

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**THACIANA DOS SANTOS MOREIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REGIÃO DE HULHA NEGRA EM  
RELAÇÃO AOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS EM SISTEMAS DE  
ABASTECIMENTO COLETIVOS E INDIVIDUAIS**

**Bagé  
2022**

**THACIANA DOS SANTOS MOREIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REGIÃO DE HULHA NEGRA EM  
RELAÇÃO AOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS EM SISTEMAS DE  
ABASTECIMENTO COLETIVOS E INDIVIDUAIS**

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.

Orientador: Marcilio Machado Morais

Coorientadora: Caroline Costa Moraes

**Bagé  
2022**

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).

M838a Moreira, Thaciana dos Santos

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REGIÃO DE HULHA NEGRA EM  
RELAÇÃO AOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS EM SISTEMAS DE  
ABASTECIMENTO COLETIVOS E INDIVIDUAIS / Thaciana dos Santos  
Moreira.

68 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2022.

"Orientação: Marcilio Machado Morais".

1. Água. 2. Potabilidade. 3. Monitoramento microbiológico.  
4. Soluções alternativas de abastecimento de água. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa

**THACIANA DOS SANTOS MOREIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REGIÃO DE HULHA NEGRA EM RELAÇÃO AOS  
PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO COLETIVOS E  
INDIVIDUAIS**

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 10 de março de 2022.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Marcilio Machado Morais  
Orientador  
(UNIPAMPA)

---

Profa. Dra. Caroline Costa Moraes  
Co-orientadora

(UNIPAMPA)

---

Profa. Dra. Tânia Regina de Souza

(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr. Tales Costa Martins

(UNIPAMPA)

---

MSc. Adriane Röedel Hirdes

(UNIPAMPA)

---



Assinado eletronicamente por **CAROLINE COSTA MORAES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/03/2022, às 14:43, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **MARCILIO MACHADO MORAIS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/03/2022, às 16:10, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/03/2022, às 11:59, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **TALES LEANDRO COSTA MARTINS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/03/2022, às 16:39, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---



Assinado eletronicamente por **ADRIANE ROEDEL HIRDES, Técnico de Laboratório Área - SL-BAGE**, em 22/03/2022, às 15:53, 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 **0758358** e o código CRC **1840C4BF**.

---

Referência: Processo nº 23100.004128/2022-33 SEI nº 0758358

Dedico esse trabalho aos meus pais  
Irivelto de Jesus Machado Moreira (in  
memoriam) e Nilza Vane Ferreira dos  
Santos por incentivarem meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a oxalá por ter me dado muita saúde para continuar durante o período da graduação.

Agradeço a minha mãe Nilza Vane por ser minha fortaleza, meu abrigo e por me dar a vida "duas vezes", pois o transplante é um ato de amor e coragem me proporcionando continuar indo atrás dos meus sonhos.

Agradeço ao meu amado pai Irivelto de Jesus por sempre me incentivar a ser forte e persiste, por ter comemorado comigo cada conquista, mesmo não estando mais aqui fisicamente já que tua morada virou a casa de Deus, essa conquista e para ti.

Agradeço meus irmãos Thais Moreira e Felipe Moreira vocês são um pedaço de mim, uma metade sem a qual eu não seria uma pessoa completa, gratidão por me apoiar e me dar amor e carinho.

Agradeço os meus familiares entre eles Ana Moreira, Igor Lisboa, Marcelo Veber, e Ubirajara Moreira por fazer parte de cada momento e em especial este último ano sem vocês nada disso não seria possível, gratidão.

Agradeço a Ana Carolina Domingues, Daniele, Fabiano Firmo, Hélia Muza, Jaqueline Muza e Karen Dias são meus irmãos de outras vidas por todos os ensinamentos, paciência, amor, compreensão, parceria e colo durante períodos difíceis e por se tornarem minha segunda família.

Agradeço a todos os meus amigos, mas gostaria de mencionar em especial Alessandro, Fernanda, Giullia, Ilomara, Isadora, Jeff, Nicole, Maria Laura e Stefany, por toda a amizade me dando apoio e incentivo durante os momentos compartilhados na graduação.

Agradeço a Universidade Federal do Pampa por ser uma universidade pública, gratuita e de qualidade, me proporcionando momentos inesquecíveis.

Agradeço todo o corpo docente do curso de Engenharia Química com as contribuições durante minha trajetória.

Agradeço a minha banca examinadora Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Tania Regina de Sousa, Prof. Dr. Tales Costa Martins, Profa. Me. Adriane Röedel Hirdes, pelas contribuições e ensinamentos durante a execução do meu trabalho de conclusão de curso.

Agradeço aos meus orientadores Prof. Dr. Marcilio Machado Moraes e Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Caroline Costa Moraes pela orientação, apoio, incentivo e paciência durante a execução deste trabalho.

*“Julgue seu sucesso pelas coisas que você teve que renunciar para conseguir. Se você quer transformar o mundo, experimente primeiro promover o seu aperfeiçoamento pessoal e realizar inovações no seu próprio interior”.*

Dalai Lama

## RESUMO

A água é um recurso natural, encontrada de forma abundante na Terra. No entanto apenas cerca de 2,5% de toda a água disponível é doce, da qual uma pequena quantidade está disponível para o consumo humano, a água destinada para tal fim deve possuir parâmetros de qualidade e potabilidade adequados. Porém, as regiões mais afastadas dos centros urbanos não são atendidas por uma ETA, as quais normalmente utilizam soluções alternativas de abastecimento de água, que é alimentada por nascentes e reservatórios subterrâneos. Entretanto, as fontes de águas naturais podem ser facilmente contaminadas por agentes patogênicos e ocasionarem doenças hídricas infecciosas, sendo necessário o monitoramento microbiológico da qualidade da água, o seu correto tratamento. Pelo exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade microbiológica da água em sistemas de abastecimento coletivo e individual da região de Hulha Negra/ RS, propondo um protocolo de tratamento de água de acordo com a classificação do tipo de água. O trabalho foi desenvolvido em parceria com o projeto de extensão da Universidade Federal do Pampa "Protegendo as Águas do Pampa" e com o Instituto Cultural Padre Josimo (ICPJ). Constatou-se que os sistemas avaliados apresentaram água do tipo doce e Classe especial. As análises microbiológicas detectaram a presença de Coliformes totais e *Escherichia coli* em todas as amostras analisadas, mostrando que deve ser realizada uma desinfecção com cloro na água utilizada para o consumo humano nos dois sistemas analisados. Assim, foi elaborado um protocolo de fácil entendimento na forma de folder, que pode ser empregado pela comunidade inserida na região de estudo. No folder são mostrados de forma prática e didática a importância e como pode ser realizada a desinfecção da água para consumo, utilizando solução de hipoclorito de sódio 2,5% fornecida pela ANVISA do município. O protocolo elaborado no presente trabalho facilitará o tratamento da água pela própria comunidade, bem como o entendimento da importância desse processo para a manutenção da qualidade da água na região, oportunizando o consumo de água potável e de qualidade obtida de nascentes naturais da região da Campanha Gaúcha.

Palavras-Chave: Água. Potabilidade. Monitoramento microbiológico. Soluções alternativas de abastecimento de água.

## ABSTRACT

Water is a natural resource, found abundantly on Earth. However, only about 2.5% of all water available is freshwater, of which a small amount is available for human consumption. However, the regions furthest from urban centers are not served by a WTP, which usually use alternative water supply solutions, which is fed by springs and underground reservoirs. However, natural water sources can be easily contaminated by pathogens and cause infectious water diseases, requiring microbiological monitoring of the water quality and its correct treatment. Therefore, the objective of this study was to evaluate the microbiological quality of the water in collective and individual water supply systems in the Hulha Negra/ RS region, proposing a water treatment protocol according to the water type classification. The work was developed in partnership with the extension project of the Federal University of the Pampa "Protecting the Waters of the Pampa" and the Padre Josimo Cultural Institute (ICPJ). It was found that the evaluated systems had freshwater and Special Class water. The microbiological analyses detected the presence of total coliforms and *Escherichia coli* in all the analyzed samples, showing that a chlorine disinfection should be performed in the water used for human consumption in the two analyzed systems. Thus, an easy-to-understand protocol was developed in the form of a folder, which can be used by the community in the study region. The folder shows in a practical and didactic way the importance of disinfecting water for consumption, using a 2.5% sodium hypochlorite solution provided by ANVISA in the municipality. The protocol prepared in this work will facilitate the treatment of water by the community itself, as well as the understanding of the importance of this process for the maintenance of water quality in the region, providing the opportunity to consume drinking water and quality water obtained from natural springs in the pampa region.

Key words: Water. Potability. Microbiological monitoring. Alternative water supply solutions.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Ciclo hidrológico .....  | 21 |
| Figura 2 – Metodologia de desenvolvimento do TCC.....                               | 41 |
| Figura 3 – Localização da região de estudo.....                                     | 45 |
| Figura 4 – Localização da escola da região .....                                    | 46 |
| Figura 5 – Nascente de abastecimento de água na escola da região.....               | 47 |
| Figura 6 – Localização da residência do morador local .....                         | 47 |
| Figura 7 – Nascente de abastecimento de uma residência local .....                  | 48 |
| Figura 8 – Análise microbiológica (A) Controle negativo; (B) Controle positivo..... | 49 |
| Figura 9 – Amostras submetidas a luz UV .....                                       | 50 |
| Figura 10 – Crescimento exacerbado das colônias na placa inoculada .....            | 51 |
| Figura 11 – Hipoclorito de sódio 2,5%.....  | 54 |
| Figura 12 – Folder de desinfecção da água anverso .....                             | 55 |
| Figura 13 – Folder de desinfecção da água verso .....                               | 55 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 – Classificação de águas pelo índice percentual de salinidade..... | 22 |
| Quadro 2 – Classes de águas e respectivos usos e tratamentos.....           | 25 |
| Quadro 3 – Doenças de origem hídrica.....                                   | 29 |
| Quadro 4 – Padrão bacteriológico da água para consumo humano .....          | 35 |
| Quadro 5 – Padrão organoléptico da água para consumo humano .....           | 36 |
| Quadro 6 – Classificação de águas dos pontos representativos.....           | 51 |
| Quadro 7 – Qualidade microbiológica da água bruta da região de estudo.....  | 52 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

nº – número

h – hora

## LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas  
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária  
CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos  
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DQO – Demanda Química de Oxigênio  
ETA – Estação de Tratamento de Águas  
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
ICPJ – Instituto Cultural Padre Josimo  
LMTA – Laboratório de Microbiologia e Toxicologia de Alimentos  
MS – Ministério da Saúde  
MUG – *-metilumbeliferil-β-D-glucoronídeo*  
PCA – Plate Count Agar  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
RS – Rio Grande do Sul  
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
SAA – Sistema de Abastecimento de Água  
SAC – Solução Alternativa Coletiva  
SAI – Solução Alternativa Individual  
SAMAE – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto  
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso  
UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa  
UFC– Unidade Formadora de colônia  
UT – Unidade de Turbidez  
UV – Ultravioleta

## SUMÁRIO

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | INTRODUÇÃO .....  | 17 |
| 2     | OBJETIVOS.....  | 19 |
| 2.1   | Objetivo Geral.....   | 19 |
| 2.2   | Objetivos Específicos .....   | 19 |
| 3     | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 20 |
| 3.1   | Água, Corpos d'água e sua Classificação .....                         | 20 |
| 3.2   | Potabilidade da Água.....   | 26 |
| 3.3   | Sistemas de Distribuição de Águas.....                                | 28 |
| 3.4   | Variáveis de Qualidade da Água .....                                  | 31 |
| 3.4.1 | Indicadores microbiológicos da qualidade da água .....                | 31 |
| 3.4.2 | Indicadores físicos da qualidade da água.....                         | 32 |
| 3.4.3 | Indicadores químicos da qualidade da água .....                       | 33 |
| 3.5   | Limites Máximos Permitidos dos Indicadores de Qualidade da Água ..... | 34 |
| 3.6   | Tratamento de Água para Consumo Humano.....                           | 36 |
| 3.7   | Educação Ambiental e as Águas do Pampa .....                          | 38 |
| 4     | MATERIAIS E MÉTODOS .....   | 40 |
| 4.1   | Materiais.....  | 40 |
| 4.2   | Materiais para Execução de Análises.....                              | 40 |
| 4.3   | Metodologia de Desenvolvimento do Trabalho .....                      | 41 |
| 4.4   | Metodologia de Análises Microbiológica .....                          | 42 |
| 4.4.1 | Detecção de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> .....         | 42 |
| 4.4.2 | Contagem total de heterotróficos .....                                | 43 |
| 4.5   | Determinação da Salinidade da Água.....                               | 43 |
| 4.6   | Cloração ou Desinfecção da Água.....                                  | 44 |
| 5     | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 45 |
| 5.1   | Região de Estudo .....  | 45 |
| 5.2   | Monitoramento da Qualidade da Água e Classificação de Águas .....     | 49 |
| 5.3   | Qualidade Microbiológica da Água para SAC e SAI.....                  | 52 |
| 5.4   | Protocolos de Tratamento de Água para SAC e SAI.....                  | 53 |
| 6     | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | 57 |
|       | REFERÊNCIAS.....  | 58 |
|       | ANEXOS .....  | 62 |

## 1 INTRODUÇÃO

A água é considerada um recurso fundamental para a existência da vida, é encontrada em grande abundância no planeta e pode se apresentar em diferentes estados físicos tais como sólido, líquido e vapor. As suas características permitem com que seja empregada como solvente, e que se mantenha praticamente inalterada por meio do ciclo hidrológico. Embora se apresente em quantidade elevada, apenas uma pequena quantidade de água doce está disponível para uso, sendo que diversas localidades ainda não possuem acesso à água que apresente características adequadas para ser empregada no consumo humano (GRASSI, 2001).

Dentre os órgãos relacionados destaca-se o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e o Ministério da Saúde (MS). O primeiro classifica os corpos de água e indica os seus respectivos usos potenciais, indicando as características que a água deve apresentar para ser consumida pela população (BRASIL, 2005).

O MS é o responsável por indicar o padrão de potabilidade da água brasileira, designando os parâmetros e limites máximos permitidos para água destinada ao consumo humano seja ela distribuída por Sistema Abastecimento de Água (SAA), Sistema Alternativo Individual (SAI) ou Sistema Alternativo Coletivo (SAC) (BRASIL, 2021).

Embora muitas pessoas tenham acesso à água potável distribuída pelo SAA, a mesma não consegue atender as populações mais afastada dos centros urbanos e que não tem acesso a saneamento básico, o que faz com que esses cidadãos recorram a outros tipos de forma de abastecimento, como o SAC ou SAI. Nestes sistemas as águas são oriundas de fontes subterrâneas ou nascentes que podem ser facilmente contaminadas por agentes patógenos propulsores de doenças hídricas (SCALIZE; BEZERRA, 2020).

Assim, a avaliação microbiológica da água é indispensável para auxiliar no controle de doenças de natureza infecciosa, visto que a água é um dos seus principais veículos de propagação (MARQUEZ *et al.*, 2005).

Diante do exposto surge a necessidade de avaliar a qualidade microbiológica da água oriunda de nascentes nos municípios de Candiota e Hulha Negra, localizados no Rio Grande do Sul. O projeto de extensão da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) intitulado “Uma proposta de compensação ambiental com a

Comunidade Rural de Hulha Negra e Candiota” apoia o Instituto Cultural Padre Josimo (ICPJ), que atua na preservação das nascentes da região, bem como monitora qualidade da água das nascentes em fase de preservação e as já preservadas. A Extensão Universitária na UNIPAMPA é regulamentada pela Resolução nº 104, de 27 de agosto de 2015, o qual afirma que a extensão universitária se trata de um processo educativo, cultural e científico, que associa o ensino e pesquisa de forma indissociável e possibilita a relação entre universidade e sociedade (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA, 2015).

Sendo assim a universidade visa atender as demandas científicas dando suporte ao projeto do ICPJ no que tange as questões de pesquisa em laboratório, criando um vínculo indireto com a comunidade. O corpo do projeto de extensão é composto por parceiros como bolsistas voluntários e remunerados, a oportunidade de participação no projeto proporcionou preocupações com as questões ambientais e de saúde pública com a comunidade inserida, motivando assim esta proposta de trabalho de conclusão de curso.

Portanto, este Trabalho de Conclusão de Curso propôs a elaboração de protocolo para a desinfecção da água em sistemas de abastecimento coletivos e individuais na região de Hulha Negra/RS. Para desenvolvimento do protocolo realizou-se uma investigação da legislação de qualidade da água, identificação da comunidade atendida pelo projeto e o levantamento das análises laborais microbiológicas desenvolvidas no laboratório de microbiologia do campus Bagé da UNIPAMPA. Posteriormente foi escolhido dois pontos representativos para os sistemas de abastecimento inseridos na região, um para SAC e outro para SAI. A efetuação do monitoramento da qualidade microbiológica das nascentes da região de estudo se sucedeu por meio dos resultados das análises executadas pela presente autora. O protocolo desenvolvido em forma de folder baseou-se em manuais elaborados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), e na legislação vigente de qualidade da água, de modo simples e didático com medidas associadas ao cotidiano da comunidade inserida para oportunizar a sua usabilidade, e proporcionar o consumo de água de qualidade.

O corpo do presente trabalho é composto pela introdução, seguida dos objetivos gerais e específicos, revisão bibliográfica, metodologia, resultados, considerações finais, referências e anexos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a qualidade da água de nascentes da região de Hulha Negra/RS.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Conhecer as nascentes e o sistema de abastecimento de água na região de estudo.
- Acompanhar o monitoramento da qualidade microbiológica da água;
- Identificar a classificação do tipo de água.
- Investigar a qualidade microbiológica da água para SAC e SAI.
- Desenvolver protocolo para o tratamento de água de acordo com a classificação de classes de água e tipos de sistemas alternativos de abastecimento para SAC e SAI.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo possui propósito de abordar os assuntos considerados fundamentais para o controle de qualidade da água bem como a sua classificação, legislação, parâmetros analisados e/ou monitorados, tipos de distribuição e abastecimento, tipos de tratamento e o papel da educação ambiental na preservação de nascentes e controle de qualidade da água para o consumo humano.

#### 3.1 Água, Corpos d'água e sua Classificação

A água é considerada um dos recursos naturais mais significativos da terra, e até recentemente era apontado como um bem infinito. O aumento da população do planeta e todos os fatores ligados a este crescimento têm ocorrido em virtude da degradação dos recursos hídricos, que é ocasionado pela diversidade de usos e finalidades, destacando entre eles a agricultura, o abastecimento público, a pecuária, a indústria, a geração de energia, o saneamento básico, a recreação e o lazer (ZHANG *et al.*, 2010).

Embora a maior parte da superfície da Terra esteja ocupada de água, somente cerca de 2,5% são de água doce, e apenas 0,77% dessa água está disponível para o nosso consumo, a mesma pode ser encontrada nos rios, lagos, biomassa entre outros. O restante da água está armazenado nas calotas polares sendo estas de difícil acesso (GRASSI, 2001).

De acordo com Ribeiro e Rolim (2017), a água existente no Planeta apresenta deslocamento contínuo e a sua quantidade praticamente não se altera há centenas de anos. O autor destaca ainda que isso ocorre em consequência do ciclo hidrológico, que proporciona uma conservação do volume e uma alteração em sua distribuição local e/ou o seu estado físico. A Figura 1 representa um esquema simplificado do ciclo hidrológico.

**Figura 1: Ciclo hidrológico**



Fonte: Adaptado de curso CPT.

O ciclo hidrológico atua da seguinte maneira: a água que se apresenta em seu estado líquido pode ser encontrada nos lagos, rios e oceanos, e em decorrência do calor do sol, a mesma evapora. O vapor formado sobe para a atmosfera resultando na formação das nuvens e posteriormente, a água, que se encontrava na forma de vapor, precipita-se na Terra em forma de chuva, neve ou orvalho. Ao longo dessa sequência, a água se recicla, promovendo à vida no Planeta (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

De acordo com Manoel Filho (2008), praticamente toda a água subterrânea é oriunda do ciclo hidrológico. Para Tavares (1994), as condições hidrológicas e geológicas refletem no estoque de água das nascentes que atuam como fonte primária dos corpos de água.

Os corpos de águas como os rios são sistemas que transportam substâncias, podendo apresentar diferentes concentrações de compostos nas nascentes, no meio e no baixo curso de um rio (ZHANG *et al.*, 2010).

A classificação dos corpos de água é de responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente, que atua por intermédio do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), o qual apresenta a Portaria nº 357/2005, a mesma dispõe sobre a

classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como para o seu respectivo uso (BRASIL, 2005).

O Artigo 2º da Resolução CONAMA nº 357/2005 define que a água pode ser de três tipos água doce, água salobra ou água salina de acordo com o respectivo índice percentual de salinidade (BRASIL, 2005). A categorização disposta acima, relacionando os tipos de água com o seu respectivo índice de salinidade é apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1: Classificação de águas pelo índice de salinidade em partes por mil**

| Tipo de água | Índice de salinidade ‰ |
|--------------|------------------------|
| Doce         | $\leq 0,5$             |
| Salobra      | $> 0,5 < 30$           |
| Salina       | $\geq 30$              |

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005.

Esta Resolução denominou pelo menos treze classes de águas em toda a extensão do país, sendo cinco para águas doces, quatro para águas salobras e quatro para águas salinas. As águas doces foram categorizadas como Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, cujas especificações são descritas no texto que se segue. As demais classificações alusivas às águas salobras e salinas não serão abordadas na presente revisão bibliográfica, pois não se enquadram no contexto deste estudo.

O Artigo 14º da Resolução CONAMA nº 357/2005 denomina que as águas doces de Classe 1 deverão atender as seguintes condições e padrões:

- **Condições:** a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio eco toxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido. b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes; c) óleos e graxas: virtualmente ausentes; d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes; e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes; f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes; g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser

obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274/2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. h) DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) 5 dias a 20°C até 3 mg/L O<sub>2</sub>; i) OD (Oxigênio Dissolvido), em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O<sub>2</sub>; j) turbidez até 40 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez); l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; m) pH: 6,0 a 9,0 (BRASIL,2005).

- Os padrões para as águas doces de Classe 1 estão dispostos no Anexo I.

O Artigo 15º dispõe que para as águas doces de Classe 2 aplicam-se as condições e padrões da classe 1, com exceção de:

- Condições: I - Não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais; II - Coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274/2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliforme termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; IV - turbidez: até 100 UNT; V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O<sub>2</sub>; VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>; VII - clorofila a: até 30 µg/L; VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm<sup>3</sup>/L; e, IX - fosforo total: a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e, b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico (BRASIL,2005).

O Artigo 16º da Resolução CONAMA nº 357/2005 apresenta que as águas doces de Classe 3, deverão atender as seguintes condições e padrões:

- Condições: a) não verificação de efeito toxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio eco toxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido; b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes; c) óleos e graxas: virtualmente ausentes; d) substancias que comuniquem

gosto ou odor: virtualmente ausentes; e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais; f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes; g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliforme termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm<sup>3</sup>/L; i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O<sub>2</sub>; j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O<sub>2</sub>; l) turbidez até 100 UNT; m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e, n) pH: 6,0 a 9,0 (BRASIL, 2005).

- Os padrões para as águas doces de Classe 3 estão dispostos no Anexo II.

O Artigo 17º da Resolução CONAMA nº 357/2005 delibera que as águas doces de classe 4 deverão atender as seguintes condições e padrões:

- Condições: I - Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes; II - Odor e aspecto: não objetáveis; III - óleos e graxas: toleram-se iridescências; IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes; V - Fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH; VI - OD, superior a 2,0 mg/L O<sub>2</sub> em qualquer amostra; e, VII - pH: 6,0 a 9,0.

O Artigo 38º da Resolução CONAMA nº 357/2005 dispõe que o enquadramento dos corpos de água deverá estar de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH). O enquadramento dos corpos de água deve ser estipulado pelos principais usos mais restritivos da água, atuais ou pretendidos e nos corpos de água em que a condição de qualidade da água esteja

em divergência com a sua finalidade, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias e gradativas de melhoria dessa qualidade, para possibilitar o enquadramento adequado (BRASIL, 2005).

O Artigo 3º da Resolução CONAMA nº 357/2005 destaca que as águas que possuem qualidade superior podem ser destinadas para usos menos exigentes, desde que o uso não prejudique a qualidade da água e atenda aos requisitos de utilização (BRASIL, 2005).

À medida que não são estabelecidos planos de enquadramento, as águas doces serão indicadas como Classe 2, a descrição das Classes de enquadramento dos corpos d'água, os seus principais usos e respectivo tratamento adequado para consumo humano estão indicados no Quadro 2.

**Quadro 2: Classes de águas e respectivos usos e tratamentos**

| Classificação   | Destino  | Tratamento adequado      |
|-----------------|--|--------------------------|
| Classe especial | a) ao abastecimento para consumo humano;<br>b) a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;<br>c) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.   | Desinfecção              |
| Classe 1        | a) ao abastecimento para consumo humano;<br>b) a proteção das comunidades aquáticas;<br>c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;<br>d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;<br>e) a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. | Tratamento simplificado; |

(continua)

**Quadro 2: Classes de águas e respectivos usos e tratamentos**

| Classificação | Destino   | (conclusão)<br>Tratamento adequado   |
|---------------|---|--------------------------------------|
| Classe 2      | a) ao abastecimento para consumo humano;<br>b) a proteção das comunidades aquáticas;<br>c) a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;<br>d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;<br>e) a aquicultura e a atividade de pesca. | Tratamento convencional;             |
| Classe 3      | a) ao abastecimento para consumo humano;<br>b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;<br>c) a pesca amadora;<br>d) a recreação de contato secundário;<br>e) a dessedentação de animais.  | Tratamento convencional ou avançado; |
| Classe 4      | a) a navegação;<br>b) a harmonia paisagística.  | Não pode ser receber tratamento      |

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2005.

Para Braga *et al.* (2005) as águas destinadas ao abastecimento público são apontadas por possuírem uma utilização mais nobre, como o consumo humano, e as mesmas demandam cuidado elevado, devido aos padrões de qualidade da água determinados pela legislação com relação à sua potabilidade. A potabilidade da água e as legislações específicas serão abordadas a seguir.

### 3.2 Potabilidade da Água

O Decreto Federal nº 79367/1977 atribuiu ao Ministério da Saúde (MS) a competência para elaboração de normas e recomendações do padrão de potabilidade da água, assim como a vigilância para a sua efetivação (BRASIL, 1977<sup>a</sup>).

Ao longo dos anos diversas normas foram elaboradas pelo Ministério da Saúde (MS), para a efetivação das suas atribuições, as mais atuais são a Portaria GM/MS nº 2914/2011, que passou por atualizações através da Portaria de

Consolidação GM/MS nº 05/2017. Atualmente, a portaria do GM/MS nº 888/21 altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

A Portaria de Consolidação do GM/MS nº 888/2021, considera que a água destinada ao consumo humano é a água potável utilizada para ingestão e preparação de alimentos, inclusive para realização de higiene pessoal independentemente da sua origem. Para ser destinada ao consumo humano a mesma deve atender alguns padrões de potabilidade e não oferecer riscos à saúde. O padrão de potabilidade é estabelecido como um conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água, essa portaria caracteriza os valores máximos permitidos para cada parâmetro e dispõe que o padrão de potabilidade é composto por: (I) padrão microbiológico; (II) padrão para substâncias químicas que representam risco à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); (III) padrão de radioatividade; (IV) padrão organoléptico (BRASIL, 2021).

Com o passar dos anos o padrão de potabilidade tende a se tornar mais exigente, isto é, um número maior de parâmetros passa a ser monitorado, além dos valores máximos permitidos passarem a ser mais rigorosos, um exemplo disso é o padrão microbiológico que anteriormente era restrito apenas ao padrão bacteriológico (presença ou ausência de bactérias do grupo coliforme), e passou gradativamente a incorporar outros parâmetros, considerando o controle dos diversos patógenos passíveis de transmissão pelo consumo de água, a Portaria GM/MS nº 888/2021, dispõe que o padrão microbiológico de potabilidade é composto por: padrão bacteriológico, padrão de turbidez para água pós-filtração, e dispositivos que tratam do controle da desinfecção (BRASIL, 2021).

O padrão bacteriológico é definido pela presença ou ausência de bactérias do grupo coliforme, na qual a ausência na água tratada (pós-desinfecção) exerce apenas como indicação da qualidade bacteriológica da água (ausência de bactérias patogênicas). O padrão de turbidez para água pós-filtração tem por finalidade a remoção, por intermédio da filtração, de cistos de protozoários os quais são mais resistentes aos agentes desinfetantes, especialmente o cloro. As condições de controle do processo de desinfecção possuem o intuito de controle de cistos de protozoários e de vírus, menos resistentes do que os protozoários (BRASIL, 2021).

O padrão organoléptico é definido como um conjunto de valores permitidos para os parâmetros reconhecidos por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não causam risco à saúde (BRASIL, 2021).

O acesso à água potável a ser consumida pela população é realizado pelos sistemas de distribuição de águas.

### **3.3 Sistemas de Distribuição de Águas**

A população brasileira que possui acesso a água potável está em torno de 90%, os indivíduos que não contam com esse tipo de serviço estão localizados nas regiões mais afastadas dos centros urbanos (Agencia Nacional de Águas, 2020).

De acordo com o MS, ocorrem três formas distintas de abastecimento, a mais conhecida é o SAA, que é destinado ao fornecimento coletivo de água potável por meio de rede de distribuição, a SAI que atende domicílios residenciais compostos por uma única família e a SAC que fornece água para uso coletivo (captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição), abastecendo pessoas sem vínculos familiares (BRASIL, 2021).

Segundo a FUNASA, na zona rural as principais fontes de abastecimento de água são as nascentes e poços rasos, caixa de tomada (nascentes de encosta), poço escavado (lençol freático), poço tubular profundo (lençol subterrâneo), (BRASIL, 2006).

De acordo com Stukel *et al.* (1990), o risco de surtos de doenças de propagação pela água no meio rural é consideravelmente elevado, especialmente pelas possibilidades de contaminação bacteriana da água que são captadas em poços antigos e/ou inadequadamente vedados, sendo os mesmos possivelmente localizados próximos de fontes de contaminação, como fossas e áreas de pastagem ocupadas por animais. Conforme Geldreich (1998), durante o período de chuva a água de escoamento superficial é o agente que colabora para as mudanças da qualidade microbiológica da água.

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), existem uma série de doenças que são provenientes da água contaminada por agentes patógenos, as mesmas podem ser transmitidas por ingestão, contato direto ou indireto, como no

preparo de alimentos (BRASIL, 2014). No Quadro 3 é possível visualizar o tipo de doença, agente contaminante e modo de prevenção.

**Quadro 3: Doenças de origem hídrica**

| Grupo de Doenças   | Principais Doenças   | Forma de transmissão  | Forma de prevenção  |
|--|--|---|---|
| Transmitidas pela via orofecal                                 | <p><b>Bacterianas:</b><br/>Cólera<br/>Disenteria bacilar<br/>Febre paratifoide<br/>Febre tifoide<br/>Leptospirose</p> <p><b>Não bacterianas:</b><br/>Amebíase<br/>Ascaridíase<br/>Hepatite infecciosa<br/>Poliomielite<br/>Giardíase<br/>Diarreias por vírus</p> | Ingestão do agente patogênico por meio de alimentos contaminados, água contaminada por fezes e contaminação de indivíduo para indivíduo | <p>Proteger os mananciais (fonte de abastecimento).<br/>Tratar as águas de abastecimento evitando o uso de fontes contaminadas.<br/>Fornecer água em quantidade e qualidade.<br/>Promover ações de educação em saúde (higiene pessoal, doméstica e dos alimentos).<br/>Promover melhorias da habitação e instalações sanitárias</p> |
| Associadas ao fornecimento de água insuficiente                | Infecções de pele<br>Tracoma<br>Tifo<br>Escabiose  | Água em quantidade insuficiente e hábitos higiênicos inadequados favorecem a disseminação desses agravos                                | Fornecer água em quantidade suficiente.<br>Promover ações de educação em saúde.   |
| Associadas a hospedeiros intermediários, cujo habitat é a água | Esquistossomose  | Penetração do agente patogênico na pele   | <p>Proteção de mananciais.<br/>Combate ao hospedeiro intermediário.<br/>Disposição adequada de esgotos.<br/>Evitar o contato das pessoas com águas contaminadas.</p>  |
| Transmitidas por vetores relacionados com a água               | Malária<br>Febre amarela<br>Dengue<br>Filariose  | Penetração do Agente Infeccioso no organismo pela picada de insetos, cujo ciclo evolutivo está relacionado com a água                   | <p>Combate aos vetores.<br/>Eliminar condições que possam favorecer criadouros.<br/>Utilizar medidas de proteção individual.</p>  |

Fonte: adaptado de Brasil (2014).

Segundo Brighman *et al.* (1995), o monitoramento periódico da qualidade microbiológica e as medidas de proteção das fontes particulares são elementos fundamentais para a prevenção de doenças de transmissão hídrica.

Conforme o Artigo 3º da Portaria GM/MS nº 888/2021, toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de SAA, SAC ou carro-pipa, deve ser alvo de controle e vigilância da qualidade da água. E segundo o Artigo 4º toda água destinada ao consumo humano proveniente de SAI está sujeita à vigilância da qualidade da água (BRASIL, 2021).

A Portaria GM/MS nº 888/2021, destaca que toda água para consumo humano fornecida coletivamente, incluindo as SAC supridas por manancial subterrâneo com ausência de contaminação por *Escherichia coli*, deverá passar por processo de desinfecção ou adição de desinfetante sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo (BRASIL, 2021).

A Portaria GM/MS nº 888/2021, define que os responsáveis por SAA e SAC devem elaborar anualmente e submeter para análise da autoridade municipal de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema e solução, e quando forem verificadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, ações corretivas devem ser adotadas pelo responsável, devendo-se efetuar nova amostragem imediatamente em dias sucessivos até que indiquem resultados satisfatórios. Resultados negativo para coliformes totais das re coletas não alteram o resultado originalmente positivo, no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo. Os responsáveis por SAA e SAC devem analisar ao menos uma amostra semestral da água bruta em cada ponto de captação visando gestão preventiva de risco. As SAA e SAC que são supridas por manancial subterrâneo devem realizar análise dos parâmetros de Turbidez, Cor Verdadeira, pH, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal Total, condutividade elétrica e dos parâmetros inorgânicos, orgânicos e agrotóxicos (BRASIL, 2021).

### 3. 4 Variáveis de Qualidade da Água

A água pode ser caracterizada por meio de diversos parâmetros, que retratam as suas particularidades, e são identificados como físicos, químicos e biológicos. Esses parâmetros são empregados na definição de padrões diferentes, que determinam valores para águas de abastecimento, balneabilidade, águas residuárias, entre outras. Quando a água for destinada ao consumo humano os parâmetros devem seguir o chamado de padrão de potabilidade, determinado pelo Ministério da Saúde (SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO, 2017).

De acordo com Martins (2015) as variáveis de qualidade de água podem indicar prováveis problemas, quando excedem os valores estabelecidos para os usos respectivos do corpo d'água analisado.

#### 3.4.1 Indicadores microbiológicos da qualidade da água

- **Coliformes totais:** de acordo com a FUNASA as bactérias do grupo coliforme são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos e oxidase-negativos. Os mesmos quando expostos a sais biliares ou agentes tensoativos, fermentam a lactose e são capazes de produzir ácido, gás e aldeído, na temperatura  $35,0 \pm 0,5$  °C no período de 24 a 48 h, podendo apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. Grande parte das bactérias do grupo coliforme são referentes aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, apesar de inúmeros gêneros e espécies pertencem ao grupo (BRASIL, 2013).
- **Coliformes termotolerantes:** segundo a FUNASA os coliformes termotolerantes são um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose na temperatura de  $44,5 \pm 0,2$  °C no período de 4 h. Possui como principal representante a *Escherichia coli*, que apresenta origem exclusivamente fecal, sendo o indicador mais representativo de contaminação fecal recente, e ocasional presença de organismos patogênicos nas águas naturais e tratadas (BRASIL, 2013).

### 3.4.2 Indicadores físicos de qualidade da água

- **Condutividade elétrica:** Gasparotto (2011) define a condutividade elétrica como sendo a capacidade de transmitir a corrente elétrica por meio de substâncias dissolvidas que dissociam-se em ânions e cátions.
- **Cor:** a cor da água se dá pela presença de material coloidal como a matéria orgânica, ou material dissolvido. Essa condição coloidal orgânica ocorre pela decomposição parcial de matéria orgânica existente nos sólidos, acarretando em uma série de compostos orgânicos complexos. Os compostos químicos como óxidos de ferro e manganês são os principais compostos inorgânicos que alteram a cor da água e se apresentam de forma abundante no solo (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016). Segundo a FUNASA a coloração da água pode ser ocasionada por causa da composição de fonte natural como materiais sólidos orgânicos em suspensão, algas ou por incidência de raios solares, se os padrões organolépticos estiverem potencialmente elevados podem oferecer riscos ao consumo humano. A cor da água para sistemas públicos de abastecimento de água é visivelmente indesejada por fatores estéticos que provocam a rejeição por parte do consumidor e o leva a procurar outras fontes de suprimento muitas vezes inseguras (BRASIL, 2013).
- **Temperatura:** de acordo com a FUNASA a temperatura é a medida de intensidade de calor de um sistema, no qual a alteração da temperatura pode ocorrer de forma natural como pela incidência de energia solar ou lançamento de despejos industriais. Geralmente, as temperaturas variam de 5°C a 30°C, que exerce influência notável na velocidade das reações químicas (BRASIL, 2014).

Se ocorrer um aumento da temperatura brusca de 0°C a 30 °C, por exemplo, pode ocorrer uma redução na viscosidade, tensão superficial, e calor latente de vaporização, ocasionando o aumento da condutividade térmica e da pressão de vapor. Os processos físicos, químicos e biológicos são afetados, pois alteram outras variáveis de qualidade da água, como a diminuição da solubilidade de diversos gases, podendo causar odor desagradável na água (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

- **Turbidez:** conforme a FUNASA, a turbidez da água indica a presença de material sólido em suspensão, o qual reduz a sua transparência, podendo ser provocada pela presença de algas, plâncton e substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia,

cuja presença pode ser originada de processos resultantes de erosão ou despejos domésticos e industriais. A turbidez tem suma importância no processo de tratamento de água, pois se a água apresenta turbidez elevada, pode ocorrer formação de flocos maiores e mais pesados que decantam mais rapidamente do que na água com turbidez baixa (BRASIL, 2013).

### 3.4.3 Indicadores químicos de qualidade da água

- **Alcalinidade:** a alcalinidade presente em uma amostra de água pode ser definida conforme sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um determinado valor definido de pH (potencial Hidrogeniônico).

Os componentes principais da alcalinidade são os sais de ácido carbônico constituídos por bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Os sais ácidos fracos inorgânicos como boratos, silicatos, fosfatos, ácidos orgânicos e sais de ácido húmico também conferem alcalinidade da água, porém seus efeitos normalmente são desconsiderados por terem pouca representatividade (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016). A identificação de distribuição entre as três principais formas de alcalinidade se dá de acordo com a faixa de pH, e segundo a FUNASA estima-se que quando:

- pH se encontra na faixa 4,4 a 8,3 indica presença de bicarbonatos;
  - pH na faixa de 8,3 a 9,4 indica presença de carbonatos e bicarbonatos;
  - pH > 9,4 indica presença de hidróxidos e carbonatos (BRASIL, 2013).
- **Cloretos:** segundo a FUNASA os cloretos habitualmente são provenientes das dissoluções de minerais, esgotos domésticos ou industriais e da intrusão de água do mar. Quando os cloretos apresentam altas concentrações na água, o mesmo proporciona um sabor salgado e propriedades laxativas (BRASIL, 2014).
  - **Dureza:** de acordo com a FUNASA a dureza expressa a presença de sais de metais alcalinos terrosos como cátions de cálcio e magnésio ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ), e os cátions de outros metais como ferro, manganês e zinco ( $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ). A dureza da água pode ser composta por dureza temporária e dureza permanente. A dureza temporária é quando há presença de carbonatos e bicarbonatos e a dureza permanente é quando há a presença de cloretos, nitratos e sulfatos. A dureza da água pode variar conforme a natureza geológica do local; assim, as águas subterrâneas são mais duras que as águas de superfície (BRASIL, 2013).

A classificação da dureza da água é realizada em termos da presença de  $\text{CaCO}_3$  e de acordo com a FUNASA água pode ser:

- água mole: concentração menor que 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .
- Água com dureza moderada: de 50 a 150 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .
- Água dura: de 150 a 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .
- Água muito dura: concentração maior do que 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (BRASIL, 2013).

Segundo a Portaria de consolidação nº888/2021, o valor máximo permitido para presença de dureza total com  $\text{CaCO}_3$  é de 300mg/L (BRASIL, 2021).

- **Ferro e manganês:** segundo a FUNASA o ferro e o manganês estão presentes naturalmente na água, mas em baixas concentrações. Os problemas encontrados quando presentes na água são de ordem estética, pois podem acarretar em cor avermelhada na água e também manchar roupas e vaso sanitário (BRASIL, 2014b).
- **Potencial hidrogênio (pH):** o pH representa a concentração de íons de  $\text{H}^+$  em solução, e de íons de  $\text{OH}^-$ , indicando o estado de neutralidade, alcalinidade e acidez da água. A faixa de pH varia entre 0 e 14, indicando água ácida com pH inferior a 7, neutra pH igual a 7, e alcalina se pH maior que 7 (BRASIL, 2014).

De acordo com a portaria de consolidação nº 888/2021, o pH para a água de abastecimento deve estar entre 6 a 9, para reduzir problemas nas redes de distribuição, pH muito baixo indica água corrosiva ocasionada pela acidez, e pH elevado pode ocasionar incrustações pela presença de alcalinidade alta (BRASIL, 2021).

### 3.5 Limites Máximos Permitidos dos Indicadores de Qualidade da Água

A Portaria MS nº 888/2021 determina os limites aceitáveis para o padrão bacteriológico da água para consumo humano (BRASIL, 2021), sendo que os mesmos estão descritos no Quadro 4.

**Quadro 4: Padrão bacteriológico da água para consumo humano**

| <b>Tipo de abastecimento</b>                             | <b>Parâmetro</b>                     | <b>VMP<sup>1</sup></b>  |
|--|--------------------------------------|---|
| SAI  | <i>Escherichia coli</i> <sup>2</sup> | Ausência em 100 mL  |
| SAA e SAC<br>Água na saída do tratamento                 | Coliformes totais <sup>3</sup>       | Ausência em 100 mL  |
| SAA e SAC<br>Sistema de distribuição e pontos de consumo | <i>Escherichia coli</i> <sup>2</sup> | Ausência em 100 mL  |
| SAA e SAC que abastecem menos de 20.000 habitantes       | Coliformes totais <sup>4</sup>       | Apenas uma amostra poderá apresentar resultado positivo, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável |
| SAA e SAC que abastecem a partir de 20.000 habitantes    | Coliformes totais <sup>4</sup>       | Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável                                     |

Fonte: Adaptado de Brasil (2021).

Legenda: <sup>1</sup>Valor Máximo Permitido; <sup>2</sup>Indicador de contaminação fecal; <sup>3</sup>Indicador de eficiência de tratamento; <sup>4</sup>Indicador da condição de operação e manutenção do sistema de distribuição de SAA e pontos de consumo e reservatório de SAC em que a qualidade da água produzida pelos processos de tratamento seja preservada (indicador de integridade).

Além dos limites máximos permitidos para o padrão bacteriológico a Portaria GM/MS nº 888/2021 indica o tempo de contato mínimo a ser observado de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água, para a realização de desinfecção em SAA e SAC que são mantidos por mananciais subterrâneos. Essa designação pode ser visualizada no Anexo III deste TCC.

Os limites permissíveis dos parâmetros de qualidade da água para consumo humano estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 podem ser visualizados no Quadro 5 (BRASIL, 2021).

**Quadro 5: Padrão organoléptico da água para consumo humano**

| <b>Parâmetro</b>           | <b>Unidade</b>           | <b>Valor Máximo Permitido<br/>Portaria nº 888/2021</b> |
|----------------------------|--------------------------|--|
| Alumínio                   | mg/L                     | 0,2  |
| Cloretos                   | mg/L                     | 250  |
| Cloro residual livre       | mg/L                     | 5  |
| Cor aparente               | UH <sup>1</sup>          | 15   |
| Dureza total               | mg/L                     | 300  |
| Ferro                      | mg/L                     | 0,3  |
| Gosto                      | Intensidade <sup>2</sup> | 6  |
| Manganês                   | mg/L                     | 0,1  |
| Odor                       | Intensidade <sup>2</sup> | 6  |
| Sódio                      | mg/L                     | 200  |
| Sólidos dissolvidos totais | mg/L                     | 500  |
| Sulfato                    | mg/L                     | 250  |
| Turbidez                   | UT <sup>3</sup>          | 5  |

Fonte: Adaptado de Brasil (2021)

Legenda: <sup>1</sup>Unidade Hazen (mgPt–Co/L); <sup>2</sup>Intensidade máxima de percepção para qualquer característica de gosto e odor com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada; <sup>3</sup>Unidade de turbidez.

### 3.6 Tratamento de Água para Consumo Humano

O tratamento de água é um conjunto de processos físicos e químicos destinados a transformar a água bruta em água potável, ou seja, o mesmo busca adequar as variáveis de qualidade da água aos padrões legais de potabilidade determinados pela legislação (SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO, 2017).

De acordo com a FUNASA as tecnologias de tratamento de água são do tipo convencional, não convencional e simples. Essas tecnologias diferem-se entre si, a tecnologia de tratamento do tipo convencional por exemplo inclui em seu processo as etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração. A não convencional inclui a filtração direta ascendente e descendente, a dupla filtração e a filtração lenta. O tratamento de água do tipo simples é composto apenas pela desinfecção e é utilizado em águas subterrâneas que expressam condições determinadas e seguras

(BRASIL, 2014). As típicas etapas do processo de tratamento de água são exemplificadas a seguir.

- **Coagulação:** é a etapa onde ocorre a adição de um agente coagulante, habitualmente o sulfato de alumínio ou sulfato ferroso, por meio de uma mistura rápida que provoca a formação de compostos químicos. Esses compostos são formados devido ao choque das partículas de impurezas e são absorvidos provocando o desequilíbrio das cargas elétricas superficiais, ocasionando a união destas partículas e proporcionando a etapa seguinte que é a floculação (SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO, 2017).
- **Floculação:** os compostos químicos, misturados anteriormente, reagem com a alcalinidade da água produzindo compostos que tenham a propriedade de aproximar partículas com cargas elétricas contrárias. Essas partículas são denominadas de flocos e possuem cargas elétricas superficialmente positivas, enquanto que as impurezas presentes na água, possuem carga elétrica negativa e são retidas pelos flocos. Após a formação inicial dos flocos os mesmos vão crescendo e se tornando cada vez maiores e mais pesados dando início a próxima etapa chamada de decantação (SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO, 2017).
- **Decantação:** de acordo com a FUNASA esta etapa ocorre normalmente em decantadores, pela deposição da matéria em suspensão pela ação gravitacional (BRASIL, 2014).
- **Filtração:** segundo Botero (2008), os tanques de decantação fazem a remoção de partículas maiores e não são capazes de remover pequenas partículas, estas últimas são removidas da água por filtração em tanques contendo leito de cascalho, areia e carvão, que retêm as partículas remanescentes do processo de decantação.
- **Desinfecção:** é uma operação unitária que possui o intuito de inativar os microrganismos patogênicos que não foram removidos nas etapas anteriores. Para a execução dessa etapa pode-se utilizar agentes físicos tais como a cocção, radiação solar e radiação ultravioleta, agentes químicos como o cloro, dióxido de cloro, cloraminas e ozônio. O cloro é o mais empregado para essa finalidade devido às suas particularidades, podendo ser utilizado em sua forma

líquida como o hipoclorito de sódio, sólido como o hipoclorito de cálcio, ou líquido-gasoso como o cloro gasoso (SCALIZE; BEZERRA, 2020).

- **Fluoretação:** de acordo com a FUNASA trata-se de uma medida preventiva para redução da cárie dental, é considerado um processo seguro, econômico e adequado e consiste em adicionar à água tratada produtos como o ácido fluossilícico, ou o fluossilicato de Sódio (BRASIL, 2014). Além disso essa etapa é regulamentada pela Portaria nº. 635/1975 que dispõe sobre a aprovação das normas e padrões sobre a fluoretação da água (BRASIL, 1975), e atualmente, pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021), a nível nacional.

### 3.7 Educação Ambiental e as Águas do Pampa

A lei nº 9795 de 27 de abril 1999 caracteriza a educação ambiental como um processo no qual o indivíduo ou coletivo constroem valores sociais, conhecimentos, atitudes, habilidades e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, que é um bem de uso comum ao povo e essencial à qualidade de vida e sua sustentabilidade. Conforme o Artigo 4º, os princípios básicos da educação ambiental são o enfoque democrático e participativo, caracterizando um conjunto de ideias e concepções pedagógicas, o vínculo de ética, educação e práticas sociais. Os mesmos garantem a continuidade e constante avaliação crítica do processo educativo, e a elaboração articulada com questões ambientais, locais, regionais, nacionais e globais (BRASIL,1999).

O meio ambiente está em constante transformação e de acordo com a FUNASA os impactos ambientais, sociais e econômicos da degradação da qualidade das águas se expressam na perda da biodiversidade, na elevação de doenças hídricas, no custo de tratamento das águas para abastecimento doméstico e uso industrial, na redução da produtividade na agricultura, pecuária e pesca, na perda de riquezas turísticas, culturais e paisagísticas. A deterioração da qualidade da água ocasiona elevação nos custos de tratamento das águas para consumo humano, devido ao aumento do uso de produtos químicos. Para projetar uma Estação de Tratamento de Água (ETA), considera-se o volume de água a ser tratado e a qualidade dessa água, se os parâmetros de qualidade da água forem superiores e adequados para a potabilização, mais simples será o processo escolhido, e menores serão os custos apresentados de implantação e operação da ETA. Nos municípios

do país que dispõem de mananciais protegidos, os custos de tratamento apresentam-se de R\$0,50 a R\$0,80 para 1.000 m<sup>3</sup> de água tratada, já nos locais que apresentam mananciais pouco preservados, os custos são de R\$35 a R\$40 para o mesmo volume (BRASIL, 2014).

No contexto da preservação das águas e mananciais nos municípios de Candiota e Hulha Negra existe o programa de compensação ambiental desenvolvido pelo ICPJ, em atuação desde o ano de 2017 e é intitulado “PROTEGENDO AS ÁGUAS DO PAMPA”. Esse programa tem por objetivo monitorar a água oriunda das nascentes, verificando a sua potabilidade nas residências abastecidas de acordo com a Portaria de Consolidação do MS nº 05/2017. Além do monitoramento o projeto busca também realizar a recuperação de nascentes, sendo que atualmente já foram recuperadas cerca de 66 nascentes com o projeto e ainda possui outras em situação de recuperação. O número total de nascentes recuperadas pode ultrapassar a marca de cem em sua totalidade. O público alvo deste projeto são famílias de assentamentos rurais das cidades de Candiota-RS e Hulha Negra, às quais não possuem acesso à água tratada por meio de Estações de Tratamento de Água e fazem o uso de SAC e SAI. Nesse sentido o projeto visa também conscientização e capacitação da comunidade para a preservação ambiental das suas nascentes recuperadas, com o intuito de que não ocorra a sua contaminação e a população abastecida tenha acesso à água potável e de qualidade.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados o tipo de materiais e a metodologia a ser empregada para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

### 4.1 Materiais

Os materiais empregados na execução deste TCC foram teóricos e textuais, sendo que os dados experimentais de análises microbiológicas foram obtidos pela autora por meio do projeto de extensão da UNIPAMPA denominado “Protegendo as Águas do Pampa” que executa suas análises no Laboratório de Microbiologia e toxicologia de Alimentos (LMTA) do Campus Bagé. Os mesmos foram explanados em programas computacionais editores de texto. Ressalta-se que a presente autora participou das atividades e execução de análises laboratoriais do projeto mencionado.

### 4.2 Materiais para Execução de Análises

Para realizar as análises microbiológicas da água proveniente de nascentes utilizou-se os seguintes materiais:

- Frascos de vidro.
- Placas de petri.
- Pipetas.
- Ágar Plate Count Agar (PCA).
- Água peptonada 0,1 %.
- Tubos de ensaio.
- Estufa incubadora.
- Cabine de segurança biológica.
- Autoclave.
- Reagente Colitag®.
- Luz Ultravioleta (UV).

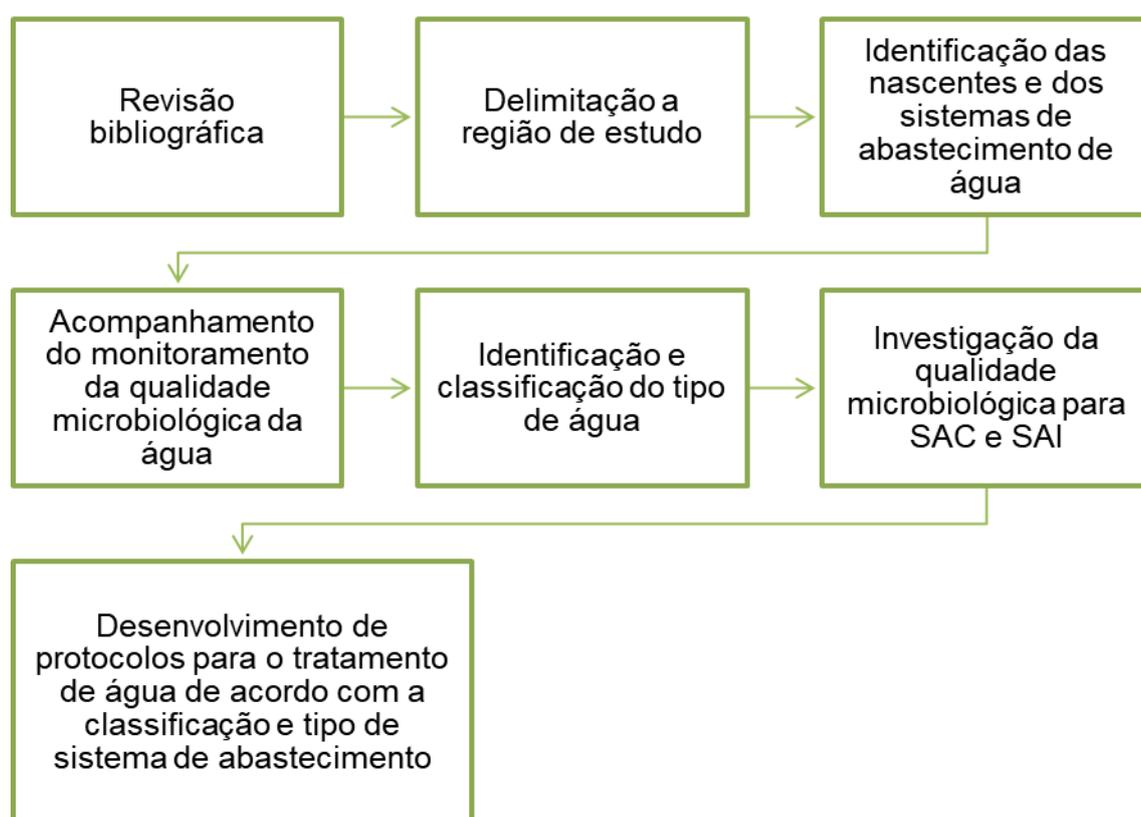
Os frascos de vidro foram esterilizados em autoclave a 121°C por 15 minutos e enviados para a coleta das amostras de água. A água foi coletada na parte da

manhã e trazidas ao LMTA em caixa térmica, sendo que foram analisadas em um período máximo de 5 h a referida coleta.

### 4.3 Metodologia de Desenvolvimento do Trabalho

As etapas da metodologia que foi empregada neste TCC são apresentadas na Figura 2.

**Figura 2: Metodologia de desenvolvimento no TCC**



Fonte: Autora (2022)

Inicialmente, para a elaboração deste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica sobre água, corpos d'água e sua classificação, potabilidade da água e doenças hídricas, variáveis de qualidade da água, tratamento de água para consumo humano, educação ambiental relacionada às águas da região do Pampa de Hulha Negra/RS.

A delimitação da região estudo se sucedeu através da identificação da região inserida no projeto de extensão "Protegendo as Águas do Pampa", onde foram

definidos dois pontos representativos dos sistemas de abastecimento do tipo SAC e SAI, respectivamente.

A identificação dos protocolos de monitoramento da qualidade da água empregados na comunidade atendida pelo projeto de extensão “Protegendo as Águas do Pampa”, se sucedeu através de diálogos com os responsáveis pelo projeto junto à comunidade e através da participação das atividades de monitoramento de qualidade da água do referido projeto de extensão.

O monitoramento das nascentes com relação à análise microbiológica da água foi realizado a partir dos resultados obtidos pelas análises executadas no LMTA do Campus Bagé da UNIPAMPA.

Os protocolos para o tratamento de água para SAC e SAI foram desenvolvidos conforme o manual da FUNASA, utilizando a indicação de dosagem de agente desinfetante da legislação em vigor (GM/MS n.888/2021). Os protocolos foram desenvolvidos considerando-se as condições da comunidade em estudo (reservatórios utilizados) e os produtos químicos disponibilizados pela vigilância sanitária do município de Hulha Negra.

#### **4.4 Metodologia de Análises Microbiológica**

Nesta seção estão dispostas as metodologias de análises microbiológicas para a detecção de coliformes totais, *Escherichia coli* e para a contagem total de heterótrofos, as respectivas metodologias são empregadas pela equipe do projeto “Protegendo as Águas do Pampa” no laboratório de microbiologia do campus Bagé da UNIPAMPA.

##### **4.4.1 Detecção de Coliformes totais e *Escherichia coli***

Este método é empregado para a detecção de *Escherichia Coli* e coliformes totais, trata-se de uma análise simples e prática que utiliza o substrato cromogênio e fluorogênico Colitag® (AOAC 991) que contém dois substratos o *orto-nitrofenil-β-D galactopiranosídeo* (ONGP) e o *4-metilumbeliferil-β-D-glucoronídeo* (MUG) que detecta presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Essa técnica é baseada na adição do meio de cultura (Colitag®) em 100 mL de água levando-se a mesma para estufa bacteriológica a 35°C por 24 a 48 h, onde observa-se a alteração de coloração da amostra do incolor para amarelo.

As amostras que apresentarem alteração na coloração para amarelo indicam a presença de coliformes totais e devem ser expostas a luz Ultravioleta UV, para a identificação de fluorescência. Caso a amostra apresente fluorescência indica a presença de *Escherichia coli*.

#### 4.4.2 Contagem total de heterotróficos

Este método é empregado para a detecção de heterotróficos mesófilos, e consiste na semeadura das amostras no meio de cultura Plate Count Agar (PCA), sendo utilizado 1,0 mL de amostra de água bruta para a semeadura e 1,0 mL da amostra com diluição em água peptonada pelo método "Pour Plate". Após este procedimento, as placas de petri são incubadas em estufa bacteriológica por 24 a 48h a uma temperatura de 35°C, posteriormente realiza-se a contagem das unidades formadoras de colônia (UFC), com o auxílio de um contador de colônias. A análise foi realizada em duplicata.

#### 4.5 Determinação da Salinidade da Água

A salinidade da água foi obtida a partir da medida da condutividade elétrica das amostras analisadas, utilizando-se um condutímetro digital Ge Hack Gc 200. O cálculo do índice de salinidade (‰) foi calculado pela Equação 1.

$$IS = (K_e * 10)^{1,0878} * 0,4665 \quad (1)$$

Onde:

*IS* é o índice de salinidade (g\* L<sup>-1</sup>).

*K<sub>e</sub>* é a condutividade elétrica (μS\*cm<sup>-1</sup>).

## 4.6 Cloração ou Desinfecção da Água

Normalmente, a desinfecção da água no sistema SAC e SAI é realizada pela adição de solução contendo hipoclorito de sódio a 2,5%.

As dosagens do agente desinfetante indicadas no folder de cloração da água ( $C_2$ ) foram calculadas utilizando-se a Equação 2 (BRASIL, 2014).

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1 * 10} \quad (2)$$

Onde:

$V_1$  é o volume da solução contendo hipoclorito de sódio (mL).

$C_1$  é a concentração do hipoclorito de sódio ( $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ).

$C_2$  é a concentração de cloro residual livre ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

$V_2$  é o volume do reservatório de água (L).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos durante a execução deste Trabalho de Conclusão de Curso.

### 5.1 Região de Estudo

A região de estudo engloba o município de Hulha Negra/RS que é interligado por meio de estradas rurais ao município de Candiota/RS. Nessa extensão, o ICPJ atua desenvolvendo o projeto “Protegendo as Águas do Pampa” e atende em sua totalidade 124 nascentes que são utilizadas como sistemas de abastecimento coletivo e individual para as famílias da região, onde a principal atividade econômica dos moradores é a agricultura familiar e pecuária.

Neste TCC foram determinados dois pontos representativos para os sistemas de abastecimento do tipo SAC e SAI, sendo ambos situados no assentamento Santa Elmira localizado aproximadamente 30 a 35km da cidade de Hulha Negra/RS, conforme a Figura 3.

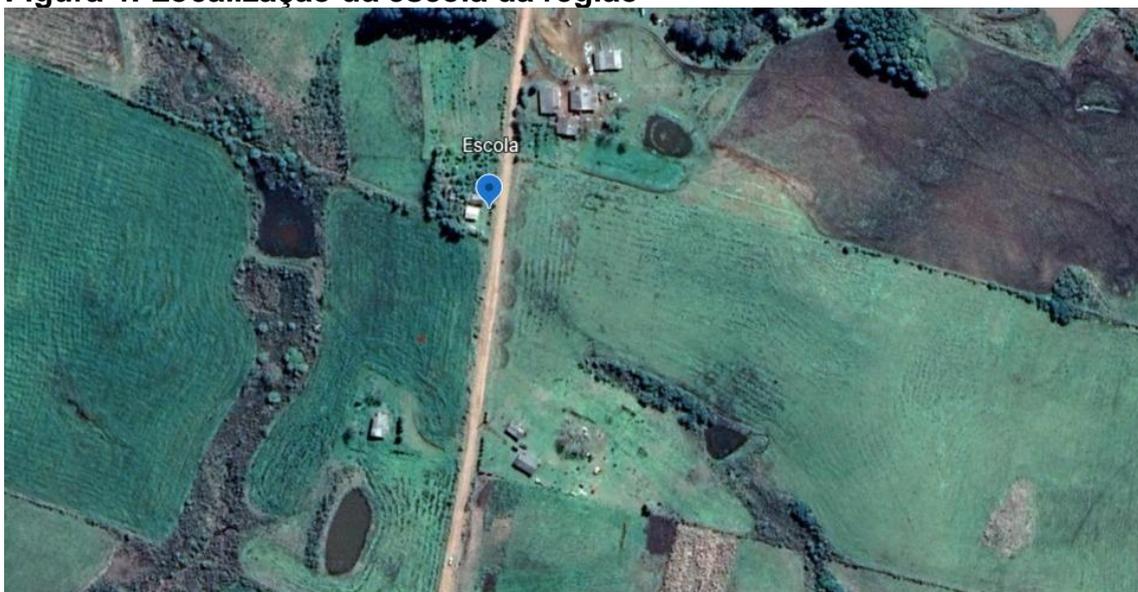
**Figura 3: Localização da região de estudo**



Fonte: Google maps (2022)

O primeiro ponto de coleta de água (denominado de “Escola” na Figura 3) trata-se de uma escola da região e o segundo (denominado de “Morador” na Figura 3) trata-se a residência de um morador local. Na Figura 4 é possível visualizar a localização da escola.

**Figura 4: Localização da escola da região**



Fonte: Google maps (2022)

A escola atua em dois períodos, pela manhã e tarde, a mesma utiliza a água proveniente de uma nascente para abastecer os alunos de diversas famílias que frequentam a escola, classificando-se como um sistema de abastecimento de água do tipo SAC, pois de acordo com o MS, esse tipo de sistema fornece água para uso coletivo abastecendo pessoas que não apresentam vínculos familiares (BRASIL, 2021).

Na Figura 5 é possível visualizar a nascente que abastece a escola e caracteriza um sistema de abastecimento do tipo SAC, basicamente a nascente trata-se de um poço escavado que possui até três metros de profundidade, o mesmo é revestido por pedras e concreto, dispondo de uma tampa de concreto para a sua cobertura. O escoamento da água até o reservatório de abastecimento da escola é realizado em um duto de aproximadamente 20 metros de comprimento com o auxílio de uma bomba centrífuga que funciona de modo intermitente.

**Figura 5: Nascente de abastecimento de água na escola da região**

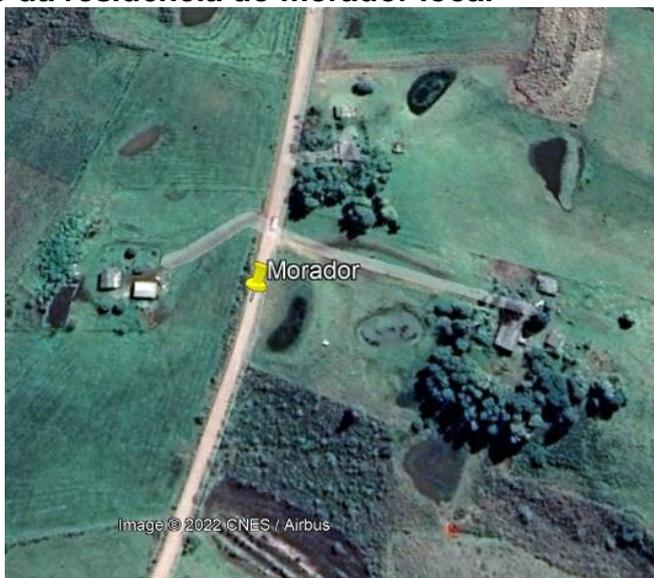


Fonte: Autora (2022)

O entorno das nascentes recebeu o plantio de árvores nativas e cerca de proteção para evitar o acesso dos animais ao seu entorno, evitando assim a contaminação da nascente. A cerca de proteção possui como finalidade a preservação da fonte de água e das espécies vegetais cultivadas ao seu redor.

Na Figura 6 é possível visualizar a localização do segundo ponto do plano amostral, a residência de um morador local do assentamento Santa Elmira.

**Figura 6: Localização da residência do morador local**



Fonte: Google Earth (2022)

A família residente nesta localidade é composta por um indivíduo e realiza captação de água proveniente de uma nascente para o seu abastecimento. De acordo com o MS os sistemas de abastecimento que atendem uma única família são considerados do tipo SAI (BRASIL,2021). Na Figura 7 é possível visualizar a nascente que abastece a residência do morador do assentamento Santa Elmira, a mesma trata-se de um poço escavado de aproximadamente quatro metros de profundidade, é revestido por tijolos e madeira, possuindo uma tampa de madeira para a sua cobertura. O escoamento da água até o reservatório da residência, é realizado um duto de aproximadamente 15 metros de comprimento com o auxílio de uma bomba centrífuga, que também funciona de uma forma intermitente.

**Figura 7: Nascente de abastecimento de uma residência local**



Fonte: Autora (2022)

## 5.2 Monitoramento da Qualidade da Água e Classificação de Águas

Nesta seção é apresentado como foi realizado o monitoramento da qualidade microbiológica e a respectiva classificação dos tipos de água monitorados.

Conforme já foi relatado anteriormente o monitoramento da qualidade microbiológica da água proveniente das nascentes da região de estudo é realizado pelo projeto “Protegendo as Águas do Pampa” que monitora cento e vinte e quatro nascentes na sua totalidade. Mensalmente são escolhidas dez nascentes de forma aleatória para o plano amostral, onde as amostras são coletadas nesses pontos pela equipe do projeto e encaminhadas para o LMTA do Campus de Bagé da UNIPAMPA. As amostras são submetidas à análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. A Figura 8 ilustra o controle efetuado durante as análises microbiológicas após um período de 48 h realizado por meio do teste rápido de substrato cromogênio Colitag®, onde (a) indica ausência de coliformes totais e (b) indica presença de coliformes totais.

**Figura 8: Análise microbiológica (A) Controle negativo; (B) Controle positivo**



Fonte: Autora (2022)

Posteriormente à identificação da presença ou ausência de coliformes totais nas amostras, as mesmas foram expostas a incidência de luz ultravioleta UV para a verificação da presença ou ausência de coliformes do tipo tolerantes ou *Escherichia coli*.

De acordo com Silva *et al* (2017), para constatar a presença ou ausência de *Escherichia coli* verifica-se a ocorrência da ação da enzima  $\beta$ -glucoronidase que é produzida pela bactéria *Escherichia coli* sobre o substrato 4-metilumbeliferil- $\beta$ -D-glucoronídeo (MUG), quando isso ocorre o MUG é degradado e resulta apenas em 4-metilumbeliferona que apresenta fluorescência por cor azul quando é exposta sob a luz UV, e na detecção de coliformes totais ocorre através da troca de coloração de incolor para amarelo. Na figura 9 é possível visualizar as amostras submetidas à incidência da luz UV.

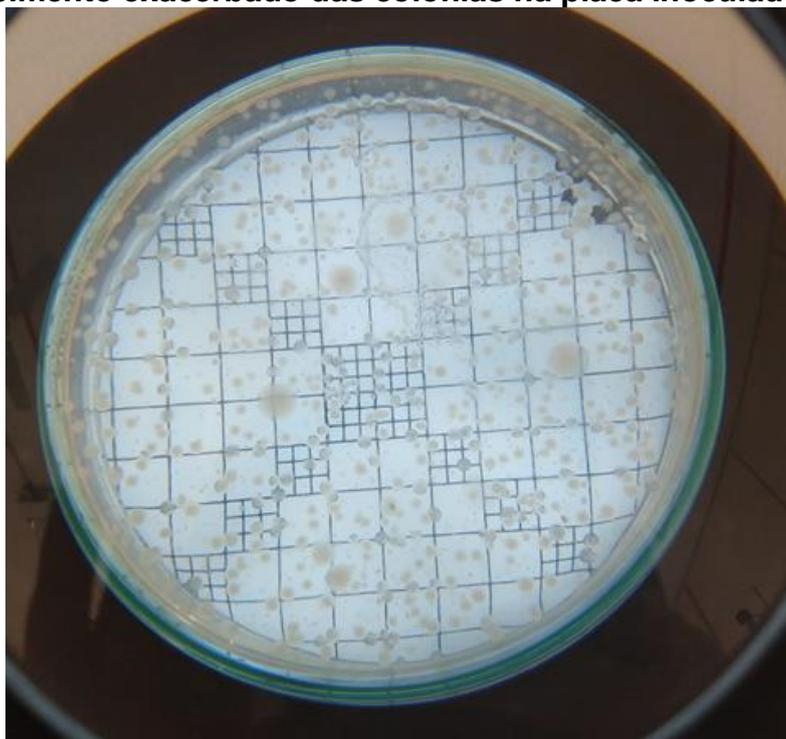
**Figura 9: Amostras submetidas à luz UV**



Fonte: Autora (2022)

Para contagem de heterotróficos mesófilos as amostras foram analisadas de acordo com a metodologia de contagem e profundidade, utilizando o "Plate Count Agar" (PCA). A Figura 10 ilustra a placa que foi utilizada após a inoculação.

**Figura 10: Crescimento exacerbado das colônias na placa inoculada**



Fonte: Autora (2022)

De acordo com Silva *et al* (2017), onde ocorre a contagem das colônias por meio de contador de colônias, a cor palha significa que ocorre crescimento de heterotróficos mesófilos na amostra.

O Quadro 6 expressa o índice de salinidade para os pontos representativos.

**Quadro 6: Classificação de águas dos pontos representativos**

| Sistema | Índice médio de salinidade (IS) ‰ |
|---------|-----------------------------------|
| SAC     | 0,45                              |
| SAI     | 0,41                              |

Fonte: Autora (2022)

A classificação de águas foi realizada de acordo com o índice de salinidade dos pontos representativos expressos no Quadro 6 e o respectivos tipos de águas representados no Quadro 1, apresentado na revisão bibliográfica.

De acordo com o CONAMA a água pode ser classificada como água doce pois apresenta salinidade inferior a 0,5 ‰, e conforme os usos preponderantes

apresentados na revisão bibliográfica no Quadro 2, pode vir a ser enquadrada na classe especial, e ser utilizada para consumo humano após receber desinfecção (BRASIL, 2005).

### 5.3 Qualidade Microbiológica da Água para SAC e SAI

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos durante o monitoramento da qualidade microbiológica da água para os sistemas de abastecimento SAC e SAI. O Quadro 7 ilustra os dois pontos de coletas em três dias distintos com a presença ou ausência de coliformes totais e coliformes termotolerantes identificados pelo método rápido do substrato cromogênico e a média da quantificação dos coliformes totais realizada pelo método de PCA.

**Quadro 7: Qualidade microbiológica da água bruta da região de estudo**

| Sistema | Data       | Coliformes totais (100mL) | <i>Escherichia coli</i> (100mL) | Contagem média de colônias UFC/mL |
|---------|------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| SAC     | 26/01/2022 | Presença                  | Presença                        | 125                               |
|         | 01/02/2022 | Presença                  | Presença                        | 44                                |
|         | 11/02/2022 | Presença                  | Presença                        | 230                               |
| SAI     | 26/01/2022 | Presença                  | Presença                        | 230                               |
|         | 01/02/2022 | Presença                  | Presença                        | 117                               |
|         | 11/02/2022 | Presença                  | Presença                        | 232                               |

Fonte: Autora (2022)

Observa-se que as amostras analisadas apresentam a presença de agentes patogênicos e conforme a portaria GM/MS nº 888/2021 a água para ser considerada potável deve ter a ausência em 100 mL de *Escherichia coli* e coliformes totais para sistema SAC ou SAI. No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas pelo responsável pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) (BRASIL, 2021).

#### 5.4 Protocolos de Tratamento de Água para SAC e SAI

O processo de desinfecção visa a remoção ou a inativação de organismos potencialmente patogênicos, nesse sentido, as nascentes monitoradas apresentam potencial enquadramento na classe especial de águas doces, que para ser destinada ao consumo humano necessita passar por desinfecção (BRASIL, 2005). Assim, a água destinada ao consumo humano oriunda das referidas nascentes devem ser desinfetadas pois, segundo o Artigo n. 24 da portaria GM/MS nº 888/2021, toda água para consumo humano deverá passar por processo de desinfecção ou adição de desinfetante para manutenção dos residuais mínimos estabelecidos pela mesma (BRASIL, 2021).

De acordo a Fundação Nacional de Saúde habitualmente na desinfecção da água para consumo humano utiliza-se cloro molecular ( $\text{Cl}_2$ ), líquido ou gasoso. A quantidade de cloro na água como  $\text{Cl}_2$  (cloro elementar), HOCl (ácido hipocloroso) e OCl (íon hipoclorito) é denominada de cloro residual livre e é de extrema importância na inibição do crescimento bacteriano. A desinfecção possui caráter corretivo e preventivo, considerando que a água pode ser contaminada ao longo do percurso até o consumo (BRASIL, 2014).

Com o intuito de auxiliar na desinfecção da água, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do município em estudo distribui mensalmente hipoclorito de sódio de concentração de 2,5% (m/m) para os residentes que utilizam a água proveniente das nascentes monitoradas pelo projeto “Protegendo as Águas do Pampa”, sendo que a quantidade recebida depende do número de constituintes de cada residência.

Na Figura 11 é possível visualizar a solução de hipoclorito de sódio 2,5% fornecido pela ANVISA, do município de Hulha Negra/RS.

**Figura 11: Hipoclorito de sódio 2,5%**

Fonte: Autora (2022)

Buscando proporcionar um tratamento de água que adequasse a mesma a legislação vigente e considerasse a realidade da população em estudo, foi desenvolvido um protocolo didático de desinfecção da água no formato de folder que pudesse ser utilizado sem dificuldades pelos moradores locais. Foi desenvolvido um folder com informações para a desinfecção que pode ser utilizado para os sistemas de abastecimento do tipo SAC e SAI, e foi produzido considerando os tipos de reservatórios utilizados pela comunidade e as dosagens recomendadas pela legislação em vigor.

Ressalta-se que o limite máximo permitido e estipulado pela Portaria MS nº 888/2021, é de  $5,00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  de cloro residual livre (BRASIL, 2021). Dessa forma, a concentração escolhida e desejada de cloro residual livre na água desinfetada é  $2,00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ .

A população em estudo é composta em sua maioria por pessoas que utilizam a agricultura familiar como fonte de sustento, possuindo sua moradia afastada dos centros urbanos. O folder desenvolvido foi construído com o objetivo de levar conhecimento a essa comunidade sobre a importância da desinfecção da água para consumo humano, exemplificando e contextualizando o processo de forma simples e prática, com o intuito de utilizá-la e distribuí-la em encontros futuros com as famílias

participantes do projeto “Protegendo as Águas do Pampa” contribuindo assim com a qualidade de vida e da água consumida pelos mesmos.

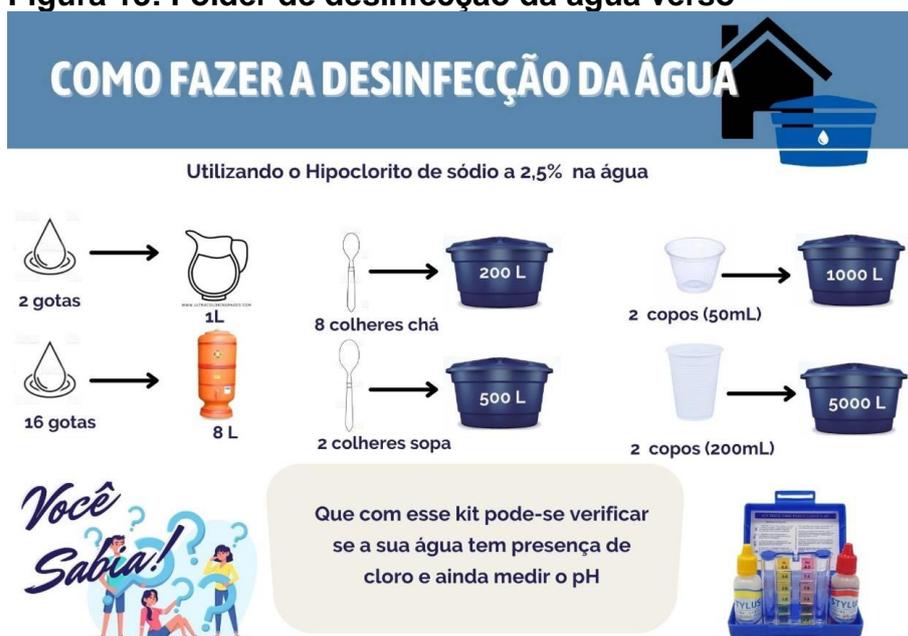
Nas Figuras 12 e 13 é possível visualizar o folder de cloração da água desenvolvido para os moradores da região em estudo.

**Figura 12: Folder de desinfecção da água anverso**



Fonte: Autora (2022)

**Figura 13: Folder de desinfecção da água verso**



Fonte: Autora (2022)

No folder é possível identificar a solução comercial distribuída e as suas respectivas medidas necessárias para a desinfecção de um determinado volume de água presente nos reservatórios utilizados pelos moradores, em que são exemplificadas medidas a serem utilizadas no cotidiano dos mesmos a partir de utensílios comuns em uma residência, com copos ou colheres.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, a participação das atividades do projeto de extensão “Protegendo as Águas do Pampa”, foi de suma importância para a motivação e realização deste Trabalho e Conclusão de Curso. A integração junto à comunidade monitorada, e a participação na execução das análises foram a base para o desenvolvimento do TCC.

Ao realizar o monitoramento da qualidade microbiológica constatou-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* na água de abastecimento dos sistemas SAC e SAI, evidenciando-se assim a necessidade de realizar a desinfecção da água para adequar a água de consumo humano a legislação vigente.

A elaboração de um protocolo de desinfecção da água para os moradores da comunidade integrante do projeto fez parte deste TCC. Salienta-se que para desenvolvê-lo, foi necessário realizar um estudo sobre a classificação de águas e potabilidade da água para consumo humano, em que evidenciou-se a necessidade de realizar o respectivo enquadramento das classes de água para as nascentes monitoradas, de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, com o intuito de avaliar o tratamento de água indicado para as respectivas classes de água.

De acordo com a legislação de qualidade da água, toda água destinada ao consumo humano deve passar por processo de desinfecção. Sendo assim, considera-se que este TCC foi executado com sucesso, atendendo os principais objetivos propostos. Ressalta-se que devido à condição de pandemia mundial ocasionada pela COVID-19, a divulgação junto à comunidade do protocolo de desinfecção da água foi impossibilitada momentaneamente sendo que a mesma será realizada assim que a comunidade retornar a receber visitas e realizar reuniões.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticiasantigas/90-dos-brasileiros-taam-acesso-a-a-gua-pota-vel.2019-03-14.0448875933>. Acesso em 25 ago. 2021.

BRAGA, *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed., São Paulo: Pearson Universidades, 2005. 336 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 635, de 26 de dezembro de 1975. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água, tendo em vista a Lei n. 6050/74. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 30 jan. 1976. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/349893/>. Acesso em: 09 fev. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 70-71, 25 jan. 2001. Disponível em: [http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o\\_Conama\\_274\\_Balneabilidade.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o_Conama_274_Balneabilidade.pdf). Acesso em: 14 ago. 2021.

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://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 02 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011. 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. 39, 14 dez. 2011. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Portaria-2914.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise da água**. 2. ed., Brasília, DF: FUNASA, 2006. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_analise\\_agua\\_2ed.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf). Acesso em: 15 set. 2021.

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. 2021.

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/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf). Acesso em: 17 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Brasília, DF: FUNASA, 2014b. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+água+para+técnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdbc8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>. Acesso em: 17 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação n. 05, 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: <https://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolidacao-n-05-de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto n. 79367, de 9 de março de 1977. Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** Seção 1, parte 1, p. 2741, Brasília, DF, 10 mar. 1977a. Disponível em: <https://dajundiai.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Decreto-Federal-79367-1977.pdf>. Acesso em: 3 Ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação n. 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União:** Seção 1, Brasília, DF, ed. 85, p. 127, 07 maio. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 04 ago. 2021.

Bridgman SA, Robertson RMP, Syed Q, Speed N, Andrews N. Outbreak of cryptosporidiosis associated with a disinfected groundwater supply. *Epidemiol Infect* 1995.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 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: 1 set. 2021.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba - SP.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo. Programa de Pós-graduação em Ciências, São Paulo, 2011. Disponível em:

<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64133/tde-06072011-104010/publico/Mestrado.pdf>. Acesso em: 12 set. 2021.

GELDREICH EE. The bacteriology of water. In: *Microbiology and microbial infections*. 9th ed. London: Arnold; 1998.

GRASSI, MARCO; As águas do planeta Terra. Cadernos temáticos de Química Nova na Escola, São Paulo, nº 1, p. 31-40, maio 2001. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Acesso em: 07 set. 2021.

ISSAC-MARQUEZ AP.; LEZAMA-DAVILA CM.; KU-PECH RP.; TAMAY-SEGOVIA P. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. *Salud Pública Méx* 1994;36:655-61. Disponível em: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5803/6465>. Acesso em: 15 set. 2021.

MANOEL FILHO, J. Ocorrência das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F.A.C., MANOEL FILHO, J. FEITOSA, E. C., DEMETRIO, J. G. A. Hidrogeologia: Conceitos e aplicações. 3 ed. Rio de Janeiro. CPRM; LABHID/UFPE, 2008. p. 53-76.

MARTINS, J. L. **Avaliação do impacto da implantação do sistema de esgotamento sanitário na qualidade da água da bacia do rio Piraquara no município do Rio de Janeiro**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/pt/documents2/mestrado/2015/2594-martins-jl-tm-15-pdf>. Acesso em: 12 set. 2021.

RIBEIRO, L. G.; ROLIM, N. D. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valorização mercadológica. **Revista de Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, v.7, n. 1, p.7-33, 2017. Disponível em: <http://www.u cs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/4149/2912>. Acesso em: 15 set. 2021.

SAMAE. Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto. **Apostila operador de estação de tratamento de água e esgoto**. Disponível em: <http://www.samaecaxias.com.br/Concurso/DownloadArquivoConcurso/Apostila%20Operador%20ETAE.pdf/>. Acesso em: 04 set. 2021.

SILVA, N. et al. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 5 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2017.

SCALIZE, P. S.; BEZERRA, N. R. **Curso de especialização de saneamento e saúde ambiental: saneamento básico rural**. Goiânia: CEGRAF UFG, 2020. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/688/o/Saneamento\\_Basico\\_Rural.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/688/o/Saneamento_Basico_Rural.pdf). Acesso em: 01 set. 2021.

STUKEL T.; GREENBERG ER.; DAIN BJ.; REED FC.; JACOBS NJ. A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water

supplies. *Environ Sci Technol* 1990. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9179969>. Acesso 10 set. 2021.

TAVARES, Lúcia Helena Sipaúba. Limnologia aplicada à aquicultura. In: Boletim Técnico do CAUNESP n.1, Jaboticabal: FUNEP, 1994. Disponível em: [https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/321401/mod\\_resource/content/1/Limnologia%20-%20Prof.%20Aureliano%20Guedes.pdf](https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/321401/mod_resource/content/1/Limnologia%20-%20Prof.%20Aureliano%20Guedes.pdf). Acesso em: 04 set. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA. Revoga a resolução n. 47 e aprova as normas de extensão e cultura. Resolução n. 1.04, de 27 de agosto de 2015. Universidade Federal do Pampa, Bagé. Disponível em: [https://sites.unipampa.edu.br/proext/files/2015/05/res--104\\_2015-normas-de-extensao-e-cultura.pdf](https://sites.unipampa.edu.br/proext/files/2015/05/res--104_2015-normas-de-extensao-e-cultura.pdf). Acesso em: 19 set. 2021.

ZHANG, Z.; TAO, F.; DU, J.; SHI, P.; YU, D.; MENG, Y. et al. Surface water quality and its control in a river with intensive human impacts—a case study of the Xiangjiang River, China. *Journal of Environmental Management*, v. 91, p. 2483–2490, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.07.002>. Acesso em: 01 set. 2021.

## ANEXO I – Padrões para as águas doces de Classe I

(continua)

| <b>CLASSE I - ÁGUAS DOCES</b>  |   |
|--|---|
| <b>PADRÕES</b>   |   |
| <b>PARÂMETROS</b>  | <b>VALOR MÁXIMO</b>   |
| Clorofila a 10 µg/L  | 10 µg/L   |
| Densidade de cianobactérias  | 20.000 cel/mL ou 2 mm <sup>3</sup> /L   |
| Sólidos dissolvidos totais   | Sólidos dissolvidos totais 500 mg/L   |
| <b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>  | <b>VALOR MÁXIMO</b>   |
| Alumínio dissolvido  | 0,1 mg/L Al   |
| Antimônio  | 0,005mg/L Sb  |
| Arsênio total  | 0,01 mg/L as  |
| Bário total  | 0,7 mg/L Ba   |
| Berílio total  | 0,04 mg/L Be  |
| Boro total   | 0,5 mg/L B  |
| Cádmio total   | 0,001 mg/L Cd   |
| Chumbo total   | 0,01mg/L Pb   |
| Cianeto livre  | 0,005 mg/L CN   |
| Cloreto total  | 250 mg/L Cl   |
| Cloro residual total (combinado + livre)   | 0,01 mg/L Cl  |
| Cobalto total  | 0,05 mg/L Co  |
| Cobre dissolvido   | 0,009 mg/L Cu   |
| Cromo total  | 0,05 mg/L Cr  |
| Ferro dissolvido   | 0,3 mg/L Fe   |
| Fluoreto total   | 1,4 mg/L F  |
| Fósforo total (ambiente lêntico)   | 0,020 mg/L P  |
| Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico) | 0,025 mg/L P  |
| Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)  | 0,1 mg/L P  |
| Lítio total  | 2,5 mg/L Li   |
| Manganês total   | 0,1 mg/L Mn   |
| Mercúrio total   | 0,0002 mg/L Hg  |
| Níquel total   | 0,025 mg/L Ni   |
| Nitrato  | 10,0 mg/L N   |
| Nitrito  | 1,0 mg/L N  |
| Nitrogênio amoniacal total   | 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5<br>0,5 mg/L N, para pH > 8,5 |
| Prata total  | 0,01 mg/L Ag  |
| Selênio total  | 0,01 mg/L Se  |
| Sulfato total  | 250 mg/L SO <sub>4</sub>  |
| Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)  | 0,002 mg/L S  |

## ANEXO I – Padrões para as águas doces de Classe I

(continuação)

| <b>CLASSE I - ÁGUAS DOCES</b>                                |   |
|--|---|
| <b>PADRÕES</b>   |   |
| <b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>                                | <b>VALOR MÁXIMO</b>                         |
| Urânio total   | 0,02 mg/L U                                 |
| Vanádio total  | 0,1 mg/L V                                  |
| Zinco total  | 0,18 mg/L Zn                                |
| <b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>                                  | <b>VALOR MÁXIMO</b>                         |
| Acilamida  | 0,5 µg/L                                    |
| Alacloro   | 20 µg/L                                     |
| Aldrin + Dieldrin  | 0,005 µg/L                                  |
| Atrazina   | 2 µg/L                                      |
| Benzeno  | 0,005 mg/L                                  |
| Benzidina  | 0,001 µg/L                                  |
| Benzo (a) antraceno  | 0,05 µg/L                                   |
| Benzo (a) pireno   | 0,05 µg/L                                   |
| Benzo(b) fluoranteno   | 0,05 µg/L                                   |
| Benzo(k) fluoranteno   | 0,05 µg/L                                   |
| Carbaril   | 0,02 µg/L                                   |
| Clordano (cis + trans)                                       | 0,04 µg/L                                   |
| 2-Clorofenol   | 0,1 µg/L                                    |
| Criseno  | 0,05 µg/L                                   |
| 2,4-D  | 4,0 µg/L                                    |
| Demeton (Demeton-O + Demeton-S)                              | 0,1 µg/L                                    |
| Dibenzo (a,h) antraceno                                      | 0,05 µg/L                                   |
| 1,2-Dicloroetano   | 0,01 mg/L                                   |
| 1,1-Dicloroetano   | 0,003 mg/L                                  |
| 2,4-Diclorofenol   | 0,3 µg/L                                    |
| Diclorometano  | 0,02 mg/L                                   |
| DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)                         | 0,002 µg/L                                  |
| Dodecacloro pentaciclodecano                                 | 0,001 µg/L                                  |
| Endossulfan (a + b + sulfato)                                | 0,056 µg/L                                  |
| Endrin   | 0,004 µg/L                                  |
| Estireno   | 0,02 mg/L                                   |
| Etilbenzeno  | 90,0 µg/L                                   |
| Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) | 0,003 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH |
| Glifosato  | 65 µg/L                                     |
| Gution   | 0,005 µg/L                                  |
| Heptacloro epóxido + Heptacloro                              | 0,01 µg/L                                   |
| Hexaclorobenzeno   | 0,0065 µg/L                                 |
| Indeno (1,2,3-cd) pireno                                     | 0,05 µg/L                                   |
| Lindano (g-HCH)  | 0,02 µg/L                                   |
| Malation   | 0,1 µg/L                                    |
| Metolacloro  | 10 µg/L                                     |
| Metoxicloro  | 0,03 µg/L                                   |

## ANEXO I – Padrões para as águas doces de Classe I

(conclusão)

| <b>CLASSE I - ÁGUAS DOÇES</b>                             |                     |
|---|---------------------|
| <b>PADRÕES</b>  |                     |
| <b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>                               | <b>VALOR MÁXIMO</b> |
| Paration  | 0,04 µg/L           |
| PCBs - Bifenilas policloradas                             | 0,001 µg/L          |
| Pentaclorofenol   | 0,009 mg/L          |
| Simazina  | 2,0 µg/L            |
| Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno | 0,5 mg/L LAS        |
| 2,4,5-T   | 2,0 µg/L            |
| Tetracloroeto de carbono                                  | 0,002 mg/L          |
| Tetracloroeteno   | 0,01 mg/L           |
| Tolueno   | 2,0 µg/L            |
| Toxafeno  | 0,01 µg/L           |
| 2,4,5-TP  | 10,0 µg/L           |
| Tributilestanho   | 0,063 µg/L TBT      |
| Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)                   | 0,02 mg/L           |
| Tricloroeteno   | 0,03 mg/L           |
| 2, 4, 6 - Triclorofenol                                   | 0,01 mg/L           |
| Trifluralina  | 0,2 µg/L            |
| Xileno  | 300 µg/L            |

Fonte: BRASIL, 2005.

## ANEXO II – Padrões para as águas doces de Classe III

(continua)

| <b>CLASSE III - ÁGUAS DOCES</b>  |  |
|--|--|
| <b>PADRÕES</b>   |  |
| <b>PARÂMETROS</b>  | <b>VALOR MÁXIMO</b>  |
| Clorofila a  | 60 µg/L  |
| Densidade de cianobactérias  | 100.000 cel/mL ou 10 mm <sup>3</sup> /L  |
| Sólidos dissolvidos totais   | 500 mg/L   |
| <b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>  | <b>VALOR MÁXIMO</b>  |
| Alumínio dissolvido  | 0,2 mg/L Al  |
| Arsênio total  | 0,033 mg/L as  |
| Bário total  | 1,0 mg/L Ba  |
| Berílio total  | 0,1 mg/L Be  |
| Boro total   | 0,75 mg/L B  |
| Cádmio total   | 0,01 mg/L Cd   |
| Chumbo total   | 0,033mg/L Pb   |
| Cianeto livre  | 0,022 mg/L CN  |
| Cloreto total  | 250 mg/L Cl  |
| Cobalto total  | 0,2 mg/L Co  |
| Cobre dissolvido   | 0,013 mg/L Cu  |
| Cromo total  | 0,05 mg/L Cr   |
| Ferro dissolvido   | 5,0 mg/L Fe  |
| Fluoreto total   | 1,4 mg/L F   |
| Fósforo total (ambiente lêntico)   | 0,05 mg/L P  |
| Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico) | 0,075 mg/L P   |
| Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)  | 0,15 mg/L P  |
| Lítio total  | 2,5 mg/L Li  |
| Manganês total   | 0,5 mg/L Mn  |
| Mercúrio total   | 0,002 mg/L Hg  |
| Níquel total   | 0,025 mg/L Ni  |
| Nitrato  | 10,0 mg/L N  |
| Nitrito  | 1,0 mg/L N   |
| Nitrogênio amoniacal total   | 13,3mg/L N, para pH £ 7,5<br>5,6 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0<br>2,2 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5<br>1,0 mg/L N, para pH > 8,5 |
| Prata total  | 0,05 mg/L Ag   |
| Selênio total  | 0,05 mg/L Se   |
| Sulfato total  | 250 mg/L SO <sub>4</sub>   |
| Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)  | 0,3 mg/L S   |
| Urânio total   | 0,02 mg/L U  |

## ANEXO II – Padrões para as águas doces de Classe III

(conclusão)

| <b>CLASSE III - ÁGUAS DOCES</b>                              |   |
|--|---|
| <b>PADRÕES</b>   |   |
| <b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>                                | <b>VALOR MÁXIMO</b>                         |
| Vanádio total  | 0,1 mg/L V                                  |
| Zinco total  | 5,0 mg/L Zn                                 |
| <b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>                                  | <b>VALOR MÁXIMO</b>                         |
| Aldrin + Dieldrin  | 0,005 µg/L                                  |
| Atrazina   | 2 µg/L                                      |
| Benzeno  | 0,005 mg/L                                  |
| Benzo (a) pireno   | 0,05 µg/L                                   |
| Carbaril   | 0,02 µg/L                                   |
| Clordano (cis + trans)                                       | 0,04 µg/L                                   |
| 2,4-D  | 4,0 µg/L                                    |
| DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)                         |   |
| Demeton (Demeton-O + Demeton-S)                              | 0,1 µg/L                                    |
| 1,2-Dicloroetano   | 0,01 mg/L                                   |
| 1,1-Dicloroetano   | 0,003 mg/L                                  |
| Dodecacloro pentaciclodecano                                 | 0,001 µg/L                                  |
| Endossulfan (a + b + sulfato)                                | 0,056 µg/L                                  |
| Endrin   | 0,004 µg/L                                  |
| Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) | 0,003 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH |
| Glifosato  | 65 µg/L                                     |
| Gution   | 0,005 µg/L                                  |
| Heptacloro epóxido + Heptacloro                              | 0,01 µg/L                                   |
| Lindano (g-HCH)  | 0,02 µg/L                                   |
| Malation   | 0,1 µg/L                                    |
| Metoxicloro  | 0,03 µg/L                                   |
| Paration   | 0,04 µg/L                                   |
| PCBs - Bifenilas policloradas                                | 0,001 µg/L                                  |
| Pentaclorofenol  | 0,009 mg/L                                  |
| Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno   | 0,5 mg/L LAS                                |
| 2,4,5-T  | 2,0 µg/L                                    |
| Tetracloroeto de carbono                                     | 0,003 mg/L                                  |
| Tetracloroetano  | 0,01 mg/L                                   |
| Toxafeno   | 0,21 µg/L                                   |
| 2,4,5-TP   | 10,0 µg/L                                   |
| Tributilestanho  | 2,0 µg/L TBT                                |
| Tricloroetano  | 0,03 mg/L                                   |
| 2,4,6- Triclorofenol   | 0,01 mg/L                                   |

Fonte: BRASIL, 2005.

**ANEXO III** – Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção em sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água com captação em mananciais subterrâneos, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água.

(continua)

| C(1) | Temperatura (5°C ) |     |     |     |     |     |     | Temperatura (10°C ) |     |     |     |     |     |     | Temperatura (15°C ) |     |     |     |     |     |     |
|------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | Valores de pH      |     |     |     |     |     |     | Valores de pH       |     |     |     |     |     |     | Valores de pH       |     |     |     |     |     |     |
|      | 6,0                | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 6,0                 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 6,0                 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 |
| 0,1  | 124                | 154 | 188 | 226 | 269 | 317 | 369 | 88                  | 109 | 133 | 160 | 190 | 224 | 261 | 62                  | 77  | 94  | 113 | 134 | 158 | 185 |
| 0,2  | 69                 | 85  | 104 | 125 | 149 | 176 | 205 | 49                  | 60  | 74  | 89  | 106 | 124 | 145 | 34                  | 43  | 52  | 63  | 75  | 88  | 102 |
| 0,3  | 49                 | 60  | 74  | 89  | 106 | 124 | 145 | 34                  | 43  | 52  | 63  | 75  | 88  | 103 | 24                  | 30  | 37  | 44  | 53  | 62  | 73  |
| 0,4  | 38                 | 47  | 58  | 70  | 83  | 97  | 114 | 27                  | 33  | 41  | 49  | 59  | 69  | 80  | 19                  | 24  | 29  | 35  | 41  | 49  | 57  |
| 0,5  | 32                 | 39  | 48  | 58  | 68  | 81  | 94  | 22                  | 28  | 34  | 41  | 48  | 57  | 66  | 16                  | 20  | 24  | 29  | 34  | 40  | 47  |
| 0,6  | 27                 | 34  | 41  | 49  | 59  | 69  | 81  | 19                  | 24  | 29  | 35  | 41  | 49  | 57  | 14                  | 17  | 20  | 25  | 29  | 35  | 40  |
| 0,7  | 24                 | 29  | 36  | 43  | 51  | 61  | 71  | 17                  | 21  | 25  | 31  | 36  | 43  | 50  | 12                  | 15  | 18  | 22  | 26  | 30  | 35  |
| 0,8  | 21                 | 26  | 32  | 39  | 46  | 54  | 63  | 15                  | 19  | 23  | 27  | 32  | 38  | 45  | 11                  | 13  | 16  | 19  | 23  | 27  | 32  |
| 0,9  | 19                 | 24  | 29  | 35  | 42  | 49  | 57  | 14                  | 17  | 21  | 25  | 29  | 35  | 40  | 10                  | 12  | 15  | 17  | 21  | 24  | 29  |
| 1,0  | 18                 | 22  | 27  | 32  | 38  | 45  | 52  | 12                  | 15  | 19  | 23  | 27  | 32  | 37  | 9                   | 11  | 13  | 16  | 19  | 22  | 26  |
| 1,1  | 16                 | 20  | 24  | 29  | 35  | 41  | 48  | 11                  | 14  | 17  | 21  | 25  | 29  | 34  | 8                   | 10  | 12  | 15  | 18  | 21  | 24  |
| 1,2  | 15                 | 19  | 23  | 27  | 33  | 38  | 45  | 11                  | 13  | 16  | 19  | 23  | 27  | 32  | 8                   | 9   | 11  | 14  | 16  | 19  | 22  |
| 1,3  | 14                 | 17  | 21  | 26  | 30  | 36  | 42  | 10                  | 12  | 15  | 18  | 21  | 25  | 30  | 7                   | 9   | 11  | 13  | 15  | 18  | 21  |
| 1,4  | 13                 | 16  | 20  | 24  | 29  | 34  | 39  | 9                   | 12  | 14  | 17  | 20  | 24  | 28  | 7                   | 8   | 10  | 12  | 14  | 17  | 20  |
| 1,5  | 12                 | 15  | 19  | 23  | 27  | 32  | 37  | 9                   | 11  | 13  | 16  | 19  | 22  | 26  | 6                   | 8   | 9   | 11  | 13  | 16  | 18  |
| 1,6  | 12                 | 15  | 18  | 21  | 25  | 30  | 35  | 8                   | 10  | 13  | 15  | 18  | 21  | 25  | 6                   | 7   | 9   | 11  | 13  | 15  | 17  |
| 1,7  | 11                 | 14  | 17  | 20  | 24  | 28  | 33  | 8                   | 10  | 12  | 14  | 17  | 20  | 23  | 6                   | 7   | 8   | 10  | 12  | 14  | 17  |
| 1,8  | 11                 | 13  | 16  | 19  | 23  | 27  | 32  | 8                   | 9   | 11  | 14  | 16  | 19  | 22  | 5                   | 7   | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  |
| 1,9  | 10                 | 13  | 15  | 19  | 22  | 26  | 30  | 7                   | 9   | 11  | 13  | 16  | 18  | 21  | 5                   | 6   | 8   | 9   | 11  | 13  | 15  |
| 2,0  | 10                 | 12  | 15  | 18  | 21  | 25  | 29  | 7                   | 9   | 10  | 13  | 15  | 18  | 20  | 5                   | 6   | 7   | 9   | 11  | 12  | 14  |
| 2,1  | 9                  | 12  | 14  | 17  | 20  | 24  | 28  | 7                   | 8   | 10  | 12  | 14  | 17  | 20  | 5                   | 6   | 7   | 8   | 10  | 12  | 14  |
| 2,2  | 9                  | 11  | 14  | 16  | 19  | 23  | 27  | 6                   | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 19  | 4                   | 6   | 7   | 8   | 10  | 11  | 13  |
| 2,3  | 9                  | 11  | 13  | 16  | 19  | 22  | 26  | 6                   | 8   | 9   | 11  | 13  | 16  | 18  | 4                   | 5   | 7   | 8   | 9   | 11  | 13  |
| 2,4  | 8                  | 10  | 13  | 15  | 18  | 21  | 25  | 6                   | 7   | 9   | 11  | 13  | 15  | 18  | 4                   | 5   | 6   | 8   | 9   | 11  | 12  |
| 2,5  | 8                  | 10  | 12  | 15  | 17  | 21  | 24  | 6                   | 7   | 9   | 10  | 12  | 15  | 17  | 4                   | 5   | 6   | 7   | 9   | 10  | 12  |
| 2,6  | 8                  | 10  | 12  | 14  | 17  | 20  | 23  | 5                   | 7   | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 4                   | 5   | 6   | 7   | 8   | 10  | 12  |
| 2,7  | 8                  | 9   | 11  | 14  | 16  | 19  | 22  | 5                   | 7   | 8   | 10  | 12  | 14  | 16  | 4                   | 5   | 6   | 7   | 8   | 10  | 11  |
| 2,8  | 7                  | 9   | 11  | 13  | 16  | 19  | 22  | 5                   | 6   | 8   | 9   | 11  | 13  | 15  | 4                   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 11  |
| 2,9  | 7                  | 9   | 11  | 13  | 15  | 18  | 21  | 5                   | 6   | 8   | 9   | 11  | 13  | 15  | 4                   | 4   | 5   | 6   | 8   | 9   | 11  |
| 3,0  | 7                  | 9   | 10  | 13  | 15  | 18  | 21  | 5                   | 6   | 7   | 9   | 11  | 12  | 14  | 3                   | 4   | 5   | 6   | 7   | 9   | 10  |

**ANEXO III** – Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção em sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água com captação em mananciais subterrâneos, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água.

(conclusão)

| C (1) | Temperatura (20°C ) |     |     |     |     |     |     | Temperatura (25°C ) |     |     |     |     |     |     | Temperatura (30°C ) |     |     |     |     |     |     |
|-------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       | Valores de pH       |     |     |     |     |     |     | Valores de pH       |     |     |     |     |     |     | Valores de pH       |     |     |     |     |     |     |
|       | 6,0                 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 6,0                 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 6,0                 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 |
| 0,1   | 44                  | 54  | 66  | 80  | 95  | 112 | 130 | 31                  | 38  | 47  | 56  | 67  | 79  | 92  | 22                  | 27  | 33  | 40  | 48  | 56  | 65  |
| 0,2   | 24                  | 30  | 37  | 44  | 53  | 62  | 72  | 17                  | 21  | 26  | 31  | 37  | 44  | 51  | 12                  | 15  | 18  | 22  | 26  | 31  | 36  |
| 0,3   | 17                  | 21  | 26  | 31  | 37  | 44  | 51  | 12                  | 15  | 18  | 22  | 26  | 31  | 36  | 9                   | 11  | 13  | 16  | 19  | 22  | 26  |
| 0,4   | 13                  | 17  | 20  | 25  | 29  | 34  | 40  | 10                  | 12  | 14  | 17  | 21  | 24  | 28  | 7                   | 8   | 10  | 12  | 15  | 17  | 20  |
| 0,5   | 11                  | 14  | 17  | 20  | 24  | 28  | 33  | 8                   | 10  | 12  | 14  | 17  | 20  | 23  | 6                   | 7   | 8   | 10  | 12  | 14  | 17  |
| 0,6   | 10                  | 12  | 14  | 17  | 21  | 24  | 28  | 7                   | 8   | 10  | 12  | 15  | 17  | 20  | 5                   | 6   | 7   | 9   | 10  | 12  | 14  |
| 0,7   | 8                   | 10  | 13  | 15  | 18  | 21  | 25  | 6                   | 7   | 9   | 11  | 13  | 15  | 18  | 4                   | 5   | 6   | 8   | 9   | 11  | 12  |
| 0,8   | 7                   | 9   | 11  | 14  | 16  | 19  | 22  | 5                   | 7   | 8   | 10  | 11  | 14  | 16  | 4                   | 5   | 6   | 7   | 8   | 10  | 11  |
| 0,9   | 7                   | 8   | 10  | 12  | 15  | 17  | 20  | 5                   | 6   | 7   | 9   | 10  | 12  | 14  | 3                   | 4   | 5   | 6   | 7   | 9   | 10  |
| 1,0   | 6                   | 8   | 9   | 11  | 13  | 16  | 18  | 4                   | 5   | 7   | 8   | 9   | 11  | 13  | 3                   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 1,1   | 6                   | 7   | 9   | 10  | 12  | 15  | 17  | 4                   | 5   | 6   | 7   | 9   | 10  | 12  | 3                   | 4   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| 1,2   | 5                   | 7   | 8   | 10  | 11  | 14  | 16  | 4                   | 5   | 6   | 7   | 8   | 10  | 11  | 3                   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| 1,3   | 5                   | 6   | 8   | 9   | 11  | 13  | 15  | 4                   | 4   | 5   | 6   | 8   | 9   | 10  | 2                   | 3   | 4   | 5   | 5   | 6   | 7   |
| 1,4   | 5                   | 6   | 7   | 8   | 10  | 12  | 14  | 3                   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 10  | 2                   | 3   | 4   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| 1,5   | 4                   | 5   | 7   | 8   | 10  | 11  | 13  | 3                   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 2                   | 3   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| 1,6   | 4                   | 5   | 6   | 8   | 9   | 11  | 12  | 3                   | 4   | 4   | 5   | 6   | 7   | 9   | 2                   | 3   | 3   | 4   | 5   | 5   | 6   |
| 1,7   | 4                   | 5   | 6   | 7   | 9   | 10  | 12  | 3                   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 2                   | 2   | 3   | 4   | 4   | 5   | 6   |
| 1,8   | 4                   | 5   | 6   | 7   | 8   | 10  | 11  | 3                   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 2                   | 2   | 3   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| 1,9   | 4                   | 4   | 5   | 7   | 8   | 9   | 11  | 3                   | 3   | 4   | 5   | 6   | 6   | 8   | 2                   | 2   | 3   | 3   | 4   | 5   | 5   |
| 2,0   | 3                   | 4   | 5   | 6   | 7   | 9   | 10  | 2                   | 3   | 4   | 4   | 5   | 6   | 7   | 2                   | 2   | 3   | 3   | 4   | 4   | 5   |
| 2,1   | 3                   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 10  | 2                   | 3   | 4   | 4   | 5   | 6   | 7   | 2                   | 2   | 2   | 3   | 4   | 4   | 5   |
| 2,2   | 3                   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 2                   | 3   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 2                   | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   | 5   |
| 2,3   | 3                   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 2                   | 3   | 3   | 4   | 5   | 6   | 6   | 2                   | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   | 5   |
| 2,4   | 3                   | 4   | 4   | 5   | 6   | 8   | 9   | 2                   | 3   | 3   | 4   | 5   | 5   | 6   | 1                   | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   | 4   |
| 2,5   | 3                   | 4   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 2                   | 2   | 3   | 4   | 4   | 5   | 6   | 1                   | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   | 4   |
| 2,6   | 3                   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 2                   | 2   | 3   | 4   | 4   | 5   | 6   | 1                   | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   | 4   |
| 2,7   | 3                   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 2                   | 2   | 3   | 3   | 4   | 5   | 6   | 1                   | 2   | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   |
| 2,8   | 3                   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 2                   | 2   | 3   | 3   | 4   | 5   | 5   | 1                   | 2   | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   |
| 2,9   | 3                   | 3   | 4   | 5   | 5   | 6   | 7   | 2                   | 2   | 3   | 3   | 4   | 5   | 5   | 1                   | 2   | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   |
| 3,0   | 2                   | 3   | 4   | 4   | 5   | 6   | 7   | 2                   | 2   | 3   | 3   | 4   | 4   | 5   | 1                   | 2   | 2   | 2   | 3   | 3   | 4   |

Fonte: BRASIL, 2021.

NOTAS:

(1) C: residual de cloro livre na saída do tanque de contato (mg/L).