

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
ENGENHARIA QUÍMICA**

**FERNANDA GABRIELA MORAIS MADRUGA MUNHOZ**

**DESENVOLVIMENTO E PADRONIZAÇÃO DE PROTOCOLOS DE AMOSTRAGEM  
E ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS PARA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ÁGUAS**

**Bagé  
2021**

**FERNANDA GABRIELA MORAIS MADRUGA MUNHOZ**

**DESENVOLVIMENTO E PADRONIZAÇÃO DE PROTOCOLOS DE AMOSTRAGEM  
E ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS PARA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ÁGUAS**

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.

Orientadora: Luciana Machado Rodrigues

**Bagé  
2021**

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).

M963d Munhoz, Fernanda Gabriela Morais Madruga  
Desenvolvimento e padronização de protocolos de amostragem e análises físicas, químicas e bacteriológicas para estação de tratamento de águas / Fernanda Gabriela Morais Madruga Munhoz.  
85 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2021.

"Orientação: Luciana Machado Rodrigues".

1. Água. 2. Estação de tratamento de água. 3. Potabilidade. 4. Protocolo. I. Título.

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal do Pampa**

**FERNANDA GABRIELA MORAIS MADRUGA MUNHOZ**

**DESENVOLVIMENTO E PADRONIZAÇÃO DE PROTOCOLOS DE AMOSTRAGEM  
E ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS PARA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ÁGUAS**

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.

Dissertação defendida e aprovada em: 28 de abril de 2021.

Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Machado Rodrigues  
Orientadora  
UNIPAMPA

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Regina de Oliveira Casartelli  
UNIPAMPA

---

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

---

Assinado eletronicamente por **MARIA REGINA DE OLIVEIRA CASARTELLI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/04/2021, às 17:05, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---

Assinado eletronicamente por **LUCIANA MACHADO RODRIGUES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/04/2021, às 17:05, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.

---

Assinado eletronicamente por **TANIA REGINA DE SOUZA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/04/2021, às 19:07, 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\\_orga\\_o\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orga_o_acesso_externo=0), informando o código verificador **0511391** e o código CRC **7F21EE53**.

Foi pensando nas pessoas que executei este projeto, por isso dedico este trabalho a todos aqueles, a quem esta pesquisa possa colaborar de alguma forma.

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus familiares, pelos princípios transmitidos durante a minha educação, vocês são os responsáveis pelo ser, que hoje sou.

Agradeço ao meu esposo Alexandre, pelo amor, incentivo, força e apoio incondicional durante esta trajetória e ao longo de nossa vida.

A Universidade Federal do Pampa e todos os seus professores que sempre proporcionaram um ensino de alta qualidade.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

A minha orientadora deixo um agradecimento especial, por aceitar conduzir este trabalho, pelo incentivo, apoio, e pela grande atenção que se tornou essencial para que o projeto fosse concluído.

“Foi o tempo que dedicaste à tua rosa que a fez tão importante.”

Saint-Exupéry – O pequeno príncipe

## RESUMO

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência de animais e vegetais, além de fazer parte de inúmeras atividades dos seres humanos. O saneamento básico compreende os serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, limpeza urbana, coleta e destinação do lixo, e drenagem e manejo da água das chuvas. A água potável está fortemente relacionada à qualidade de vida, saúde pública e desenvolvimento humano. Água potável é a água tratada adequadamente para o consumo humano, livre de qualquer tipo de microrganismos, sólidos em suspensão e substâncias tóxicas que causam contaminação e doenças. O abastecimento de água potável à população requer, em geral, o tratamento por Estação de Tratamento de Água (ETA), seguindo as legislações e normas técnicas vigentes, as quais regulamentam os padrões de qualidade dessa água. Este Trabalho de Conclusão de Curso aborda as questões de qualidade da água potável, legislações envolvidas, e etapas do tratamento da água, tendo como foco a melhoria das atividades em uma ETA, localizada no município de Candiota-RS. Como principais atividades desenvolvidas neste trabalho estão o conhecimento das rotinas operacionais da ETA Dario Lassance, a pesquisa bibliográfica aos conceitos fundamentais e às legislações vigentes da qualidade da água, e a elaboração de protocolos para a realização das amostragens de águas, e de análises físicas, químicas e bacteriológicas realizadas na ETA. Os protocolos formulados tiveram o objetivo de padronizar a operação das coletas e análises, além de seguir exatamente os procedimentos indicados na legislação e normas técnicas, conforme os Manuais Práticos da ANVISA. Foram elaborados 13 protocolos e 3 documentos padronizados para o registro de resultados de análises. Todos os documentos elaborados foram apresentados e repassados ao setor de administração da ETA Dario Lassance, com o intuito de auxiliar, facilitar e padronizar as atividades diárias da sua operação. Espera-se que os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação em Engenharia Química, aqui aplicados, venham a beneficiar o funcionamento da ETA e à sociedade de Candiota, com o abastecimento de água potável de boa qualidade.

Palavras-Chave: Água. Estação de tratamento de água. Potabilidade. Protocolo.



## **ABSTRACT**

Water is an essential natural resource for the survival of animals and plants, in addition to being part of countless human activities. Basic sanitation includes water supply, sewage collection and treatment services, urban cleaning, garbage collection and disposal, and rainwater drainage and management. Drinking water is strongly related to quality of life, public health and human development. Drinking water is water that is properly treated for human consumption, free from any type of microorganisms, suspended solids and toxic substances that cause contamination and disease. The supply of drinking water to the population requires, in general, treatment by a Water Treatment Plant (WTP), following the laws and technical standards in force, which regulate the quality standards of this water. This Course Completion Work addresses the issues of drinking water quality, legislation involved, and stages of water treatment, with a focus on improving activities in a WTP, located in Candiota-RS city. As main activities developed in this work are the knowledge of the operational routines of Dario Lassance's WTP, the bibliographic research to the fundamental concepts and the current legislation of the water quality, and the elaboration of protocols for the performance of the water sampling, and of physical analyzes chemical and bacteriological tests carried out at WTP. The protocols formulated were intended to standardize the operation of collections and analyzes, in addition to following exactly the procedures indicated in the legislation and technical standards, according to ANVISA's Practical Manuals. 13 protocols and 3 standardized documents were drawn up for recording analysis results. All the documents prepared were presented and passed on to the administration sector of Dario Lassance's WTP, in order to assist, facilitate and standardize the daily activities of its operation. It is expected that the knowledge acquired over the course of Chemical Engineering, applied here, will benefit the functioning of WTP and the society of Candiota, with the supply of drinking water of good quality.

Keywords: Water. Water treatment station. Potability. Protocol.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classes de enquadramento, respectivos usos e qualidade da água .....	20
Figura 2 – Classes de enquadramento das águas doces e usos respectivos .....	21
Figura 3 – Evolução da legislação para padrão de potabilidade da água .....	22
Figura 4 – Esquema de um decantador contínuo convencional.....	35
Figura 5 – a) Filtração descendente; b) Filtração ascendente.....	35
Figura 6 – Esquema de tratamento de água convencional. ....	36
Figura 7 – Esquema da metodologia do TCC .....	39
Figura 8 – Esquema da distribuição de ETAs na cidade de Candiota.....	42
Figura 9 – Pórtico de entrada da ETA Dario Lassance .....	43
Figura 10 – Manancial de captação de água bruta .....	44
Figura 11 – Armazenamento de água bruta.....	44
Figura 12 – Tanques de floculação e sedimentação .....	45
Figura 13 – Vista superior dos tanques de floculação e sedimentação.....	45
Figura 14 – Sala de reservatórios e bombas dosadoras de reagentes químicos ....	46
Figura 15 – Tanques de filtração.....	46
Figura 16 – Reservatório para cloração .....	47
Figura 17 – Reservatórios de armazenamento da estação.....	47
Figura 18 – Reservatório de armazenamento da água da lavagem de filtros .....	48
Figura 19 – Painel de controle da ETA.....	48
Figura 20 – Laboratório de análises de controle de qualidade da água .....	49
Figura 21 – Esquema das atividades desenvolvidas durante o estágio na ETA .....	50
Figura 22 – Turbidímetro .....	50
Figura 23 – Medidor de pH.....	51
Figura 24 – Aquateste Coli.....	52
Figura 25 – Aquateste Coli submetido à luz UV .....	52
Figura 26 – Teste Simplate .....	53
Figura 27 – Tanques de sedimentação antes e após processo de limpeza.....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo do documento criado para os protocolos elaborados .....	41
Quadro 2 – Protocolo de coleta de amostra para análises.....	55
Quadro 3 – Protocolo de esterilização de vidrarias .....	57
Quadro 4 – Protocolo de análise de cor .....	59
Quadro 5 – Protocolo de análise de temperatura.....	60
Quadro 6 – Protocolo de determinação da turbidez .....	61
Quadro 7 – Protocolo de determinação da alcalinidade total .....	63
Quadro 8 – Protocolo para determinação de alumínio .....	65
Quadro 9 – Protocolo de determinação do cloro residual livre .....	67
Quadro 10 – Protocolo de determinação da dureza total.....	68
Quadro 11 – Protocolo para a determinação de fluoretos.....	70
Quadro 12 – Protocolo de análise química para pH.....	73
Quadro 13 – Protocolo de análise bacteriológica P/A .....	75
Quadro 14 – Protocolo de análise bacteriológica NMP .....	76
Quadro 15 – Apresentação de resultados para água bruta.....	78
Quadro 16 – Apresentação de resultados para água tratada.....	78
Quadro 17 – Apresentação de resultados para análises bacteriológicas.....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrão organoléptico de aceitação para consumo humano.....	31
Tabela 2 – Padrão microbiológico de potabilidade da água.....	32
Tabela 3 – Tratamento requerido para a classificação de águas doces. ....	33
Tabela 4 – Métodos empregados para o respectivo tipo de análise .....	39
Tabela 5 – Análises empregadas para águas bruta e tratada.....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ACQA – Apoio ao Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano  
CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos  
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
CGVAM – Coordenação Geral da Vigilância em Saúde Ambiental  
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
ETA – Estação de Tratamento de Água  
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
MS – Ministério da Saúde  
n. – Número  
NPM – Número Mais Provável  
NR – Norma Regulamentadora  
P/A – Presença ou Ausência  
pH – Potencial Hidrogeniônico  
RS – Rio Grande do Sul  
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
SISAGUA – Sistema de Informação sobre a Qualidade da Água para Consumo Humano  
SNVS – Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária  
SVS – Secretaria de Vigilância em Saúde  
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso  
UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa  
URCQA – Unidades Regionais de Controle da Qualidade da Água  
UT – Unidade de Turbidez  
UV – Ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>18</b>
3.1	Qualidade da Água	18
3.1.1	Histórico da legislação da qualidade da água	22
3.2	Variáveis de Qualidade da Água	26
3.2.1	Indicadores de qualidade física	26
3.2.2	Indicadores de qualidade química	28
3.2.3	Indicadores de qualidade biológica	30
3.3	Valores Padrões de Qualidade da Água	31
3.4	Tratamento de Água para Consumo Humano	32
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>38</b>
4.1	Materiais	38
4.2	Métodos	38
4.2.1	Métodos empregados na ETA para amostragens e análises	39
4.2.2	Desenvolvimento dos protocolos	40
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
5.1	Prefeitura de Candiota	42
5.2	ETA Dario Lassance	43
5.3	Laboratório de Controle de Qualidade da Água	48
5.4	Atividades Desenvolvidas na ETA durante o Estágio	49
5.5	Protocolos	54
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>80</b>
	REFERÊNCIAS	81

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à vida e à manutenção de ecossistemas, permite a sobrevivência dos seres vivos, conserva a biodiversidade e regula o clima. A água participa de várias reações que ocorrem nos organismos vivos, como o transporte de substâncias e a eliminação de resíduos (BRAGA *et al.*, 2005).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente classifica os corpos de água de acordo com os respectivos usos, e menciona as características desejáveis que a água deve apresentar para ser designada para consumo humano (BRASIL, 2005).

A água destinada ao consumo humano deve ser livre de qualquer contaminação química, física, microbiológica ou radioativa. A água potável deve se enquadrar nos padrões de qualidade da água, obedecendo os valores máximos permitidos, os quais são estipulados por entidades públicas, com objetivo de assegurar que a água, não contenha impurezas (BRASIL, 2017; BRASIL, 2011).

Para atender os padrões de qualidade exigidos para o consumo humano, a água de abastecimento público habitualmente é tratada em Estações de Tratamento de Água (ETA), que conjuntamente com a rede de distribuição, compõem o sistema de abastecimento de água (BRAGA *et al.*, 2005).

O tratamento da água consiste em processos físicos e químicos para tornar a água potável. A ETA desempenha o papel de uma indústria que possui o propósito de transformar a água bruta em água potável (RICHTER, 2009). Em cerca de 75% dos municípios onde se realiza o tratamento da água, é utilizado o processo identificado como convencional ou tradicional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2000).

O tipo de tratamento de água convencional emprega as operações de coagulação, floculação, sedimentação e filtração para a clarificação da água, seguida pela correção de pH, desinfecção e, em alguns casos, fluoretação (BOTERO, 2008).

O município de Candiota, no Rio Grande do Sul, com 9.362 habitantes, possui 5 ETAs, para o atendimento da população. Este Trabalho de Conclusão de Curso surge da realização das atividades de estágio na Estação de Tratamento de Águas Dario Lassance, de Candiota. Durante a rotina de estágio foi possível analisar de forma crítica os planos de amostragens e parâmetros de qualidades monitorados, com base nos conhecimentos adquiridos durante a graduação em Engenharia Química. Problemas como a falta de padronização entre as repetições de coletas e análises, a

inexistência de uma rotina com horários pré-determinados, a ausência de documentos físicos contendo o procedimento detalhado a ser empregado nos diferentes turnos de operação e por todos os funcionários, a falta de esclarecimento sobre a adequada vidraria e materiais a serem utilizados em cada atividade, a não observância da calibração dos equipamentos, e o emprego de produtos químicos com data de validade vencida foram detectados.

Portanto, este Trabalho de Conclusão de Curso propõe a elaboração de protocolos para os planos de amostragens e análises físicas, químicas e bacteriológicas. Os protocolos consistem de uma lista de materiais a serem utilizados e uma descrição das etapas de um procedimento de análise. O intuito é proporcionar melhorias e otimização da operação da ETA, aprimorando a rotina de trabalho dos colaboradores, e viabilizando um maior controle da qualidade da água, de acordo com a legislação vigente.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Elaborar protocolos padronizados para as etapas de amostragem e análises de águas realizadas na Estação de Tratamento de Águas Dario Lassance, do município de Candiota-RS.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Conhecer as instalações e o funcionamento da ETA Dario Lassance;
- Obter dados técnicos sobre as atividades executadas e águas tratadas pela ETA Dario Lassance;
- Verificar a região de inserção e atendimento da ETA Dario Lassance;
- Estudar a legislação ambiental e de saúde pública relativas à classificação e parâmetros de qualidade da água;
- Pesquisar as normas técnicas que regem a instalação, o funcionamento e as análises de água por ETA;
- Elaborar protocolos padronizados para amostragem e análises físicas, químicas e bacteriológicas de águas, consistindo de documento contendo lista de materiais a serem utilizados e descrição das etapas do procedimento de análise;
- Apresentar os protocolos formatados para a administração da ETA Dario Lassance, no intuito de colaborar com os setores de operação, segurança e qualidade em engenharia.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados temas considerados fundamentais para o embasamento teórico necessário para a compreensão e execução deste Trabalho de Conclusão de Curso.

#### 3.1 Qualidade da Água

A água destinada ao consumo humano deve apresentar certas características desejáveis antes de ser tratada, caso não as possua, dificilmente irá se tornar potável, sendo destinada para outro emprego. O padrão de potabilidade da água é de competência do Ministério da Saúde (MS), por meio da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), conforme Artigo 7º da Portaria MS n. 2914/2011, também conhecida como Portaria da Potabilidade da Água. Esta Portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade estabelecendo, para a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), a competência para apoiar as ações de controle da qualidade da água para consumo humano, em sistema ou solução alternativa de abastecimento de água (BRASIL, 2011).

A Portaria FUNASA n. 190/2014 delibera sobre o programa Apoio ao Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano (ACQA) com um conjunto de ações exercidas pelas Unidades Regionais de Controle da Qualidade da Água (URCQA), instaladas nas superintendências da FUNASA junto aos estados. Estas ações podem ser traduzidas como análise laboratorial, visita e orientação técnica, capacitação, suporte técnico, orientação acerca das alternativas e tecnologias apropriadas ao tratamento e análise de água para consumo humano, inclusive em áreas de interesse do Governo Federal, como: comunidades quilombolas, reservas extrativistas, assentamentos rurais e populações ribeirinhas (BRASIL, 2014a).

O Artigo 5º da Portaria MS n. 2914/2011 apresenta que uma água considerada potável deve atender ao padrão de potabilidade, que envolve valores estabelecidos para parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, organolépticos, cianobactérias/cianotoxinas e radioatividade (BRASIL, 2011).

O Ministério do Meio Ambiente atua através do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), o qual apresenta a Portaria n. 357/2005, sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005).

A Resolução CONAMA n. 357/2005 predispõe a respeito das diretrizes ambientais e classificação dos corpos d'água, e determina a sua finalidade de uso. Os padrões de qualidade das águas estipulados pela Resolução definem limites específicos para cada parâmetro, em cada uma de suas classes de enquadramento. Esta Resolução designou pelo menos treze classes para a extensão do país, sendo cinco para águas doces (salinidade igual ou inferior a 0,5%), quatro para águas salobras (salinidade superior a 0,5%) e quatro para águas salinas (salinidade igual ou superior a 30%) (BRASIL, 2005).

As águas doces foram categorizadas como Classe Especial e Classes 1, 2, 3 e 4. As demais classificações alusivas às águas salobras e salinas, não serão aqui abordadas pois não se enquadram no contexto deste estudo, no entanto, podem ser encontradas de forma mais detalhada na Resolução CONAMA n. 357/2005 (BRASIL, 2005).

O Artigo 4º da Resolução CONAMA n. 357/2005 dispõe que as águas doces são classificadas em (BRASIL, 2005):

- Classe especial - águas destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- Classe 1 - águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n. 274/2000 (BRASIL, 2001a); d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- Classe 2 - águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n. 274/2000 (BRASIL, 2001a); d) à

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; e e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

- Classe 3 - águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
- Classe 4 - águas que podem ser destinadas: a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

A categorização disposta acima, relacionando a qualidade de água e seus usos preponderantes de acordo com as classes de enquadramento, é apresentada de forma representativa e esquemática na Figura 1.

Figura 1 – Classes de enquadramento, respectivos usos e qualidade da água



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2009)












Mizutori (2009), destaca que a sistematização das classes de qualidade para o uso de águas doces, tem em vista que as águas de melhor qualidade podem ser empregadas em usos menos exigentes, desde que não prejudique a qualidade da água.

O Artigo 38º da Resolução CONAMA n. 357/2005 dispõe que o enquadramento dos corpos de água deve ser de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH). O enquadramento do corpo hídrico deve ser definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos e nos

corpos hídricos em que a premissa de qualidade da água esteja em discrepância com a sua finalidade, deverão ser instituídas metas obrigatórias e progressivas de aperfeiçoamento dessa qualidade, para que seja possível o enquadramento adequado (BRASIL, 2005).

Enquanto não aprovadas as propostas de enquadramento, as águas doces serão apontadas como Classe 2. De forma sintetizada, a caracterização das Classes de enquadramento dos corpos d'água e seus respectivos usos preponderantes, no caso das águas doces, é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Classes de enquadramento das águas doces e usos respectivos

USOS DAS ÁGUAS DOCES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Unidades de Proteção Ambiental				
Proteção das comunidades aquáticas 		Terras indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simples	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortaliças que se comem cruas e frutas rentes ao solo	Hortaliças, frutas, parques, jardins	Culturas arbóreas, forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2009)

O enquadramento de um corpo d'água deve ser baseado não obrigatoriamente em seu estado atual, mas no nível de qualidade que precisaria possuir para satisfazer as necessidades da comunidade. As classes de água indicam uma determinada qualidade que deve ser observada e retratada sob a forma de padrões de qualidade

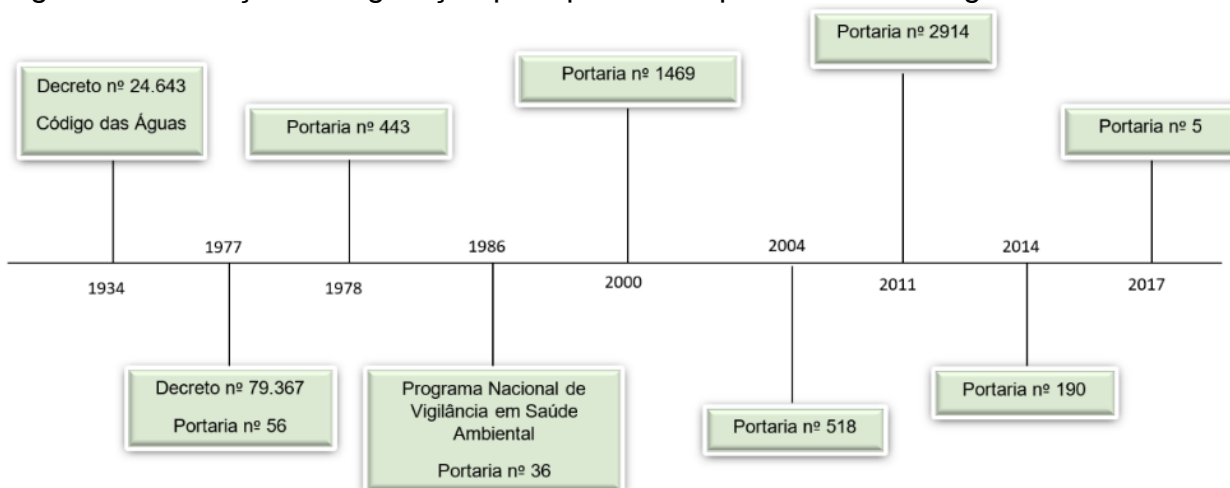
como, por exemplo, concentração de poluentes, concentrações de parâmetros de qualidade e limites máximos permissíveis (MIZUTORI, 2009).

As águas designadas ao abastecimento público, como relatado nas legislações sobre recursos hídricos, são consideradas de utilização mais nobre e requerem atenção especial devido aos padrões mais restritivos de qualidade de água (BRAGA *et al.*, 2005).

### 3.1.1 Histórico da legislação da qualidade da água

A política de valorização dos recursos hídricos no país é consolidada por uma série de normas e leis, que passaram por atualizações no decorrer dos anos, como é possível visualizar na Figura 3.

Figura 3 – Evolução da legislação para padrão de potabilidade da água



Fonte: Adaptado de Wajsman (2014)

No ano de 1934, foi criado pelo Decreto Federal n. 24643/1934, o Código das Águas no Brasil (BRASIL, 1934). Mizutori (2009), destaca este Decreto como sendo a primeira referência para o gerenciamento dos recursos hídricos na extensão territorial do país, proporcionando uma política hídrica moderna para a época, realizando a aplicação de penalidades e aproveitamento das águas, estabelecendo regras para concessões, autorizações, e fiscalizações.

O início da trajetória da regulamentação sanitária da qualidade da água destinada ao consumo humano, se dá pela publicação do Decreto Federal n. 79367/1977, o qual atribui ao Ministério da Saúde a responsabilidade para a criação

de normas e indicação do padrão de potabilidade da água, bem como a vigilância para a sua efetivação (BRASIL, 1977a).

Diversas normas foram elaboradas pelo Ministério da Saúde para a efetivação das suas atribuições:

- Portaria n. 635/1975 regulamenta a fluoretação de águas em sistemas públicos de abastecimento e consumo humano (BRASIL, 1975);
- Portaria n. 56/1977 regulamenta o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, e os valores máximos permitidos das características de qualidade, sendo elas físicas, químicas, bacteriológicas, radiológicas e organolépticas; e ainda dispõe sobre o plano de amostragem (número de amostras e frequência de amostragem) para fins de verificação de atendimento ao padrão em sistemas de abastecimento público (BRASIL, 1977b).
- Portaria n. 443/1978 estabelece os requisitos sanitários mínimos a serem obedecidos no projeto, construção, operação e manutenção dos serviços de abastecimento público de água para consumo humano, com a finalidade de obter e manter a potabilidade da água, em obediência ao disposto no Artigo 9º do Decreto n. 79367/1977 (BRASIL, 1978).

No período de 1986 foi elaborado o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano, disposto no âmbito federal pelo Ministério da Saúde e Secretaria de Vigilância em Saúde (MS/SVS). Por intermédio da Coordenação Geral da Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM) o programa possuía a finalidade de difundir aos estados, a organização e preparação relacionadas à vigilância da qualidade da água, com os propósitos de:

- conceder auxílio técnico-financeiro às Secretarias Estaduais de Saúde para que instaurassem um programa de vigilância de qualidade de água para consumo humano;
- revisar a atual legislação;
- capacitar os profissionais das Secretarias Estaduais de Saúde para desempenhar a vigilância da qualidade da água;
- definir estratégias em conjunto com as Secretarias de Saúde para garantir o apoio laboratorial necessário à verificação do cumprimento da legislação quanto ao padrão físico-químico e microbiológico da água consumida pela população.

O Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental realizou a revisão da Portaria n. 56/1977, resultando na concepção da Portaria n. 36/1990, que ofertou novos pontos de vista sobre as atribuições e competências aos dirigentes do exercício sanitário de vigilância em saúde. A definição de potabilidade se manteve preservada em relação à antiga Portaria, entretanto, originou a instauração de conceitos nos textos de vigilância e controle de qualidade da água para consumo humano. Apresentou a definição de serviço e sistema de abastecimento de água, inclusão e revisão de alguns parâmetros químicos e microbiológicos, como a concepção do grupo de coliformes fecais, termotolerantes e a quantificação de bactérias heterotróficas (BRASIL, 1990).

No ano de 2000 o Ministério da Saúde realizou a revisão da Portaria n. 36/1990, transferindo os procedimentos e responsabilidades relacionados ao controle e vigilância da qualidade da água de consumo humano e seu padrão de potabilidade, para a nova Portaria n. 1469/2000. O intervalo entre a publicação das Portarias n. 36/1990 e n. 1469/2000, é delimitado pela introdução de mudanças no panorama de políticas de saúde, pois verifica-se o surgimento da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS), e a regulamentação e início da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Esta, por sua vez cria em 2000, já com o intuito de determinar as políticas públicas no ramo da saúde quanto à vigilância da qualidade da água para consumo humano, o Sistema de Informações sobre Qualidade da Água Para Consumo Humano (SISAGUA).

A Portaria n. 1469/2000 abrangeu uma série de modificações e novos propósitos como a categorização dos sistemas em coletivos ou solução alternativa de abastecimento de água, atribuiu competências e responsabilidade aos órgãos de saúde encarregados de realizar a vigilância pelo controle de qualidade da água, e o encargo de desenvolver e aprovar o plano de amostragem para cada tipo de sistema (BRASIL, 2001b). Revogada em 25 de março de 2004, passou a vigorar a Portaria n. 518/2004.

A Portaria MS n. 518/2004 identifica as limitações das bactérias do grupo coliforme como indicador da qualidade microbiológica da água, apresenta a turbidez pós-filtração/pré-desinfecção como constituinte do padrão microbiológico de potabilidade, delimita parâmetros para o controle da desinfecção, sendo a sua atenção voltada ao controle da remoção de patógenos, como os protozoários e os vírus. A Portaria MS n. 518/2004 foi considerada um avanço por incitar a atividade integrada



entre os responsáveis pelo controle e vigilância da qualidade da água, sempre sob a concepção da avaliação de riscos à saúde humana (BRASIL, 2004).

A Portaria MS n. 2914/2011 define o padrão de potabilidade e os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano. Aponta algumas alterações como a afirmação de que, para parâmetros físico-químicos, é preciso avaliar o histórico de resultados para verificar se a água está atendendo ou não aos padrões, contrariando as últimas normas que estabeleciam que qualquer resultado unitário fora dos padrões já poderia desqualificar a potabilidade da água. Ainda foram evidenciadas as obrigações específicas dos responsáveis ou operadores do sistema de abastecimento de água para consumo humano, o exercício da garantia do controle da qualidade da água e encaminhamento à autoridade de saúde pública relatórios das análises dos parâmetros mensais, trimestrais e semestrais com informações sobre o controle da qualidade da água (BRASIL, 2011).

Atualmente a Portaria de Consolidação n. 05/2017 é a legislação vigente sobre o padrão de potabilidade da norma brasileira, sendo 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, 2017). Ao longo dos anos o padrão de potabilidade tende a se tornar mais exigente, isto é, um maior número de parâmetros são monitorados, além de valores máximos permitidos mais rigorosos.

O padrão microbiológico adquiriu amplitude ao longo do tempo, se antes era restrito ao padrão bacteriológico (presença ou ausência de bactérias do grupo coliforme), passou gradativamente a incorporar outros parâmetros, tendo em vista o controle dos diversos patógenos passíveis de transmissão pelo consumo de água. Na Portaria de Consolidação n. 05/2017, 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, 2017).

O padrão bacteriológico é determinado pela presença ou ausência de bactérias do grupo coliforme, cuja ausência na água tratada (pós-desinfecção) se presta apenas como indicação da qualidade bacteriológica da água (ausência de bactérias patogênicas). O padrão de turbidez para água pós-filtração tem como objetivo a remoção, por filtração, de cistos de protozoários, os quais são mais resistentes aos

agentes desinfetantes, particularmente ao cloro. A especificação de condições de controle do processo de desinfecção (dose do desinfetante e tempo de contato) visa também o controle (complementar) de cistos de protozoários e, por conseguinte, de vírus, menos resistentes do que os protozoários (BRASIL, 2017).

A legislação estadual do Rio Grande do Sul sobre a qualidade da água para consumo humano, através da Portaria n. 846/2015 da Secretaria da Saúde estabelece que é competência das Secretarias de Saúde dos municípios, através de suas vigilâncias sanitárias e ambiental, inspecionar e liberar o alvará para as empresas que realizam o tratamento e o controle da qualidade da água potável, neste estado (RIO GRANDE DO SUL, 2015). Destaca-se que é a norma técnica ABNT NR 12216/1992 “Projeto de estação para tratamento de água para o abastecimento público” a qual fornece as diretrizes e estabelece os valores para o dimensionamento de estações de tratamento de água potável para o consumo público (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS, 1992).

A Portaria n. 320/2014 da Secretaria da Saúde do estado do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2014) considerando que o estado, tem sua produção agrícola diversificada, com grande relevância à sua economia, e emprega um número expressivo de agrotóxicos, estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade, no grupo das substâncias químicas para o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no RS, aos previstos na Portaria n. 2914/2011 do Ministério da Saúde.

## **3.2 Variáveis de Qualidade da Água**

Jordão e Pessôa (2011), definem os parâmetros de qualidade como sendo grandezas que indicam as características da água, podendo ser de natureza física química ou biológica.

### **3.2.1 Indicadores de qualidade física**

- **Cor:** a cor presente em uma amostra de água é proporcionada pela existência de sólidos dissolvidos, em especial substâncias em condição coloidal orgânica. Essa condição coloidal orgânica é promovida pela decomposição parcial da matéria orgânica existente nos sólidos, que gera uma série de compostos orgânicos

complexos, e dentre eles pode-se mensurar os ácidos húmico e fúlvico. Além da incidência de compostos inorgânicos como o ferro, que promove a decorrência de matéria em estado coloidal (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016). A coloração pode ser ocasionada por fontes naturais apesar de que normalmente apresente sua origem antropogênica, promovendo riscos potencialmente elevados em virtude das características organolépticas para consumo humano. É esteticamente indesejável que ocorra a presença de cor em sistemas públicos de abastecimento, visto que a ocorrência da mesma, pode promover a rejeição do usuário, gerando questionamentos sobre a confiabilidade da água, o que pode vir a induzir a procura de outras fontes de abastecimento, muitas vezes inseguras (BRASIL, 2013).

- **Condutividade elétrica:** Sousa (2018), define a condutividade elétrica como sendo a expressão numérica da capacidade de uma amostra de água em conduzir corrente elétrica por meio das concentrações iônicas, e que a mesma depende da temperatura. A autora elucida ainda que este parâmetro revela a quantidade de sais, minerais, metais e contaminantes despejados na água, representando indiretamente uma medida da concentração de poluentes. De acordo com Zillmer, Varella e Rossete (2007), os íons responsáveis pelas medidas de condutividade elétrica são conhecidos como micronutrientes, e indica a presença de compostos como o cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto.
- **Turbidez:** pode ser referida como o grau de declínio da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma determinada alíquota de água, essa baixa ocorre por absorção e pela dispersão da luz, visto que as partículas que propiciam a turbidez possuem dimensões maiores que o comprimento de onda emitido pela luz branca. As partículas em suspensão na amostra podem ser originárias de substâncias inorgânicas como, rocha, areia, silte ou argila, ou ainda podem ser oriundas de detritos orgânicos como, algas, bactérias e outros microrganismos (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).
- **Temperatura:** exprime a medida da intensidade de calor, e a sua alteração em um corpo hídrico acontece de forma natural, sendo decorrente das variações sazonais e mudanças climáticas, mas acentuadas elevações de temperatura sugerem o lançamento de despejos industriais. Geralmente o aumento da temperatura de 0 a 30°C, proporciona uma redução na viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, e calor latente de vaporização, em contrapartida a

condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Essa característica afeta os processos químicos, físicos e biológicos os quais podem alterar outras variáveis de qualidade da água, como, por exemplo, diminuir a solubilidade de diversos gases podendo proporcionar odor desagradável à água (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

### 3.2.2 Indicadores de qualidade química

- **Alcalinidade:** expressa a medida de íons presentes na água que reagem neutralizando os íons de hidrogênio. Indica, portanto, a habilidade que a água possui de neutralizar os ácidos, possibilitando quantificar a sua capacidade de tamponamento, ou seja, é a sua condição de resistir a mudanças no pH.

A FUNASA evidencia a existência de três tipos de alcalinidade, e que as mesmas são constituídas por bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (BRASIL, 2013). A distribuição entre as três formas de alcalinidade pode ser observada de acordo com a faixa de pH:

- pH > 9,4 indica a presença de hidróxidos e carbonatos;
- pH entre 8,3 e 9,4 indica a presença de carbonatos e bicarbonatos;
- pH entre 4,4 e 8,3 indica a presença somente de bicarbonatos.

A alcalinidade total é obtida através do somatório dos diferentes tipos de alcalinidade. A sua medida é de suma importância para o processo de tratamento da água, pois é através do seu teor que se estima a quantidade dos produtos químicos a serem utilizados.

- **pH:** o potencial hidrogeniônico (pH) revela a concentração de íons de hidrogênio  $H^+$  em solução, indicando os estados de alcalinidade, neutralidade ou acidez da água. É obtido em escala antilogarítmica, e abrange a faixa de 0 a 14 indicando:
  - < 7 condições ácidas;
  - 7 condições de neutralidade;
  - > 7 condições alcalinas.

A FUNASA indica que as alterações nas medidas de pH podem influir na solubilidade das substâncias químicas e na distribuição nas formas livres e ionizadas de inúmeros compostos químicos (BRASIL, 2013). Tais alterações podem advir de origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). O intervalo de pH para águas de abastecimento é pré-estabelecido visando reduzir problemas das redes de distribuição, como as incrustações proporcionadas pela alcalinidade excessiva, e corrosão, ocasionada pelas condições de acidez.

- **Alumínio:** conforme a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) esse elemento pode estar presente na água em diferentes formas e a sua concentração é dependente de fatores físicos, químicos e geológicos. Os níveis do metal na água potável, variam de acordo com o teor do mesmo na fonte de água, e também, se o coagulante empregado no tratamento for à base de alumínio (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).
- **Cloretos:** os cloretos, habitualmente são derivados da dissolução de minerais, do escoamento de águas do mar, de esgotos domésticos ou industriais. Em concentrações elevadas proporcionam sabor salgado à água, podendo agregar propriedades laxativas (BRASIL, 2013). Os cloretos são responsáveis pela água se tornar um meio corrosivo aos materiais metálicos, provocando sua oxidação.
- **Cloro residual livre:** a FUNASA declarou que o produto químico empregado na desinfecção da água é o cloro, e é desejável que após esse processo, este se apresente de forma residual. O controle no uso do cloro é de extrema importância para o acompanhamento da sua dosagem durante o tratamento de desinfecção (BRASIL, 2013).
- **Dureza total:** a dureza expressa a concentração de cátions multivalentes em solução. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são cálcio e magnésio ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) e, em menor escala, ferro ( $\text{Fe}^{+2}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{+2}$ ), estrôncio ( $\text{Sr}^{+2}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ). Sua origem pode ser natural ou antropogênica. A mesma pode ser categorizada como dureza carbonatada ou dureza não carbonatada de acordo com o ânion que esteja associado. A dureza carbonatada é referente à alcalinidade.

A dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e pode ser classificada como:

- < 50 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, mole ou branda;
- 50 mg/L a 150 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, dureza moderada;
- 150 mg/L a 300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, dura;
- > 300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, muito dura.

Águas que apresentam dureza elevada são capazes de reduzir a formação de espuma, mas podem ocasionar incrustações nas tubulações de água, caldeiras e trocadores de calor (BRASIL, 2013).

- **Ferro e Manganês:** a FUNASA declara que esses elementos apresentam comportamento químico semelhante, e que podem ter seus efeitos abordados conjuntamente. Embora não apresentem inconvenientes à saúde devido às concentrações habitualmente encontradas nas águas naturais, os mesmos podem proporcionar problemas de ordem estética, como manchas em roupas, vasos sanitários, ou prejudicar determinados usos industriais da água (BRASIL, 2014b).
- **Flúor:** Carvalho *et al.* (2011), relatam que o flúor é eficaz na prevenção de cárie dentária, e é utilizado sendo adicionado à água para abastecimento público. Entretanto, seu uso excessivo pode causar a fluorose dental, com ocorrência principalmente no desenvolvimento dental, sendo representada pela mineralização do esmalte do dente. A Portaria n. 10/1999 da Secretaria da Saúde do estado do Rio Grande do Sul estabelece que o teor de concentração ideal do íon fluoreto na água destinada ao consumo humano é de 0,8 mg/L no estado, sendo considerados dentro do padrão de potabilidade as águas que apresentarem a concentração de íon fluoreto dentro da faixa de 0,6 a 0,9 mg/L (RIO GRANDE DO SUL, 1999). O valor máximo permitido destacado na Portaria MS n. 2.914/2011, relacionado com os fluoretos presentes em água potável é de 1,5 mg/L (BRASIL, 2011).

### 3.2.3 Indicadores de qualidade biológica

- **Coliformes totais:** o Ministério da Saúde caracteriza os coliformes totais, como sendo bactérias do grupo coliforme e bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, que não são capazes de formar esporos, e tem potencial quando submetidos a determinadas condições, de fermentar a lactose com produção de ácido, gás aldeído, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$  –

galactosidase (BRASIL, 2011). A maior parte das bactérias do grupo coliforme são dos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, apesar de vários outros pertencerem a esse grupo.

- **Coliformes termotolerantes:** o Ministério da Saúde trata os coliformes termotolerantes como um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que são capazes de fermentar a lactose (BRASIL, 2011). Dentre os existentes destaca-se a *Escherichia coli*, que possui origem exclusivamente fecal, sendo um indicador de contaminação da água.

### 3.3 Valores Padrões de Qualidade da Água

Os limites permissíveis dos parâmetros de qualidade da água para consumo humano estabelecidos pela Portaria MS n. 05/2017 podem ser visualizados na Tabela 1 (BRASIL, 2017).

Tabela 1 – Padrão organoléptico de aceitação para consumo humano

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido Portaria n. 05/2017
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	500
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	1000
Sulfato	mg/L	250
Turbidez	UT <sup>3</sup>	5

Fonte: Adaptado de Brasil (2017)

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.

A Portaria MS n. 05/2017 determina os limites aceitáveis para os padrões microbiológicos da água para consumo humano (BRASIL, 2017), e os mesmos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Padrão microbiológico de potabilidade da água

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor Máximo Permitido</b>
<b>Água para consumo humano</b>	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
<b>Água na saída do tratamento</b>	
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
<b>Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)</b>	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Coliformes totais	- Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes: apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo. - Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes: ausência em 100 mL, 95% das amostras ao mês.

Fonte: Adaptado de Brasil (2017)

### 3.4 Tratamento de Água para Consumo Humano

De acordo com o Ministério da Saúde, o sistema de abastecimento de água para consumo humano consiste de uma instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição (BRASIL, 2011).

Para Libânio (2010), a potabilização das águas naturais para fins de consumo humano possui o objetivo de adequar a água bruta aos limites físicos, químicos, biológicos e radioativos estabelecidos pela legislação, impossibilitando a mesma de



causar danos à população abastecida, e as tecnologias de tratamento propõem-se a atender tais objetivos. Diferentemente do tratamento de águas residuais que apresentam característica predominantemente biológica, as tecnologias disponíveis de tratamento das águas de abastecimento, englobam um conjunto de processos e operações físico-químicos.

Nas Estações de Tratamento de Águas o processo mais usual consiste em após a captação da água bruta, esta ser submetida à etapa de gradeamento, que remove os sólidos grosseiros presentes, sendo então submetida aos demais processos, como: coagulação, floculação, sedimentação, filtração, desinfecção e fluoretação (PÁDUA; SANTOS; FREITAS, 2007).

Libânio (2010), destaca que a tecnologia para o tratamento de águas deve levar em consideração algumas premissas e entre elas está a característica da água bruta.

A Resolução CONAMA n. 357/2005 designa a classificação dos corpos de água e sugere o tipo de tratamento exigido para cada classe de água (BRASIL, 2005), como pode ser visualizado na Tabela 3.

Tabela 3 – Tratamento requerido para a classificação de águas doces

<b>Classificação</b>	<b>Tratamento Requerido</b>
Classe especial	Desinfecção
Classe 1	Tratamento Simplificado
Classe 2	Tratamento Convencional
Classe 3	Tratamento Convencional ou Avançado
Classe 4	Águas destinadas a usos menos exigentes

Fonte: Adaptado de Brasil (2005)

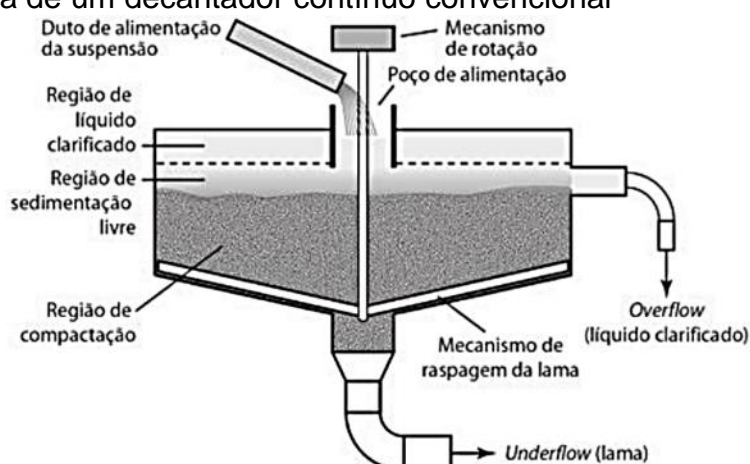
Embora existam diversos métodos e tecnologias para o tratamento de águas, neste trabalho será abordado o tratamento de águas do tipo convencional, sendo suas etapas descritas a seguir.

- **Coagulação:** de acordo com Richter (2009), a coagulação é um processo de alteração físico-química de partículas coloidais da água, caracterizada principalmente por cor e turbidez, essa alteração produz partículas que possam ser removidas por um processo físico de separação, usualmente a sedimentação. Ao aplicar um agente coagulante à água, em geral um sal de alumínio ou de ferro, ocorrem reações de hidrólise e de polimerização, as quais são influenciadas pelo

pH, presença de espécies iônicas, concentração e tipo dos coloides, tipo e dosagem do coagulante aplicado, e das condições de mistura do coagulante com a água. Conforme Heller e Pádua (2006), inúmeros fatores influenciam a eficiência do processo de coagulação, dentre eles, destacam-se a dosagem do agente coagulante, auxiliares de coagulação, pH do meio, e dispersão do agente na mistura. Richter (2009), descreve que a coagulação desempenha um papel dominante entre todas as etapas de tratamento de água, sobretudo na preparação da decantação ou da flotação e, na filtração, portanto, o sucesso dos processos seguintes, depende de uma coagulação eficiente.

- **Floculação:** os produtos químicos, já adicionados anteriormente, irão reagir auxiliados pela alcalinidade da água, formando compostos com a propriedade da adsorção, que é a capacidade de atrair partículas com cargas elétricas contrárias. Essas partículas são chamadas de flocos e têm cargas elétricas superficialmente positivas, enquanto as impurezas presentes na água, como as matérias suspensas, as coloidais, alguns sais dissolvidos e bactérias, têm carga elétrica negativa, sendo assim retidas pelos flocos. É nesta etapa que se inicia a formação dos flocos, que irão crescer (em tamanho) à medida que se dirigem ao decantador. Sempre que a tecnologia de tratamento envolver o processo de coagulação, a floculação ocorre mesmo na ausência de uma unidade específica para tal finalidade (LÍBANIO, 2010).
- **Sedimentação e decantação:** segundo Richter (2009), trata-se de um processo físico que utiliza a gravidade para separar as partículas sólidas que apresentam densidade superior à da água e que estejam em suspensão, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento. A sedimentação de partículas floculadas é habitualmente conhecida como decantação, e esse processo é realizado em tanques de decantação ou, simplesmente, decantadores. O tanque de decantação clássico (Figura 4), também chamado de decantador contínuo convencional, dispõe de dutos de alimentação da suspensão, de retirada do clarificado (*overflow*), e de retirada do espessado (*underflow*). Esse tipo de decantador é dotado de raspadores que auxiliam no descarte do espessado (CREMASCO, 2012).

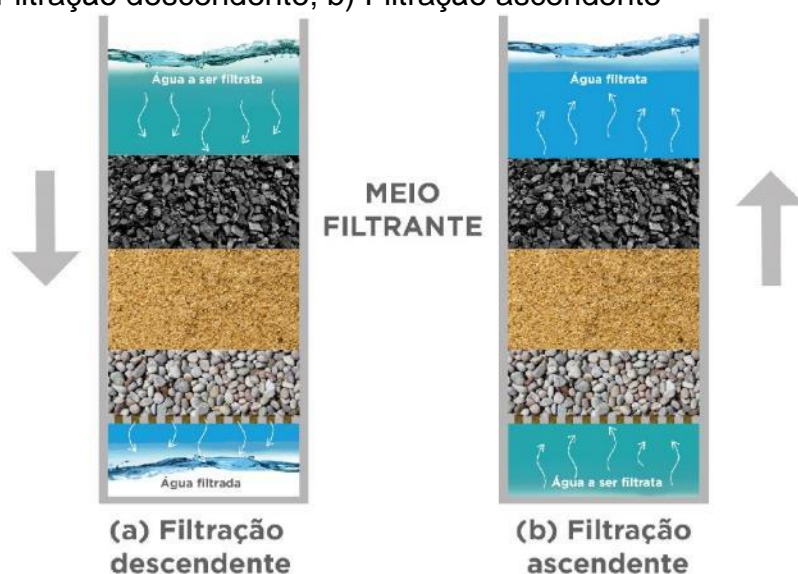
Figura 4 – Esquema de um decantador contínuo convencional



Fonte: Cremasco (2012, p. 329)

- Filtração:** os tanques de decantação não são capazes de remover partículas de dimensão pequena, e para que estas sejam removidas devem passar pelo processo de filtração, onde a água é transportada através de tanques compostos, geralmente, por leito de cascalho, areia e carvão, que detêm as partículas restantes do processo de decantação (BOTERO, 2008). O sentido da filtração pode ser visualizado na Figura 5, sendo o mesmo descendente, ascendente ou uma combinação de ambos, trabalhando em alta taxa de filtração (filtros rápidos) ou baixa taxa de filtração (filtros lentos), dependendo da tecnologia de tratamento empregada (SCALIZE; BEZERRA, 2020).

Figura 5 – a) Filtração descendente; b) Filtração ascendente

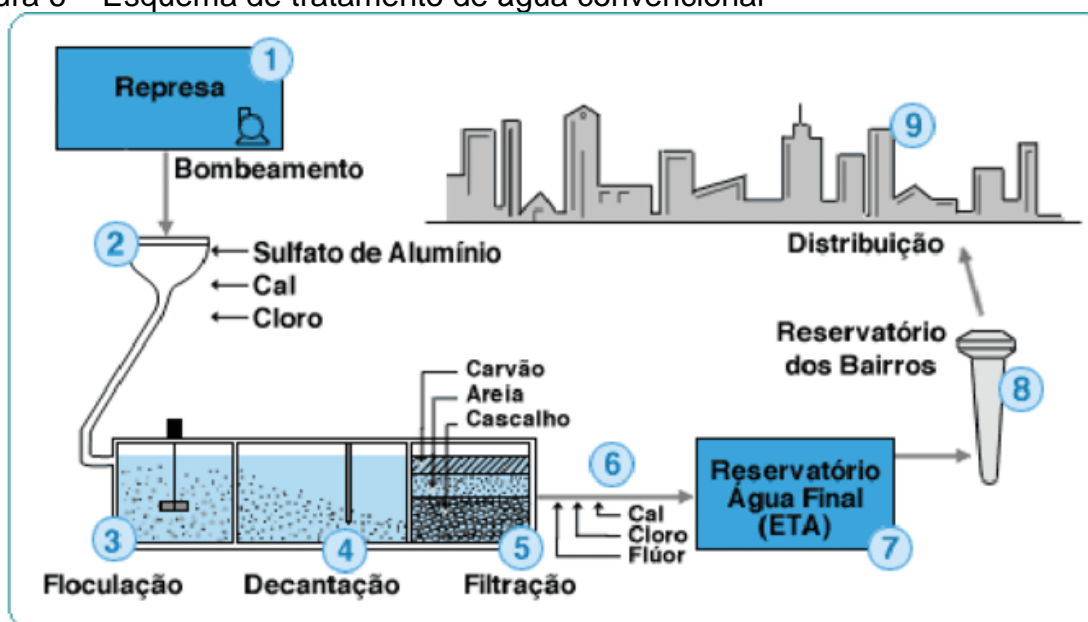


Fonte: Scalize; Bezerra (2020)

- **Desinfecção e cloração:** a filtração bem executada elimina as partículas e quase todas as bactérias, entretanto, as bactérias têm que ser totalmente eliminadas. Para isso, recorre-se à desinfecção, que é realizada pela adição de produtos químicos, dos quais o mais usado é o cloro. A cloração, como é chamada, é realizada através de dosadores que aplicam compostos de cloro à água, desinfectando-a (RICHTER, 2009).
- **Fluoração:** este procedimento corresponde à adição de flúor, habitualmente na forma de ácido fluorsilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio, com o intuito de prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes (HELLER; PÁDUA, 2006), sendo regulamentado pela Portaria n. 635/1975 (BRASIL, 1975) e posteriormente, pela Portaria MS n. 2.914/2011 (BRASIL, 2011), a nível nacional.

A Figura 6 ilustra o esquema de tratamento de água do tipo convencional, conforme a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Figura 6 – Esquema de tratamento de água convencional



Fonte: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (2010)

Observando a Figura 6 nota-se que após a captação (1), a água é bombeada para a estação de tratamento (ETA), e posteriormente em (2), emprega-se o uso de produtos químicos para efetuar a correção do valor de pH. Em seguida inicia-se o processo de coagulação, e conseqüente floculação (3), que visa promover a formação de flocos com tamanhos que permitem a sua decantação (4), a qual ocorre em

tanques destinados para este propósito. Após a decantação, realiza-se a filtração (5), que consiste na passagem da água por tanques compostos por um leito preenchido por cascalho, areia e carvão. Finalmente, é realizada uma nova correção do valor de pH e a adição de cloro, para efetuar a desinfecção da água, e proporcionar um teor residual até a sua chegada na casa do consumidor, garantindo que a água fornecida mantenha-se isenta de microrganismos. O teor adequado de flúor é adicionado. A água tratada por método convencional é conduzida até os reservatórios da ETA (7), e dos bairros (8) é distribuída para os consumidores (9).

Todas as etapas de tratamento e as análises para o controle da qualidade da água realizadas em uma Estação de Tratamento de Águas deve ser registrada em um documento sob a forma e organização de protocolo. Em química analítica um protocolo é um conjunto de orientações que detalham determinado procedimento que deve ser seguido para a aceitação da análise (SKOOG *et al.*, 2014). Assim, será garantida a homogeneidade e padronização dos resultados obtidos, aumentando sua confiabilidade.

## **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 (TCC).

### **4.1 Materiais**

Os materiais empregados na execução deste TCC foram teóricos e textuais, consistindo de dados obtidos durante a realização do estágio em uma ETA, os quais foram trabalhados em programas computacionais editores de texto. Dados novos foram pesquisados em diferentes fontes de literatura de maneira a aprofundar a discussão dos resultados e auxiliar no alcance dos objetivos propostos.

### **4.2 Métodos**

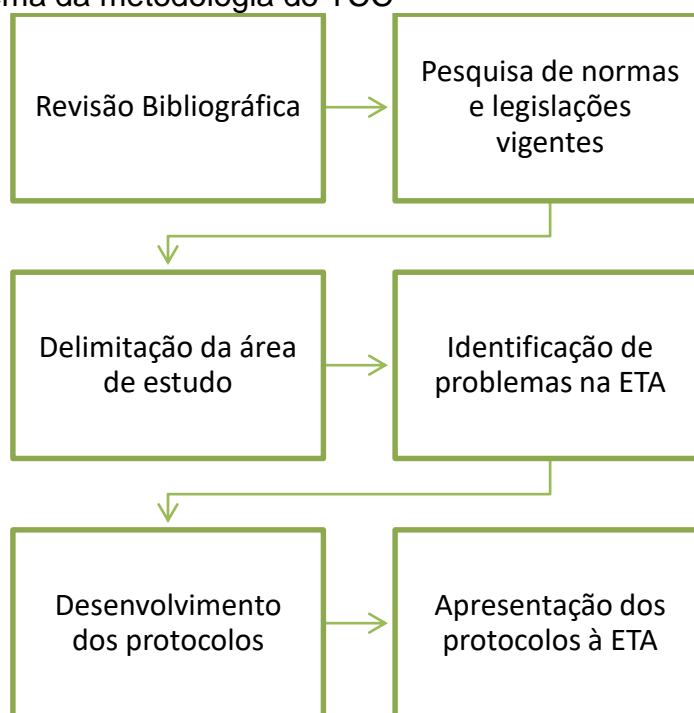
Para a execução deste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica sobre variáveis e padrões de qualidade de água, contando com um histórico sobre a concepção e aplicação de índices de qualidade de água, apresentação da legislação, e dos tipos usuais de tratamento de água. As típicas etapas de um tratamento de água convencional foram abordadas e exemplificadas.

Ao se realizar atividades de estágio em uma Estação de Tratamento de Águas no município de Candiota, no bairro Dario Lassance, foram observados problemas na operação da ETA, o que originou a ideia a ser desenvolvida neste TCC. Portanto, foi delimitada a área de estudo e identificados os casos práticos e problemas a serem aqui analisados, minimizados e otimizados.

Desenvolver e padronizar protocolos de amostragem e análises físicas, químicas e bacteriológicas de águas foram o foco deste estudo, sendo que ao seu final, os protocolos aqui criados, foram apresentados e explicados para a administração e técnicos da ETA Dario Lassance, com o intuito de colaborar com a sua gestão e qualidade.

As etapas da metodologia empregada neste TCC estão na Figura 7.

Figura 7 – Esquema da metodologia do TCC



Fonte: Autora (2020)

#### 4.2.1 Métodos empregados na ETA para amostragens e análises

As amostragens para as análises físicas e químicas da estação são realizadas uma vez ao dia, de segunda-feira à sexta-feira, e a amostragem para as análises bacteriológicas ocorrem uma vez por semana habitualmente na quarta-feira. As amostras são coletadas pelos colaboradores e armazenadas em recipientes reaproveitados, que não recebem higienização adequada.

As análises realizadas para o controle de qualidade da água consistem em pH, turbidez, alcalinidade, cloro residual livre, coliformes, e coliformes totais. Os métodos empregados para a execução das mesmas são elencados na Tabela 4.

Tabela 4 – Métodos empregados para o respectivo tipo de análise

<b>Análise</b>	<b>Método</b>
pH	Potenciométrico
Turbidez	Nefelométrico
Alcalinidade	Titulométrico
Cloro residual Livre	Colorimétrico
Coliformes Totais	Presuntivo
Coliformes	Presuntivo

Fonte: Autora (2020)

#### 4.2.2 Desenvolvimento dos protocolos

A construção e padronização dos protocolos consistiu na elaboração de um documento contendo as informações da Estação de Tratamento de Água Dario Lassance e o tipo de análise ou atividade no cabeçalho. Cada protocolo é constituído pelos seguintes itens:


- Materiais;
- Procedimento;
- Observações (quando necessário);
- Recomendações (quando necessário);
- Ilustração do procedimento (quando necessário);
- Referências do protocolo.

Foi criado um documento modelo para a elaboração dos protocolos, apresentado no Quadro 1.

Foram desenvolvidos protocolos para os procedimentos de coleta de amostras e esterilização de vidrarias. Para aumentar o número de parâmetros de qualidade da água a serem monitorados, desenvolveram-se protocolos para as análises físicas (cor, temperatura e turbidez); para as análises químicas (alcalinidade, alumínio, cloro residual livre, dureza total, fluoretos e potencial hidrogeniônico); e para análises bacteriológicas, sendo identificação qualitativa P/A (presença ou ausência) de Coliformes totais ou termotolerantes, e quantitativa, pelo NMP (número mais provável). Para o registro, e posterior discussão e tratamento dos resultados de análises adquiridos, foram criados documentos padronizados, para a otimização da rotina de trabalho na ETA.



Quadro 1 – Exemplo do documento criado para os protocolos elaborados

 Logotipo da empresa	<b>NOME DA ESTAÇÃO</b>	
	<b>TIPO DE PROTOCOLO</b>	<b>ANO DE CRIAÇÃO DO PROTOCOLO</b>
	<b>NOME DO PROTOCOLO</b>	
<p>Breve descrição do tipo de análise, ou recomendações pertinentes ao procedimento (quando necessário). Corpo do texto em fonte Arial tamanho 12 e espaçamento simples. Apresentando recuo à esquerda de 1,0 cm e à direita 0,5 cm dentro do quadro.</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <p>Apresenta a lista de materiais necessários para a análise.</p> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento</b></p> <p>Descreve as etapas do procedimento empregado.</p> <p style="text-align: center;"><b>Ilustração do procedimento</b></p> <p>Consiste em adicionar figuras ou fluxogramas que visam facilitar a visualização das etapas de execução do procedimento.</p> <p style="text-align: center;"><b>Observações</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Podem consistir de exemplos;</li> <li>2. Indicação da unidade da grandeza medida;</li> <li>3. Informa a temperatura adequada para a execução das análises;</li> <li>4. Elucida quando o resultado da análise pode apresentar alteração pela presença de interferentes na amostra, entre outros.</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>Recomendações</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Quando necessário, destaca as condições adequadas para a execução da análise;</li> <li>b. Indica qual tipo de vidraria é adequada, entre outros.</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>REFERÊNCIA</b></p> <p>Apresenta a bibliografia consultada para a elaboração do protocolo.</p>		

Fonte: Autora (2021)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

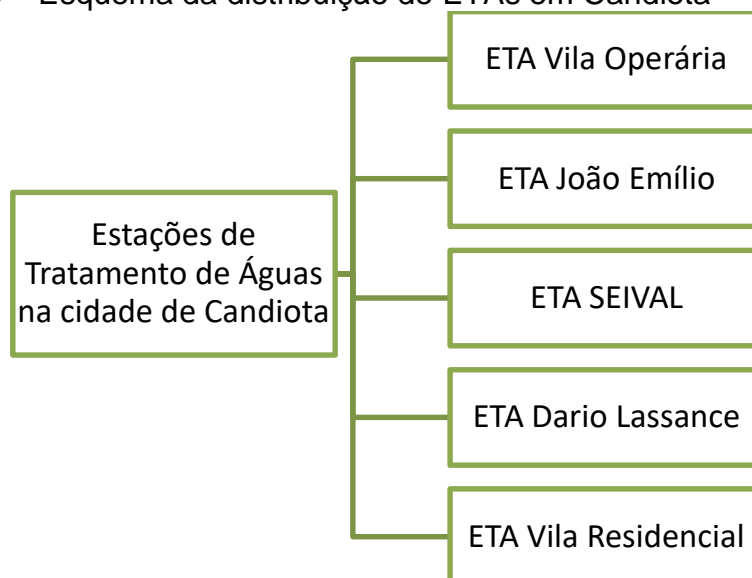
Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos durante a execução deste Trabalho de Conclusão de Curso.

### 5.1 Prefeitura de Candiota

A Secretaria Municipal de Obras é o órgão responsável pela administração dos serviços de saneamento básico da cidade de Candiota, a mesma é vinculada à Prefeitura Municipal, e iniciou suas atividades no ano de 1992. A Secretaria possui como competências o estudo, o planejamento, a execução, a operação, a manutenção, a conservação e a exploração dos serviços de água e esgoto, bem como a captação, o tratamento e a distribuição de águas. Compete ainda à Secretaria, a coordenação, a fiscalização de obras de construção, a ampliação ou a remodelação dos serviços públicos de água e esgoto na cidade.

Atualmente a Secretaria Municipal de Obras é responsável por cinco ETAs, como pode ser visualizado na Figura 8, atendendo uma população de 9362 habitantes, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017).

Figura 8 – Esquema da distribuição de ETAs em Candiota



Fonte: Autora (2020)

Dentre os sistemas descritos acima, a ETA Dario Lassance, localizada no bairro sede do município, é o objeto de estudo e desenvolvimento deste trabalho. A mesma conta com um laboratório responsável pelas análises de controle de qualidade da água das demais estações, e foi o local de atuação durante o estágio. Na Figura 9 é possível visualizar o pórtico de entrada da estação.

Figura 9 – Pórtico de entrada da ETA Dario Lassance



Fonte: Autora (2020)

## 5.2 ETA Dario Lassance

No ano de 2018 foi inaugurado o novo sistema de tratamento de águas da ETA Dario Lassance, essa atualização foi viabilizada através de um convênio firmado entre a Prefeitura Municipal e a Usina Termelétrica Pampa Sul. Esta ETA possui uma capacidade de tratamento de 216 m<sup>3</sup>/h de água, e atende os bairros de Dario Lassance, Residencial, a Usina Presidente Médici, e parte da zona rural do município, tais como os assentamentos rurais. Embora a estação tenha recebido uma atualização, ainda são utilizadas partes da antiga ETA, como o reservatório de água bruta e reservatórios para armazenamento de água tratada, sendo um subterrâneo e dois elevados. A captação de água bruta é realizada em um manancial localizado próximo à ETA e é possível visualizá-lo na Figura 10.

Figura 10 – Manancial de captação de água bruta



Fonte: Autora (2020)

Após a captação, a água bruta é armazenada em um reservatório como pode ser visualizado na Figura 11.

Figura 11 – Armazenamento de água bruta



Fonte: Autora (2020)

Posteriormente a água é conduzida por tubulações, e inicia-se o tratamento em quatro tanques de floculação e sedimentação, Figuras 12 e 13.

Figura 12 – Tanques de floculação e sedimentação



Fonte: Autora (2020)

Figura 13 – Vista superior dos tanques de floculação e sedimentação



Fonte: Autora (2020)

Os reagentes empregados no tratamento de água pela estação são o sulfato de alumínio, carbonato de cálcio e cloro. Os mesmos são distribuídos diretamente na rede por meio de bombas dosadoras, como apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Sala de reservatórios e bombas dosadoras de reagentes químicos



Fonte: Autora (2020)

Após a etapa de sedimentação a água passa pela operação de filtração, a qual ocorre através de oito filtros do tipo descendente (Figura 15).

Figura 15 – Tanques de filtração



Fonte: Autora (2020)

Posteriormente à filtração, a água é conduzida por tubulações até o reservatório onde ocorre a cloração para desinfecção, Figura 16.

Figura 16 – Reservatório para cloração



Fonte: Autora (2020)

A água tratada é conduzida para o seu armazenamento em quatro reservatórios, sendo um subterrâneo e três elevados. Na Figura 17 são apresentados os reservatórios elevados.

Figura 17 – Reservatórios de armazenamento da estação



Fonte: Autora (2020)

A estação também conta com um reservatório que armazena a água proveniente da lavagem dos filtros de clarificação, o mesmo pode ser visualizado na Figura 18. Esta água, posteriormente, é recirculada e tratada.

Figura 18 – Reservatório de armazenamento da água da lavagem de filtros



Fonte: Autora (2020)

A estação é comandada por telemetria e por meio de um painel elétrico (Figura 19) o qual monitora e opera todos os equipamentos da ETA. O painel da ETA também possibilita que a operação seja realizada manualmente, se necessário.

Figura 19 – Painel de controle da ETA



Fonte: Autora (2020)

### 5.3 Laboratório de Controle de Qualidade da Água

As análises de controle de qualidade da água são realizadas no laboratório da ETA, apresentado na Figura 20.



Figura 20 – Laboratório de análises de controle de qualidade da água



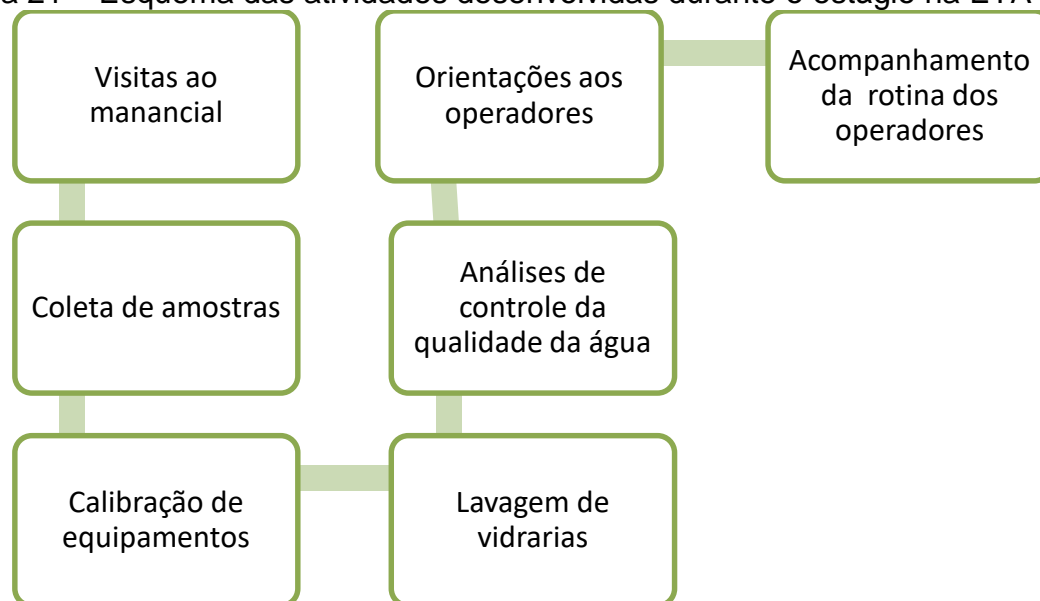
Fonte: Autora (2020)

Neste laboratório são realizadas análises de índice de turbidez, determinações de pH e alcalinidade, teor de cloro residual livre e análises microbiológicas (coliformes, *escherichia coli* e totais). A infraestrutura do laboratório contempla a disponibilização de equipamentos como estufa com circulação forçada de ar marca MEDICATE modelo MD 1.2, estufa tipo incubadora marca DeLeo modelo DL-CBE, destilador/deionizador de água marca LUCADEMA, autoclave marca STERMAX, turbidímetro marca ALFAKIT, medidor de pH marca ANALION modelo PM 608 plus, e sistema de capela com exaustão de ar.

#### **5.4 Atividades Desenvolvidas na ETA durante o Estágio**

No decorrer do período de execução do estágio na ETA Dario Lassance foram desenvolvidas diversas atividades. As atividades que apresentaram maior relevância para o desenvolvimento deste trabalho são resumidas no esquema da Figura 21, e descritas logo em seguida.

Figura 21 – Esquema das atividades desenvolvidas durante o estágio na ETA



Fonte: Autora (2020)

- **Visitas ao manancial:** as visitas ao manancial ocorrem de forma esporádica, habitualmente quando o serviço de manutenção necessita verificar algum problema com a captação. No período de duração do estágio, a cidade enfrentava uma rigorosa estiagem, e houve a necessidade de realizar modificações na captação da água, devido ao baixo nível de água disponível para a captação.
- **Coleta de amostras:** as coletas de amostras das demais ETAs de Candiota são realizadas pelos operadores e transportadas até a ETA Dario Lassance, sendo coletadas alíquotas de água bruta e água tratada.
- **Calibração de equipamentos:** o turbidímetro e as soluções de calibração estão apresentados na Figura 22.

Figura 22 – Turbidímetro



Fonte: Autora (2020)

O medidor de pH utilizado no laboratório pode ser visualizado na Figura 23, e utiliza como solução de descanso do eletrodo o cloreto de potássio, o mesmo não recebe calibração, pois as soluções disponíveis não apresentam condições de ser utilizadas, como demonstrado na Figura 23.

Figura 23 – Medidor de pH



Fonte: Autora (2020)

- **Limpeza de vidrarias:** as vidrarias empregadas nas análises físico-químicas são higienizadas com água, enquanto as empregadas nas análises bacteriológicas são higienizadas com água e sabão e secas em estufa a 110°C.
- **Análises de controle da qualidade da água:** as análises físico-químicas de controle da qualidade da água são realizadas uma vez ao dia, de segunda-feira à sexta-feira, as mesmas estão dispostas na Tabela 5.

Tabela 5 – Análises empregadas para águas bruta e tratada

Água Bruta	Água Tratada
pH	pH
Turbidez	Turbidez
Alcalinidade	Alcalinidade
	Cloro residual Livre

Fonte: Autora (2020)

Uma vez por semana são realizadas as análises bacteriológicas, utilizando o Aquateste Coli (Figura 24), e permanecem durante um período de 48 h submetido à estufa incubadora, o tiosulfato de sódio é empregado para neutralizar o cloro presente na água.

Figura 24 – Aquateste Coli



Fonte: Autora (2020)

Após o período de 24 a 48 h as amostras que apresentam coloração alterada, indicam a presença de coliformes do tipo total, ou *Escherichia coli*. Por se tratar de um método presuntivo, é necessário realizar a confirmação. A confirmação é realizada submetendo a amostra de coloração alterada, à luz ultravioleta (UV), como pode ser visualizado na Figura 25. Caso a mesma apresentar fluorescência, indica a presença de coliformes do tipo *Escherichia coli*, caso contrário, indica presença de coliformes totais.

Figura 25 – Aquateste Coli submetido à luz UV



Fonte: Autora (2020)

O teste empregado para a quantificação dos coliformes totais ou *Escherichia coli* é o Simplate, que consiste em adicionar 9 mL de reagente e 1 mL de amostra em placa, que é posteriormente submetida à estufa incubadora por 48 h, como apresentado na Figura 26.

Figura 26 – Teste Simplate



Fonte: Autora (2020)

Os dados obtidos nas análises de controle da qualidade da água são dispostos em tabelas separadas de acordo com a ETA a que pertencem, no caso de presença de coliformes do tipo *Escherichia coli*, os operadores da estação são comunicados imediatamente.

- **Orientações aos operadores:** consistem basicamente na divulgação da informação sobre a dosagem de reagentes químicos empregados no tratamento da água (aumento ou atenuação das quantidades), sendo dependente dos resultados das análises de controle da qualidade da água. Além de orientação sobre a necessidade da limpeza de reservatórios de produtos químicos, de reservatório de água bruta, de sedimentadores, e da retirada do lodo proveniente da lavagem de filtros.
- **Acompanhamento da rotina dos operadores:** a rotina dos operadores é composta pela execução de lavagem diária dos filtros de clarificação, pedidos de manutenção na ETA, e acompanhamento do funcionamento da mesma, além do preparo de reagentes para o tratamento de água, lavagem dos reservatórios quando necessário, e operação do painel de controle. Na Figura 27 é visualizado o tanque de sedimentação antes e após a execução de limpeza.

Figura 27 – Tanques de sedimentação antes e após processo de limpeza



Fonte: Autora (2020)

Durante as atividades desempenhadas no estágio, foi possível observar e vivenciar uma rotina de operação da ETA, a qual não apresentava uma padronização na execução de suas amostragens de águas e nas análises para o controle de qualidade da água. Além disso, ocorre a necessidade de esclarecimento sobre a importância da manutenção e calibração correta dos equipamentos empregados nas análises, da utilização de equipamentos de proteção individual, de se adotar mapas de riscos e sinalizações de segurança nas instalações da ETA.


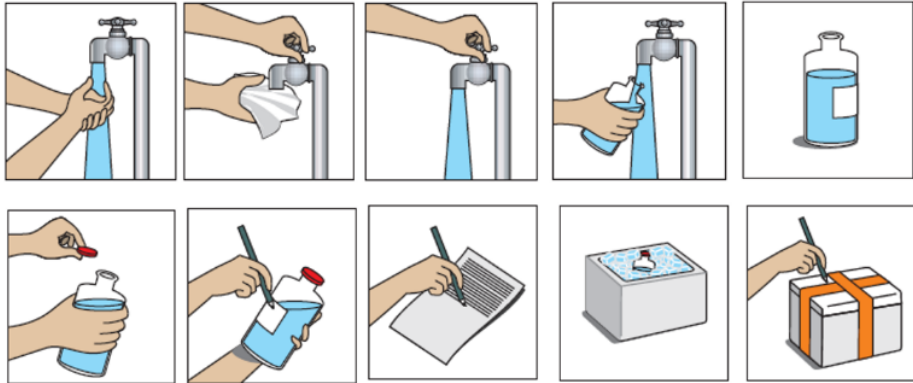
Portanto, para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso propôs-se a criação de protocolos de amostragens e análises físicas, químicas e bacteriológicas de águas na ETA Dario Lassance. Estes documentos foram elaborados com base em leis e normas técnicas, tendo como objetivo a melhoria e otimização da rotina de operação da ETA, almejando uma distribuição de água potável à população de Candiota, enquadrada nos padrões de potabilidade apresentados nas leis ambientais, assegurando a saúde da população.

## 5.5 Protocolos

A seguir são apresentados os protocolos elaborados. O Quadro 2 indica o protocolo para a realização da coleta de amostras de águas para as análises.

Quadro 2 – Protocolo de coleta de amostra para análises

(continua)

	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PROTOCOLO DE COLETA</b>	<b>ANO:</b>
	<b>DESCRIÇÃO: COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES</b>	<b>2021</b>
<p>Os pontos de coleta de amostras de água tratada podem ser em residências, hospitais, escolas, torneiras públicas. Nas estações de tratamento as amostras podem ser coletadas na captação, chegada da água bruta antes do canal da Parshall, nos decantadores, na saída dos filtros e nos reservatórios de água tratada (BRASIL, 2006). Neste documento é abordada a coleta de amostras em residências, podendo ser realizado em estação de tratamento de água.</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algodão;</li> <li>• Álcool etílico 70% e/ou hipoclorito de sódio 100 mg/L;</li> <li>• Frasco de coleta devidamente higienizado;</li> <li>• Etiqueta de identificação.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento de coleta de amostras em residências</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Lavar as mãos com água e sabão;</li> <li>b. Limpar a torneira do usuário com um pedaço de algodão embebido em álcool 70% e/ou hipoclorito de sódio 100 mg/L;</li> <li>c. Abrir a torneira e deixar escorrer a água durante 1 ou 2 min;</li> <li>d. Coletar a amostra de água;</li> <li>e. Encher o frasco com pelo menos 3/4 de seu volume;</li> <li>f. Tampar o frasco, identificá-lo, anotando endereço, hora, e nome do coletor;</li> <li>g. Marcar o frasco com o número da amostra e ponto de coleta;</li> <li>h. Preencher a ficha de identificação da amostra de água;</li> <li>i. Colocar o frasco da amostra na caixa de isopor com gelo, lacrar, identificar e enviar a caixa para o laboratório.</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>Ilustração do procedimento</b></p> <p>A Figura ilustra as etapas do procedimento de coleta de amostras.</p>  <p>Fonte: Adaptado de Brasil (2006)</p>		

## Quadro 2 – Protocolo de coleta de amostra para análises

(conclusão)

<b>Observações</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. No caso de utilização do hipoclorito de sódio para desinfecção da torneira, deve-se removê-lo completamente antes da coleta (BRASIL, 2006).</li><li>2. A coleta de amostras destinada a análises bacteriológicas, deve ser realizada antes de qualquer coleta para outras análises, considerando o risco de contaminação do local de amostragem (BRASIL, 2014).</li><li>3. Recomenda-se não efetuar a desinfecção por flambagem, pois além de causar danos às torneiras e válvulas, há evidências que este procedimento não tem efeito letal sobre as bactérias (BRASIL, 2014).</li><li>4. Para análises bacteriológicas a amostragem deve ser realizada utilizando-se frascos de vidro neutro ou plástico autoclavável, não tóxico, de boca larga e tampa à prova de vazamento. As amostras devem ser transportadas em caixas térmicas, em temperatura em torno de 10°C e o período de transporte deve ser de 6 h. O período entre a coleta da amostra e o início das análises bacteriológicas não devem ultrapassar o período de 24 h e a sua conservação é feita em refrigeração, à temperatura de 4 a 10°C. Antes da esterilização do frasco de coleta para amostras tratadas, recomenda-se adicionar ao mesmo 0,1 mL de uma solução de tiosulfato de sódio a 1,8% (agente neutralizador de cloro residual) (BRASIL, 2014).</li><li>5. Análises físico-químicas devem ser realizadas em frascos de polietileno, limpos e secos, com capacidade mínima de 1 L, devidamente vedados e identificados, tendo-se o cuidado de enxaguá-lo duas a três vezes com a água a ser coletada e completar o volume da amostra (BRASIL, 2014).</li></ol>
<p style="text-align: center;"><b>REFERÊNCIAS</b></p> <p>BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual prático de análise da água</b>. 2. ed., Brasília, DF: FUNASA, 2006.</p> <p>BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS</b>. Brasília, DF: FUNASA, 2014.</p>


Fonte: Autora (2021)

De modo a evitar interferências e minimizar a repetição de erros durante a execução de análises, o Quadro 3 expressa o protocolo de esterilização de vidrarias para análises bacteriológicas, e algumas recomendações de acordo com a FUNASA para os procedimentos de análises físico-químicas.



Quadro 3 – Protocolo de esterilização de vidrarias

(continua)

	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PREPARO DE VIDRARIAS PARA UTILIZAÇÃO EM ANÁLISES</b>	<b>ANO: 2021</b>
	<b>DESCRIÇÃO: ESTERILIZAÇÃO E RECOMENDAÇÕES</b>	
<p>Recomenda-se que os materiais utilizados em análises bacteriológicas devem ser submetidos à limpeza com água e sabão seguido de esterilização (BRASIL, 2014).</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <p>a. Frascos de coleta de amostra;  b. Pipetas;  c. Placas de Petri de vidro;  d. Frascos e tubos com água de diluição de meios de cultura (BRASIL, 2014).</p> <p style="text-align: center;"><b>Procedimentos para a esterilização</b></p> <p>a. Preparar todo o material;  b. Verificar se o nível da água dentro da autoclave está acima das resistências. Completar se necessário, colocar todo o material dentro do depósito metálico e tampar a autoclave;  c. Apertar as travas da tampa, duas a duas para não permitir saída de vapor pela borda do aparelho. Ligar o aparelho na tomada;  d. Ligar a chave seletora de temperatura na posição “máximo”, abrir imediatamente a válvula de escape de vapor;  e. Quando começar a sair vapor por essa válvula, esperar 3 min e fechar;  f. Nesse instante, o ponteiro do manômetro começará a subir;  g. Quando o ponteiro atingir a marca 1 kg/cm<sup>2</sup> de pressão, a temperatura deverá estar em 121°C. Deixar nesta posição durante 20 min;  h. Se a pressão continuar subindo, colocar a chave seletora de temperatura da autoclave, na posição “média” e observar;  i. Depois de 20 min, o material estará esterilizado;  j. Desligar o aparelho e esperar que o ponteiro do manômetro atinja a posição “0”. Este procedimento poderá ser acelerado abrindo-se lentamente a válvula de escape de vapor.</p> <p style="text-align: center;"><b>Observações</b></p> <p>1. Normalmente as autoclaves possuem uma chave seletora de temperatura que indica três posições “mínima, média e máxima”, para manter a pressão e temperatura dentro da faixa utilizada, e ligar e desligar o aparelho.  2. Há autoclaves microprocessadas que realizam as etapas, ou seja, o ciclo de esterilização/descontaminação automaticamente, após a programação.  3. Existem vários modelos de autoclaves no mercado. É importante seguir sempre as instruções do fabricante (BRASIL, 2014).</p>		

Quadro 3 – Protocolo de coleta de amostra para análises

(conclusão)

<b>Recomendações</b>
<p><b>a.</b> A obtenção de resultados precisos, exige cuidados quanto à lavagem, secagem e esterilização das vidrarias;</p> <p><b>b.</b> A fim de se evitar interferências nas determinações analíticas, recomenda-se fazer uso de detergentes de boa qualidade na lavagem de vidraria volumétrica e, de modo geral, para a secagem das vidrarias, devem ser utilizadas estantes ou escorredores de madeira;</p> <p><b>c.</b> Pipetas e buretas devem ser lavadas com água potável após utilização e, a seguir, com água destilada. Este tipo de vidraria deve estar sempre limpa e seca para uso, a fim de se evitar erros nas determinações;</p> <p><b>d.</b> Os recipientes e vidrarias devem ser devidamente marcados para a identificação das amostras neles contidas (BRASIL, 2014).</p>
<p style="text-align: center;"><b>REFERÊNCIA</b></p> <p>BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.</b> Brasília, DF: FUNASA, 2014.</p>

Fonte: Autora (2021)

No Quadro 4 é possível visualizar o protocolo padronizado para a análise física de cor, atualmente a mesma não é realizada no laboratório de controle de qualidade da água da ETA Dario Lassance. Futuramente, esta análise poderá ser considerada para a melhoria no monitoramento da qualidade da água tratada.


Quadro 4 – Protocolo de análise de cor

	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PROTOCOLO DE ANÁLISE FÍSICA</b>	<b>ANO: 2021</b>
	<b>ANÁLISE DE COR APARENTE</b>	
<p>A cor aparente é proporcionada pela presença de matéria em suspensão e a sua determinação pode ser realizada por espectrofotometria ou por disco comparador colorimétrico (BRASIL, 2014). Neste documento é apresentado o procedimento por disco comparador colorimétrico.</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparelho comparador;</li> <li>• Disco comparador de cor na escala Platino-Cobalto (BRASIL, 2014);</li> <li>• Cubetas.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Encher a cubeta do aparelho com a amostra;</li> <li>b. Comparar a amostra através de discos de vidro que são calibrados com as cores da escala Platino-Cobalto;</li> <li>c. Realizar a leitura (BRASIL, 2014).</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>Observações</b></p> <p>A unidade de cor é representada por 1 mg de platina em 1 L de água, na forma de cloroplatina de cobalto (1 ppm de Pt), denominada unidade de “HAZEN” (BRASIL, 2014).</p> <p style="text-align: center;"><b>REFERÊNCIA</b></p> <p>BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS</b>. Brasília, DF: FUNASA, 2014.</p>		

Fonte: Autora (2021)

No Quadro 5 é possível visualizar o protocolo padronizado para a análise física de temperatura, atualmente a mesma não é realizada no laboratório de controle de qualidade da água da ETA Dario Lassance. Futuramente, esta análise poderá ser considerada para a melhoria no monitoramento da qualidade da água tratada.

Quadro 5 – Protocolo de análise de temperatura


	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PROTOCOLO DE ANALISE FÍSICA</b>	<b>ANO: 2021</b>
	<b>ANÁLISE DE TEMPERATURA</b>	
<b>Materiais</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termômetro;</li> <li>• Becker de 250 mL.</li> </ul>		
<b>Procedimento</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Coletar uma amostra de água em um Becker de 250 mL;</li> <li>b. Inserir o termômetro na água;</li> <li>c. Esperar até que o material dilatante (mercúrio) se estabilize;</li> <li>d. Realizar a leitura com o bulbo do termômetro na água (BRASIL, 2013).</li> </ol>		
<b>REFERÊNCIA</b>		
BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual prático de análise da água</b> . Brasília, DF: FUNASA, 2013.		

Fonte: Autora (2021)

No laboratório de controle de qualidade da água da ETA Dario Lassance são realizadas as análises física de turbidez, e química de alcalinidade, os Quadros 6 e 7, propõem protocolos padronizados para a determinação destes parâmetros, seguindo as recomendações da FUNASA para os procedimentos de análises.

Quadro 6 – Protocolo de determinação da turbidez

(continua)

	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE	
	PROTOCOLO DE ANÁLISE FÍSICA	ANO: 2021
	DETERMINAÇÃO DA TURBIDEZ	
<p>Existem equipamentos específicos para determinação da turbidez na água. Neste documento é apresentado a determinação da turbidez utilizando a técnica nefelométrica.</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbidímetro com nefelômetro;</li> <li>• Células de amostras de vidro incolor (quartzo),</li> <li>• Balão volumétrico de 100 mL;</li> <li>• Pipeta volumétrica de 5 mL;</li> <li>• Conjunto de filtração;</li> <li>• Filtros de membrana de 0,2 µm (BRASIL, 2013).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Reagentes</b></p> <p>Água isenta de turbidez: passar água destilada através de um filtro de membrana de 0,02 µm de porosidade. Enxaguar o frasco de coleta pelo menos duas vezes com água filtrada e desprezar os primeiros 200 mL (BRASIL, 2013).</p> <p style="text-align: center;"><b>Suspensão estoque de turbidez – padrão primário</b></p> <p><b>Solução I</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dissolver 1,0 g de sulfato de hidrazina (NH<sub>2</sub>).H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em água destilada e diluir a 100 mL em balão volumétrico.</li> </ul> <p><b>Advertência:</b> sulfato de hidrazina é carcinogênico. Evitar inalação, ingestão e contato com a pele (BRASIL, 2013).</p> <p><b>Solução II</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dissolver 10,0 g de hexametilenotetramina (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>N<sub>4</sub> em água destilada e diluir a 100 mL em balão volumétrico;</li> <li>• Misturar 5,0 mL da solução I e 5,0 mL da solução II.</li> <li>• Deixar em repouso por 24 h a 25 ± 3°C. A turbidez dessa suspensão é de 4000 UT.</li> <li>• Transferir a solução-estoque para um frasco de cor âmbar ou outro frasco protegido da luz ultravioleta, para armazenagem. Fazer diluição dessa suspensão-estoque. A suspensão-estoque é estável por um ano quando corretamente armazenada (BRASIL, 2013).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Suspensão-padrão de turbidez</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diluir 1,0 mL da solução-estoque para 100 mL com água isenta de turbidez. A turbidez desta suspensão é de 40 UT. Preparar diariamente.</li> <li>• Padrões de turbidez diluídos:</li> </ul>		

## Quadro 6 – Protocolo de determinação da turbidez

(conclusão)

- Diluir porções da suspensão-padrão de turbidez com água livre de turbidez de acordo com a faixa de interesse. Preparar diariamente (BRASIL, 2013).

**Procedimento**

- a. Calibrar o turbidímetro de acordo com as instruções do fabricante;
- b. Medida de turbidez menor que 40 UT: agitar a amostra suavemente e esperar até que as bolhas de ar desapareçam e colocá-la na célula de amostra do turbidímetro;
- c. Fazer a leitura da turbidez diretamente na escala do instrumento ou na curva de calibração apropriada. Medida de turbidez acima de 40 UT: diluir a amostra com um ou mais volumes de água isenta de turbidez até que a turbidez da amostra diluída fique entre 30 e 40 UT. Fazer a leitura e multiplicar o resultado pelo fator de diluição. A equação abaixo expressa o cálculo para determinação da turbidez (BRASIL, 2013).
- d. Calcular:

$$UT = \frac{A \times (B+C)}{C}$$

UT: Unidade de Turbidez Nefelométrica.

A: Turbidez da amostra diluída.

B: Volume da diluição (mL).

C: Volume da amostra tomado para a diluição.


**REFERÊNCIA**

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise da água**. Brasília, DF: FUNASA, 2013.

Fonte: Autora (2021)

Quadro 7 – Protocolo de determinação da alcalinidade total

(continua)

	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE	
	PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA	ANO: 2021
	DETERMINAÇÃO DA ALCALINIDADE TOTAL	
<p>A alcalinidade total é determinada por titulação com ácido sulfúrico.</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pipeta volumétrica de 50 mL;</li> <li>• Frasco Erlenmeyer de 250 mL;</li> <li>• Bureta de 50 mL;</li> <li>• Fenolftaleína;</li> <li>• Indicador metilorange;</li> <li>• Mistura indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila;</li> <li>• Solução de ácido sulfúrico 0,02 N;</li> <li>• Solução de tiosulfato de sódio 0,1 N (BRASIL, 2006).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Medir 50 ml da amostra e transferir para o Erlenmeyer;</li> <li>b. Adicionar 3 gotas da solução indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila;</li> <li>c. Titular com a solução de ácido sulfúrico 0,02 N até a mudança da cor azul-esverdeada para róseo;</li> <li>d. Anotar o volume total de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gasto (V) em mL (BRASIL, 2006);</li> <li>e. A equação abaixo expressa a alcalinidade da amostra:</li> </ol> $\text{Alcalinidade total em } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de CaCO}_3 = V \times 20$ <p style="text-align: center;"><b>Observações</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usar 0,05 mL (1 gota) da solução de tiosulfato de sódio 0,1 N, caso a amostra apresente cloro residual livre;</li> <li>2. Utilizar esta técnica na ausência de alcalinidade à fenolftaleína;</li> <li>3. Caso haja alcalinidade à fenolftaleína, adicionar, antes da mistura indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila 3 gotas de fenolftaleína e titular com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N até desaparecer a cor rósea formada. Em seguida continuar no passo b da técnica;</li> <li>4. A alcalinidade à fenolftaleína só poderá ocorrer se o pH da amostra for maior que 8,2;</li> <li>5. Na impossibilidade de conseguir a mistura indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila, usar o indicador de metilorange. Nesse caso o ponto de viragem no passo 3 da técnica será de amarelo para alaranjado;</li> <li>6. O ponto de viragem quando se usa o indicador verde de bromocresol/vermelho de metila é mais nítido do que quando se usa metilorange;</li> </ol>		

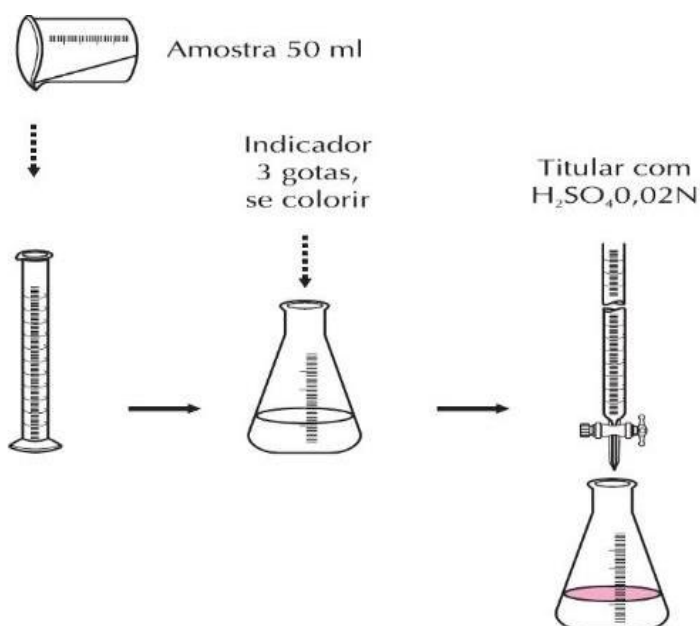
## Quadro 7 – Protocolo de determinação da alcalinidade total

(conclusão)

7. A equação é empregada para amostra de 50 ml. Quando for usado 100 mL de amostra, o volume (V) passará a ser multiplicado por 10 (BRASIL, 2006).

**Ilustração do procedimento**

A Figura demonstra a execução do procedimento de análise para a determinação da alcalinidade total.



Fonte: Brasil (2006, p. 41)

**REFERÊNCIA**

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise da água**. 2. ed., Brasília, DF: FUNASA, 2006.


Fonte: Autora (2021)

A determinação de teor de alumínio não é realizada no laboratório de controle de qualidade da água da ETA Dario Lassance, o Quadro 8 apresenta um protocolo padronizado proposto para a sua determinação.



Quadro 8 – Protocolo para determinação de alumínio

(continua)

	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA</b>	<b>ANO:</b>
	<b>DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ALUMÍNIO</b>	<b>2021</b>
<p>A determinação do alumínio pode ser realizada através dos métodos de absorção atômica, ou pelo método de comparação visual, utilizando-se tubos de Nessler (BRASIL, 2006). Nesse documento é abordado o procedimento de comparação visual.</p>		
<p><b>Materiais</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo de Nessler forma alta, de 50 mL;</li> <li>• Pipeta graduada de 1 mL;</li> <li>• Pipeta graduada de 5 mL;</li> <li>• Pipeta graduada de 10 mL;</li> <li>• Suporte para tubos de Nessler;</li> <li>• Ácido sulfúrico 0,02 N;</li> <li>• Reagente tampão de acetato de sódio;</li> <li>• Eriocromo cianina-R (corante);</li> <li>• Solução de trabalho do corante (BRASIL, 2006).</li> </ul>		
<p><b>Procedimento</b></p>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Medir 25 mL de amostra ou uma porção diluída para 25 mL em um frasco Erlenmeyer de 125 mL;</li> <li>b. Adicionar 3 gotas de metilorange e titular com ácido sulfúrico 0,02 N até que atinja ligeira coloração rosa pálido;</li> <li>c. Anotar o volume gasto de ácido e descartar a amostra;</li> <li>d. Medir novamente 25 mL de amostra ou uma alíquota diluída a 25 mL e transferir para um tubo de Nessler de 50 mL;</li> <li>e. Adicionar à amostra o mesmo volume de ácido sulfúrico gasto no passo (b), acrescentando 1 mL em excesso;</li> <li>f. Adicionar 1,0 mL de ácido ascórbico e misturar;</li> <li>g. Adicionar 10,0 mL do reagente tampão e misturar;</li> <li>h. Adicionar 5,0 mL da solução de trabalho do corante e misturar;</li> <li>i. Imediatamente diluir até a marca de 50 mL, com água destilada;</li> <li>j. Misturar e deixar em repouso de 5 a 10 min e comparar com a amostra com os padrões preparados da mesma maneira e na mesma hora.</li> <li>k. O resultado é expresso em mg/L de alumínio (BRASIL, 2006).</li> </ol>		
<p><b>Preparo dos padrões</b></p>		
<p><b>Materiais</b></p>		

## Quadro 8 – Protocolo para determinação de alumínio

(conclusão)

- Tubo de Nessler forma alta, de 50 mL;
- Pipeta graduada de 1 mL;
- Pipeta graduada de 5 mL;
- Pipeta graduada de 10 mL;
- Suporte para tubos de Nessler.
- Ácido sulfúrico 0,02 N;
- Reagente tampão de acetato de sódio;
- Eriocromo cianina-R (corante);
- Solução de trabalho do corante;
- Solução padrão de alumínio (1 mL = 5 µg Al).

**Procedimento de preparo dos padrões**

Preparar os padrões na faixa de 0 a 0,5 mg/l, pipetando: 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 mL da solução padrão (1 mL = 5 µg) e diluindo para 25 mL com água destilada em tubos de Nessler, visualizar abaixo.

## Preparo dos padrões

mL Solução Padrão	µg Alumínio/mL	mL amostra	mg/L Alumínio
0,0	0,0	25	0,0
0,5	2,5	25	0,1
1,0	5,0	25	0,2
1,5	7,5	25	0,3
2,0	10,0	25	0,4
2,5	12,5	25	0,5

Fonte: Brasil (2006, p. 58)

Tratar esses padrões do seguinte modo:

- Adicionar 1,0 ml de ácido sulfúrico 0,02 N e misturar;
- Adicionar 1,0 ml de ácido ascórbico e misturar;
- Adicionar 10 ml do reagente tampão e misturar;
- Adicionar 5 ml da solução de trabalho do corante e misturar; levar o volume para 50 ml com água destilada e misturar; deixar em repouso por 5 a 10 min (BRASIL, 2006).

**Observações**

- Para o padrão 0,0 mg/l, tomar 25 ml de água destilada e proceder igual aos outros;
- Preparar os padrões toda vez que for examinar a amostra;
- Caso o laboratório possua espectrofotômetro, fazer a leitura dos padrões a 535 nm e traçar a curva de calibração em papel semi-logaritmo (% de transmitância x concentração). Neste caso, não é necessária a preparação de todos os padrões quando examinar a amostra. Fazer apenas um ou dois para checar a curva de calibração do aparelho (BRASIL, 2006).

**REFERÊNCIA**

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise da água**. 2. ed., Brasília, DF: FUNASA, 2006.

Fonte: Autora (2021)

O Quadro 9 apresenta o protocolo padronizado para a determinação de cloro residual livre.

Quadro 9 – Protocolo de determinação do cloro residual livre

	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA</b>	<b>ANO:</b>
	<b>DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORO RESIDUAL LIVRE</b>	<b>2021</b>
<p>A determinação da concentração (mg/L) de cloro residual livre pode ser efetuada por meio de visualização colorimétrica ou por espectrofotometria (BRASIL, 2014). Neste documento é apresentado o procedimento de visualização colorimétrica.</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparador Colorimétrico;</li> <li>• Cubetas de vidro ou de acrílico.</li> <li>• Solução ou liofilizado de DPD (BRASIL, 2014).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Encher uma cubeta com a amostra de água até a marca de 5,0 ml;</li> <li>• Colocá-la na abertura do lado esquerdo do aparelho;</li> <li>• Encher outra cubeta com a amostra a ser testada até a marca de 5,0 ml;</li> <li>• Adicionar a solução ou liofilizado de DPD na segunda amostra e homogeneizar;</li> <li>• Colocar a cubeta com a amostra e DPD no compartimento localizado à direita do aparelho;</li> <li>• Após 3 min, e não mais que 6 min, proceder a leitura (BRASIL, 2014).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Observações</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ao fazer a leitura, posicionar o comparador contra uma fonte de luz, rotacionando o disco do aparelho até que se obtenha a mesma tonalidade nos dois tubos.</li> <li>• O resultado é expresso em mg/L de cloro residual livre (BRASIL, 2014).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>REFERÊNCIA</b></p> <p>BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS</b>. Brasília, DF: FUNASA, 2014.</p>		


Fonte: Autora (2021)

As análises químicas de determinação da dureza total e de fluoretos não são efetuadas atualmente na ETA Dario Lassance, os Quadros 10 e 11 sugerem os protocolos padronizados para as determinações destes parâmetros, respectivamente.

Espera-se que com a utilização do protocolo de determinação de fluoretos seja possível realizar a adição de flúor ao tratamento da água para atender a legislação vigente nacional, Portaria MS n. 2.914/2011 (BRASIL, 2011).

Quadro 10 – Protocolo de determinação da dureza total

(continua)

	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE	
	PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA	ANO: 2021
	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE DUREZA TOTAL	
<p>A dureza total é determinada por análise titulométrica empregando o EDTA como agente titulante (BRASIL, 2006).</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureta de 50 mL;</li> <li>• Pipeta volumétrica de 25 mL;</li> <li>• Balão volumétrico de 50 mL;</li> <li>• Becker de 100 mL;</li> <li>• Frasco Erlenmeyer de 250 mL;</li> <li>• Solução padrão de EDTA 0,01 M;</li> <li>• Solução tampão;</li> <li>• Indicador eriochrome Black T;</li> <li>• Inibidor I - cianeto de sódio P.A. em pó;</li> <li>• Inibidor II - sulfeto de sódio (BRASIL, 2006).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tomar 25 mL da amostra e diluir para 50 mL com água destilada em balão volumétrico;</li> <li>b. Transferir para um Becker de 100 mL e adicionar 1 a 2 mL da solução tampão para elevar o pH a <math>10 \pm 0,1</math>;</li> <li>c. Transferir para um frasco Erlenmeyer de 250 mL e adicionar aproximadamente 0,05 gramas do indicador eriochrome black T;</li> <li>d. Titular com EDTA 0,01 M agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o aparecimento da cor azul (final da titulação);</li> <li>e. Anotar o volume de EDTA gasto (mL);</li> <li>f. Fazer um branco com água destilada;</li> </ol>		

## Quadro 10 – Protocolo de determinação da dureza total

(conclusão)

g. Subtrair o volume de EDTA gasto na titulação do branco do volume de EDTA gasto na titulação da amostra. A diferença é o volume que será aplicado na equação abaixo (BRASIL, 2006):

h. Calcular:

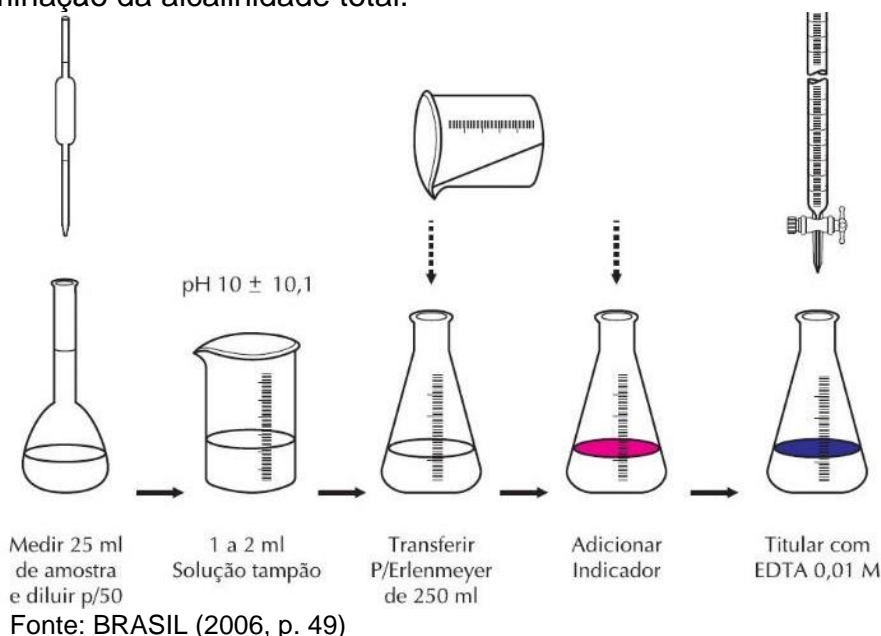
$$\text{Dureza Total em } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ CaCO}_3 = \frac{\text{mL de EDTA} \times 1000 \times F_c}{\text{mL de amostra}}$$

**Observações**

1. A ausência de um ponto de viragem definido, geralmente, indica a necessidade de adição de um inibidor ou que o indicador está deteriorado;
2. Não leve mais do que 5 min para a titulação, medido após a adição da solução tampão;
3. Caso a dureza da água seja muito baixa, use amostra maior, 50 a 250 mL adicionando proporcionalmente maior quantidade de solução tampão, do inibidor e indicador;
4. Se precisar usar o inibidor, adicionar 20 gotas do inibidor II;
5.  $F_c$  = Fator de correção do EDTA quando houver e for diferente de 1 (BRASIL, 2006).

**Ilustração do procedimento**


A Figura demonstra a execução do procedimento de análise para a determinação da alcalinidade total.

**REFERÊNCIA**

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise da água**. 2. ed., Brasília, DF: FUNASA, 2006.

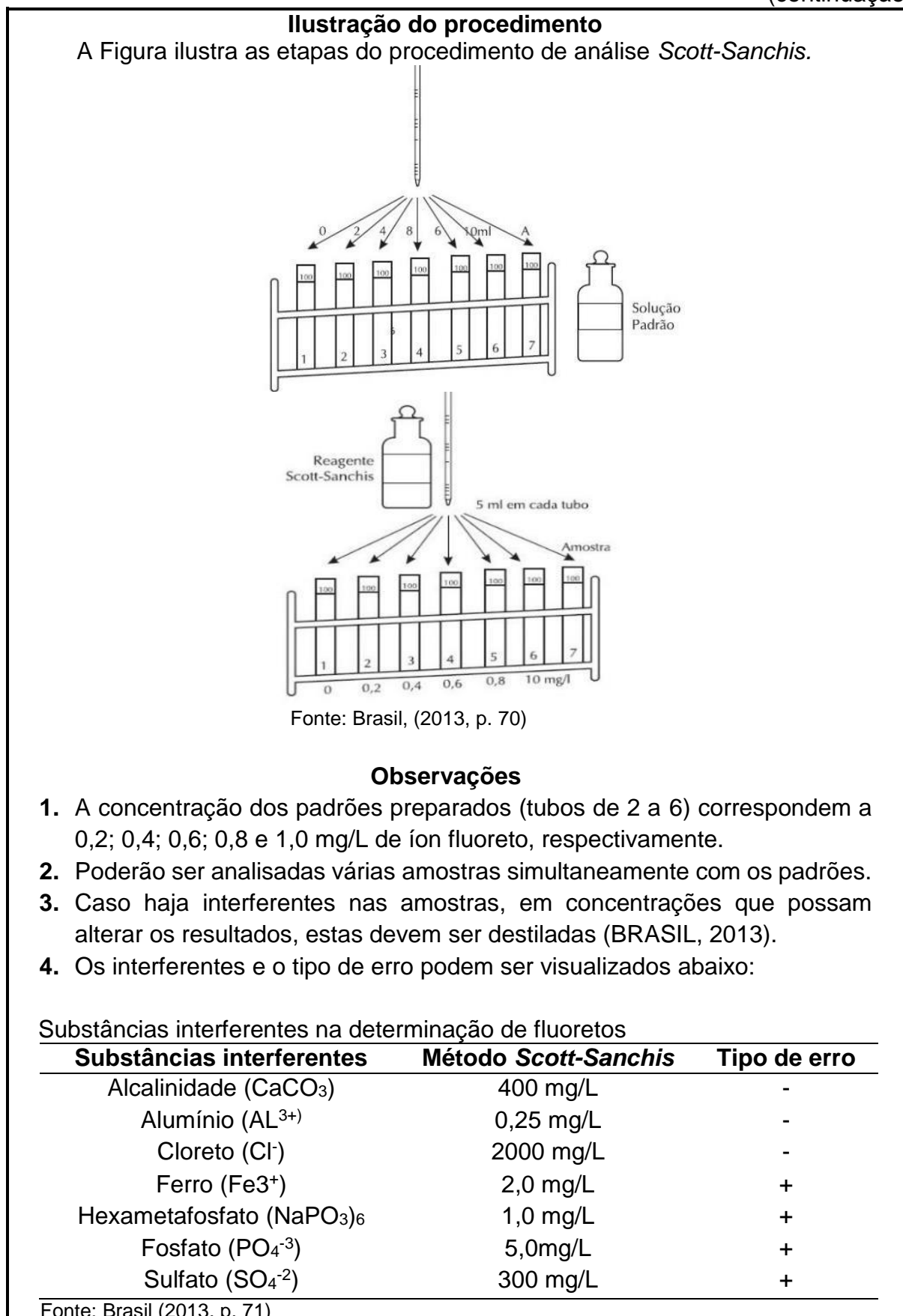
Quadro 11 – Protocolo para a determinação de fluoretos

(continua)

	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA</b>	<b>ANO: 2021</b>
	<b>DETERMINAÇÃO DE FLUORETOS</b>	
<p>Existem vários métodos para determinação de flúor na água, os mais conhecidos são: o método <i>Spadns</i>, o <i>Scott-Sanchis</i> e o método do eletrodo específico para íons fluoretos (BRASIL, 2013). Neste documento é abordado o método <i>Scott-Sanchis</i>, com comparação visual da cor.</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo de Nessler de 100 mL;</li> <li>• Suporte para tubo de Nessler;</li> <li>• Termômetro;</li> <li>• Pipeta volumétrica de 5 mL;</li> <li>• Pipeta graduada de 10 mL;</li> <li>• Solução-padrão de fluoretos (1 mL = 10 µgF<sup>-</sup>);</li> <li>• Reagente <i>Scott-Sanchis</i>;</li> <li>• Arsenito de sódio (0,5%) (BRASIL, 2013).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tomar 7 tubos de Nessler de 100 mL;</li> <li>b. Encher o 1º tubo com água destilada (branco);</li> <li>c. Pipetar no 2º tubo 2 mL da solução-padrão;</li> <li>d. Pipetar no 3º tubo 4 mL da solução-padrão;</li> <li>e. Pipetar no 4º tubo 6 mL da solução-padrão;</li> <li>f. Pipetar no 5º tubo 8 mL da solução-padrão;</li> <li>g. Pipetar no 6º tubo 10 mL da solução-padrão;</li> <li>h. Encher o 7º tubo com 100 mL de amostra ou uma alíquota diluída a 100 mL. Caso haja cloro na amostra, removê-lo pela adição de 0,1 mL (2 gotas) da solução de arsenito de sódio para cada mg/L de cloro;</li> <li>i. Diluir os padrões de 2 a 6 a 100 mL com água destilada;</li> <li>j. Ajustar a temperatura dos padrões e da amostra;</li> <li>k. Adicionar a cada tubo, inclusive no branco, 5 mL do reagente <i>Scott-Sanchis</i>;</li> <li>l. Misturar e deixar em repouso por 1 h;</li> <li>m. Decorrida 1 h da adição do reagente <i>Scott-Sanchis</i>, comparar a amostra com os padrões e expressar o resultado em mg F<sup>-</sup>/L (BRASIL, 2013).</li> </ol> <p><b>Exemplo:</b> Se a coloração desenvolvida pela amostra for semelhante ao padrão do tubo n. 5 essa amostra terá 0,8 mg/L de íon fluoreto. Caso a amostra desenvolva uma coloração que se situe entre dois padrões poderá ser feita a interpolação dos resultados. Ex.: Leitura entre 0,6 e 0,8 expressar como 0,7 mg/L (BRASIL, 2013).</p>		

Quadro 11 – Protocolo para a determinação de fluoretos

(continuação)



## Quadro 11 – Protocolo para a determinação de fluoretos

(conclusão)

**Materiais para destilação**

- Balão de destilação;
- Balão volumétrico;
- Bico de Bunsen;
- Condensador;
- Termômetro.

**Procedimento de destilação**

Realizar uma destilação preliminar para remover qualquer contaminação de fluoreto e ajustar a reação ácido/água para as destilações subsequentes, do seguinte modo:

- a. Transferir 400 mL de água destilada no balão de destilação;
- b. Adicionar lentamente e com agitação 200 mL de ácido sulfúrico concentrado;
- c. Adicionar algumas pérolas de vidro;
- d. Conectar o balão ao condensador e começar a destilação;
- e. Temperatura a 180°C, parar a destilação e eliminar o destilado. O conjunto está pronto para destilação da amostra (BRASIL, 2013).

**Procedimento de destilação da amostra**

Adicionar à mistura de ácido que sobrou da destilação preliminar 300 ml de amostra, misturar cuidadosamente e destilar como anteriormente, até que a temperatura atinja 180°C. Nesse momento o destilado será igual a 300 ml (BRASIL, 2013).

**Observações**

1. Não deixar que a temperatura ultrapasse 180°C, assim se evita que haja arraste de sulfato para o destilado.
2. Quando amostras de alto conteúdo de cloretos são analisadas, adicionar ao balão de destilação 5 mg de sulfato de prata para cada mg de cloreto presente na amostra.
3. Usar a solução de ácido sulfúrico várias vezes até que os contaminantes das amostras de água acumulados no frasco de destilação comecem a interferir no destilado. Quando isso acontecer, o melhor é desprezar o ácido e começar tudo novamente.
4. A dosagem de flúor na água para consumo humano é estabelecida em função da média das temperaturas máximas diárias da localidade observadas durante um determinado período (BRASIL, 2013).

**REFERÊNCIA**


BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise da água**. Brasília, DF: FUNASA, 2013.



A determinação do valor de pH é realizado no laboratório da ETA Dario Lassance, e visando ajustar a determinação do mesmo, o Quadro 12 sugere o protocolo padronizado para a execução da análise.

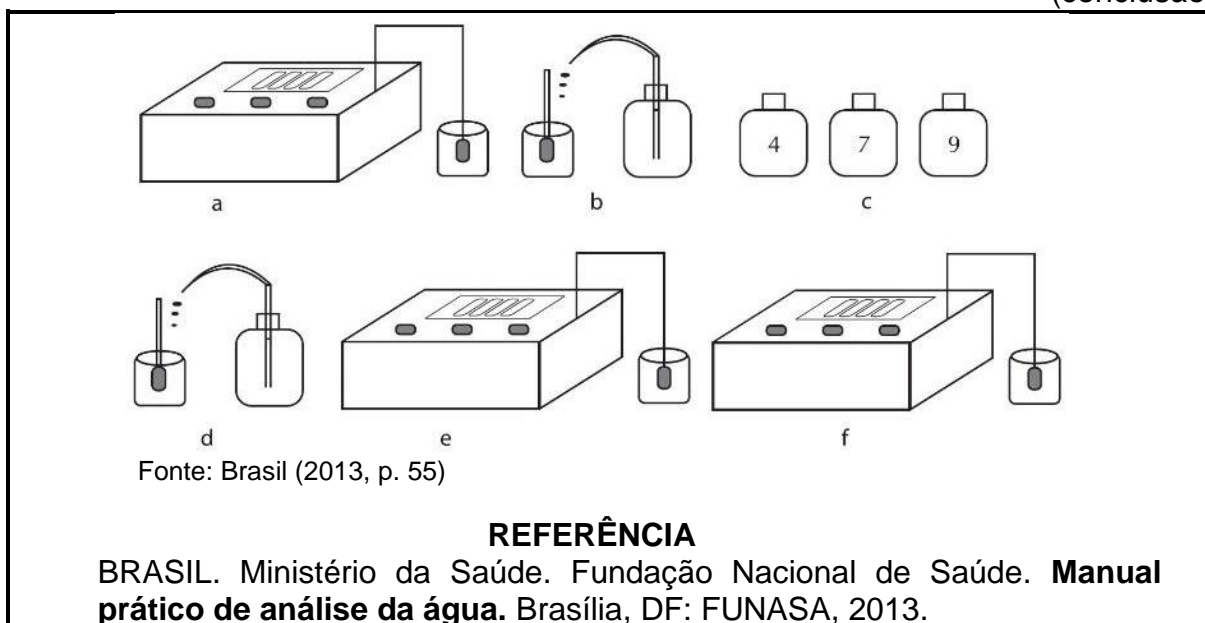
Quadro 12 – Protocolo de análise química para pH

(continua)

	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA</b>	<b>ANO: 2021</b>
	<b>POTENCIAL HIDROGENIÔNICO</b>	
<p>Existem no mercado vários aparelhos para determinação do pH. São denominados potenciômetros ou colorímetros (BRASIL, 2013). Neste documento, descreve-se o funcionamento básico de um potenciômetro, recomenda-se que as instruções dos fabricantes sejam seguidas.</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciômetro;</li> <li>• Cubetas;</li> <li>• Frasco lavador;</li> <li>• Papel absorvente;</li> <li>• Soluções tampão de valores de pH conhecido (BRASIL, 2013).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Ligar o aparelho e esperar a sua estabilização;</li> <li>b. Lavar os eletrodos com água destilada e enxugá-los com papel absorvente;</li> <li>c. Calibrar o aparelho com as soluções padrão (pH 4 – 7 ou 10);</li> <li>d. Lavar novamente os eletrodos com água destilada e enxugá-los;</li> <li>e. Introduzir os eletrodos na amostra a ser examinada e fazer a leitura;</li> <li>f. Lavar novamente e deixá-los imersos em água destilada;</li> <li>g. Desligar o aparelho (BRASIL, 2013).</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>Ilustração do procedimento</b></p> <p style="text-align: center;">A Figura representa as etapas do procedimento de análise.</p>		

Quadro 12 – Protocolo de análise química para pH


(conclusão)



Fonte: Autora (2021)

Nos Quadros 13 e 14 são apresentados os protocolos para as análises bacteriológicas qualitativa (P/A) e quantitativa (NMP), respectivamente.


Quadro 13 – Protocolo de análise bacteriológica P/A

	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PROTOCOLO DE ANÁLISE BACTERIOLÓGICA</b>	<b>ANO: 2021</b>
	<b>MÉTODO QUALITATIVO PRESENÇA/AUSÊNCIA</b>	
<p>Neste documento é descrito o método do Substrato Cromogênico Definido ONPG-MUG. Este confere resultados confirmativos para presença de Coliformes Totais e E. coli em 24 h, face ao desenvolvimento de coloração amarela e observação de fluorescência, sem necessidade da adição de outros reagentes para confirmação (BRASIL, 2014).</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frasco de coleta;</li> <li>• Estufa incubadora;</li> <li>• Reagente Colilert;</li> <li>• Luz ultravioleta UV-365 nm.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Coletar 100 ml da amostra em frasco ou bolsa estéril, com ou sem tiosulfato de sódio e adicionar todo o conteúdo do frascote de Colilert. Fechar o frasco e agitar levemente para dissolver o reagente;</li> <li>b. Incubar o frasco contendo a amostra e o Colilert por 24 h a 35°C;</li> <li>c. Após a incubação, observar visualmente os frascos para a leitura dos resultados. Caso a amostra se apresentar incolor, o resultado é negativo;</li> <li>d. Entretanto, havendo desenvolvimento de coloração amarela, o resultado é positivo para Coliformes Totais;</li> <li>e. Caso a amostra seja amarela e fluorescente com luz UV-365 nm, o resultado é positivo para E. coli. (BRASIL, 2014).</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>REFERÊNCIA</b></p> <p>BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. <b>Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS</b>. Brasília, DF: FUNASA, 2014.</p>		

Fonte: Autora (2021)

Quadro 14 – Protocolo de análise bacteriológica NMP

(continua)

	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE</b>	
	<b>PROTOCOLO DE ANÁLISE BACTERIOLÓGICA</b>	<b>ANO: 2021</b>
	<b>MÉTODO QUANTITATIVO NÚMERO MAIS PROVÁVEL NMP</b>	
<p>Neste documento é descrito o método do Substrato Cromogênico Definido ONPG-MUG. Este confere resultados confirmativos para presença de Coliformes Totais e E. coli em 24 h, face ao desenvolvimento de coloração amarela e observação de fluorescência, sem necessidade da adição de outros reagentes para confirmação (BRASIL, 2014).</p> <p style="text-align: center;"><b>Materiais</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frasco de coleta;</li> <li>• Estufa incubadora;</li> <li>• Reagente Colilert;</li> <li>• Cartela Quanti-Tray®;</li> <li>• Seladora;</li> <li>• Luz ultravioleta UV-365 nm.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Procedimento</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Coletar 100 mL da amostra em frasco ou bolsa estéril, com ou sem tiosulfato de sódio e adicionar todo o conteúdo do frascote de Colilert;</li> <li>b. Fechar o frasco e agitar levemente para dissolver o reagente;</li> <li>c. Adicionar todo o conteúdo do frasco (amostra com o Colilert) dentro da cartela Quanti-Tray® (contagem de 1 a 200 NMP) ou Quanti-Tray 2000 (contagem de 1 a 2419 NMP);</li> <li>d. Acomodar a cartela com a amostra na borracha da seladora, conforme o tipo de cartela a ser utilizada;</li> <li>e. Ligar a seladora e manter pré-aquecida por 10 min;</li> <li>f. Introduzir a cartela no compartimento da seladora. A seladora simultaneamente promoverá a distribuição e selagem da cartela contendo a amostra com o Colilert. Incubar a cartela por 24 h a 35°C;</li> <li>g. Ler os resultados.</li> <li>h. Contar o número de cavidades que apresentarem coloração amarela e utilizar a tabela NMP que acompanha, para obter o resultado para Coliformes Totais;</li> <li>i. Em seguida, contar as cavidades amarelas que apresentarem fluorescência sob luz UV-365 nm e utilizar a tabela NMP, para obter o resultado para E. coli (BRASIL, 2014).</li> </ol>		

## Quadro 14 – Protocolo de análise bacteriológica NMP

(conclusão)

**Ilustração do procedimento**

A Figura exemplifica o procedimento de análise bacteriológica NMP.



Fonte: BRASIL (2014, p. 110)

**REFERÊNCIA**

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Brasília, DF: FUNASA, 2014.

Fonte: Autora (2021)


Atualmente a comunicação entre as estações de tratamento de água da cidade de Candiota e o laboratório de controle de qualidade da água, responsável pelas análises, apresentam algumas falhas. É comum que os operadores não tenham acesso às informações referentes aos resultados das análises, o que dificulta a dosagem adequada de reagentes para o tratamento da água, refletindo em problemas na qualidade da operação ou custos desnecessários. Os Quadros 15 e 16 ilustram documentos elaborados para apresentar os resultados, de forma organizada e padronizada, para as análises de amostras de água bruta e tratada.

Quadro 15 – Apresentação de resultados para água bruta

		ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE									
		LABORATÓRIO DE CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA									
Parâmetro analisado		BAIRRO:								DATA:	
		ÁGUA BRUTA									
Horário de coleta	Ponto de coleta	Cor aparente UH	Temperatura °C	Turbidez UT	Alcalinidade mg/L	Alumínio mg/L	Cloro residual livre mg/L	Dureza mg/L	Fluoretos mg/L	pH	
00:00											
02:00											
04:00											
06:00											
08:00											
10:00											
12:00											
14:00											
16:00											
18:00											
20:00											
22:00											

Fonte: Autora (2021)

Quadro 16 – Apresentação de resultados para água tratada

		ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE									
		LABORATÓRIO DE CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA									
Parâmetro analisado		BAIRRO:								DATA:	
		ÁGUA TRATADA									
Horário de coleta	Ponto de coleta	Cor aparente UH	Temperatura °C	Turbidez UT	Alcalinidade mg/L	Alumínio mg/L	Cloro residual livre mg/L	Dureza mg/L	Fluoretos mg/L	pH	
<b>LIMITE MÁXIMO</b>		15		5		0,2	5	500	0,6 a 0,8	6,0 a 9,4	
00:00											
02:00											
04:00											
06:00											
08:00											
10:00											
12:00											
14:00											
16:00											
18:00											
20:00											
22:00											

Fonte: Autora (2021)

Para as amostras de água tratada, o Quadro 16 exprime os valores máximos permitidos para os parâmetros de cor, turbidez, alumínio, cloro residual livre, dureza, e pH, estabelecidos pela Portaria MS n. 05/2017; e exibe os valores aceitáveis para o parâmetro de fluoretos, estabelecido pela Portaria n. 10/1999, do Rio Grande do Sul.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que este Trabalho de Conclusão de Curso foi executado com sucesso, abrangendo todos os objetivos propostos.

Primeiramente, a realização do estágio supervisionado na Estação de Tratamento de Águas Dario Lassance, em Candiota-RS, foi decisiva e muito importante para a motivação e realização deste trabalho. A vivência prática da rotina de operação, coleta, análises, registro de dados, e interpretação dos resultados obtidos referentes ao tratamento de águas foram a base para a execução do TCC.

A elaboração de 13 diferentes protocolos, abrangendo análises físicas, químicas e bacteriológicas, além da coleta de amostras e o preparo de vidrarias, e 3 documentos padronizados para o registro de dados obtidos nas análises de água bruta, água tratada e em análises bacteriológicas, fizeram parte da execução deste trabalho.

Os documentos elaborados seguiram uma padronização criada para facilitar e organizar a atuação dos funcionários da ETA, além de possibilitar o compartilhamento e arquivamento dos resultados de forma otimizada. As referências consultadas para apresentação do conteúdo de cada protocolo consistiram de Leis e Normas Técnicas compiladas nos Manuais Práticos editados pela ANVISA, do Ministério da Saúde.

Todo material elaborado foi apresentado e entregue à Administração da ETA Dario Lassance para que futuramente possa ser implementado na rotina de sua operação. O setor foi sempre muito receptivo e apoiador da realização deste trabalho, e agradecendo esta iniciativa, informou que os documentos serão, com o tempo, aplicados na rotina da ETA, juntamente com o treinamento dos colaboradores.

Espera-se ter contribuído com o trabalho da ETA, com as atividades dos funcionários, e também, com a sociedade de Candiota, a qual será beneficiada com o abastecimento em suas residências de uma água potável de qualidade.

Os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação em Engenharia Química, a experiência prática do estágio e a construção deste Trabalho de Conclusão de Curso, contribuíram para o crescimento pessoal e formação profissional da futura Engenheira, consciente da sua missão técnica e social.



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Portal da qualidade das águas**: enquadramento. São Paulo: PNQA/ANA, 2009. Disponível em: [http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id\\_arq=7007](http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=7007). Acesso em: 03 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NR 12.216/1992**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. São Paulo: ABNT, 1992.

BASTOS, R. K. X. **A norma brasileira de qualidade da água para consumo humano em revisão** – um convite à reflexão sob a ótica dos direitos. Brasília, DF: 2020. Disponível em: <https://ondasbrasil.org/a-norma-brasileira-de-qualidade-da-agua-para-consumo-humano-em-revisao-um-convite-a-reflexao-sob-a-otica-dos-direitos/>. Acesso em: 05 nov. 2020.

BOTERO, W. G. **Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água**: perspectivas de aplicação agrícola. 2008. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual Paulista. Instituto de Química, Araraquara, 2008. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/97748/botero\\_wg\\_me\\_araiq.pdf;jsessionid=20DF524A55E3AF38CC34F57D90F52DF2?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/97748/botero_wg_me_araiq.pdf;jsessionid=20DF524A55E3AF38CC34F57D90F52DF2?sequence=1). Acesso em: 22 set. 2020.

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

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: 19 set. 2020.

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. 2020.

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: 13 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 56, de 14 de março de 1977. Aprova normas e o padrão de potabilidade a serem observados em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 1977b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 443, de 03 de outubro de 1978. Estabelece os requisitos sanitários mínimos a serem obedecidos no projeto, construção, operação e manutenção dos serviços de abastecimento público de água para consumo humano. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 16295, 06 out. 1978. Disponível em: <https://daejundiai.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Portaria-Federal-443-Bsb.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 36, de 19 de janeiro de 1990. Aprova normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**: Seção 1, p. 1651-1654, Brasília, DF, 23 jan. 1990. Disponível em: <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/setembro/30/Portaria-n.%2036%20de%201990.pdf>. Acesso em: 27 de set. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 1469, de 29 dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 39, 22 fev. 2001. Disponível em: <https://daejundiai.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Portaria-1469-2000.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece as responsabilidades por parte de quem produz a água, a quem cabe o exercício do controle de qualidade da água e das autoridades sanitárias, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água” para consumo humano. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n. 59, p. 266-270, 26 mar. 2004. Disponível em: [http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518\\_25\\_03\\_04.pdf](http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518_25_03_04.pdf). Acesso em: 06 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise da água**. 2. ed., Brasília, DF: FUNASA, 2006. Disponível em: [https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_analise\\_agua\\_2ed.pdf](https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf). Acesso em: 15 set. 2020.

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 set. 2020.

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 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. Portaria n. 190, de 27 de fevereiro de 2014. Estabelece as diretrizes e as competências do apoio ao Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano a serem executadas no âmbito da Presidência da FUNASA e das Superintendências Estaduais. **Boletim de Serviço**, n. 9, Brasília, DF, p. 02-06, 05 mar. 2014a. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/funasa/2011/prt0177\\_21\\_03\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/funasa/2011/prt0177_21_03_2011.html). Acesso em: 13 out. 2020.

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+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdcbc-8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>. Acesso em: 17 nov. 2020.

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-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Decreto n. 24643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 14738, 20 jun. 1934, Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 27 set. 2020.

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: 26 set. 2020.

CARVALHO, R. B. *et al.* Influência de diferentes concentrações de flúor na água em indicadores epidemiológicos de saúde/doença bucal. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, p. 3509-3518, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/csc/v16n8/a19v16n8.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2020.

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: 5 set. 2020.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tratamento de água**. São Paulo: SABESP, 2010. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=47>. Acesso em: 08 nov. 2020.

CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2012.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Minas Gerais: UFMG, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2017**. Brasília, DF: IBGE, 2017. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100923.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2000**. Brasília, DF: IBGE, 2000. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default\\_censo\\_2000.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtml). Acesso em: 17 out. 2020.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

LÍBANIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Rio de Janeiro: Átomo, 2010.

MIZUTORI, I. V. **Caracterização da qualidade das águas fluviais em meios peri-urbanos**: O caso da bacia hidrográfica do rio morto-RJ. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: [http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2009/IvanSantosMizutori\\_2009.pdf](http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2009/IvanSantosMizutori_2009.pdf). Acesso em: 25 set. 2020.

PÁDUA, V. L.; SANTOS, E. P. C. C.; FREITAS, I. C. **Operação e manutenção de estações**: Abastecimento de água. Guia nacional do profissional em treinamento, nível 1. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte: ReCESA, 2007. Disponível em: <http://www.crea-mg.org.br/images/cartilhas/Operacao-e-manutencao-de-estacoes-de-tratamento.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020

RICHTER, C. A. **Água**: métodos e tecnologias de tratamento. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. Portaria n. 10, de 16 de agosto de 1999. Define teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano fornecidas por sistemas públicos de abastecimento. **Diário Oficial**: p. 67, 18 ago. 1999. Disponível em: [http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/sms/usu\\_doc/portaria\\_10\\_99.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/sms/usu_doc/portaria_10_99.pdf). Acesso em: 12 mar. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. Portaria n. 320, de 24 de abril de 2014. Estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade para substâncias químicas, no controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no RS. **Diário Oficial**: p. 54, 28 abr. 2014. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201705/11110603-portaria-agrotoxicos-n-320-de-28-de-abril-de-2014.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde. Portaria n. 846, de 27 de outubro de 2015. Dispõe sobre o licenciamento e a expedição do alvará, para as empresas responsáveis pelo tratamento e o controle da qualidade da água para consumo humano, mediante inspeção da vigilância sanitária e ambiental municipal, nos municípios do estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial**: p. 38, 29 out. 2015. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201705/10183219-1448300113-agua-portaria.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021.

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 nov. 2020.

SKOOG *et al.* **Fundamentos de química analítica**. 2. ed., São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SOUSA, E. N. **Análise da eficiência das ETE'S de Palmas–TO**: e do monitoramento dos corpos receptores nos anos 2016 e 2017. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal do Tocantins, Palmas, 2018. Disponível em: <http://ifto.edu.br/palmas/campus-palmas/ensino/biblioteca/Acervo/trabalhos-academicos/engenharia-civil/2018/natalia-dafne-santos-marinho-sousa.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2021.

WAJSMAN, E. N. **Concepção de estação piloto de tratamento de água no centro experimental de saneamento ambiental da UFRJ**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:

<http://drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2014/ester-nigri-2014.pdf>. Acesso em 02 ago. 2020.

ZILLMER, T. A.; VARELLA, R. F.; ROSSETE, A. N. Avaliação de algumas características físico-químicas da água do rio Ribeirão Salgadinho, Nova Xavantina/MT. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 7, n. 2, p. 123-138, 2007.

Disponível em: <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/1382>. Acesso em: 28 out. 2020.