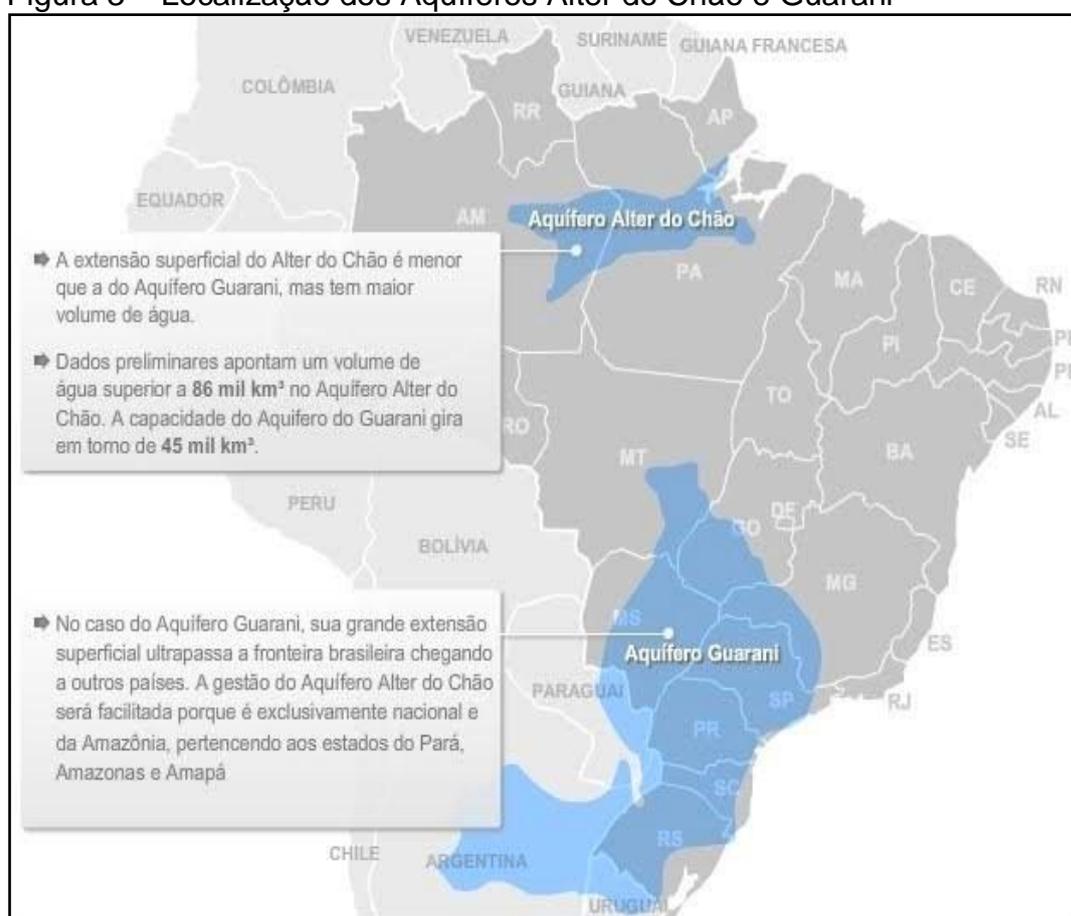
Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2021), a água não se delimita às fronteiras políticas, integrando bacias hidrográficas de rios compartilhados por mais de um país, como por exemplo a bacia do Rio Amazonas que engloba os seguintes países: Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana Inglesa, Peru, Suriname e Venezuela. O mesmo ocorre com os aquíferos, como exemplo, tem-se o Aquífero Guarani, que engloba o Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai.

Os aquíferos são estruturas geológicas que armazenam as águas das chuvas, que permeiam sobre rochas porosas e permeáveis, que permitem que a água se infiltre pelo solo e escoe de um espaço vazio para outro, passando por um processo de filtração natural (INSTITUTO ÁGUA E TERRA, 2020).

Os aquíferos são constituídos por águas subterrâneas, que são todas as águas que percolam abaixo da superfície da terra, ocupando vazios formados entre as rochas sedimentares. Esses aquíferos são importantes para manter o fluxo de rios, lagos e lagoas e também servem como grandes depósitos de água doce potável, conforme definição da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS, 2022).

O Brasil hospeda dois consideráveis aquíferos: o Aquífero Alter do Chão, assim nomeado em prestígio à cidade de mesmo nome e centro turístico próximo de Santarém, no estado do Pará, e o Aquífero Guarani, cujo nome homenageia os índios guaranis que viviam na maior parte da região onde o aquífero está localizado (NAIME, 2015). O Aquífero Alter do Chão está situado na região norte do Brasil, abrangendo os estados de Amazonas, Pará e Amapá, com volume de água estimado em 86.000 km<sup>3</sup>, e o Aquífero Guarani, com volume de água estimado em 45.000 km<sup>3</sup>, onde sua maior parte, cerca de 70%, está localizada na região centro-sul do país, abrangendo os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além do remanescente desdobrado entre Uruguai, Argentina e Paraguai (REDAÇÃO PENSAMENTO VERDE, 2013). A Figura 3 ilustra a localização dos aquíferos, onde os estados brasileiros abrangidos estão apontados em azul escuro, e os países vizinhos ao Brasil englobados pelo Aquífero Guarani, estão destacados em azul claro.

Figura 3 – Localização dos Aquíferos Alter do Chão e Guarani

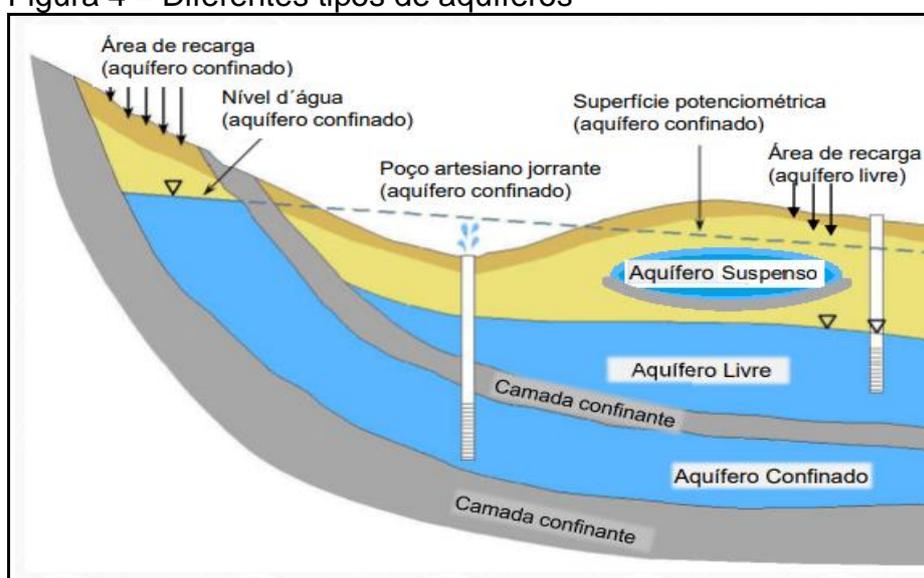


Fonte: Adaptado de Redação *Greenme* (2015)

O Aquífero Guarani destaca-se como o maior manancial de água doce transfronteiriço do mundo e o Aquífero Alter do Chão é considerado o maior aquífero do planeta, sendo quatro vezes maior do que o Aquífero Guarani. Exemplificando, para se ter uma noção da abundância de água armazenada no Aquífero Alter do Chão, estima-se que este possa abastecer o planeta inteiro por 250 anos, em situação hipotética da inexistência de outra fonte para abastecimento de água (SARAIVA, 2017).

Existem diferentes tipos de aquíferos, que podem ser classificados como: livres, suspensos ou confinados, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Diferentes tipos de aquíferos



Fonte: Adaptação Gaspar (2021)

Os aquíferos livres possuem a cobertura e a base formadas por estratos de rochas permeáveis e estão situados mais próximos da superfície, facilitando o acesso humano, mas também sujeito a maior contaminação, como exemplo, tem-se o Aquífero Guarani, cuja composição engloba sedimentos arenosos alterados através da ação química da água, temperatura e pressão, resultando em rochas sedimentares bastante porosas e permeáveis (ECO, 2014). Os aquíferos suspensos apresentam uma base inferior impermeável e uma base superior permeável. O aquífero confinado possui limite superior e inferior compostos por estratos impermeáveis e estão localizados em regiões mais profundas (FEITOSA *et al.*, 2008). Já o Aquífero Alter do Chão possui tanto um sistema de aquífero livre na sua base superior, como também um sistema confinado, com acesso mais dificultado, e

por possuir ambientes livres e confinados ao decorrer de sua formação, é classificado como um aquífero misto (PENA, 2023).

De acordo com Neto (2019), a extração de água subterrânea pode ser feita direto nas nascentes (local em que os aquíferos interceptam a superfície) ou através de poços, que podem ser classificados de acordo com a sua execução e o tipo de lençol freático que alcançam, tais como: poços escavados (rasos), e poços artesianos (tubulares profundos). Os poços rasos no geral apresentam diâmetros avantajados, são escavados manualmente, podendo ser revestidos com alvenaria, não necessitam de licenciamento governamental, e podem captar água do lençol freático em no máximo 20 m de profundidade. Já os poços artesianos são feitos por projetistas geológicos profissionais de acesso a água subterrânea, perfurados verticalmente por perfuratrizes adaptadas à formação (tanto da rocha do aquífero como da camada superior deste), e necessitam manter os padrões de potabilidade para a qualidade da água determinados pela legislação governamental dos órgãos gestores, podendo assumir uma profundidade de 50 a 2.000 m, além de ser do tipo jorrante ou não.

Segundo Hirata, Zoby e Oliveira (2010), para o processo de extração das águas subterrâneas é primordial que se adapte o método de captação, à fonte da água, onde qualquer perfuração feita para retirá-la de um aquífero deve levar em consideração os aspectos geológicos, hidrogeológicos, geofísicos e estruturais da formação geológica.

Devido à viabilidade do método de extração e por assumir riscos menores de contaminação, em função de não manter contato direto com a atmosfera e seres que possam vir a causar algum tipo de prejuízo, houve um aumento no abastecimento por meio de reservatórios subterrâneos nos últimos anos (NETO, 2019), principalmente em regiões que ocorre estiagem, como na cidade de Bagé.

### **3.2 A escassez de água em Bagé e o Cacimbão**

De acordo com Branco (2023), a escassez de água é um problema que afeta mais de 460 milhões de seres humanos no mundo, e muitas destas pessoas vivem com menos de cinco litros de água por dia para satisfazer suas necessidades básicas de consumo e higiene, sendo que a quantidade recomendada pela

Organização Mundial da Saúde (OMS) é de 110 litros de água por dia para cada pessoa.

Para Silva (2010), a escassez de água é um mal que pode ocorrer devido aos fenômenos da estiagem ou seca. A estiagem é o resultado da ausência das chuvas em um determinado intervalo de tempo, para uma estipulada temporada do ano, e acabam comprometendo os reservatórios locais de água além de causar prejuízos à agropecuária, por exemplo. Já a seca é a ausência contínua de chuvas por um período extenso, em torno de mais de dois anos subsequentes de tempo seco, causando grave desequilíbrio hidrológico.

O estado do Rio Grande do Sul (RS) possui 497 municípios, e atualmente no ano de 2023, 140 destes municípios estão enfrentando um período de estiagem e encontram-se em situação de emergência, devido aos baixos índices pluviométricos registrados. O fenômeno da estiagem acarreta perdas significativas para a produção agropecuária do estado, além de impactar o abastecimento de água potável à população nestas cidades (PALUDO, 2023).

Bagé é um município do estado do RS, região sul do Brasil e que faz fronteira com o Uruguai. Com mais de 120 mil habitantes, 83,71% da população mora na área urbana da cidade e 16,29% reside em zona rural (INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO, 2020). A Rainha da Fronteira, como a cidade é conhecida, historicamente sofre com o problema da escassez de água em determinados meses do ano e passa por sucessivos racionamentos, como por exemplo, do mês de fevereiro até abril do ano de 2022, toda a população bajeense chegou a ficar 12 h com abastecimento de água pela rede geral de distribuição e 12 h sem abastecimento (DAEB, 2022).

Uma possível causa apontada para o problema da estiagem em Bagé seria a ação do fenômeno intitulado como *La Niña*, por interceder tanto na temperatura da superfície do solo, como na temperatura das águas do oceano, e acarretar uma série de alterações importantes nos padrões da temperatura ambiente e precipitação pluvial (BRONDANI; WOLLMANN; RIBEIRO, 2013).

As principais formas de captação de água para abastecimento na cidade de Bagé, dentro do número total da população residente em área urbana, 99,25% tem seu abastecimento efetuado pela rede geral de distribuição, 0,43% por poço ou nascente na propriedade, 0,01% por água da chuva armazenada em cisterna e 0,31% por meio de outra forma. Já entre a população residente em área rural, 82,3%

têm seu abastecimento proveniente da rede geral de distribuição, 15,1% por poço ou nascente na propriedade, 0,35% por água da chuva armazenada em cisterna e 2,25% através de outra forma (IBGE, 2010).

A rede geral responsável pela captação e distribuição de água em Bagé, o DAEB, realiza a captura das águas em três barragens: a Sanga Rasa, Piray e a Emergencial. A barragem Sanga Rasa tem maior capacidade, porém demonstra dificuldades em manter o nível de água, logo, a barragem Piray apresenta boa conservação do nível de água, entretanto, possui a menor capacidade entre as três barragens. Estima-se que as barragens da Sanga Rasa e Piray, quando cheias, tenham capacidade para armazenar um volume de 4.2 milhões m<sup>3</sup> de água. A barragem Emergencial é encarregada por 1/3 do abastecimento de água em Bagé, além de estar em construção uma expansão desta, denominada como barragem da Arvorezinha, com a finalidade de armazenar um volume maior de água e então abrandar os problemas de abastecimento durante o período de escassez de água no município (BRONDANI; WOLLMANN; RIBEIRO, 2013).

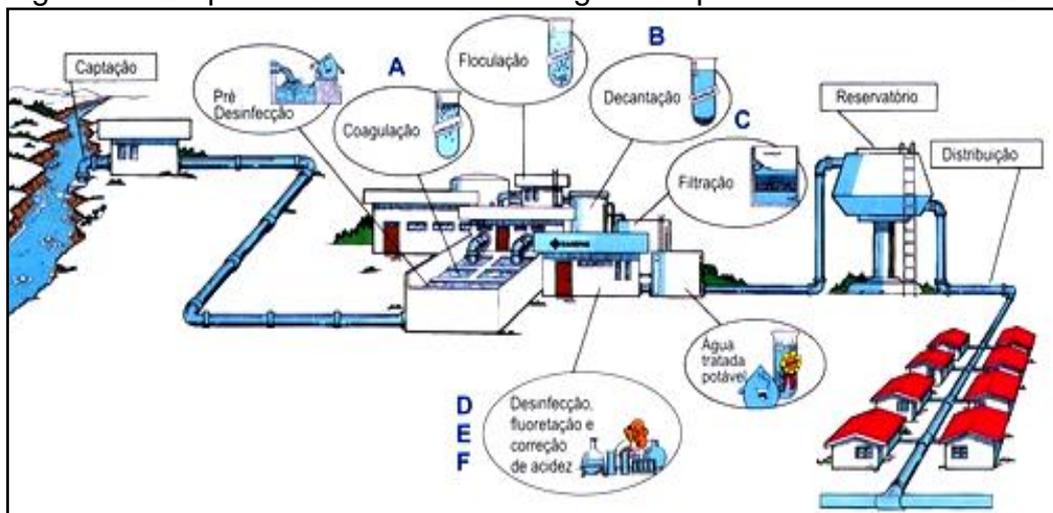
Após o processo de captação, as águas são bombeadas para a Estação de Tratamento de Água da cidade, para ser realizado o tratamento pelo chamado método convencional (DAEB, 2023), que engloba os processos de: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção de pH.

- **Coagulação:** etapa que consiste na adição de um agente coagulante, como o sulfato de alumínio, formando compostos químicos em razão do choque com as partículas de impurezas. Em seguida, estes compostos são absorvidos causando desequilíbrio das cargas elétricas superficiais, aglutinando as partículas sólidas presentes na água (SAMAE, 2017).
- **Floculação:** em tanques com a água em movimento, os compostos químicos misturados na etapa da coagulação reagem com a alcalinidade da água, gerando compostos que atraem partículas com cargas elétricas contrárias (os chamados flocos). Os flocos têm cargas elétricas superficialmente positivas e atraem as impurezas com cargas elétricas negativas, retendo-as. Os flocos vão ficando maiores em tamanho e em peso, à medida que se aproximam dos decantadores (LIBÂNIO, 2010).
- **Decantação:** esta etapa ocorre em tanques chamados de decantadores, onde pela ação gravitacional, os flocos com as impurezas são depositados ao fundo do decantador, separando-se da água (BRASIL, 2014).

- **Filtração:** nesta etapa a água passa por filtros contendo carvão, areia e cascalhos de diversos tamanhos, que retêm as partículas menores com impurezas que restaram do processo de decantação (LIBÂNIO, 2010).
- **Desinfecção:** Segundo Richter e Netto (1991), a desinfecção consiste na adição de cloro à água para eliminar bactérias causadoras de doenças, que ainda possam estar presentes na água mesmo após a filtração. O cloro pode ser empregado em sua forma líquida (hipoclorito de sódio), sólida (hipoclorito de cálcio) ou líquido-gasosa (cloro gasoso).
- **Fuoretação:** é o processo em que é adicionado flúor na água como uma medida preventiva à formação de cáries dentárias, sendo considerado um procedimento seguro e econômico (BRASIL, 2014).
- **Correção de pH:** etapa em que é adicionado carbonato de cálcio ou cal hidratada para corrigir o pH da água, neutralizando o pH ácido gerado pela adição do sulfato de alumínio (agente coagulante) na etapa inicial do tratamento, a fim de preservar a canalização da rede geral de distribuição (SANEP, 2023).

Após o tratamento, a água está apta a ser distribuída para a comunidade, sendo que uma parte desta distribuição é realizada por alimentação direta, chega até as casas por gravidade, e outra parte chega de maneira indireta, por bombeamento até os reservatórios apoiados, seguindo para as caixas elevadas de onde abastecerão as residências por gravidade (DAEB, 2023). Todo o sistema de tratamento e distribuição de água está representado na Figura 5.

Figura 5 – Esquema de tratamento de água do tipo convencional nas ETAs



Fonte: Adaptado de Francisco, Pohlmann e Ferreira (2011)

Já as águas subterrâneas quando coletadas, seja por aproveitamento das nascentes ou através de poços, são distribuídas à comunidade por modalidades de abastecimento distintas do sistema de abastecimento público, ocorrendo esta distribuição através do sistema de Solução Alternativa Individual (SAI) ou pelo sistema de Solução Alternativa Coletiva (SAC). Estas águas apresentam a vantagem de serem pré-filtradas pelo solo e não se faz necessária a passagem pelas ETAs, entretanto, devem ser submetidas a dosagens de cloro e flúor nos reservatórios (SANESUL, 2023).

Unindo os problemas da escassez de água em Bagé, os frequentes racionamentos pela rede geral de abastecimento municipal e o fato dos moradores que não possuem acesso à água pela rede geral, faz com que a comunidade busque fontes alternativas para captação de água a fim de garantir seu abastecimento, como por exemplo, o Cacimbão.

O Cacimbão se destaca como uma das formas alternativas de obtenção de água que a comunidade encontrou para não ficar sem o recurso natural, durante o período de racionamento ou para captar água por não possuir acesso à água pela rede de abastecimento municipal em sua residência, e ainda em alguns casos, a população acreditar que está ingerindo uma água de qualidade melhor que a da rede de distribuição. A distribuição da água do Cacimbão para a comunidade se dá através da SAC, visto que se trata de uma expansão de poço escavado raso, com abastecimento coletivo de água, sem rede de distribuição. Foi construída no local como expansão do poço, uma parede com cinco torneiras para facilitar a coleta de água, como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Local de coleta de água, conhecido como Cacimbão



Fonte: Autora (2023)

O terreno onde o Cacimbão está localizado pertenceu ao construtor Venâncio Pastorini Sobrinho, morador do bairro Castro Alves e personalidade influenciadora para a época que, segundo depoimento da neta, Eliane Pastorini, teria doado o terreno para uso e benefício público da comunidade na época do golpe militar em 1964.

A Figura 7 ilustra pessoas da comunidade abastecendo seus reservatórios com a água do Cacimbão. Observa-se que as pessoas levam mais de um recipiente com a intenção de levar uma grande quantidade de água para a casa.

Figura 7 – Pessoas da comunidade coletando água no Cacimbão



Fonte: Autora (2023)

### 3.3 Legislações utilizadas no controle da qualidade da água potável

Os recursos hídricos no Brasil são consolidados por um conjunto de leis e normas, que ao passar do tempo sofreram algumas transições e aprimoramento devido ao avanço dos conhecimentos técnicos e científicos a respeito dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e radioativos. Estas normas são aplicadas regularmente pela competência de saúde pública (federal, estadual ou municipal) para avaliar se a água consumida pela população atende às exigências de potabilidade, além de estudar os perigos que os sistemas alternativos de abastecimento de água possam causar à saúde humana (ALVES *et al.*, 2021).

A primeira referência brasileira de gerenciamento dos recursos hídricos aconteceu no ano de 1934, quando foi elaborado o Código das Águas no Brasil, pelo Decreto Federal n. 24643/1934 (BRASIL, 1934). Este Decreto instituiu uma política hídrica contemporânea para a referida data, aplicando penalidades, aproveitamento das águas, concessões, autorizações, fiscalizações e desapropriação (MIZUTORI, 2009).

Após a assinatura do Decreto Federal n. 79367/1977, que concedeu ao Ministério da Saúde (MS), articulado com os estados e Distrito Federal, a competência para legislar sobre normas e indicação do padrão de potabilidade e inspecionar o cumprimento destas normas em todo território nacional, foi publicada a primeira legislação do país que estabelecia o padrão de potabilidade da água para o consumo humano, a Portaria de Saúde de Brasília (PSB) n. 56, em 14 de março de 1977 (BRASIL, 1977). Este padrão considerava parâmetros físicos (cor, turbidez, odor e sabor), químicos (substâncias químicas orgânicas e inorgânicas), e biológicos (delimitado apenas bactérias do grupo Coliforme), além de estabelecer Valores Máximos Desejáveis (VMD) e Valores Máximos Permitidos (VMP) para os indicadores físico-químicos.

Baseado neste Decreto, o Ministério da Saúde desencadeou uma série de princípios relacionados à potabilidade da água, como a fluoretação de águas em sistemas públicos de distribuição, assentido pela Portaria n. 635/1975 (BRASIL, 1975). A portaria n. 443/1978 definiu as premissas sanitárias mínimas a serem acatadas nos serviços de operação e manutenção para o abastecimento público de água e seu controle de qualidade, com a intenção de conservar a água potável, respeitando ao Decreto n. 79367/1977 (BRASIL, 1978).

Em 1986, a fim de unificar as ideias das Secretarias de Saúde do Brasil, para debater sobre a qualidade da água nos estados e então garantir assistência laboratorial necessária às análises, o Ministério da Saúde por meio da Coordenação Geral da Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM), criou o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, cujo objetivo consistiu em argumentar sobre o papel da saúde na fiscalização e supervisão da qualidade da água destinada ao consumo humano. Este Programa fez uma revisão na Portaria n. 56/1977 e resultou na criação da Portaria n. 36/1990, a qual manteve a definição de potabilidade e alterou conceitos relacionados à vigilância e controle de qualidade da

água própria para ser bebida, como a exclusão do critério de VMD e substituição por VMP (BRASIL, 1990).

Já em 2000, o Ministério da Saúde por meio da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), reavaliou as normas de potabilidade da água presentes na Portaria n. 36/1990 e as migrou para a nova Portaria n. 1469/2000, com o propósito de deliberar políticas públicas na área da saúde com a criação do Sistema de Informações sobre Qualidade da Água Para Consumo Humano (SISAGUA). Esta nova Portaria contou com a rotulação dos sistemas em coletivos e com soluções alternativas para o abastecimento de água, além de gerar e aprovar amostras para cada tipo de sistema (BRASIL, 2000). Foi extinta em 25 de março de 2004, quando passou a vigorar a Portaria n. 518/2004.

A nova Portaria focou na remoção de vírus e protozoários da água, além de identificar as limitações das bactérias do grupo Coliforme como indicador microbiológico da água, divulgando a turbidez da mesma após filtração, como parte do padrão microbiológico da água potável (BRASIL, 2004).

Em 2011, o Ministério da Saúde decidiu novamente fazer uma revisão na legislação, visto que existiam conhecimentos técnicos e científicos mais atualizados e lançou a Portaria n. 2914/2011. Em outubro de 2017 foi lançada a Portaria de Consolidação n. 5, de 28 de setembro de 2017, que por meio do Art. 864, inciso CXXXIII, revogou a Portaria n. 2914/2011, transferido todo o seu texto para parte do anexo XX da Portaria de Consolidação n. 5/2017 (BRASIL, 2017).

Posteriormente, o Ministério da Saúde voltou a revisar a legislação sobre potabilidade, revogando a Portaria de Consolidação n. 5/2017. Desde então a Portaria n. 888/2021 é a legislação vigente responsável pelo padrão de potabilidade das normas de vigilância e controle de qualidade da água para o consumo humano, e considera água própria para consumo, a água potável empregada para a ingestão e preparo de alimentos, e também a água utilizada para a higienização pessoal independente de sua origem. Em linhas gerais, as alterações nos parâmetros de qualidade e nos valores máximos permitidos foram significativas, visto que, alguns parâmetros passaram a não ser mais exigidos pela portaria, enquanto outros foram adicionados, como por exemplo, a retirada das bactérias heterotróficas como parâmetro da integridade da rede geral de distribuição e a inclusão dos esporos de bactérias aeróbias (BRASIL, 2021).

### 3.4 Parâmetros que determinam a qualidade da água

Segundo Sperling (1996), a qualidade da água pode ser retratada por meio de parâmetros que indicam suas principais características físicas, químicas e biológicas. Dentre os parâmetros mais relevantes para análise da qualidade da água estão: condutividade elétrica, turbidez, temperatura, teor de sólidos dissolvidos, pH, dureza, salinidade, oxigênio dissolvido e parâmetros microbiológicos referentes a coliformes totais e termotolerantes.

#### 3.4.1 Parâmetros de qualidade física

Os principais parâmetros físicos da água são: a condutividade elétrica, a turbidez e o teor de sólidos totais dissolvidos.

- **Condutividade elétrica:** a condutividade elétrica é a capacidade que uma solução aquosa tem de conduzir corrente elétrica através de substâncias dissolvidas que dissociam-se em cátions e ânions (PINTO; HERMES, 2006). Fornece uma estimativa da salinidade total, e a partir destes dados pode-se presumir a origem e o grau de contaminação da água. Águas de baixa condutividade elétrica (inferior a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sinalizam que são potáveis, visto que, possuem concentrações pequenas de sais dissolvidos. Os sais predominantes na contribuição para a condutividade elétrica da água são: sódio, cálcio, potássio, cloretos, carbonatos e bicarbonatos (FUNASA, 2014).
- **Turbidez:** a turbidez pode ser referida como a medição da resistência da água à passagem de luz, em função da presença de partículas finas suspensas na água, como por exemplo, areia, argila, óxidos, carbonatos minerais, algas e outros microrganismos, já que o material particulado que propicia a turbidez possui dimensão maior que o comprimento de onda emitido pela luz branca (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016). A turbidez não configura apenas um parâmetro estético, mas também como um parâmetro sanitário, tendo em vista que a remoção da turbidez da água é essencial para uma eficiente desinfecção contra microrganismos (LIBÂNIO, 2010).
- **Teor de sólidos dissolvidos:** os sólidos dissolvidos são uma mistura de todas as substâncias (orgânicas e inorgânicas) contidas em uma alíquota

líquida, em formas moleculares, ionizadas ou micro granulares. Estão diretamente relacionados à condutividade elétrica. Dentre as substâncias dissolvidas estão: carbonato, cloreto, sulfato, bicarbonato, nitrato, cálcio, magnésio e sódio, podendo comprometer a saúde quando presentes na água potável em altas concentrações (SABEDRA; RODRIGUES; SOUZA, 2020).

### 3.4.2 Parâmetros de qualidade química

Os principais parâmetros químicos da água são: pH, dureza, salinidade e oxigênio dissolvido.

- **pH:** representa o potencial hidrogeniônico, que está relacionado com a concentração de íons  $H^+$  aferindo o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH compreende de 0 a 14 (SPERLING, 1996), onde:
  - $pH < 7$  indica condições ácidas;
  - $pH = 7$  indica condições de neutralidade;
  - $pH > 7$  indica condições alcalinas.

Abaixo de 7 o pH pode contribuir de maneira hostil para determinados materiais, como tubulações por exemplo, propiciando o aparecimento de corrosões e acima de 7, pode causar a formação de incrustações e precipitações de materiais solúveis (RICHTER; NETTO, 1991).

- **Dureza:** a dureza sinaliza a presença de sais de metais alcalino terrosos na água, predominantemente cátions de cálcio ( $Ca^{+2}$ ) e magnésio ( $Mg^{+2}$ ), ou em menor escala em cátions de outros metais como, ferro ( $Fe^{+2}$ ), manganês ( $Mn^{+2}$ ), alumínio ( $Al^{+3}$ ) e estrôncio ( $Sr^{+2}$ ). A dureza da água é referenciada em miligramas por litro (mg/L) de carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ) e pode ser classificada como:
  - $< 50$  mg/L de  $CaCO_3$  sinaliza água mole ou branda;
  - 50-150 mg/L de  $CaCO_3$  sinaliza água com dureza moderada;
  - 150-300 mg/L de  $CaCO_3$  sinaliza água dura;
  - $> 300$  mg/L de  $CaCO_3$  sinaliza água muito dura.

A dureza pode ser classificada como carbonatada ou não carbonatada, a depender do ânion o qual está ligado. A dureza carbonatada é referente à alcalinidade possibilitando indicar a capacidade de tamponamento da água. A

dureza não carbonatada corresponde à presença de íons metálicos divalentes que estejam ligados aos sulfatos, cloretos ou nitratos, e esta pode ser obtida através da diferença entre a dureza total e a alcalinidade da água (LIBÂNIO, 2010). As águas muito duras têm capacidade de diminuir a formação de espuma, entretanto podem causar incrustações nas tubulações de água e trocadores de calor (BRASIL, 2013).

- **Salinidade:** é conceituada como a composição iônica da água, fundamentada nos principais cátions (cálcio, magnésio, sódio e potássio) ânions (carbono, bicarbonatos, sulfato e cloreto), além de ser um fator essencial para a classificação do ambiente (MEDEIROS, 2016). O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 357/2005 predispõe a respeito da classificação e diretrizes ambientais para as águas, podendo ser classificadas em três tipos: água doce, água salobra ou água salina, conforme seu percentual de salinidade (BRASIL, 2005). O índice de salinidade para cada categoria, referenciado em partes por mil (‰) é de:
  - $\leq 0,5$  para água doce;
  - $> 0,5 < 30$  para água salobra;
  - $\geq 30$  para água salina.

Esta Resolução denominou em torno de treze classes de águas em todo o país, sendo cinco destas para águas doces, quatro para águas salobras e quatro para águas salinas (BRASIL, 2005).

- **Oxigênio dissolvido:** é a concentração de oxigênio que existe na água, e é um dos parâmetros mais importantes por ser um fator que limita a manutenção da vida em corpos hídricos, indicando a qualidade da água e estando presente em praticamente todos os processos químicos e biológicos. A quantidade de oxigênio presente na água em condições normais depende da temperatura, pressão atmosférica e da quantidade de sais que esta água apresenta (SABEDRA; RODRIGUES; SOUZA, 2020). A Resolução n. 357/2005 do CONAMA, além de classificar a água de acordo com a salinidade, também classifica a água em classes, de acordo com sua possibilidade de uso, como:
  - Águas doces → Classe especial e classes 1, 2, 3, 4;
  - Águas salobras → Classe especial e classes 1, 2, 3;

- Águas salinas → Classe especial e classes 1, 2, 3.

Para a classe de águas doces, que é o alvo deste TCC, a Resolução n. 357/2005 determina limites de oxigênio dissolvido para cada uma das classes, como:

- Águas classe especial →  $\geq 8$  mg/L de oxigênio dissolvido;
- Águas classe 1 →  $\geq 6$  mg/L de oxigênio dissolvido;
- Águas classe 2 →  $\geq 5$  mg/L de oxigênio dissolvido;
- Águas classe 3 →  $\geq 4$  mg/L de oxigênio dissolvido;
- Águas classe 4 →  $\geq 2$  mg/L de oxigênio dissolvido.

Vale a pena ressaltar que valores inferiores a 2 mg/L de oxigênio dissolvido presente na água, impossibilita a vida no meio aquático, gerando a morte de todos os organismos vivos e causando a eutrofização do meio.

### 3.4.3 Parâmetros de qualidade microbiológica

Os principais parâmetros que estipulam a qualidade microbiológica da água são: coliformes totais e coliformes termotolerantes.

- **Coliformes totais:** o grupo coliforme é classificado em coliformes totais e coliformes termotolerantes, que podem ou não ser patogênicos, e são definidos como os indicadores de contaminação mais utilizados para controlar a qualidade sanitária da água. Os coliformes totais são encontrados no solo e em vegetais, com a capacidade de se multiplicarem na água. A presença de coliformes totais nos recursos hídricos deve ser analisada de acordo com o tipo de água. Na água que foi tratada, não podem existir coliformes totais, embora sua presença em amostras de água não é necessariamente sinal de contaminação fecal (FRANZ, 2018). A maioria das bactérias do grupo coliforme é dos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, dentre alguns outros gêneros e espécies que fazem parte do grupo.
- **Coliformes termotolerantes:** o Ministério da Saúde classifica os coliformes termotolerantes como um subgrupo das bactérias do grupo coliforme, que fermentam a lactose. O subgrupo que mais se destaca é o da *Escherichia coli*, que é uma bactéria que possui origem exclusivamente fecal, e é um indicador de contaminação da água. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes que habita o intestino de humano e de animais que

mantêm a temperatura do corpo constante. É o indicador mais específico de contaminação fecal e de organismos patogênicos (MUNHOZ, 2021).

### 3.5 Valores padrões da qualidade da água

Na Tabela 1 estão dispostos os VMP para alguns parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que determinam a qualidade da água e verificam se é própria para o consumo humano.

Tabela 1 - Padrão de potabilidade, estipulado pela Portaria n. 888/2021 do MS

<b>Parâmetro</b>	<b>VMP (Valor Máximo Permitido)</b>
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Índice de Turbidez	5 uT <sup>1</sup>
pH	6 a 9
Sólidos dissolvidos totais	500 ppm
Dureza	300 mg/L

Legenda: <sup>1</sup>Unidade de turbidez.

Fonte: Adaptado de Portaria n. 888, de 4 de maio de 2021

De acordo com a FUNASA (2014), o parâmetro físico de condutividade elétrica é apresentado como um fator indicativo de qualidade, e este aponta que águas naturais não poluídas apresentem teores de condutividade elétrica na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

É importante salientar que o não atendimento aos valores máximos permitidos estabelecidos pela Portaria n. 888/2021 para a potabilidade da água, é motivo que compromete a saúde do ser humano, visto que, a ingestão de água não potável é fator determinante para o acometimento de doenças no homem, como: a cólera, gastroenterite, disenterias amebiana e bacilar, febre tifoide e paratifoide, giardíase, leptospirose e salmonelose. O controle de qualidade da água para consumo viabiliza uma melhor qualidade de vida para a população, promovendo a saúde do homem e da natureza, uma vez que, quando se eleva a salubridade das águas e se evita a proliferação de doenças, também se garante a preservação do meio ambiente (GUERREIRO, 2007).

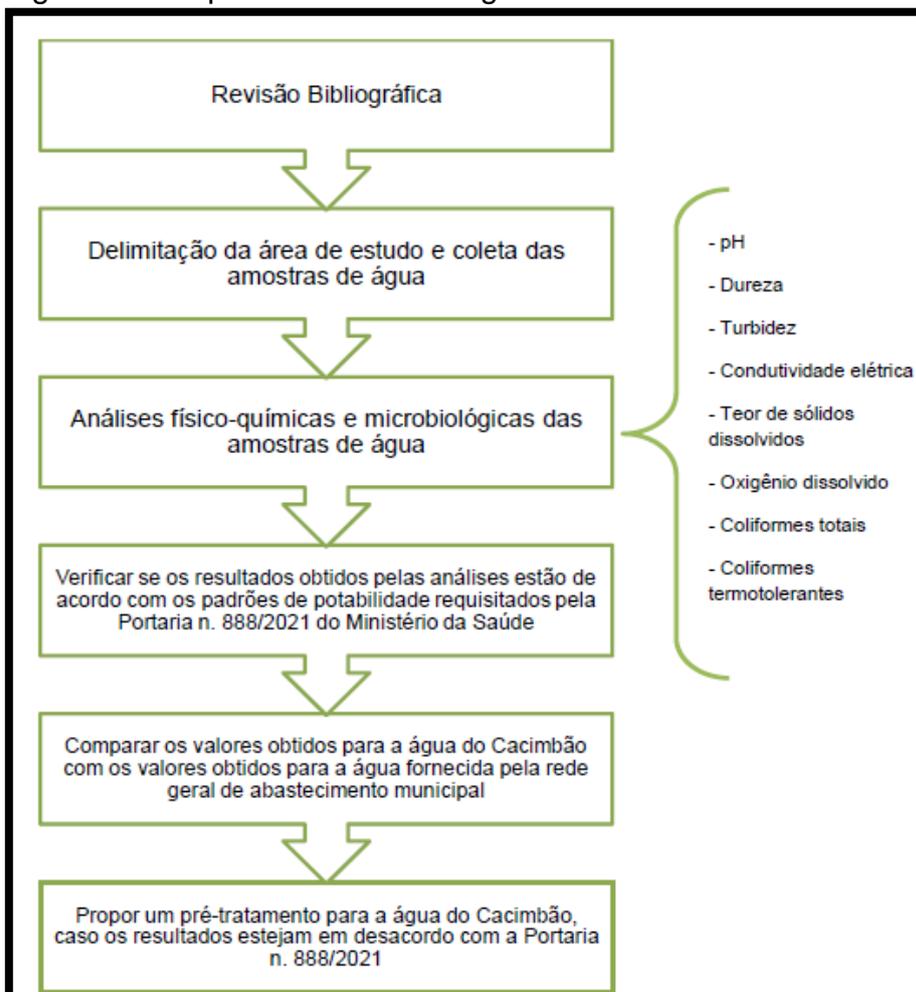
## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, apresentam-se os materiais e a metodologia adotados nos experimentos realizados para a obtenção dos resultados deste TCC. Para tal propósito, o capítulo foi segmentado nas seguintes subseções: coleta das amostras de água, realização das análises físico-químicas e realização das análises microbiológicas.

As análises físico-químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Materiais, Tratamento de Efluentes e Caracterização de Sólidos Particulados, sala 1101 da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) - *campus* Bagé. Já as análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia e Toxicologia de Alimentos (LMTA), sala 1304 da UNIPAMPA.

A Figura 8 apresenta as etapas da metodologia empregadas neste TCC.

Figura 8 – Esquema da metodologia utilizada no TCC



Fonte: Autora (2023)

Para a elaboração deste trabalho, primeiramente foi efetuada uma revisão bibliográfica sobre a qualidade e potabilidade da água, sua disponibilidade no Brasil e no mundo, aquíferos e águas subterrâneas, uma breve linha do tempo sobre as legislações de potabilidade da água que já estiveram em vigência até chegar na atual (Portaria n. 888/2021 do MS), parâmetros que determinam a qualidade da água, o histórico de escassez hídrica na cidade de Bagé/RS, bem como as principais etapas do tratamento de água convencional utilizada pela Estação de Tratamento de Água do município, e a fonte alternativa para abastecimento de água conhecida como Cacimbão.

As análises dos padrões de qualidade físico-químicas e microbiológicas das alíquotas de água foram o foco desta pesquisa, entretanto, não foi possível analisar o padrão físico “cor”, devido à UNIPAMPA não possuir o equipamento necessário para tal, o colorímetro.

Ao final deste estudo, os resultados obtidos foram passados à vigilância sanitária, para que possa servir como instrumento colaborativo a melhorias nas condições do recurso hídrico, e conseqüentemente, na qualidade de vida e bem estar da comunidade bajeense.

#### **4.1 Coleta das amostras de água**

O Cacimbão é uma fonte natural de água proveniente de lençol freático, cuja extração de água se dá através de poço do tipo escavado raso, e está localizado na zona sul da cidade de Bagé, mais precisamente na Rua Emílio Guilain, bairro Castro Alves, conforme destaca a Figura 9.

Figura 9 – Localização do Cacimbão na cidade de Bagé/RS



Fonte: Adaptado de *Google Maps* (2021)

As amostras de água destinadas às análises físico-químicas foram coletadas em seis garrafas de polímero termoplástico PET (Polietileno Tereftalato), de 500mL cada, previamente higienizadas com água e sabão, e bocais esterilizados com álcool gel 70% INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas). Cinco destas garrafas foram utilizadas para coletar água nas respectivas cinco torneiras do Cacimbão, estas também previamente esterilizadas com álcool gel 70% INPM, e abertas durante 1 minuto para escoar a água e eliminar possíveis agentes contaminantes ali presentes. A sexta garrafa foi utilizada para coletar água em um domicílio vizinho ao Cacimbão, com cerca de 12 metros de distância deste, o qual não possui caixa d'água instalada e a água chega encanada até dentro de casa pela rede geral de abastecimento municipal. O critério de escolha deu-se em função à possibilidade de posterior comparação entre os resultados dos parâmetros obtidos nos experimentos. As amostras foram coletadas nos meses de novembro e dezembro de 2022, no turno da manhã, e para isso, seguiram-se as instruções da NBR 9898/87 (ABNT, 1987) que dispõe sobre preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Logo após a coleta, as amostras foram conduzidas até o Laboratório de Materiais, Tratamento de Efluentes e Caracterização de Sólidos Particulados UNIPAMPA – *campus* Bagé.

As amostras destinadas às análises microbiológicas foram coletadas em frascos de vidro cedidos pelo LMTA, onde foram previamente esterilizados em

autoclave a 121°C durante 15 min. É importante salientar que, os frascos de vidro foram destinados ao LMTA em caixa térmica, e as análises ocorreram em um período máximo de 5h à referida coleta.

A Figura 10 mostra, respectivamente, o momento em que foi realizada a esterilização das torneiras com álcool gel 70% INPM, e após isto, a realização da coleta das águas para encaminhar às análises aos Laboratórios.

Figura 10 – Esterilização das torneiras e a coleta das amostras



Fonte: Autora (2023)

## 4.2 Realização das análises físico – químicas

Foram realizadas análises físico-químicas em seis amostras de água, onde cada amostra estava numerada de acordo com a respectiva torneira do Cacimbão em que foi coletada, exceto a amostra 6, a qual foi coletada em uma residência vizinha que era abastecida pela rede geral municipal. Ressalta-se que todas as amostras foram analisadas em duplicata para garantir a precisão dos resultados, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Amostras de água coletadas para análises físico-químicas



Fonte: Autora (2023)

Este estudo consistiu em analisar os seguintes parâmetros: índice de turbidez, condutividade elétrica, teor de sólidos dissolvidos, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e dureza.

#### 4.2.1 Turbidez

O equipamento manuseado para as análises do índice de turbidez das águas coletadas foi um turbidímetro de bancada digital, marca Del Lab, modelo DLT-WV, calibrado com as soluções apontadas pelo fornecedor. A leitura da turbidez é feita de maneira direta e expressa em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez). O máximo limite quantificado pelo turbidímetro utilizado é de 1.000 NTU. Segundo a NBR 9898/87 (ABNT, 1987), a análise do índice de turbidez conta com um prazo máximo de 24h para ser feita após a coleta da amostra.

#### 4.2.2 Condutividade elétrica, teor de sólidos dissolvidos e salinidade

A condutividade elétrica das amostras de água foi determinada por meio de leitura no equipamento múltiplo medidor digital, marca *Hanna Instruments*, modelo HI 9835, com condutímetro de precisão 1% ( $\pm 0,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Este instrumento

também determina o teor de sólidos dissolvidos (ppm) e a salinidade (%). De acordo com a NBR 9898/87 (ABNT, 1987), o estudo de condutividade elétrica tem no máximo 28 dias para ser realizado após a coleta da amostragem, já em relação à análise do teor de sólidos dissolvidos e salinidade, esta norma não dispõe sobre o prazo para tal realização.

#### 4.2.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

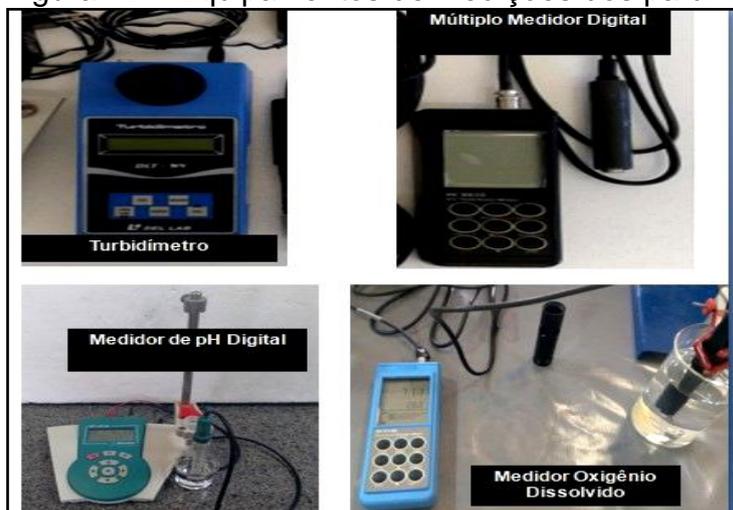
A determinação do pH das águas coletadas deu-se por meio da leitura instrumental em pHmetro digital de bancada, marca *Metrohm*, modelo 827, com eletrodo de vidro e calibrado com as soluções apontadas pelo fornecedor. Conforme a NBR 9898/87 (ABNT, 1987), a análise de pH tem prazo de 6h para ser efetuada logo após da amostra ser coletada.

#### 4.2.4 Oxigênio dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido das amostras de água foi obtida através de um oxímetro, marca *Hanna Instruments*, modelo HI 9146. De acordo com a NBR 9898/87 (ABNT, 1987), a análise de oxigênio dissolvido tem prazo de 8 h logo após as amostras serem coletadas.

Os equipamentos utilizados para a obtenção dos parâmetros físico-químicos descritos acima estão representados na Figura 12.

Figura 12 – Equipamentos de medições dos parâmetros físico-químicos



Fonte: Autora (2023)

#### 4.2.5 Dureza

A dureza da água foi determinada através da técnica de titulação, onde todas as soluções, como os titulantes, indicadores e padronizadores, foram preparados no laboratório da seguinte maneira:

- Preparo de 250 mL de solução padrão de EDTA (ácido etilenodiamino tetraacético) concentração aproximada de 0,01 mol/L: pesou-se 1,5 g de sal dissódico de EDTA, em seguida colocado em estufa a 75 °C por 2 h. Após este período, foi colocado dentro do dessecador para esfriar (cerca 0,96 g do EDTA) e então foi dissolvido em 50 mL de água destilada e homogeneizar a solução. A solução padrão preparada foi envasada em um frasco plástico e devidamente rotulada.
- Preparo de 100 mL de solução tampão de hidróxido de amônio/cloreto de amônio pH 10: na capela dissolveu-se em um béquer de 50 mL, cerca de 6,4 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (cloreto de amônio) em 25 mL de água destilada. O sal dissolvido foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL, e após adicionar 57 mL de amoníaco líquido, completou-se o volume do balão com água destilada. A solução tampão preparada foi envasada em um frasco plástico e devidamente rotulada.
- Preparo do indicador negro de eriocromo T: foi misturado cerca de 0,5 g do negro de eriocromo T com 40 g de  $\text{NaCl}$  (cloreto de sódio). Após macerar bem a mistura, foi envasada em um frasco.
- Preparo de 100 mL de solução de  $\text{CaCO}_3$  concentração aproximada de 0,01 mol/L: pesou-se cerca de 0,5 g de  $\text{CaCO}_3$ , em seguida foi colocado em estufa a 75 °C por 2 h. Após este período, foi levado para esfriar e não readquirir umidade em um dessecador. Após esfriar, o sal foi dissolvido em 50 mL de água destilada, seguindo para a capela para a adição de 10 gotas de  $\text{HCl}$  (ácido clorídrico) concentrado. O sal dissolvido foi transferido para um balão de 100 mL, e completou-se o volume deste com água destilada para homogeneizar a solução. A solução de  $\text{CaCO}_3$  preparada, foi envasada em um frasco e devidamente rotulada.

A Figura 13 mostra as soluções preparadas no laboratório para realizar a titulação e determinar a dureza das amostras de água coletadas.

Figura 13 – Soluções preparadas no laboratório para titulação

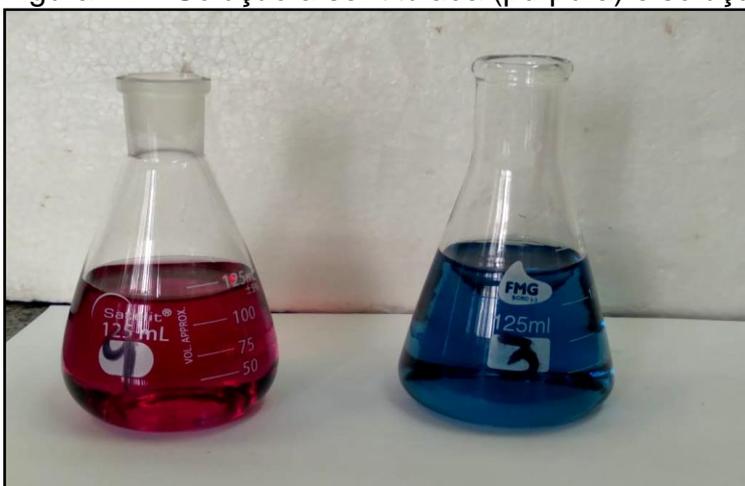


Fonte: Autora (2023)

A dureza da água coletada foi determinada através do método de titulação com EDTA, onde foi utilizada a solução padrão de EDTA [0,01 mol/L padronizada] como agente titulante, a solução tampão para elevar o pH das amostras, e em 50 mL da amostra diluída em 50 mL de água destilada, foi adicionado aproximadamente 0,05 g do indicador negro de eriocromo T, até o surgimento da cor púrpura avermelhado. Logo após, foi realizada a titulação da solução com o agente titulante EDTA, onde o ponto de viragem é definido pelo surgimento da coloração azul. Importante salientar que foi feito um branco antes de titular as amostras.

A Figura 14 representa na cor púrpura avermelhado a solução a ser titulada, e em azul a solução após a titulação.

Figura 14 – Solução a ser titulada (púrpura) e solução após titulação (azul)



Fonte: Autora (2023)

O cálculo da dureza pode ser realizado a partir da Equação 1.

$$d = \frac{(a - b) \cdot 1000 \cdot Fc}{c} \quad (1)$$

Em que:

“a” corresponde ao volume de EDTA gasto na titulação com a amostra (mL);

“b” corresponde ao volume de EDTA gasto na titulação com o branco (mL);

“c” corresponde o volume da amostra utilizado (mL);

“Fc” corresponde ao fator de correção do EDTA;

”d“ corresponde à dureza total (mg/L de CaCO<sub>3</sub>).

### 4.3 Análises microbiológicas

Foram realizadas análises microbiológicas em seis amostras de água, para a detecção de coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*). As amostras foram identificadas de acordo com a numeração das torneiras do Cacimbão em que foram coletadas, e da residência vizinha a este, conforme ilustra a Figura 15.

Figura 15 – Amostras de água coletadas para análise microbiológica



Fonte: Autora (2023)

Não foi realizada a contagem total de bactérias heterotróficas, visto que, segundo o padrão de potabilidade estipulado pela Portaria n. 888/2021 do MS, o VMP para água para ser considerada potável é a ausência total de coliformes em 100 mL de água. Logo, apenas com as análises para detecção de coliformes já se tem resultado sobre a potabilidade da água em estudo.

O procedimento utilizado para detectar coliformes totais e *Escherichia coli*, consiste em uma simples análise que utiliza o substrato cromogênico Colitag. O método para a análise incide em:

- Adicionar um sachê Colitag em 100 mL da alíquota de água;
- Conduzir as amostras para a estufa bacteriológica a 35 °C, por um período de 24 h;
- Após este prazo, pode-se observar a alteração da coloração do incolor para o amarelo, nas amostras que contenham coliformes totais.
- Por se tratar de um procedimento presuntivo, deve-se confirmar a presença de *Escherichia coli*, submetendo as amostras com coloração amarela (positivas para coliformes totais) à luz Ultravioleta (UV) para a identificação de fluorescência. A amostra que apresentar fluorescência aponta a presença de coliformes do tipo *Escherichia coli*, caso não apresente, indica somente a presença de coliformes totais.

A Figura 16 ilustra o reagente utilizado Colitag para a detecção de coliformes totais e termotolerantes.

Figura 16 – Reagente substrato cromogênico Colitag



Fonte: Autora (2023)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso, assim como a discussão dos mesmos.

### 5.1 Análises Físico-químicas

As amostras de água foram coletadas nos meses de novembro e dezembro de 2022, tomando-se o cuidado de realizar a coleta em dias ensolarados, sem a presença de chuva, para evitar interferências na qualidade da água. Tanto as amostras de água do Cacimbão, quanto a da residência próxima, foram coletadas no mesmo dia, para evitar discrepância das amostras. Foi realizada 1 leitura em cada amostra coletada, em duplicata.

A Tabela 2 mostra os valores obtidos nos equipamentos pHmetro e turbidímetro.

Tabela 2 – Parâmetros obtidos no pHmetro e turbidímetro

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
pH	7,12±0,1	7,08±0,1	7,07±0,1	7,04±0,1	7,03±0,1	6,64±0,1
Turbidez (NTU)	0,24±0,1	0,28±0,1	0,22±0,1	0,31±0,1	0,40±0,12	0,55±0,1

Fonte: Autora (2023)

A Tabela 2 mostra que os valores de pH de todas as amostras coletadas, apresentam valor próximo à neutralidade, ou seja, pH 7. Esses valores apresentam-se dentro dos padrões estipulados pela Portaria n. 888/2021 do MS, que determina uma faixa de valores entre 6 e 9. Os valores de turbidez também estão dentro dos valores estipulados pela portaria que determina um valor máximo permitido de 5 uT.

Os autores Sabedra, Rodrigues e Souza (2020), fizeram um estudo para determinar a qualidade das águas do Rio Santa Maria, localizado no município de Dom Pedrito, vizinho do município de Bagé e encontraram valores próximos de pH, porém um valor de turbidez de 24,2 uT. Essa diferença pode ser explicada, pois a água proveniente do Cacimbão é subterrânea.

Segundo Oliveira (2018b), em pesquisa realizada para a determinação da qualidade da água de poços artesianos da zona rural de mineração, no município de Caçapava do Sul, cidade próxima à Bagé, foram encontrados valores de pH para as águas dos três poços analisados, na faixa média de 6,78. Para a turbidez, os valores obtidos estão próximos ao encontrados neste TCC, sendo aproximados a 0,4 uT. Os valores encontrados por Oliveira (2018b), tanto para pH quanto para turbidez, encontram-se dentro dos padrões de potabilidade da Portaria n. 888/2021.

A Tabela 3 mostra os valores obtidos no múltiplo medidor digital.

Tabela 3 – Parâmetros obtidos no múltiplo medidor digital

<b>Parâmetros</b>	<b>Amostra 1</b>	<b>Amostra 2</b>	<b>Amostra 3</b>	<b>Amostra 4</b>	<b>Amostra 5</b>	<b>Amostra 6</b>
Condutividade elétrica (µS/cm)	373,5±26,2	351,0±5,7	339,5±3,5	341,5±4,9	337,0±4,3	120,4±0,8
Teor de sólidos dissolvidos (ppm)	188±14,2	174,5±0,7	170±1,4	170,5±0,7	168±2,8	60,5±0,7
Salinidade (‰)	0,7±0	0,7±0	0,7±0	0,7±0	0,7±0	0,2

Fonte: Autora (2023)

Os valores de condutividade elétrica das amostras de água provenientes do Cacimbão, mostrados na Tabela 3, encontram-se acima dos valores estipulados pela FUNASA (2014), que determina valores compreendidos entre 10 a 100 µS/cm, para a água ser considerada potável. Essa alteração de valores pode ser explicada pelo fato da água subterrânea estar em contato com o solo rico em sais minerais e a possibilidade de que a mesma absorva uma quantidade desses sais. Outra possibilidade é a ocorrência de poluição do lençol freático, que elevaria os níveis de sais dissolvidos na água subterrânea.

A amostra 6, proveniente do DAEB, apresenta o valor de condutividade elétrica bem próximo ao exigido pela legislação, mostrando uma pequena alteração em relação ao valor máximo permitido pela FUNASA (2014), que pode ser explicada pela incorporação de cloro e flúor na água potável. Vale a pena ressaltar que esse acréscimo no valor de condutividade não torna a água imprópria para o consumo, pois esse parâmetro não está contemplado na Portaria n. 888/2021 do MS.

Na Tabela 3, observa-se que os valores do teor de sólidos dissolvidos estão dentro dos valores estipulados pela Portaria n. 888/2021 do MS, que determina um valor máximo permitido de 500 ppm.

Ainda na Tabela 3, observa-se que amostras de 1 até 5, que foram as amostras coletadas no Cacimbão, obtiveram valores de salinidade de 0,7‰, ou seja, segundo os valores de salinidade propostos na Resolução CONAMA n. 357/2005 estão na faixa entre 0,5‰ e 30‰, que determinam que as amostras de água são águas salobras. A amostra 6, proveniente do DAEB, apresentou 0,2‰ de salinidade, logo pertence a outra classe, a de salinidade < 0,5‰, que determina que essa amostra é classificada como água doce. Essa diferença pode ser explicada devido à água proveniente do Cacimbão ser uma água subterrânea e o solo ser rico em sais minerais, que provavelmente foram dissolvidos e incorporados na composição da água.

Os autores Sabedra, Rodrigues e Souza (2020) encontraram valores para condutividade elétrica na ordem de 1252  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , valores maiores que o estipulado pela FUNASA (2014) mostrando uma possível contaminação do Rio Santa Maria no local de coleta das amostras, ou ainda uma ocorrência de arraste de sólidos nesse local. Já os valores do teor de sólidos totais dissolvidos, encontrados pelos autores, determinam que as amostras de água coletadas estavam dentro do padrão estipulado pela Portaria n. 888/2021.

Oliveira (2018b) obteve valores para condutividade elétrica superiores aos estipulados pela FUNASA (2014), em média de 250,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , o que indica uma possível contaminação nas águas coletadas dos poços. Uma causa provável dessa contaminação é o fato de os poços estarem localizados muito próximos a áreas de mineração de calcário, que podem liberar resíduos, que sofrem lixiviação com as chuvas, e se infiltram no solo, atingindo a água subterrânea.

Almeida (2013) realizou um estudo para determinar o índice de qualidade da água na Lagoa dos Patos/RS, e encontrou valores para salinidade da água entre 0,5‰ e 30‰, logo, a água superficial foi classificada como uma água salobra. Embora as águas subterrâneas apresentem maior quantidade de sal que as águas superficiais, a água da Lagoa dos Patos ter sido classificada como salobra pode ser explicada por sua ligação direta com o mar, por meio da barra na Praia do Cassino, em Rio Grande.

Outro parâmetro estudado foi o teor de oxigênio dissolvido. A Tabela 4 mostra os valores obtidos no oxímetro.

Tabela 4 – Parâmetros obtidos no oxímetro

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
Oxigênio dissolvido (ppm)	7,98±0,3	7,25±0,1	7,24±0,1	6,90±0,13	7,13±0,1	7,62±0,13
Oxigênio dissolvido (%)	93,75±2,2	85,9±0,8	82,15±1,6	80,25±1,3	81,85±1,2	90,65±2,5

Fonte: Autora (2023)

A Resolução CONAMA n. 357/2005 apresenta uma classificação das águas em classes, determinando sua qualidade. Os resultados obtidos e mostrados na Tabela 4, mostram um teor de oxigênio dissolvido para águas salobras de classe 1 ( $\geq 6$  mg/L de oxigênio dissolvido), mostrando que a água apresentou boa qualidade com relação a esse parâmetro.

Os autores Sabedra, Rodrigues e Souza (2020) encontraram valores do teor de oxigênio dissolvido que determinam que a maioria dos pontos onde houve coleta de amostras, apresentaram uma boa qualidade da água com relação a esse parâmetro, apresentando valores próximos a 6%.

A Tabela 5 mostra os valores obtidos no cálculo da dureza das águas.

Tabela 5 – Valores obtidos para a dureza das águas coletadas

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
Dureza (mg/L)	186,01±0	164,01±0	197,01±0	192,01±0	159,01±0	59,00±0

Fonte: Autora (2023)

A Tabela 5 mostra os valores calculados para a dureza das amostras de água, e todos estes se enquadraram dentro do limite estabelecido pelos padrões de potabilidade da Portaria n. 888/2021 do MS, que determina um valor máximo permitido de 300 mg/L. As amostras de água coletadas no Cacimbão apresentaram valores na faixa entre 150 a 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  presente nas águas, o que as classificam como água dura, o que pode ser explicado devido à água do Cacimbão ser uma água subterrânea e o solo ser rico em calcário. Já a amostra 6, apresentou

o valor contendo  $\text{CaCO}_3$  na faixa entre 50 a 150 mg/L, o que a sinaliza como uma água com dureza moderada.

Oliveira (2018b), encontrou um valor abaixo de 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  na água coletada no primeiro poço, e nos outros dois poços artesianos, na zona rural em áreas muito próximas à mineração de calcário em Caçapava do Sul, foram obtidos valores pouco maiores para dureza, com valores próximos a 200 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , dentro da faixa que caracteriza as águas como duras.

## 5.2 Análises Microbiológicas

As amostras de água que foram utilizadas nas análises microbiológicas foram coletadas seguindo o procedimento descrito no item 4.1 do capítulo anterior. Os resultados obtidos para detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* (termotolerantes) nas amostras de água estão disponibilizados na Tabela 6.

Tabela 6 – Detecção de coliformes totais e termotolerantes

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6
Coliformes totais (100 mL)	Presença	Presença	Presença	Presença	Presença	Ausência
<i>Escherichia coli</i> (100 mL)	Presença	Presença	Presença	Presença	Presença	Ausência

Fonte: Autora (2023)

Os resultados obtidos para as amostras analisadas são mostrados na Tabela 6, e indicam a presença de agentes patogênicos. De acordo com a Portaria n. 888/2021 do MS, a água para ser considerada potável necessita ter a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* em 100 mL de água, sinalizando então a não potabilidade destas águas com relação a estes parâmetros.

Após o período de 24 h, a simples análise realizada através da adição do substrato cromogênico Colitag, indicou a presença de coliformes totais nas cinco amostras coletadas no Cacimbão, que apresentaram uma turbidez da solução. A amostra 6, que é proveniente do DAEB foi a única amostra que apontou a ausência de coliformes totais, mantendo a coloração, sem a presença de turbidez da amostra. Estes resultados podem ser vistos na Figura 17.

Figura 17 – Análise microbiológica das amostras de água



Fonte: Autora (2023)

Após identificar a presença ou ausência de coliformes totais nas amostras, estas foram expostas à incidência de luz ultravioleta UV, para a detecção ou não, de *Escherichia coli*. As 5 amostras coletadas no Cacimbão apresentaram fluorescência, confirmando a presença de coliformes totais do tipo *Escherichia coli*, conforme ilustra a Figura 18.

Figura 18 – Incidência de luz UV nas amostras de água



Fonte: Autora (2023)

Como foram detectados resultados positivos para coliformes totais e do tipo *Escherichia coli* nas amostras estudadas, mesmo que em análises presuntivas, ficou confirmado que água que apresentou essa alteração é imprópria para consumo, ou seja, não pode ser considerada potável.

Para tanto, para atingir o último objetivo específico deste TCC, segue uma proposta de um pré-tratamento para a água do Cacimbão, prévio ao seu uso, visando a potabilidade dessa água.

### **5.3 Proposta de Pré-Tratamento da água do Cacimbão**

Foram propostas duas técnicas de desinfecção para o pré-tratamento da água do Cacimbão: cocção da água (água submetida a ebulição) e a adição de cloro. Essas técnicas foram escolhidas, pois segundo Almeida e Reis (2020), são técnicas baratas e de fácil realização por parte da população que consome água sem tratamento adequado com frequência.

As condições de desinfecção visam remover organismos potencialmente patogênicos, e neste sentido enquadraria a água estudada na legislação vigente. Conforme o Artigo n. 24 da Portaria n. 888/2021, toda a água destinada ao consumo humano deve passar por processo de desinfecção ou adição de agente desinfetante para a manutenção dos residuais mínimos estipulados pela legislação (BRASIL, 2021).

De acordo com a FUNASA (2014), normalmente se utiliza cloro elementar ( $\text{Cl}_2$ ) para a desinfecção da água, líquido ou gasoso. A quantidade de cloro na água como cloro elementar ( $\text{Cl}_2$ ), ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ) e íon hipoclorito ( $\text{OCl}^-$ ) é denominada como cloro residual livre e é fundamental na inibição do aumento bacteriano. A desinfecção apresenta caráter corretivo e preventivo, levando em consideração que a água pode ser contaminada ao longo do percurso até seu consumo (BRASIL, 2014).

O hipoclorito de sódio é um produto obtido a partir da reação do cloro com uma solução diluída de soda cáustica, e pode ser fornecido gratuitamente, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), para moradores que utilizam águas provenientes de nascentes sem prévio tratamento, como o Cacimbão.

Visando verificar a eficácia dos tratamentos propostos, foram coletadas mais 2 amostras de água no Cacimbão, seguindo o mesmo protocolo para coleta já descrito neste TCC no item 4.1 do capítulo anterior.

Uma das amostras de água foi submetida à ebulição (fervura), durante 30 min em um recipiente metálico, e resfriada à temperatura ambiente. Já na outra amostra de água coletada, foi adicionada gotas de hipoclorito de sódio de concentração de

2,5% (m/m), respeitando a quantidade sugerida pelo MS, de 2 gotas para cada 1 litro de água e repouso por 30 minutos em recipiente fechado. Essas amostras foram encaminhadas ao LMTA para nova análise de detecção de coliformes totais e termotolerantes.

Após 24 h da realização da análise, que seguiu o mesmo procedimento descrito no item 4.3 deste trabalho, a amostra contendo água fervida apresentou coloração amarela, indicando a presença de coliformes totais. Já a amostra contendo água com gotas de hipoclorito de sódio permaneceu incolor, ou seja, indicando a ausência de coliformes totais. Estes resultados podem ser vistos na Figura 19.

Figura 19 – Análise microbiológica das amostras de água pré tratadas



Fonte: Autora (2023)

Após identificar a presença de coliformes totais na amostra com água fervida, esta foi exposta à incidência de luz UV, para a detecção da presença de *Escherichia coli*. A amostra apresentou fluorescência, positivando a presença de *Escherichia coli* na água fervida, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20 – Incidência de luz UV nas amostras de água pré tratadas



Fonte: Autora (2023)

Pode-se constatar que a adição de hipoclorito de sódio com concentração de 2,5% (m/m) na água foi uma forma eficiente de pré- tratamento da água eliminando coliformes totais e termotolerantes e que a fervura não apresentou resultado eficiente. Seria interessante refazer os testes, com a água do Cacimbão submetida à fervura por um tempo mais prolongado, mas essa proposta fica como sugestão para trabalhos futuros.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste estudo foi possível caracterizar a água do Cacimbão, na zona sul da cidade de Bagé. Seguindo os parâmetros de potabilidade estipulados pela Portaria n. 888/2021 do MS, a água do Cacimbão advinda das cinco torneiras disponíveis, apresentou valores para pH, turbidez, teor de sólidos dissolvidos, salinidade, oxigênio dissolvido e dureza, atendentes aos requisitos de qualidade impostos pela Portaria n. 888/2021 do MS, o que a caracteriza como água potável, para estes parâmetros citados. Entretanto, o parâmetro de condutividade elétrica excedeu a faixa estipulada pela FUNASA (2014), mas isso não a torna imprópria para consumo em função deste parâmetro não estar contemplado na Portaria n. 888/2021 do MS, apenas demonstra uma maior quantidade de minerais dissolvidos na água, o que é característico de águas subterrâneas.

De acordo com a Resolução CONAMA nº. 357/2005 a água do Cacimbão pode ser classificada como água salobra de classe 1 ( $\geq 6$  mg/L de oxigênio dissolvido), mostrando que a água apresenta boa qualidade.

Porém nas análises microbiológicas, houve detecção de coliformes totais e termotolerantes, do tipo *Escherichia coli*, em todas as amostras de água provenientes do Cacimbão, mostrando que a mesma não é considerada própria para o consumo, ou seja, não pode ser considerada água potável. A amostra de água proveniente da rede de abastecimento municipal não apresentou a detecção desses coliformes.

Foram propostas duas técnicas de desinfecção para pré-tratamento da água do Cacimbão: cocção da água em um recipiente de metal durante 30 min, e a adição de cloro, obedecendo à quantidade sugerida pelo MS de 2 gotas de hipoclorito de sódio de concentração de 2,5% (m/m) para cada 1 litro de água, ficando em repouso em um recipiente fechado por 30 min. Estas condições de desinfecção foram propostas para que as pessoas que buscam esta fonte como forma de abastecimento, tenham acesso à uma água adequada para o consumo, livre de contaminações.

A análise da água pós tratamento mostrou que a fervura da água não foi suficiente para reduzir a quantidade de coliformes presentes na água. Já a adição de hipoclorito de sódio seguindo as recomendações do MS, apresentou resultado promissor.

Portanto, considera-se que este TCC tenha sido executado com sucesso, atendendo aos objetivos propostos, e deixando como sugestão para Trabalhos futuros, a avaliação da capacidade do Cacimbão como fonte alternativa de abastecimento de água.

## 7 REFERÊNCIAS

ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Águas Subterrâneas**. 2022. Disponível em: <http://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>. Acesso em: 01 ago. 2022.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.898-Coleta-de-Amostras.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.

ALMEIDA, A.; REIS, M. **Como tornar a água boa para beber**. Tua Saúde. 2020. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/como-tornar-a-agua-boa-para-beber/>. Acesso em 08 fev. 2023.

ALMEIDA, L. M.; FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, mai. / jun. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/N5fLPRCByVWSXRxKZp4KLsL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 ago. 2022.

ALMEIDA, J. Colvara de. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água na lagoa dos Patos**. 2013. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2013/10/TCC-JAQUELINE-ALMEIDA.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2022.

ALVES, A. G.; FORMAGGIA, D. M. E.; FERNANDES, M. L. R P.; MACHADO, P. A. M.; SOUZA, R. M. G. L. **Padrão de potabilidade: Contexto histórico das portarias de potabilidade, dúvidas, indagações, considerações e preocupações da nova Portaria GM/MS n. 888/21. 2021**. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2021/07/Artigo-2.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2022.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2017. Disponível em: [https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura2017\\_digital.pdf/view](https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura2017_digital.pdf/view). Acesso em: 17 jan. 2023.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água no mundo**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 02 ago. 2022.

BRANCO, P. M. Coisas que você deve saber sobre a água. **Serviço geológico do Brasil**. 2023. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal->

Escola/Coisas-que-Voce-Deve-Saber-sobre-a-Agua-1084.html. Acesso em: 22 jan. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 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**: Seção 1, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450). Acesso em: 28 jan. 2023.

BRASIL. Decreto n. 79367, de 9 de março de 1977. Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e dá outras providências. Brasília, **Diário Oficial da União**, 9 de março de 1977. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1970-1979/d79367.htm#:~:text=DECRETA%3A,em%20todo%20o%20territ%C3%B3rio%20nacional](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/d79367.htm#:~:text=DECRETA%3A,em%20todo%20o%20territ%C3%B3rio%20nacional). Acesso em: 23 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise da água**. Brasília, DF: FUNASA, 2013. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf). Acesso em: 26 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando o clorador simplificado desenvolvido pela FUNASA**. Brasília, DF: FUNASA, 2014. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf). Acesso em: 26 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 635, de 26 de dezembro de 1975. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação de água, tendo em vista a Lei n.6050/74. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 30 jan. 1975. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/349893/>. Acesso em: 24 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 443, de 03 de outubro de 1978. Estabelece os requisitos sanitários mínimos a serem obedecidos no projeto, construção, operação e manutenção dos serviços de abastecimento público de água para consumo humano. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 16295, 06 out. 1978. Disponível em: <https://daejudiai.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Portaria-Federal-443-Bsb.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 36, de 19 de janeiro de 1990. Aprova normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**: Seção 1, p. 1651-1654, Brasília, DF, 23 jan. 1990. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1990/prt0036\\_19\\_01\\_1990.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1990/prt0036_19_01_1990.html). Acesso em: 25 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 1469, de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p.39, 22 fev. 2001. Disponível em: <https://daejundiai.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Portaria-1469-2000.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece as responsabilidades por parte de quem produz a água, a quem cabe o exercício do controle de qualidade da água e das autoridades sanitárias, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água” para consumo humano. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n. 59, p. 266-270, 26 mar. 2004. Disponível em: [http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518\\_25\\_03\\_04.pdf](http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518_25_03_04.pdf). Acesso em: 26 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação n. 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, ed. 190, p. 360, 03 out. 2017. Disponível em: [http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria\\_Consolidacao\\_5\\_28\\_SETEMBRO\\_2017.pdf](http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf). Acesso em 18 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 888, de 04 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 127, 07 mai. 2021. Disponível em: <https://brasilsus.com.br/wp-content/uploads/2021/05/portaria888.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

BRASIL. Presidência da República. Decreto n. 24643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p.14738, 20 jun. 1934. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html#:~:text=Decreta%20o%20Codigo%20de%20Aguas.&text=l%20AGUAS%20P%C3%9ABLICAS-,Art.,de%20uso%20commum%20ou%20dominicaes.&text=os%20bra%C3%A7os%20de%20quaisquer%20correntes,influam%20na%20navegabilidade%20ou%20flutuabilidade>. Acesso em: 19 jul. 2022.

BRONDANI, A. R. P.; WOLLMANN, C. A.; RIBEIRO, A. A. A Percepção climática da ocorrência de estiagens e os problemas de abastecimento de água na área urbana no município de Bagé – RS. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 26, p. 214-232. 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/75197/78745>. Acesso em 22 jan. 2023.

CAPPI, N.; AYACH, L. R.; SANTOS, T. M. B.; GUIMARÃES, S. T. L. **Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS)**. Geografia & Pesquisa, v.16, n.3 p.77-92, set/dez. 2012.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas**. São Paulo: CETESB, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2022.

DAEB – Departamento de Água, Arroios e Esgoto de Bagé. 2022. Disponível em: [http://daeb.com.br/noticiasView/8580\\_Racionamento-e-ampliado-para-12-horas-em-Bage.html](http://daeb.com.br/noticiasView/8580_Racionamento-e-ampliado-para-12-horas-em-Bage.html). Acesso em: 16 dez. 2022.

DAEB – Departamento de Água, Arroios e Esgoto de Bagé. **Atribuições Água**. 2023. Disponível em: [http://daeb.com.br/pagina/158\\_Agua.html](http://daeb.com.br/pagina/158_Agua.html). Acesso em: 19 jan. 2023.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2 ed. São Carlos: Editora Rima. 2005.

ECO. **Dicionário Ambiental: O que é um Aquífero**. 2014. Disponível em: <https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/28001-o-que-e-um-aquifero/#:~:text=O%20Guarani%20%C3%A9%20um%20aqu%C3%ADfero,transfor+maram%20em%20arenito%2C%20uma%20rocha>. Acesso em: 20 jan. 2023.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

FERREIRA, R. Conheça os diferentes tipos de água. **Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente**. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2017/03/conheca-os-diferentes-tipos-de-agua>. Acesso em: 13 jul. 2022.

FRANCISO, A. A.; POHLMANN, P. H. M.; FERREIRA, M. A. Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência. *In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Londrina – PR, 2011. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-005.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2023.

FRANZ, P. R. **Avaliação da Qualidade da Água distribuída no Campus Capão do Leão da Universidade Federal de Pelotas**. 2018. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2018/09/TCC-Patrick-Finalizado.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2022.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidad+e+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdbc8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>. Acesso em: 22 jan. 2023.

GASPAR, M. T. P. **Hidrologia Geral**. 2021. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaque-superior/eventos/oficinas-de-intercambio-1/aguas-subterraneas-1/oficina-aguas-subterraneas-vitoria-es-2019/oficina-progestao-es-palestra-3-ana-cosub-hidrogeologia-geral.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2022.

GRASSI, M. T. As Águas do Planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. São Paulo, 2001. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2022.

GREENME. **O maior aquífero do mundo fica no Brasil**. 2015. Disponível em: <https://www.greenmebrasil.com/informarse/ambiente/1629-o-maior-aquifero-do-mundo-fica-no-brasil/>. Acesso em: 18 jan. 2023.

GUERREIRO, L. ETA (estação de tratamento de água) e ETE (estação de tratamento de efluentes). **Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro - REDETEC**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjUy>. Acesso em: 24 jan. 2023.

HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. **Água subterrânea: reserva estratégica ou emergencial**. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/%C3%A1gua%20subterr%C3%A2nea%20-%20reserva%20estrat%C3%A9gica%20ou%20emergencial.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/bage-rs/#servico-aguas-pluviais>. Acesso em: 19 jan. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/bage.html>. Acesso em: 09 jul. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2022/Previa\\_da\\_Populacao/POP\\_2022\\_Municipios.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2022/Previa_da_Populacao/POP_2022_Municipios.pdf). Acesso em: 06 jan. 2023.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. 2020. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/rs/bage>. Acesso em: 09 jul. 2022.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA. Paraná, 2020. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Aquifero>. Acesso em: 20 jan. 2023.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.

LUCENA, R.G.R.; RAZZOLINI, M.T.P.; MENEZES, L. M. Bezerra De.; MARQUES, R. A. M.; NARVAI, P. C. Significados da água na visão de lideranças de saúde. **Saúde Soc**. São Paulo, v. 22, n. 4, p.1193-1204. 2013.

MEDEIROS, J. P. O. **Influência da salinidade na dispersão, diversidade de peixes e na pesca no estuário do rio Apodi/Mossoró (RN)**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Caicó RN. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/42823>. Acesso em: 24 jan. 2023.

MIZUTORI, I. V. **Caracterização da qualidade das águas fluviais em meios peri-urbanos: O caso da bacia hidrográfica do Rio Morto – RJ**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/10998>. Acesso em: 21 jul. 2022.

MUNHOZ, F. G. M. M. **Desenvolvimento e padronização de protocolos de amostragem e análises físicas, químicas e bacteriológicas para estação de tratamento de águas**. 2021. 85f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Bagé. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/5752>. Acesso em 21 jul. 2022.

NAIME, R. **Aquífero Alter do Chão**. EcoDebate, 2015. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2015/10/27/aquifero-alter-do-chao-artigo-de-roberto-naime/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

NANES, P. L. M. F.; NANES, D. P.; de FARIAS, S. E. M. **Qualidade das águas subterrâneas de poços tipo cacimba: um estudo de caso da comunidade Nascimento – município de São Sebastião – AL**. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, p.1-12, 2012.

NETO, A. P. S. **Caracterização da qualidade físico-química de água de poços na cidade de José da Penha - RN**. 2019. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Ciências e Tecnologias. Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, Pau dos Ferros. Disponível em: [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6069/1/AristidesPSN\\_MONO.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6069/1/AristidesPSN_MONO.pdf). Acesso em 27 jan. 2023.

OLIVEIRA, L. C. **Avaliação preliminar da qualidade das águas subterrâneas de dois municípios paraenses: subsídios à gestão hídrica na região metropolitana de Belém**. 2018a. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Pará, Belém. Disponível em: [https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/874/1/TCC\\_AvaliacaoPreliminarQualidade.pdf](https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/bitstream/prefix/874/1/TCC_AvaliacaoPreliminarQualidade.pdf). Acesso em: 18 jan. 2023.

OLIVEIRA, L. T. **Avaliação da qualidade da água de poços artesianos da zona rural de mineração em Caçapava do Sul**. 2018b. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Bagé, 2018.

PALUDO, L. **Rio Grande do Sul tem 140 municípios em situação de emergência decretada em razão da estiagem**. GaúchaZH. Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2023/01/rio-grande-do-sul-tem-140->

municipios-em-situacao-de-emergencia-decretada-em-razao-da-estiagem-cld6eien6004q01828cf31861.html#:~:text=A%20estiagem%20em%202023%20j%C3%A1,situa%C3%A7%C3%A3o%20de%20emerg%C3%Aancia%20no%20Estado. Acesso em: 22 jan. 2023.

PENA, R. F. A. **Aquífero Alter do Chão**. Mundo Educação, 2023. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/aquifero-alter-chao.htm>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PINTO, N. O.; HERMES, L. C. **Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do Semiárido do Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/7457/1/documentos\\_53.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/7457/1/documentos_53.pdf). Acesso em: 02 ago. 2022.

REDAÇÃO PENSAMENTO VERDE. **Conheça os principais aquíferos brasileiros**. São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/importancia-aquifero-alter-chao-mundo/>. Acesso em: 04 ago. 2022.

RIBEIRO, C. R.; PIZZO, H. S. **Avaliação da sustentabilidade hídrica do município de Juiz de Fora/MG: um subsídio à gestão sustentável dos recursos hídricos em âmbito municipal**. Monografia (Especialização em Análise Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009. In: Revista Mercator – v. 10, n. 21, 2011. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/467>. Acesso em: 27 jun. 2022.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

SABEDRA, C. A. L. F.; RODRIGUES, L. M.; SOUZA, T. R. Qualidade das águas do Rio Santa Maria no município de Dom Pedrito – RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v.11, n.2, 28 ago. 2020.

SAMAE – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto. **Apostila operador de estação de tratamento de água e esgoto**. 2017. Disponível em: <http://www.samaecaxias.com.br/Concurso/DownloadArquivoConcurso/Apostila%20Operador%20ETAE.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SANEP – Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas. **Tratamento da água**. 2023. Disponível em: <https://portal.sanep.com.br/agua/tratamento-agua>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SANESUL – Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. **Importância do tratamento da água**. 2023. Disponível em: <https://www.sanesul.ms.gov.br/importancia-do-tratamento-de-agua>. Acesso em: 25 jan. 2023.

SARAIVA, M. A. **Avaliação da sustentabilidade do uso da água do aquífero Alter do Chão na zona Urbana de Manaus**. 2017. 73 f. Dissertação – Programa de Pós-

graduação em Geociências – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017 Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6262>. Acesso em: 18 jun. 2022.

SILVA, M. R. M. **Identificação da ocorrência de estiagens em Bagé (RS) entre 1961 e 2009**. 2010. 83f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Instituto de Geociências – Departamento de Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25963/000755524.pdf?sequence=1%3E>. Acesso em: 18 jan. 2023.

SPERLING, M. V. **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.

TELLES, D. D. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2012. Disponível em: [https://issuu.com/editorablucher/docs/issu\\_ciclo\\_ambiental\\_da\\_agua](https://issuu.com/editorablucher/docs/issu_ciclo_ambiental_da_agua). Acesso em: 02 ago. 2022.