

Fernanda Gabriela Morais Madruga Munhoz
Luciana Machado Rodrigues



PROTOCOLOS PARA ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS PARA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS



PROCOLOS PARA ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS PARA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS



Fernanda Gabriela Morais Madruga Munhoz
Luciana Machado Rodrigues

PROTOCOLOS PARA ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS PARA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS

Edição 1

Belém-PA



2021

© 2021 Edição brasileira
by RFB Editora
© 2021 Texto
by Autor(es)
Todos os direitos reservados

RFB Editora
Home Page: www.rfbeditora.com
Email: adm@rfbeditora.com
WhatsApp: 91 98885-7730
CNPJ: 39.242.488/0001-07
R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA

Diagramação

Diogo Wothon Pereira da Silva

Design da capa

Priscila Rosy Borges de Souza

Imagens da capa

www.canva.com

Revisão de texto

Os autores

Bibliotecária

Janaina Karina Alves Trigo Ramos

Gerente editorial

Nazareno Da Luz

<https://doi.org/10.46898/rfb.9786558892106>

Catálogo na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

M966

Munhoz, Fernanda Gabriela Morais Madruga

Protocolos para análises físicas, químicas e bacteriológicas para estações de tratamento de águas / Fernanda Gabriela Morais Madruga Munhoz, Luciana Machado Rodrigues – Belém: RFB, 2021.

Livro em PDF

72 p., il.

ISBN: 978-65-5889-210-6

DOI: 10.46898/rfb.9786558892106

1. Água. 2. Tratamento de água. I. Munhoz, Fernanda Gabriela Morais Madruga. II. Rodrigues, Luciana Machado. III. Título.

CDD 628.35

Índice para catálogo sistemático

I. Água



Todo o conteúdo apresentado neste livro, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es).

Obra sob o selo *Creative Commons*-Atribuição 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Conselho Editorial

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA (Editor-Chefe)

Prof.^a Dr.^a. Roberta Modesto Braga-UFPA

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA

Prof.^a Dr.^a. Ana Angelica Mathias Macedo-IFMA

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva-IFPA

Prof.^a Dr.^a. Elizabeth Gomes Souza-UFPA

Prof.^a Dr.^a. Neuma Teixeira dos Santos-UFRA

Prof.^a Ma. Antônia Edna Silva dos Santos-UEPA

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho-UFSJ

Prof.^a Dr.^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares-UFPI

Prof.^a Dr.^a. Welma Emidio da Silva-FIS

Comissão Científica

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA

Prof. Me. Darlan Tavares dos Santos-UFRJ

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA

Prof. Me. Francisco Pessoa de Paiva Júnior-IFMA

Prof.^a Dr.^a. Ana Angelica Mathias Macedo-IFMA

Prof. Me. Antonio Santana Sobrinho-IFCE

Prof.^a Dr.^a. Elizabeth Gomes Souza-UFPA

Prof. Me. Raphael Almeida Silva Soares-UNIVERSO-SG

Prof.^a. Dr.^a. Andréa Krystina Vinente Guimarães-UFOPA

Prof.^a. Ma. Luisa Helena Silva de Sousa-IFPA

Prof. Dr. Aldrin Vianna de Santana-UNIFAP

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva-IFPA

Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa-UnB

Prof. Me. Márcio Silveira Nascimento-IFAM

Prof.^a Dr.^a. Roberta Modesto Braga-UFPA

Prof. Me. Fernando Vieira da Cruz-Unicamp

Prof.^a Dr.^a. Neuma Teixeira dos Santos-UFRA

Prof. Me. Angel Pena Galvão-IFPA

Prof.^a. Dr.^a. Dayse Marinho Martins-IEMA

Prof.^a Ma. Antônia Edna Silva dos Santos-UEPA

Prof.^a. Dr.^a. Viviane Dal-Souto Frescura-UFSM

Prof. Dr. José Moraes Souto Filho-FIS

Prof.^a. Ma. Luzia Almeida Couto-IFMT

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA

Prof.^a. Ma. Ana Isabela Mafra-Univali

Prof. Me. Otávio Augusto de Moraes-UEMA

Prof. Dr. Antonio dos Santos Silva-UFPA
Prof^a. Dr. Renata Cristina Lopes Andrade-FURG
Prof. Dr. Daniel Tarciso Martins Pereira-UFAM
Prof^a. Dr^a. Tiffany Prokopp Hautrive-Unopar
Prof^a. Ma. Rayssa Feitoza Felix dos Santos-UFPE
Prof. Dr. Alfredo Cesar Antunes-UEPG
Prof. Dr. Vagne de Melo Oliveira-UFPE
Prof^a. Dr^a. Ilka Kassandra Pereira Belfort-Faculdade Laboro
Prof. Dr. Manoel dos Santos Costa-IEEMA
Prof^a. Dr^a. Érima Maria de Amorim-UFPE
Prof. Me. Bruno Abilio da Silva Machado-FET
Prof^a. Dr^a. Laise de Holanda Cavalcanti Andrade-UFPE
Prof. Me. Saimon Lima de Britto-UFT
Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho-UFSJ
Prof^a. Ma. Patrícia Pato dos Santos-UEMS
Prof^a. Dr^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE
Prof. Me. Alisson Junior dos Santos-UEMG
Prof. Dr. Fábio Lustosa Souza-IFMA
Prof. Me. Pedro Augusto Paula do Carmo-UNIP
Prof^a. Dr^a. Dayana Aparecida Marques de Oliveira Cruz-IFSP
Prof. Me. Alison Batista Vieira Silva Gouveia-UFG
Prof^a. Dr^a. Silvana Gonçalves Brito de Arruda-UFPE
Prof^a. Dr^a. Nairane da Silva Rosa-Leão-UFRPE
Prof^a. Ma. Adriana Barni Truccolo-UERGS
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares-UFPI
Prof. Me. Fernando Francisco Pereira-UEM
Prof^a. Dr^a. Cátia Rezende-UNIFEV
Prof^a. Dr^a. Katiane Pereira da Silva-UFRA
Prof. Dr. Antonio Thiago Madeira Beirão-UFRA
Prof^a. Ma. Dayse Centurion da Silva-UEMS
Prof^a. Dr^a. Welma Emidio da Silva-FIS
Prof^a. Ma. Elisângela Garcia Santos Rodrigues-UFPB
Prof^a. Dr^a. Thalita Thyrsa de Almeida Santa Rosa-Unimontes
Prof^a. Dr^a. Luci Mendes de Melo Bonini-FATEC Mogi das Cruzes
Prof^a. Ma. Francisca Elidivânia de Farias Camboim-UNIFIP
Prof. Dr. Clézio dos Santos-UFRRJ
Prof^a. Ma. Catiane Raquel Sousa Fernandes-UFPI
Prof^a. Dr^a. Raquel Silvano Almeida-Unespar
Prof^a. Ma. Marta Sofia Inácio Catarino-IPBeja
Prof. Me. Ciro Carlos Antunes-Unimontes

Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros científicos de fácil acesso, de baixo custo financeiro e de alta qualidade!

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Equipe RFB Editora



DEDICATÓRIA

Dedico ao meu esposo Alexandre.

Desde que você passou a fazer parte da minha vida, vivencio uma espiral construtiva. Esta é uma das muitas conquistas ao seu lado.

Fernanda

Aos meus pais Ivan (*in memoriam*) e Teresinha, aos meus irmãos Lisiane e Leandro, ao meu marido e companheiro Erich Engels, e amada filha Sofia.

Luciana



SUMÁRIO

PREFÁCIO	9
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 Qualidade da Água	14
2.1.1 Histórico da legislação da qualidade da água.....	17
2.2 Variáveis de Qualidade da Água	21
2.2.1 Indicadores de qualidade física	21
2.2.2 Indicadores de qualidade química	22
2.2.3 Indicadores de qualidade biológica.....	24
2.3 Valores Padrões de Qualidade da Água	24
2.4 Tratamento de Água para Consumo Humano	26
3 METODOLOGIA	31
3.2.1 Métodos empregados em ETA para amostragens e análises.....	32
3.2.2 Desenvolvimento dos protocolos.....	32
4 RESULTADOS	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	65
ÍNDICE REMISSIVO	70



PREFÁCIO

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 livro aborda as questões de qualidade da água potável, legislações envolvidas, e etapas do tratamento da água, tendo como foco a melhoria das atividades em ETA. Foram elaborados protocolos para a realização das amostragens de águas, e de análises físicas, químicas e bacteriológicas realizadas em 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. Espera-se que esta obra venha beneficiar o funcionamento de ETA e à sociedade, com o abastecimento de água potável de boa qualidade.



Fernanda Gabriela Morais Madruga Munhoz
Eng^a. Química



Luciana Machado Rodrigues
Dr^a. em Engenharia, Eng^a. Química





CAPÍTULO 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, 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. Em cerca de 75% dos municípios onde se realiza o tratamento da água, é utilizado o processo identificado como convencional (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). Este livro apresenta protocolos para amostragens e análises físicas, químicas e bacteriológicas. O intuito é proporcionar melhorias e otimização da operação de ETA, aprimorando a rotina de trabalho dos colaboradores, e viabilizando um maior controle da qualidade da água, de acordo com a legislação vigente.



CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA



2.1 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 desenvolvam 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.



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 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cereíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

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

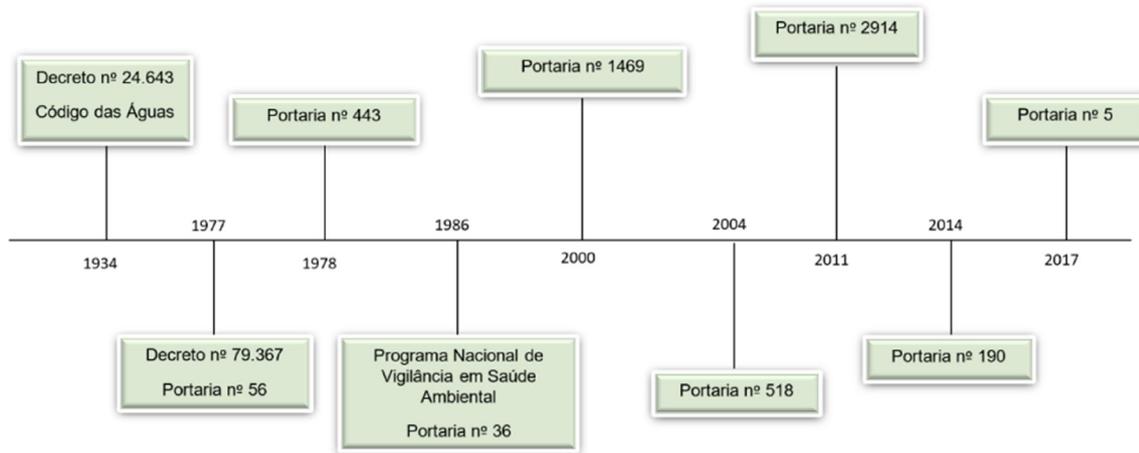
O enquadramento de um corpo d'água deve ser baseado não obrigatoriamente em seu estado atual, mas no nível de qualidade que precisaria possuir para satisfazer as necessidades da comunidade. As classes de água indicam uma determinada qualidade que deve ser observada e retratada sob a forma de padrões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

2.1.1 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.

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. 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 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, e emprega 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.

2.2 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.

2.2.1 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).
- **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 contami-

nantes despejados na água, representando indiretamente uma medida da concentração de poluentes. De acordo com Zillmer, Varella e Rossette (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:** 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. (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

2.2.2 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 importante para o processo de tratamento da água, pois através do seu valor 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 (Ca^{+2} , Mg^{+2}) e, em menor escala, ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}), estrôncio (Sr^{+2}) e alumínio (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 (CaCO_3) e pode ser classificada como:
 - < 50 mg/L de CaCO_3 , mole ou branda;
 - 50 mg/L a 150 mg/L de CaCO_3 , dureza moderada;
 - 150 mg/L a 300 mg/L de CaCO_3 , dura;
 - > 300 mg/L de CaCO_3 , 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 abor-

dados 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).

2.2.3 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 β -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.

2.3 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 ¹	15
Dureza total	mg/L	500
Ferro	mg/L	0,3
Gosto	Intensidade ²	6
Manganês	mg/L	0,1
Odor	Intensidade ²	6
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Sulfato	mg/L	250
Turbidez	UT ³	5

Legenda: ¹Unidade Hazen (mgPt-Co/L); ²Intensidade 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; ³Unidade de turbidez.

Fonte: Adaptado de Brasil (2017)

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

Parâmetro	Valor Máximo Permitido
Água para consumo humano	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
<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)

2.4 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

Classificação	Tratamento Requerido
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)

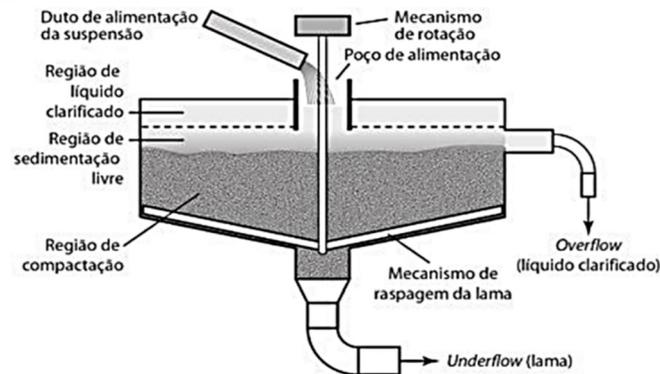
Embora existam diversos métodos e tecnologias para o tratamento de águas, neste trabalho será abordado o tratamento de águas do tipo convencional, sendo suas etapas descritas a seguir.

- **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, destacam-se a dosagem do agente coagulante, auxiliares de coagulação, pH, e dispersão do agente na mistura. Richter (2009), descreve que a coagulação desempenha um papel dominante entre 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 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)

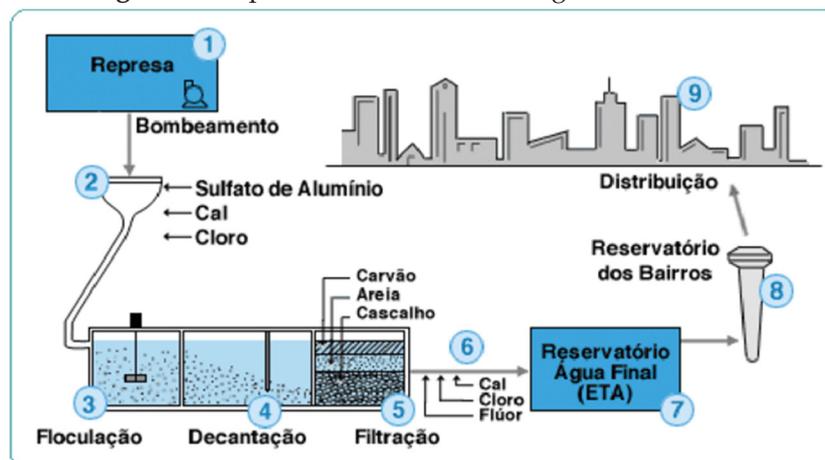
- **Filtração:** os tanques de decantação não são capazes de remover partículas de dimensão pequena, e para que estas sejam removidas devem passar pelo processo de filtração, onde a água é transportada através de tanques compostos, geralmente, por leito de cascalho, areia e carvão, que detêm as partículas restantes do processo de decantação (BOTERO, 2008). O sentido da filtração pode ser (Figura 5) 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).



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 é realizada por dosadores que aplicam compostos de cloro à água, desinfectando-a (RICHTER, 2009).
- **Fuoracção:** adição de flúor, habitualmente na forma de ácido fluorsilícico, fluorsilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio, para prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes (HELLER; PÁDUA, 2006), regulado pela Portaria n. 635/1975 (BRASIL, 1975) e Portaria MS n. 2.914/2011 (BRASIL, 2011). A Figura 6 ilustra o esquema de tratamento de água do tipo convencional.

Figura 6 - Esquema de tratamento de água convencional



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

Após a captação (1), a água é bombeada para a estação de tratamento (ETA). Emprega-se o uso de produtos químicos para efetuar a correção do valor de pH (2). Inicia-se o processo de coagulação, e consequente floculação (3), que visa promover a formação de flocos com tamanhos que permitem a sua decantação (4), a qual ocorre em tanques. 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. É realizada nova correção do pH e a adição de cloro, para efetuar a desinfecção da água. 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).



CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.2.1 Métodos empregados em ETA para amostragens e análises

As amostragens para as análises físicas, químicas e bacteriológicas são, em geral, realizadas nas ETAs, de forma frequente. E as análises realizadas para o controle de qualidade da água consistem, na maioria das ETAs, em verificações dos valores de 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

Análise	Método
pH	Potenciométrico
Turbidez	Nefelométrico
Alcalinidade	Titulométrico
Cloro residual Livre	Colorimétrico
Coliformes Totais	Presuntivo
Coliformes	Presuntivo

Fonte: Autoras (2020)

3.2.2 Desenvolvimento dos protocolos

A construção e padronização dos protocolos consistiu na elaboração de um documento contendo as informações de tipo de análise ou atividade no cabeçalho. Cada protocolo é constituído pelos itens: materiais; procedimento; observações (quando necessário); recomendações (quando necessário); ilustração do procedimento (quando necessário); e 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 de uma ETA.

Quadro 1 - Exemplo do documento criado para os protocolos elaborados

Logotipo da empresa	NOME DA ETA	
	TIPO DE PROTOCOLO	ANO DE CRIAÇÃO DO PROTOCOLO
	NOME DO PROTOCOLO	
<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;">Materiais</p> <p>Apresenta a lista de materiais necessários para a análise.</p> <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <p>Descreve as etapas do procedimento empregado.</p> <p style="text-align: center;">Ilustração do procedimento</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;">Observações</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Podem consistir de exemplos; 2. Indicação da unidade da grandeza medida; 3. Informa a temperatura adequada para a execução das análises; 4. Elucida quando o resultado da análise pode apresentar alteração pela presença de interferentes na amostra, entre outros. <p style="text-align: center;">Recomendações</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Quando necessário, destaca as condições adequadas para a execução da análise; b. Indica qual tipo de vidraria é adequada, entre outros. <p style="text-align: center;">REFERÊNCIA</p> <p>Apresenta a bibliografia consultada para a elaboração do protocolo.</p>		

Fonte: Autoras (2021)





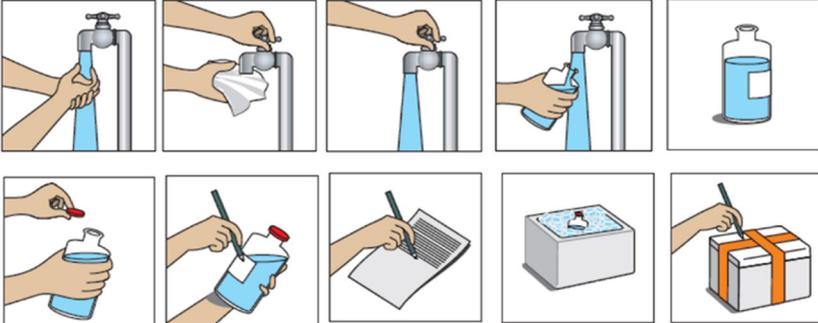
CAPÍTULO 4

RESULTADOS

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)

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
PROTOCOLO DE COLETA	ANO:
DESCRIÇÃO: COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES	
<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;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Algodão; • Álcool etílico 70% e/ou hipoclorito de sódio 100 mg/L; • Frasco de coleta devidamente higienizado; • Etiqueta de identificação. <p style="text-align: center;">Procedimento de coleta de amostras em residências</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Lavar as mãos com água e sabão; b. Limpar a torneira do usuário com um pedaço de algodão embebido em álcool 70% e/ou hipoclorito de sódio 100 mg/L; c. Abrir a torneira e deixar escorrer a água durante 1 ou 2 min; d. Coletar a amostra de água; e. Encher o frasco com pelo menos 3/4 de seu volume; f. Tampar o frasco, identificá-lo, anotando endereço, hora, e nome do coletor; g. Marcar o frasco com o número da amostra e ponto de coleta; h. Preencher a ficha de identificação da amostra de água; i. Colocar o frasco da amostra na caixa de isopor com gelo, lacrar, identificar e enviar a caixa para o laboratório. <p style="text-align: center;">Ilustração do procedimento</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)

Observações

1. No caso de utilização do hipoclorito de sódio para desinfecção da torneira, deve-se removê-lo completamente antes da coleta (BRASIL, 2006).
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).
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).
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).
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).

REFERÊNCIAS

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

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA		ANO:
PREPARO DE VIDRARIAS PARA UTILIZAÇÃO EM ANÁLISES		
DESCRIÇÃO: ESTERILIZAÇÃO E RECOMENDAÇÕES		
<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;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 style="text-align: center;">Procedimentos para a esterilização</p> <ul style="list-style-type: none"> 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/cm² 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. 		

Quadro 3 - Protocolo de coleta de amostra para análises

(conclusão)

Observações

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).

Recomendações

- a. A obtenção de resultados precisos, exige cuidados quanto à lavagem, secagem e esterilização das vidrarias;
- 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;
- c. 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;
- d. Os recipientes e vidrarias devem ser devidamente marcados para a identificação das amostras neles contidas (BRASIL, 2014).

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.

Autoras (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

	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
	PROTOCOLO DE ANÁLISE FÍSICA	ANO:
	ANÁLISE DE COR APARENTE	
<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;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aparelho comparador; • Disco comparador de cor na escala Platino-Cobalto (BRASIL, 2014); • Cubetas. <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Encher a cubeta do aparelho com a amostra; b. Comparar a amostra através de discos de vidro que são calibrados com as cores da escala Platino-Cobalto; c. Realizar a leitura (BRASIL, 2014). <p style="text-align: center;">Observações</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;">REFERÊNCIA</p> <p>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.</p>		

Fonte: Autoras (2021)

No Quadro 5 é possível visualizar o protocolo padronizado para a análise física de temperatura.

Quadro 5 - Protocolo de análise de temperatura

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

Fonte: Autoras (2021)

Os Quadros 6 e 7 propõem protocolos padronizados para a determinação de análises física de turbidez, e química de alcalinidade, seguindo as recomendações da FUNASA para os procedimentos de análises.

Quadro 6 - Protocolo de determinação da turbidez

(continua)

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
PROTOCOLO DE ANÁLISE FÍSICA	ANO:
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;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro com nefelômetro; • Células de amostras de vidro incolor (quartzo), • Balão volumétrico de 100 mL; • Pipeta volumétrica de 5 mL; • Conjunto de filtração; • Filtros de membrana de 0,2 µm (BRASIL, 2013). <p style="text-align: center;">Reagentes</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;">Suspensão estoque de turbidez - padrão primário</p> <p>Solução I</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dissolver 1,0 g de sulfato de hidrazina (NH₂).H₂SO₄ em água destilada e diluir a 100 mL em balão volumétrico. <p>Advertência: sulfato de hidrazina é carcinogênico. Evitar inalação, ingestão e contato com a pele (BRASIL, 2013).</p> <p>Solução II</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dissolver 10,0 g de hexametilenotetramina (CH₂)₆N₄ em água destilada e diluir a 100 mL em balão volumétrico; • Misturar 5,0 mL da solução I e 5,0 mL da solução II. • Deixar em repouso por 24 h a 25 ± 3°C. A turbidez dessa suspensão é de 4000 UT. • 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). <p style="text-align: center;">Suspensão-padrão de turbidez</p>	

Quadro 6 - Protocolo de determinação da turbidez

(conclusão)

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

Procedimento

- Calibrar o turbidímetro de acordo com as instruções do fabricante;
- 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;
- 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).
- 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: Autoras (2021)

Quadro 7 - Protocolo de determinação da alcalinidade total

(continua)

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS	
PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA	ANO:
DETERMINAÇÃO DA ALCALINIDADE TOTAL	
<p>A alcalinidade total é determinada por titulação com ácido sulfúrico.</p> <p style="text-align: center;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipeta volumétrica de 50 mL; • Frasco Erlenmeyer de 250 mL; • Bureta de 50 mL; • Fenolftaleína; • Indicador metilorange; • Mistura indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila; • Solução de ácido sulfúrico 0,02 N; • Solução de tiosulfato de sódio 0,1 N (BRASIL, 2006). <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Medir 50 ml da amostra e transferir para o Erlenmeyer; b. Adicionar 3 gotas da solução indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila; c. Titular com a solução de ácido sulfúrico 0,02 N até a mudança da cor azul-esverdeada para róseo; d. Anotar o volume total de H₂SO₄ gasto (V) em mL (BRASIL, 2006); e. A equação abaixo expressa a alcalinidade da amostra: $\text{Alcalinidade total em } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ de CaCO}_3 = V \times 20$ <p style="text-align: center;">Observações</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usar 0,05 mL (1 gota) da solução de tiosulfato de sódio 0,1 N, caso a amostra apresente cloro residual livre; 2. Utilizar esta técnica na ausência de alcalinidade à fenolftaleína; 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 H₂SO₄ 0,02 N até desaparecer a cor rósea formada. Em seguida continuar no passo b da técnica; 4. A alcalinidade à fenolftaleína só poderá ocorrer se o pH da amostra for maior que 8,2; 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; 	

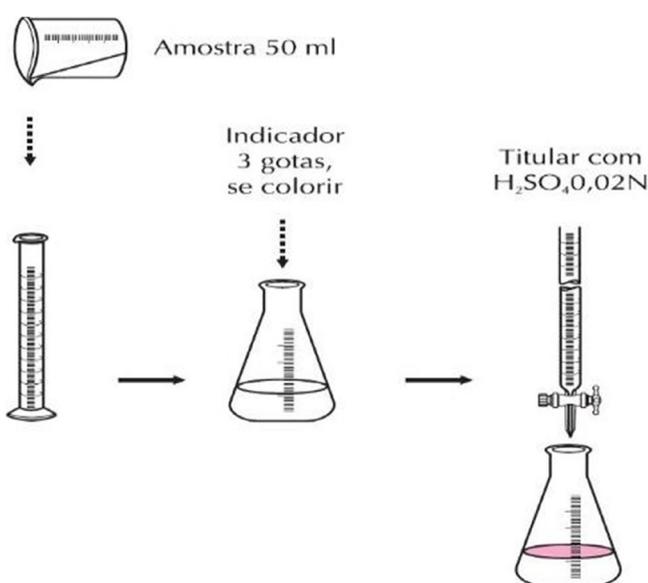
Quadro 7 - Protocolo de determinação da alcalinidade total

(conclusão)

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;
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: Autoras (2021)

O Quadro 8 apresenta um protocolo padronizado proposto para a determinação de teor de alumínio.

Quadro 8 - Protocolo para determinação de alumínio

(continua)

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS	
PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA	ANO:
DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ALUMÍNIO	
<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 style="text-align: center;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 (BRASIL, 2006). <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Medir 25 mL de amostra ou uma porção diluída para 25 mL em um frasco Erlenmeyer de 125 mL; b. Adicionar 3 gotas de metilorange e titular com ácido sulfúrico 0,02 N até que atinja ligeira coloração rosa pálido; c. Anotar o volume gasto de ácido e descartar a amostra; d. Medir novamente 25 mL de amostra ou uma alíquota diluída a 25 mL e transferir para um tubo de Nessler de 50 mL; e. Adicionar à amostra o mesmo volume de ácido sulfúrico gasto no passo (b), acrescentando 1 mL em excesso; f. Adicionar 1,0 mL de ácido ascórbico e misturar; g. Adicionar 10,0 mL do reagente tampão e misturar; h. Adicionar 5,0 mL da solução de trabalho do corante e misturar; i. Imediatamente diluir até a marca de 50 mL, com água destilada; j. Misturar e deixar em repouso de 5 a 10 min e comparar a desenvolvida pela amostra com os padrões preparados da mesma maneira e na mesma hora. k. O resultado é expresso em mg/L de alumínio (BRASIL, 2006). <p style="text-align: center;">Preparo dos padrões - Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubo de Nessler forma alta, de 50 mL; • Pipeta graduada de 1 mL; 	

Quadro 8 - Protocolo para determinação de alumínio

(conclusão)

- 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:

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:

- a. Adicionar 1,0 ml de ácido sulfúrico 0,02 N e misturar;
- b. Adicionar 1,0 ml de ácido ascórbico e misturar;
- c. Adicionar 10 ml do reagente tampão e misturar;
- d. 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

1. Para o padrão 0,0 mg/l, tomar 25 ml de água destilada e proceder igual aos outros;
2. Preparar os padrões toda vez que for examinar a amostra;
3. 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: Autoras (2021)

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

Quadro 9 - Protocolo de determinação do cloro residual livre

	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS	
	PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA	ANO:
	DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORO RESIDUAL LIVRE	
<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;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comparador Colorimétrico; • Cubetas de vidro ou de acrílico. • Solução ou liofilizado de DPD (BRASIL, 2014). <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encher uma cubeta com a amostra de água até a marca de 5,0 ml; • Colocá-la na abertura do lado esquerdo do aparelho; • Encher outra cubeta com a amostra a ser testada até a marca de 5,0 ml; • Adicionar a solução ou liofilizado de DPD na segunda amostra e homogeneizar; • Colocar a cubeta com a amostra e DPD no compartimento do aparelho; • Após 3 min, e não mais que 6 min, proceder a leitura (BRASIL, 2014). <p style="text-align: center;">Observações</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • O resultado é expresso em mg/L de cloro residual livre (BRASIL, 2014). <p style="text-align: center;">REFERÊNCIA</p> <p>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.</p>		

Fonte: Autoras (2021)

Os Quadros 10 e 11 apresentam os potrocolos padronizados para as análises químicas de determinação da dureza total e de fluoretos. 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	
	PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA	ANO:
	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;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bureta de 50 mL; • Pipeta volumétrica de 25 mL; • Balão volumétrico de 50 mL; • Becker de 100 mL; • Frasco Erlenmeyer de 250 mL; • Solução padrão de EDTA 0,01 M; • Solução tampão; • Indicador eriochrome Black T; • Inibidor I - cianeto de sódio P.A. em pó; • Inibidor II - sulfeto de sódio (BRASIL, 2006). <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Tomar 25 mL da amostra e diluir para 50 mL com água destilada em balão volumétrico; b. Transferir para um Becker de 100 mL e adicionar 1 a 2 mL da solução tampão para elevar o pH a $10 \pm 0,1$; c. Transferir para um frasco Erlenmeyer de 250 mL e adicionar aproximadamente 0,05 gramas do indicador eriochrome black T; 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); e. Anotar o volume de EDTA gasto (mL); f. Fazer um branco com água destilada; 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): 		

Quadro 10 - Protocolo de determinação da dureza total

(conclusão)

Calcular:

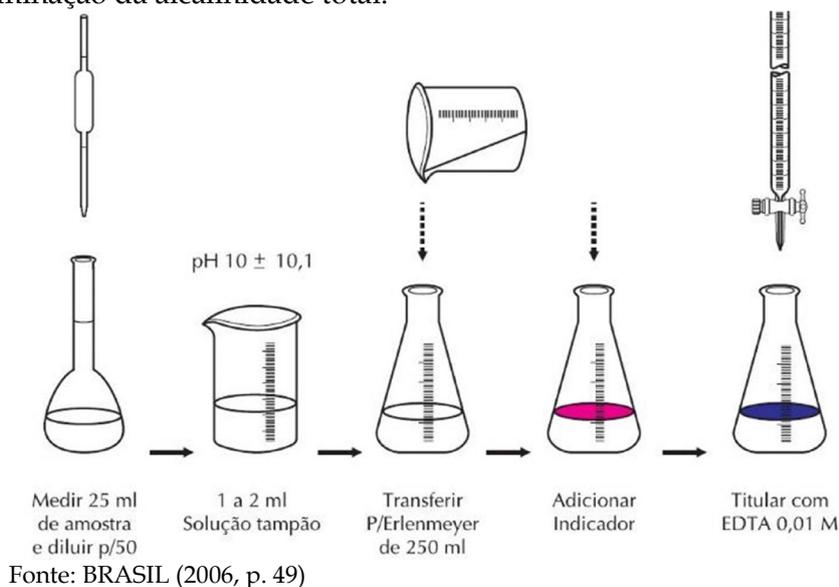
$$\text{Dureza Total em } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ CaCO}_3 = \frac{\text{mL de EDTA} \times 1000 \times F_c}{\text{mL de amostra}}$$

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.

Fonte: Autoras (2021)

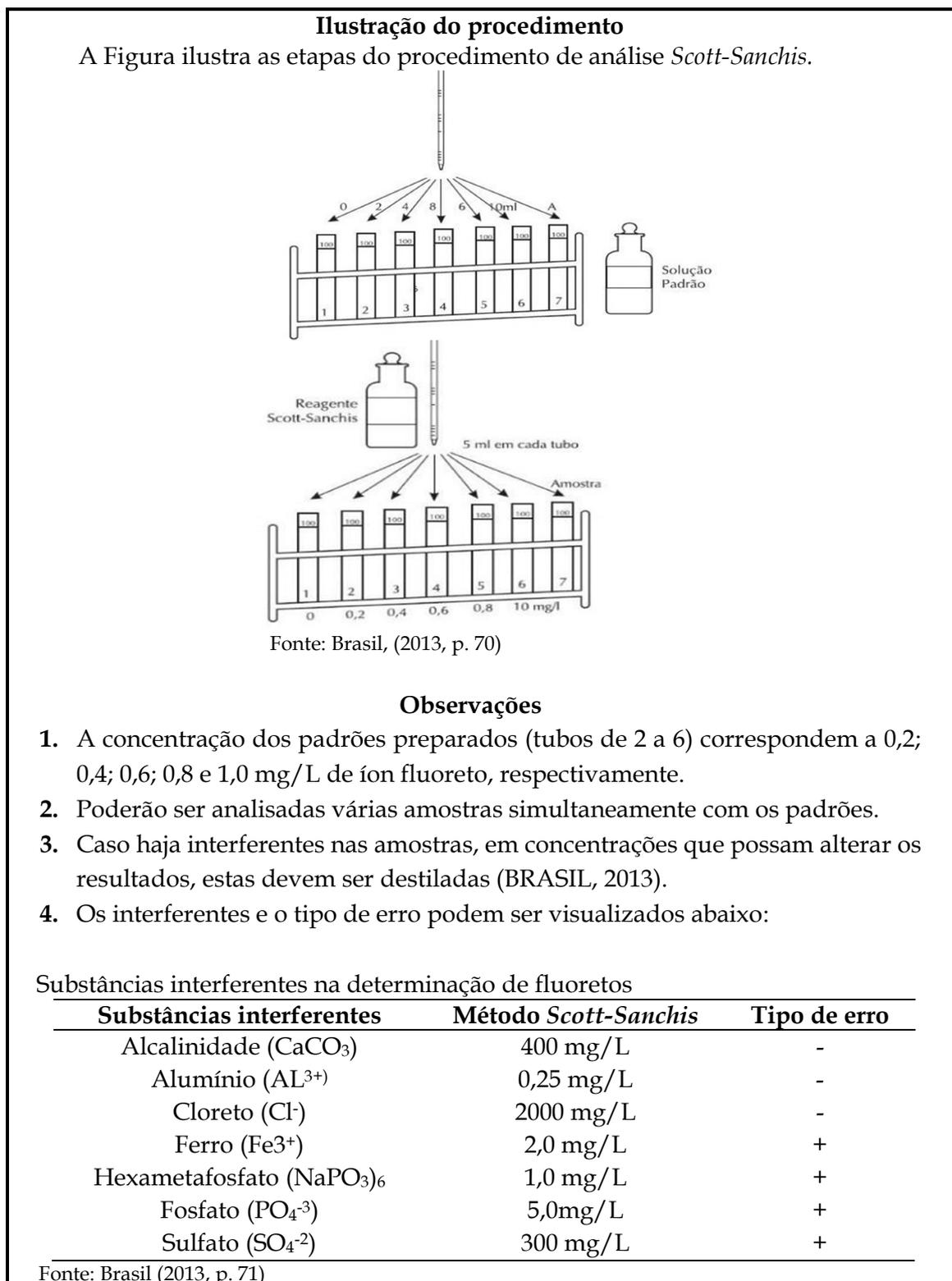
Quadro 11 - Protocolo para a determinação de fluoretos

(continua)

	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DARIO LASSANCE	
	PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA	ANO: 2021
	DETERMINAÇÃO DE FLUORETOS	
<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;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubo de Nessler de 100 mL; • Suporte para tubo de Nessler; • Termômetro; • Pipeta volumétrica de 5 mL; • Pipeta graduada de 10 mL; • Solução-padrão de fluoretos (1 mL = 10 µgF⁻); • Reagente <i>Scott-Sanchis</i>; • Arsenito de sódio (0,5%) (BRASIL, 2013). <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Tomar 7 tubos de Nessler de 100 mL; b. Encher o 1º tubo com água destilada (branco); c. Pipetar no 2º tubo 2 mL da solução-padrão; d. Pipetar no 3º tubo 4 mL da solução-padrão; e. Pipetar no 4º tubo 6 mL da solução-padrão; f. Pipetar no 5º tubo 8 mL da solução-padrão; g. Pipetar no 6º tubo 10 mL da solução-padrão; 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; i. Diluir os padrões de 2 a 6 a 100 mL com água destilada; j. Ajustar a temperatura dos padrões e da amostra; k. Adicionar a cada tubo, inclusive no branco, 5 mL do reagente <i>Scott-Sanchis</i>; l. Misturar e deixar em repouso por 1 h; m. Decorrida 1 h da adição do reagente <i>Scott-Sanchis</i>, comparar a amostra com os padrões e expressar o resultado em mgF⁻/L (BRASIL, 2013). <p>Exemplo: 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.

Fonte: Autoras (2021)

O Quadro 12 apresenta o protocolo padronizado para a execução da determinação do valor de pH.

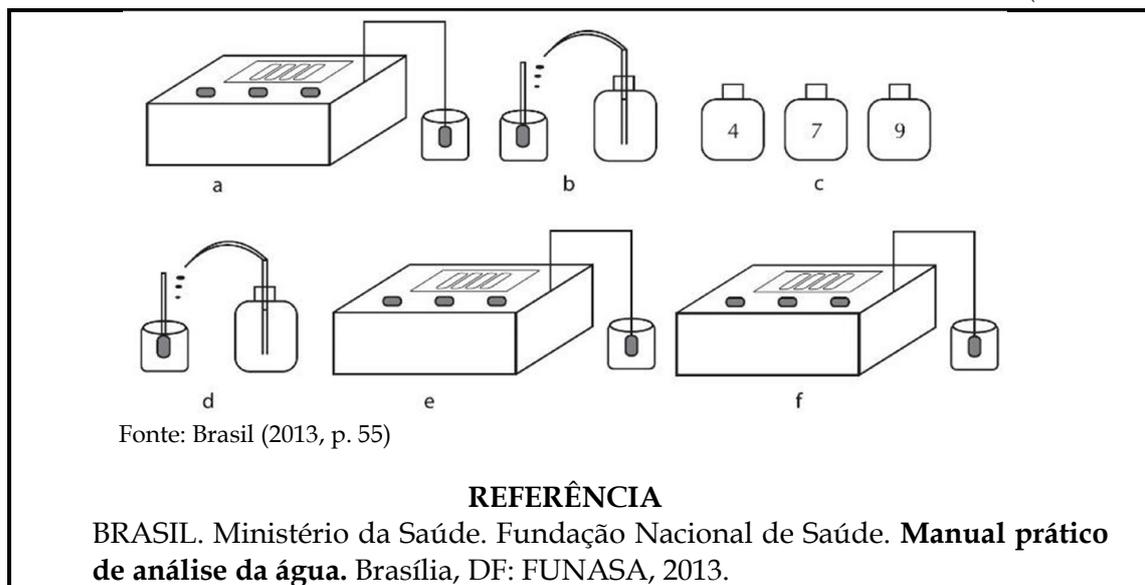
Quadro 12 - Protocolo de análise química para pH

(continua)

	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS	
	PROTOCOLO DE ANÁLISE QUÍMICA	ANO:
	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	
<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;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potenciômetro; • Cubetas; • Frasco lavador; • Papel absorvente; • Soluções tampão de valores de pH conhecido (BRASIL, 2013). <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Ligar o aparelho e esperar a sua estabilização; b. Lavar os eletrodos com água destilada e enxugá-los com papel absorvente; c. Calibrar o aparelho com as soluções padrão (pH 4 - 7 ou 10); d. Lavar novamente os eletrodos com água destilada e enxugá-los; e. Introduzir os eletrodos na amostra a ser examinada e fazer a leitura; f. Lavar novamente e deixá-los imersos em água destilada; g. Desligar o aparelho (BRASIL, 2013). <p style="text-align: center;">Ilustração do procedimento</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: Autoras (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

	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS	
	PROCOLO DE ANÁLISE BACTERIOLÓGICA	ANO:
	MÉTODO QUALITATIVO PRESENÇA/AUSÊNCIA	
<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 cofirmação (BRASIL, 2014).</p> <p style="text-align: center;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frasco de coleta; • Estufa incubadora; • Reagente Colilert; • Luz ultravioleta UV-365 nm. <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <ol style="list-style-type: none"> 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; b. Incubar o frasco contendo a amostra e o Colilert por 24 h a 35°C; c. Após a incubação, observar visualmente os frascos para a leitura dos resultados. Caso a amostra se apresentar incolor, o resultado é negativo; d. Entretanto, havendo desenvolvimento de coloração amarela, o resultado é positivo para Coliformes Totais; e. Caso a amostra seja amarela e fluorescente com luz UV-365 nm, o resultado é positivo para E. coli. (BRASIL, 2014). <p style="text-align: center;">REFERÊNCIA</p> <p>BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle de qualidade da água para técnicosque trabalham em ETAS. Brasília, DF: FUNASA, 2014.</p>		

Fonte: Autoras (2021)

Quadro 14 - Protocolo de análise bacteriológica NMP

(continua)

	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS	
	PROTOCOLO DE ANÁLISE BACTERIOLÓGICA	ANO:
	MÉTODO QUANTITATIVO NÚMERO MAIS PROVÁVEL NMP	
<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 cofirmação (BRASIL, 2014).</p> <p style="text-align: center;">Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frasco de coleta; • Estufa incubadora; • Reagente Colilert; • Cartela Quanti-Tray®; • Seladora; • Luz ultravioleta UV-365 nm. <p style="text-align: center;">Procedimento</p> <ol style="list-style-type: none"> 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; b. Fechar o frasco e agitar levemente para dissolver o reagente; 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); d. Acomodar a cartela com a amostra na borracha da seladora, conforme o tipo de cartela a ser utilizada; e. Ligar a seladora e manter pré-aquecida por 10 min; 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; g. Ler os resultados. h. Contar o número de cavidades que apresentarem coloração amarela e utilizar a tabela NMP que acompanha, para obter o resultado para Coliformes Totais; 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). 		

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: Autoras (2021)

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								
		PROTOCOLO DE RESULTADOS								
		BAIRRO:							DATA:	
		ÁGUA BRUTA								
Parâmetro analisado		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
Horário	Ponto de coleta									
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: Autoras (2021)

Quadro 16 - Apresentação de resultados para água tratada

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS									
PROTOCOLO DE RESULTADOS									
BAIRRO:								DATA:	
ÁGUA TRATADA									
UNIDADE	Parâmetro analisado								
	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
LIMITE MÁXIMO PERMITIDO	15		5		0,2	5	500	0,6 a 0,9	6,0 a 9,5
Horário	Ponto de coleta								
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: Autoras (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.

O Quadro 17 apresenta o documento para a apresentação dos resultados de análises bacteriológicas. O 1º Artigo do Capítulo V, da Portaria n. 05/2017 sugere que no controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas, e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos, até que revelem resultados satisfatórios (BRASIL, 2017).

Quadro 17 - Apresentação de resultados para análises bacteriológicas

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS				
PROTOCOLO DE RESULTADOS				
ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS				
BAIRRO:				
Data	Coleta de amostra	24 horas	48 horas	Resultado

Fonte: Autoras (2021)

Recomenda-se que a apresentação dos resultados seja divulgada por meio eletrônico, para agilizar e otimizar, como, por exemplo, via plataformas compartilhadas *Google Drive*, o que facilitaria a comunicação e acesso dos colaboradores. Assim, a tomada de decisão sobre possíveis ajustes na operação das ETAs seria facilitada e segura.

Outra questão importante, que poderia apresentar melhorias, com o emprego dos documentos padronizados para o registro dos resultados das análises, é o seu arquivamento, a manutenção de um histórico de dados, por longos períodos de operação das ETAs, com fácil acesso e organização.





CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi executado com sucesso, abrangendo todos os objetivos propostos.

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.

Espera-se contribuir com a operação de Estações de Tratamento de Águas, com a rotina de trabalho dos funcionários, e também, com a sociedade em geral, a qual será beneficiada com o abastecimento em suas residências de uma água potável de qualidade.

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. 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. 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. 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, ope-

ração 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://dajundiai.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://dajundiai.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. 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://bvsms.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. 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. 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://portalarquivos2.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?secaoId=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.shtm. 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 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. 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. 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.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 39, 48, 58, 59, 60, 64, 65, 66, 67, 68, 69

Amostra 21, 22, 36, 39

Análise 14, 30, 32, 39, 40, 41, 54, 55, 56, 57, 58, 66

C

Consumo 12, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 65, 66, 67, 68

Controle 12, 14, 19, 20, 21, 23, 30, 32, 39, 60, 66, 67, 68

F

H

Humano 12, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 65, 66, 67, 68

M

Ministério 14, 18, 19, 21, 24, 26, 64, 65, 66, 67

P

Padrão 14, 18, 19, 20, 21, 24, 65, 66, 67, 68

Portaria 14, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 29, 48, 60, 65, 66, 67, 68

Q

Qualidade 5, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 30, 32, 39, 60, 64, 65, 66, 67, 68

S

Saúde 14, 18, 19, 21, 24, 26, 64, 65, 66, 67, 68

T

Tratamento 12, 14, 15, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 48, 65, 68, 69

PROTOCOLOS PARA ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS PARA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS



PROTOCOLOS PARA ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS PARA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS



RFB Editora
Home Page: www.rfbeditora.com
Email: adm@rfbeditora.com
WhatsApp: 91 98885-7730
CNPJ: 39.242.488/0001-07
R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA

