

TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2020

TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^a Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Tratamento de água de abastecimento e águas residuárias

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T776 Tratamento de água de abastecimento e águas residuárias /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –
Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-631-7

DOI 10.22533/at.ed.317202511

1. Água. 2. Águas residuais. 3. Purificação. 4.
Tratamento biológico. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da
Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628.35

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

A coleção “Tratamento de Água de Abastecimento e Águas Residuárias” é uma obra constituída por nove trabalhos em forma de capítulos visando promover a apresentação e discussão científica de forma intra e interdisciplinar, que convergem para uma mesma problemática: a crescente preocupação com a qualidade dos recursos hídricos, bem como os fatores que podem afetar de forma negativa a sua disponibilidade e qualidade para fins de potáveis.

Esta coleção apresenta estudos que investigaram: (i) fatores que afetam índices pluviométricos e capacidade de absorção e escoamento de águas residuárias; (ii) qualidade e propriedades organolépticas de corpos hídricos; (iii) parâmetros físico-químicos e biológicos de águas para fins potáveis; (iv) capacidade de percepção de moradores de municípios em relação a conscientização do uso racional de água; (v) qualidade e diversidade de esgoto residenciais e os conseqüentes impactos gerados ao solo, corpos receptores, biota aquática e ao ser humano; (vi) alternativas de baixo custo para construção de sistemas alternativos de tratamento de águas cinzas (provenientes de limpeza de objetos e higienização pessoal) e águas negras (originárias de vasos sanitárias, rica em matéria orgânica) e (vii) proposta de produção de sabão, ecologicamente correto, a partir de gorduras e óleos provenientes de efluentes de laticínios.

Estes temas possibilitarão ao leitor adquirir uma visão mais sistêmica da importância para uma conscientização ambiental que leve a adoção de comportamentos e ações que estimule, de forma voluntária, ao uso consciente e racional dos recursos hídricos e a execução de ações que minimizem a poluição de forma direta ou indiretamente de corpos aquáticos, garantindo uma melhor qualidade de vida e bem estar da atual e futura sociedade, bem como a preservação de outras espécies de seres vivos.

Diante disso, a coleção “Tratamento de Água de Abastecimento e Águas Residuárias” distribuída em nove trabalhos de grande relevância e que foram selecionadas de forma criteriosa, visando colaborar e possibilitar o entendimento e a reflexão para a mudança de atitudes e atos que além de impactar menos, possibilite recuperar e preservar os recursos hídricos e todo o meio ambiente.

Neste sentido e com o intuito de colaborar para a disseminação destas e de outras informações que leve ao despertar para uma relação mais harmônica entre o homem e o meio ambiente, a Atena Editora possui condições e estrutura que possibilite o acesso por meio de uma plataforma consolidada e confiável tanto para os pesquisadores que se dedicaram com afinco aos trabalhos que compõem a presente obra, quanto àqueles que vierem a oferecer futuras contribuições científicas que auxiliem a sociedade para uma maior conscientização ambiental.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

MODELAGEM DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO- PE

Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento
Filipe Mendonça de Lima
Ana Luíza Xavier Cunha
Moacyr Cunha Filho
Guilherme Rocha Moreira
Renisson Neponuceno de Araújo Filho
Dâmocles Aurélio Nascimento da Silva Alves
Victor Casimiro Piscocya
Jucarlos Rufino de Freitas
Denise Stéphanie de Almeida Ferreira
Maria Marciele de Lima Silva
Natália Moraes Cordeiro

DOI 10.22533/at.ed.3172025111

CAPÍTULO 2..... 16

EQUAÇÕES MENSAIS DE ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO DE INTENSIDADE MÁXIMA PARA O MUNICÍPIO DE SOROCABA-SP

José Carlos Ferreira
Maria do Carmo Vara Lopes Orsi
Orlando Homen de Mello
Anderson Luiz de Souza
Mauro Tomazela
Larissa Zink Carneiro Meira Bergamaschi

DOI 10.22533/at.ed.3172025112

CAPÍTULO 3..... 34

ANÁLISE PRELIMINAR DOS IMPACTOS DE ORDEM SANITÁRIA E AMBIENTAL NO ENTORNO DO LAGO MAPIRI

Luane Priscila Gato Lopes
Raquel Ester Campés Pereira
Rayan Picanço de Campos
Wanderson dos Santos Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.3172025113

CAPÍTULO 4..... 43

APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Isis Guimarães Moreira
Ludmilla de Oliveira Calado
Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento
Douglas Wilson Silva Santana

DOI 10.22533/at.ed.3172025114

CAPÍTULO 5..... 57

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA CIDADE DE ITABUNA-BAHIA DURANTE A CRISE HÍDRICA DE 2015 E 2016

Geovana Brito Guimarães
José Wildes Barbosa dos Santos
Raildo Mota de Jesus
Fábio Alan Carqueija Amorim

DOI 10.22533/at.ed.3172025115

CAPÍTULO 6..... 71

DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

Henrique Sanchez Franz
Marlon Heitor Kunst Valentini
Gabriel Borges dos Santos
Bárbara Lima Corrêa
Maicon Moraes Santiago
Danielle A. Bressiani
Bruno Müller Vieira
Claudia Fernanda Lemons e Silva
Rubia Flores Romani

DOI 10.22533/at.ed.3172025116

CAPÍTULO 7..... 86

OPINIÃO PÚBLICA RELACIONADA AO CONSUMO DE ÁGUA EM BAIROS COM E SEM A INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETROS (RESIDENCIAL SALVAÇÃO E BAIRO ALDEIA)

Arícia Jaiane Carvalho Dantas
João Otavio dos Santos
Josiane de Almeida Lima
Juane Maria Sousa Ferreira
Luane Priscila Gato Lopes
Brunna Lucena Cariello

DOI 10.22533/at.ed.3172025117

CAPÍTULO 8..... 93

TRATAMENTO DE ÁGUAS NEGRAS PELO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Jhadme Henrique Gonçalves Domingues
Láisa Costa Scherer
Francisca da Silva Sousa
Luís Antonio Fonseca Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.3172025118

CAPÍTULO 9..... 102

UMA ATIVIDADE SUSTENTÁVEL: PRODUÇÃO DE SABÃO A PARTIR DA GORDURA GERADA NO PROCESSO PRODUTIVO DE UM LATICÍNIO

Igor Duarte Rosa Lima

DOI 10.22533/at.ed.3172025119

SOBRE O ORGANIZADOR.....	116
ÍNDICE REMISSIVO.....	117

CAPÍTULO 6

DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

Data de aceite: 23/11/2020

Henrique Sanchez Franz

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Desenvolvimento Tecnológico
Pelotas – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0985124189064768>

Marlon Heitor Kunst Valentini

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Desenvolvimento Tecnológico
<http://lattes.cnpq.br/6499660114940771>

Gabriel Borges dos Santos

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Desenvolvimento Tecnológico
<http://lattes.cnpq.br/8502930511377553>

Bárbara Lima Corrêa

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Desenvolvimento Tecnológico
<http://lattes.cnpq.br/3961220820729315>

Maicon Moraes Santiago

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Desenvolvimento Tecnológico
<http://lattes.cnpq.br/7189339723401265>

Danielle A. Bressiani

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Desenvolvimento Tecnológico
Pelotas – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8075521492435175>

Bruno Müller Vieira

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Engenharias
Pelotas – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1885554662703620>

Claudia Fernanda Lemons e Silva

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Engenharias
Pelotas – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/8387065724345198>

Rubia Flores Romani

Universidade Federal de Pelotas, Centro de
Engenharias
Pelotas – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/2754317545641116>

RESUMO: Os sistemas de abastecimento de água são compostos por um conjunto de unidades estruturais, as quais desempenham o papel fundamental de fornecer água potável para a população. A estação de tratamento de água (ETA) é uma unidade fundamental do sistema de abastecimento de água, a qual se caracteriza como um sistema complexo constituído por diferentes operações unitárias, empregadas para enquadrar a água ao padrão de potabilidade. Muitos são os desafios, inerentes à cada estação, os quais condicionam o funcionamento com a eficiência requerida para o atendimento ao padrão exigido. Desta forma, estudos que proponham melhorias ao funcionamento das etapas de tratamento e à eficiência da ETA são necessários, e podem auxiliar à tomada de decisão e aos gestores dos sistemas de abastecimento de água. Este trabalho tem a finalidade de propor melhorias para as unidades de coagulação, floculação e decantação da ETA Terras Baixas, localizada no município do Capão do Leão – RS, a qual emprega ciclo completo como tecnologia de tratamento. Através de

visitas técnicas e do emprego de questionário foi possível diagnosticar a operação da ETA. Os resultados desse estudo sugerem a necessidade de reforma de algumas estruturas, dentre elas o redimensionamento das unidades de floculação e decantação. As sugestões estabelecidas visam auxiliar os gestores na tomada de decisão, de forma a melhorar a eficiência de tratamento, pelo enquadramento das dimensões das unidades estruturais e dos parâmetros hidráulicos, e pela otimização energética.

PALAVRAS-CHAVE: Água potável, NBR 12216; dimensionamento hidráulico; tratamento de água, ETA.

DIAGNOSTICS AND IMPROVEMENT OF THE WATER TREATMENT PLANT FOR SOUTHERN RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: The water system supply is a set of structures units which develops a fundamental role of providing clean drinking water to the population. A water treatment plants (WTP) is a mandatory unit of a water supply system. A WTP is characterized as a complex system consisting of different unitary operations, which are necessary to take the water above the potability standard. There are many challenges, inherent to each WTP, to ensure the efficiency required to meet the standard. Thus, studies that propose improvements of the treatment stages of a WTP, in order to improve its efficiency are necessary, as they can assist in decision-making. Therefore, the present study aims to propose improvements to the coagulation, flocculation and sedimentation stages of the Terras Baixas WTP, located in the municipality of Capão do Leão – RS, Brazil, which uses a complete cycle as the treatment technology. Through technical visits and questionnaire, it was possible to diagnose the operations of the WTP. The results of this study indicate the need for a reform of some structures, including the resizing of the flocculation and sedimentation stages. The suggestions established were intended to assist managers in the decision-making process, in order to improve water treatment efficiency, by fitting the dimensions of the structural stages and hydraulic parameters, and by optimizing energy.

KEYWORDS: Drinking Water, NBR 12216; hydraulic parameters; water treatment, WTP.

1 | INTRODUÇÃO

As necessidades do uso de água potável para consumo humano exigem o estabelecimento de padrões para a classificação e métodos de tratamento adequados, objetivando retirar impurezas e substâncias que podem causar alterações indesejadas à saúde humana (SANTOS *et al.*, 2013). No Brasil, de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde de 2017, água potável é aquela destinada ao consumo humano, cujos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2017). Sendo esse estabelecido como o conjunto de valores máximos permitidos para os parâmetros da qualidade da água

visando consumo humano (BRASIL, 2017).

As Estações de Tratamento de Água possuem o papel fundamental de adequar a água bruta captada ao padrão de potabilidade, e sendo assim são parte importantes do sistema de abastecimento de água público. O projeto destas deve estar de acordo com o que preconiza a norma técnica ABNT NBR 12216 de 1992, a qual dispõe das condições exigíveis para o dimensionamento de uma estação de tratamento de água, estabelecendo valores das dimensões das unidades estruturais assim como dos parâmetros hidráulicos, como por exemplo, gradiente de velocidade, tempo de mistura e velocidade longitudinal (ABNT NBR, 1992).

A escolha da tecnologia de tratamento de água deve considerar as características da água bruta, os custos envolvidos, manuseio e confiabilidade dos equipamentos, flexibilidade operacional, localização geográfica, característica da população e a disposição final do lodo, conforme Libânio (2010). Ainda, segundo o autor, na maioria das vezes, a tecnologia selecionada é a de ciclo completo, visto que esta, é preconizada na resolução do CONAMA 357, como a possível para mananciais enquadrados nas classes 2 e 3 (BRASIL, 2005). O ciclo completo emprega, pelo menos, a mistura rápida, floculação, decantação ou flotação, filtração, desinfecção, fluoretação e correção do pH (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 2009).

Diversas são as condicionantes de desempenho das ETAs, destacando-se as características da água bruta, os parâmetros hidráulicos relacionados aos processos e às operações unitárias inerentes à potabilização, a acurácia na dosagem de produtos químicos e as metas de qualidade da água tratada (PEREIRA; SILVA; LIBÂNIO, 2018). Com relação aos parâmetros hidráulicos, gradientes de velocidades e tempo de contato, são parâmetros importantes que podem interferir na qualidade da água (ZHANG *et al.*, 2012).

A avaliação do desempenho de ETAs tem despertado interesse da academia (MELO, 2019; SMIT *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2012), com o intuito de aferir a situação atual de estações e quais melhorias podem ser propostas. Segundo Freitas *et al.* (2004) é preciso avaliar os parâmetros hidráulicos da ETA e compará-los à norma técnica vigente, analisar os processos operacionais e avaliar a qualidade da água bruta a ser tratada.

Melo (2019) reportou que a operação das ETAs parece influenciar mais no desempenho, do que os demais fatores analisados. Uma vez que, segundo Smit *et al.*, (2019), os componentes que constituem as operações unitárias se deterioram ao longo do tempo diminuindo o desempenho das estações.

Ramos (2017), ao avaliar a ETA do município de Formiga (MG), reportou a necessidade de melhorias, visto que essa foi projetada há mais de 40 anos e atualmente abastece população maior que a de projeto. Segundo Vianna e Rippel (2010) muitas estações de tratamento de água enfrentam problemas

de dimensionamento, como são os casos das que operam com vazão acima da estipulada em projeto, devido ao crescimento populacional e ao projeto não ter previsto tal crescimento. Os autores exemplificam com o caso da ETA do Parque da Imprensa, em Caxias do Sul (RS), a qual foi projetada para tratar 550 L/s, mas opera com 750 L/s.

Outro fator importante a ser considerado nas propostas de melhorias é a concepção de projetos com relação à disponibilidade energética, com a possibilidade das ETAs reduzirem esses gastos com dispositivos hidráulicos. Visto que, a maior parcela das despesas operacionais vem do consumo de energia elétrica, que pode chegar a 63% do custo operacional (HELLER; PÁDUA, 2010). Silva (2014) elaborou um projeto de ETA autossustentável para a cidade de Campina Grande (PB), sendo esse constituído de unidades hidráulicas, a fim de evitar o consumo alto de energia.

Portanto, para que a população seja abastecida com água em quantidade e qualidade adequadas, é necessário que as ETAs sejam eficientes e apresentem desempenho satisfatório, para isso, é fundamental o correto dimensionamento das unidades de tratamento, de acordo com a legislação e normativas vigentes. Neste intuito, este trabalho objetiva propor melhorias no funcionamento das unidades operacionais de coagulação, floculação e decantação da Estação de Tratamento de Água Terras Baixas, Capão do Leão (RS), através do redimensionamento destas, de forma a enquadrá-las ao estabelecido na norma técnica vigente e minimizar o uso de energia elétrica.

2 | METODOLOGIA

O estudo foi realizado com base nos dados da estação de tratamento de água Terras Baixas, ETA-TB (Figura 1), localizada na cidade do Capão do Leão (RS) e administrada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em parceria com a Universidade Federal de Pelotas (UFPel). A referida ETA tem como manancial o Arroio Padre Doutor e abastece com água potável, através de tratamento convencional por ciclo completo, o campus Capão do Leão da UFPel, a Estação Terras Baixas da Embrapa e a comunidade próxima (residências, uma igreja e uma escola de ensino básico), com vazão de tratamento atual de 23m³/h.

O diagnóstico das unidades de coagulação, floculação e decantação da ETA Terras Baixas foi realizado a partir de visitas técnicas, pré-agendadas, com o emprego de questionário previamente estruturado. As visitas foram conduzidas na presença do responsável técnico da estação, assim como o questionário respondido por este.

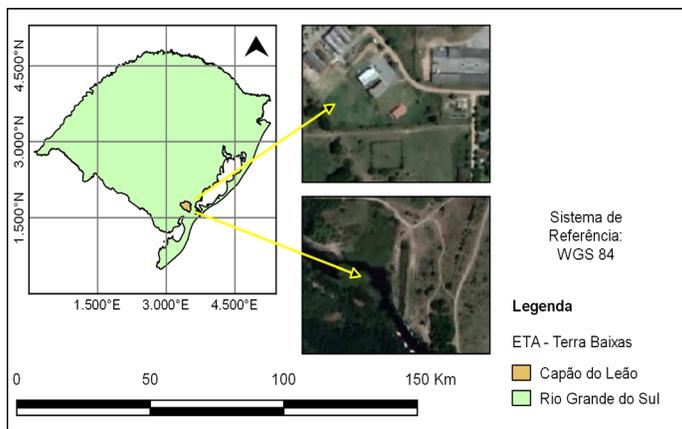


Figura 1 – Mapa de localização da ETA – Terras Baixas no município do Capão do Leão, RS.

Os roteiros de cálculo para os dimensionamentos das unidades de floculação e decantação foram adaptados dos propostos por Filho e Mierzwa (2017). A unidade de floculação foi projetada a partir de dispositivo hidráulico, com o emprego de chicanas de fluxo vertical (Tabela 1), e a de decantação, convencional com fluxo horizontal (Tabelas 2 e 3). A etapa de coagulação não foi apresentada neste trabalho, pois no diagnóstico não foi elencada a necessidade de redimensioná-la.

Descrição	Fórmula
1) Volume do floculador	$V_f = Q \cdot \theta_h$
2) Área superficial do floculador	$A_s = \frac{V_f}{h}$
3) Largura do floculador	$B_f = \frac{A_s}{B_d}$
4) Número de chicanas	$n = 0,045 \sqrt[3]{\left(\frac{a \cdot L \cdot G}{Q}\right)^2} \cdot \theta_h$
5) Espaçamento entre chicanas	$e = \frac{L}{n}$
6) Velocidade nos trechos retos	$V_1 = \frac{Q}{B_f \cdot e}$
7) Velocidades nos trechos com curvas 180°	$V_2 = \frac{2}{3} \cdot V_1$
8) Extensão dos canais	$L_t = \theta_h \cdot V_1$
9) Raio hidráulico	$R_H = \frac{B \cdot e}{2(B + e)}$
10) Perda de carga distribuída	$\Delta H_d = J \cdot L_t$
11) Perda de carga localizada	$\Delta H_l = \frac{n(V_1)^2 + (n - 1) \cdot (V_2)^2}{2 \cdot g}$
12) Gradiente de velocidade	$G = \sqrt{\frac{\gamma \cdot \Delta H_l}{\mu \cdot \theta_h}}$

Tabela 1 – Roteiro de cálculo para o dimensionamento do floculador hidráulico

Fonte: Organizado pelos autores com base em Filho e Mierzwa (2017).

A tabela 2 apresenta as equações utilizadas para o dimensionamento geométrico do decantador, necessário para o dimensionamento da cortina de distribuição.

Geometria do Decantador				
1) Área total de decantação	2) Área de cada decantador	3) Relação comprimento e largura	4) Vazão do decantador	5) Taxa de escoamento superficial (calculada)
$A = \frac{Q}{TAS}$	$A_{dec} = \frac{A}{N_{dec}}$	$2,5 \leq L/B \leq 5,0$	$Q_{dec} = \frac{Q}{N_{dec}}$	$q = \frac{Q_{dec}}{A_{dec}}$
6) Velocidade longitudinal	7) Tempo de detenção hidráulica	7) Raio hidráulico	8) Número de Froude	9) Número de Reynolds
$Vl = \frac{Q_{dec}}{B.H}$	$TDH = \frac{(H.A_{dec})}{Q_{dec}} / 3600$	$Rh = \frac{B.H}{(B + 2.H)}$	$Fr = \frac{Vl^2}{g.Rh}$	$Re = \frac{Vl.Rh}{\mu}$

Tabela 2 - Roteiro de cálculo para o dimensionamento do decantador

A tabela 3, apresenta as equações utilizadas para o dimensionamento da cortina de distribuição, etapa fundamental para a melhoria do processo de decantação.

Cortina de distribuição	
Descrição	Fórmula
1) Área do orifício.	$Ao = \frac{Q}{V_p}$
2) Área individual do orifício	$Ai = l^2$
3) Número de orifícios	$No = \frac{Ao}{Ai}$
4) Área individual de influência	$A_{indinf} = \frac{B.H}{No}$
5) Número de fileiras	$Nv = \frac{H}{L}; Nh = \frac{B}{L}$
6) Velocidade de escoamento nos orifícios	$Vo = \frac{Q}{Ao}$
7) Espaçamento entre os orifícios	$Ev = \frac{H}{Nv}; Eh = \frac{B}{Nh}$
8) Seção transversal do decantador	$At = B.H$
9.) Distância da cortina até a comporta	$Dc = 1,5.H \cdot \frac{Ao}{At}$
10) Raio hidráulico	$Rh = \frac{B.H}{2.(B + H)}$
11) Fator de atrito	$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,7Dh} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$
12) Perda de carga	$J = \frac{f.V^2}{Dh.2g}$
13) Gradiente de velocidade	$G = \sqrt{\frac{\gamma.V.J}{\mu}}$

Tabela 3 - Roteiro de cálculo para o dimensionamento da cortina de distribuição

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diagnóstico da ETA-TB

O tratamento de água na ETA-TB é realizado através das etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, caracterizando-se, portanto, como uma tecnologia de tratamento convencional de ciclo completo.

A água captada do manancial é conduzida a um canal denominado canal de dosagem, o qual possui dois dispositivos empregados para aplicação de permanganato de potássio (KMnO_4), quando há necessidade de pré-oxidar a água e, carbonato de sódio (Na_2CO_3) para ajuste de pH. Deste canal, a água segue para a etapa de coagulação realizada na calha Parshall (Figura 2), onde ocorre a mistura rápida hidráulica e a determinação da vazão. Observa-se, Figura 2, que o coagulante é aplicado antes do ressalto hidráulico, sendo este adicionado através de uma mangueira, com apenas um orifício para saída do reagente.



Figura 2 – Foto Ilustrativa da Estapa de Coagulação e Mistura Rápida em calha Parshall na ETA-TB.

A NBR 12216 preconiza que a aplicação da solução de coagulante deve ser realizada imediatamente antes do ponto de maior dissipação de energia e através de jatos distribuídos (ABNT NBR 12216, 1992). Logo, a aplicação do produto coagulante não está em conformidade com a referida norma e como melhoria propõe-se o deslocamento do dispositivo de aplicação de coagulante na posição logo acima da garganta de estreitamento da calha Parshall, bem como a utilização de um difusor com orifícios distribuídos, tendo em vista uma melhor distribuição e aproveitamento do coagulante no processo.

A unidade de floculação da ETA-TB é composta por um floculador mecanizado

do tipo rotativo de eixo vertical (Figura 3) em um tanque de concreto com: 2,8m de largura, 4,15m de comprimento e 2,125m de profundidade de lâmina de água, o qual é limpo semanalmente com o auxílio de uma mangueira de lava jato.



Figura 3 – Foto do floculador mecanizado de eixo vertical da ETA-TB.

Os sistemas mecanizados apresentam como vantagem a flexibilidade operacional e a facilidade na instalação, todavia, possuem desvantagens como o consumo energético, maior probabilidade de curtos-circuitos hidráulicos e a necessidade de manutenção (CESTARI, 2011). Já os floculadores hidráulicos são vantajosos principalmente para pequenas instalações e por não requererem equipamentos mecanizados (REIS, 2017), minimizando o custo de instalação, operação e manutenção e não consumirem energia elétrica (DI BERNARDO; DI BERNARDO, 2005). Nesse contexto, o presente estudo sugere como proposta de melhoria, de modo a evitar o consumo de energia e demais custos envolvidos, assim como reduzir a complexidade de manutenção, a utilização de um floculador hidráulico. No item 3.2 a seguir são apresentados os resultados do dimensionamento do floculador proposto.

A Estação conta com dois decantadores de fluxo horizontal (Figura 4) com as seguintes dimensões: 2,0m de largura, 7,0m de comprimento e 4,0m de profundidade de lâmina líquida, cada. Os decantadores possuem sistema de descarga de lodo com fundo afunilado. A limpeza dos decantadores é realizada a cada quinze dias com auxílio de uma mangueira de lava jato.



Figura 4 - Decantadores.

Usualmente os decantadores convencionais de fluxo horizontal possuem quatro zonas, de: entrada, sedimentação, saída e zona de lodo. A zona de entrada é composta por canais de água floculada e cortinas de distribuição, para distribuir de forma uniforme a água floculada por toda a seção do decantador, de modo a evitar zonas mortas e fluxos preferenciais (DI BERNARDO; PAZ, 2010).

Em unidades de sedimentação, existem fatores que colaboram com a má eficiência de remoção, como, por exemplo, o rompimento do floco que ocorre devido ao mau dimensionamento dos orifícios das comportas de entrada e da cortina de distribuição (SILVA; MORUZZI, 2017). Os decantadores da ETA-TB não possuem cortina de distribuição, visando um aumento na eficiência no processo de sedimentação propõe-se a implementação destas. Os resultados do dimensionamento são apresentados a seguir.

3.2 Dimensionamento das unidades propostas de floculação e decantação

A partir do diagnóstico exposto foi dimensionada a unidade de floculação hidráulica e cortina de distribuição para o decantador, este item traz o dimensionamento e cálculos realizados. A unidade de floculação proposta possui chicanas de fluxo vertical, composta por 3 câmaras de floculação com gradientes de velocidades escalonados em 70, 50 e 20s⁻¹ e tempo de detenção hidráulica de 20min. Adotaram-se os valores da largura (Bf) e da profundidade (H) do floculador conforme as dimensões atuais desta unidade na ETA-TB, que para o tanque de floculação possui 40,m de largura e 2,8m de comprimento.

A geometria e velocidade do tanque de floculação para a etapa de mistura lenta dimensionado com base no roteiro de cálculos da Tabela 1 possui os valores calculados expressos na Tabela 4.

V_f (m ³)	A_s (m ²)	B_f (m)	a (m)
7,680	1,920	0,463	0,154

Tabela 4 – Resultados dos cálculos do dimensionamento geométrico e da velocidade do floculador

De posse dos resultados descritos na Tabela 4 foram calculados os parâmetros do floculador hidráulico de chicanas de fluxo vertical, conforme Tabela 5.

Observa-se na Tabela 5 a necessidade de alguns ajustes, pois os valores determinados para estes não estão de acordo com o que é preconizado pela norma (NBR 12216), principalmente com relação ao gradiente de velocidade na primeira câmara e os espaçamentos entre chicanas, nas 3 câmaras de floculação.

Parâmetro	Resultados		
	70	50	20
Câmara (Gradiente de velocidade s⁻¹)	70	50	20
Número de chicanas	31	25	13
Espaçamento entre as chicanas (m)	0,134	0,168	0,309
Velocidade nos trechos retos V_1 (m/s)	0,310	0,248	0,134
Velocidade nos trechos em curva V_2 (m/s)	0,207	0,165	0,090
Extensão dos canais (m)	123,96	99,05	53,77
Raio hidráulico R_h (m)	0,036	0,040	0,051
Área em cada trecho (m²)	0,020	0,025	0,047
Perda de carga unitária (10⁻⁴m/m)	9,89	5,40	1,14
Perda de carga distribuída (m)	0,122	0,053	0,006
Perda de carga localizada (m)	0,217	0,110	0,017
Perda de carga total (m)	0,339	0,164	0,024
Gradiente de velocidade (s⁻¹)	88,53	61,56	23,38

Tabela 5: Resultados dos cálculos dos parâmetros hidráulicos do floculador

Para tanto, a decisão de projeto adotada foi a de recalcular os parâmetros a partir da alteração do número de chicanas para: 24, 19 e 11, respectivamente para os gradientes de velocidades de 70, 50 e 20 s⁻¹. A partir destes obteve-se os valores conforme resultados expressos na Tabela 6.

Parâmetro	Resultados		
	70	50	20
Câmara (Gradiente de velocidade, s⁻¹)	70	50	20
Número de chicanas	24	19	11
Espaçamento entre as chicanas (m)	0,173	0,218	0,377
Velocidade nos trechos retos V₁ (m/s)	0,240	0,190	0,110
Velocidade nos trechos em curva V₂ (m/s)	0,160	0,127	0,073
Extensão dos canais (m)	96,0	76,0	44,0
Raio hidráulico R_h (m)	0,041	0,045	0,055
Área em cada trecho (m²)	0,020	0,025	0,047
Perda de carga unitária (10⁻⁴ m/m)	4,97	2,71	0,70
Perda de carga distribuída (m)	0,047	0,020	0,003
Perda de carga localizada (m)	0,100	0,049	0,009
Perda de carga total (m)	0,148	0,070	0,013
Gradiente de velocidade (s⁻¹)	58,54	40,32	17,09

Tabela 6: Resultados recalculados dos parâmetros hidráulicos da Floculação

Com base nos resultados obtidos atribuindo os novos valores para o número de chicanas foi possível verificar que os valores dos gradientes de velocidades resultaram dentro do intervalo de variação de 20% (Tabela 6), recomendado pela NBR 12216 (ABNT NBR, 1992). Ainda em relação às recomendações da referida norma técnica, os espaçamentos entre as chicanas resultaram em valores menores do que 0,60m, contudo, conforme preconiza a norma, estes podem ser menores; desde que seja facilitada a remoção das chicanas. Para tanto, estas foram projetados em madeira. Observa-se também (Tabela 6) que a decisão de projeto adotada resultou no aumento dos valores dos espaçamentos entre as chicanas, o que facilita a limpeza do tanque de floculação.

Já para a etapa de decantação foi redimensionada a geometria do decantador, para possibilitar o dimensionamento da cortina de distribuição como forma de promover melhoria ao tratamento empregado, pois foi observada a ausência desse dispositivo na ETA – Terras Baixas.

A partir dos dados descritos na metodologia (Tabela 2) foram obtidos os seguintes resultados calculados expressos na Tabela 7.

A ₁ (m ²)	A _{dec} (m ²)	B (m)	L (m)	Q _{dec} (m ³ /s)	TDH (h)	q (m ³ /m ² .dia)
22,12	11,06	1,49	7,44	0,0032	3,84	25,0

Tabela 7: Valores do dimensionamento da geometria dos decantadores

Observa-se (Tabela 7) que os resultados estão próximos das dimensões do projeto atual da ETA Terras Baixas, sendo assim, foram adotadas as medidas de comprimento $L = 7,0\text{m}$ e largura $B = 2,0\text{m}$, para cada unidade de sedimentação, que correspondem aos atuais. A partir destes, obteve-se a velocidade longitudinal de $V_l = 0,040\text{cm/s}$, valor que atende o que preconiza a NBR 12216. A norma determina que V_l deve ter o valor de até $0,50\text{cm/s}$ para ETAs com capacidade de tratamento de até $10.000\text{m}^3/\text{dia}$ (ABNT NBR, 1992).

Os resultados do dimensionamento da cortina de distribuição foram obtidos a partir dos dados estimados para a geometria dos vertedores e da velocidade de passagem nos furos, valores descritos na metodologia. A Tabela 8 expressa os resultados do dimensionamento da cortina de distribuição:

Parâmetros	Resultados
Área transversal do decantador (m^2)	0,213
Área do orifício (m^2)	0,0049
Área individual de influência dos orifícios (m^2)	0,178
Lado da área individual de influência (m)	0,422
Número de orifícios	43,53 (adotado 45)
Número de fileiras horizontais	4,74
Número de fileiras verticais	9,48

Tabela 8: Resultados do dimensionamento da geometria da cortina de distribuição

A NBR 12216 recomenda que a cortina de distribuição tenha o maior número possível de orifícios uniformemente espaçados de acordo com a largura e altura útil, portanto, os valores estimados para velocidade de passagem nos furos e a geometria dos furos dos vertedores, foram adotados, de modo que resultasse no maior número de orifícios possíveis. De acordo com os resultados expressos na Tabela 12, o número de orifícios calculados resultou em 43,53, sendo assim, foram adotados 45 orifícios, em 5 fileiras horizontais e 9 verticais. A partir destes, foram calculados os próximos parâmetros expressos na Tabela 9 referentes ao espaçamento entre orifícios, velocidade de escoamento e distância da cortina à entrada.

Parâmetros	Resultados
Espaçamento vertical entre os orifícios (m)	0,444
Espaçamento horizontal entre os orifícios (m)	0,400
Velocidade de escoamento nos orifícios (m/s)	0,029
Distância da cortina a comporta de entrada (m)	0,165

Tabela 9: Resultados do espaçamento da cortina de distribuição do decantador

Os resultados dos espaçamentos entre os orifícios estão em conformidade com a NBR 12216 a qual determina que estes valores devem ser menores que 0,50m, assim como a velocidade de escoamento calculada que é próxima ao valor estimado, logo o valor adotado pode ser utilizado. A distância da cortina à comporta de entrada, de acordo com a NBR 12216, não pode ser inferior a 1,5m, sendo assim, foi adotado o valor de 1,5 e este foi utilizado para calcular os parâmetros hidráulicos seguintes descritos na Tabela 10.

Parâmetros	Resultados
Raio Hidráulico (m)	0,0175
Número de Reynolds	1904,17
Fator de atrito	0,0579
Perda de carga unitária (10⁻⁵ m/m)	7,10
Gradiente de velocidade (s⁻¹)	4,35

Tabela 10: Resultados do gradiente de velocidade

De acordo com a Tabela 10 observa-se que o gradiente de velocidade resultou em 4,35s⁻¹, valor que está em conformidade com a NBR 12216, que recomenda que os gradientes de velocidade nos furos dos vertedores da cortina de distribuição sejam iguais ou inferiores a 20s⁻¹.

4 | CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados do diagnóstico da ETA Terras Baixas foi observado para a etapa de coagulação, ficar de acordo com a norma NBR 12216 é necessário a instalação de um difusor com furos distribuídos para a aplicação do coagulante e que com as próprias medidas da ETA, para os tanques de floculação e decantação é possível fazer dimensionar o floculador hidráulico e instalar uma cortina de distribuição para a etapa de decantação, em conformidade com o que preconiza a norma, sem grandes alterações da infraestrutura existente, possibilitando concluir que o estudo pode auxiliar o gestor na tomada de decisão com as propostas exequíveis sugeridas.

De posse dos resultados, estima-se que a proposta de dimensionamento para a ETA Terras Baixas capacita a mesma a produzir água potável para a região, com possibilidades de economia e eficiência na operação e manutenção, além de adequá-la as normas vigentes e visarem um aumento de sua eficiência. Acreditamos que a metodologia de análise e dimensionamento propostas podem vir a contribuir para dimensionamentos de reformas, ampliações e construções de estações de tratamento de água por ciclo completo, para pequenas regiões.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12216-92 - **Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. **Portaria de consolidação de nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2017.

CESTARI, J. L. **Estudo Hidrodinâmico de Floculadores Mecanizados aplicados ao Tratamento de Água**. 2011. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

DEBIASI, R.; BENETTI, A. D. **A methodology to assess vulnerability in small communities drinking water systems**. Brazil Journal of Water Resources, v. 24, n. 44, p. 1-10, 2019.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: RIMA, 2005.

DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2010.

FILHO, S. S. F.; MIERZWA, J. C. **Projeto – ETA**. Programa da disciplina PHA 3411 do primeiro semestre de 2017. Disponível em: <http://pha.poli.usp.br/default.aspx?id=27&link_uc=disciplina> Acesso em: 10 de nov. 2019.

FREITAS, A. G.; OLIVEIRA, D. C.; BASTOS, R. K. X. Intervenções de melhoria e controle da qualidade da água para consumo humano. Estudo de caso da ETA UFV. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFV, 14., 2004, **Anais SICUFV**.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG. 2010.

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

MELO, L. D. V. **Avaliação Estatística do Desempenho de Estações de Tratamento de Água, em função da tecnologia, do porte e do tipo de manancial**. 168 f. Tese de Doutorado – Programa de pós- graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - **CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

PEREIRA, G. L.; DA SILVA G. A.; LIBÂNIO, M. Proposição de sistema de indicadores de desempenho operacional de estações de tratamento de água à luz do prestador de serviço: aplicação a cinco estações de ciclo completo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 1163 – 1172, 2018.

REIS, A. C. de A. **Tratamento de Água: Gradiente de velocidade na Coagulação-Floculação**. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Química, Universidade de Uberaba, Uberaba, 2017.

RAMOS, R. C. **Proposta de melhoria para a estação de tratamento de água no município de Formiga – MG visando o aumento da capacidade de água tratada**. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Formiga, Universidade de Formiga, Formiga, 2017.

RICHTER, A. C.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2009.

SANTOS, J. O.; SANTOS, R. M. S.; GOMES, M. A. D.; MIRANDA, R. C.; NÓBREGA, I. G. M. **A qualidade da água para o consumo humano: Uma discussão necessária**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, n. 2, p. 19-26, 2013.

SILVA, T. S. **Concepção autossustentável de uma estação de tratamento de água para o município de Campina Grande – PB**. 102f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

SILVA, P. A G.; MORUZZI, R. B. Reversibility of al-kaolin and al-humic aggregates monitored by stable diameter and size distribution. Brazilian **Journal of Chemical Engineering**, n. 3, p. 1029-1038, 2017.

SMIT, R.; VAN DE LOO, J.; VAN DE BOOMEN, M.; KHAKZAD, N.; VAN HECK, J. G.; WOLFERT, A.R.M. Long-term availability modelling of water treatment plants. **Journal of Water Process Engineering**, n. 28, p. 203-213, 2019.

VIANNA, M. R.; RIPPEL, E. C. **Reforma dos filtros da estação de tratamento de água Parque da Imprensa utilizando tubos de polietileno de alta densidade em seus sistemas de drenagem e lavagem com ar e água**. In: Anais do SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 14, 2010.

ZHANG, K.; ACHARI, G.; SADIQ, R.; LANGFORD, C. H.; DORE, M. H. I. An integrated performance assessment framework for water treatment plants. **Water Research**, n. 46, p. 1673 - 1683, 2012.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de água 58, 71, 73, 84, 91, 92

Água 2, 3, 4, 6, 13, 16, 18, 23, 34, 36, 39, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 98, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 112, 113

Água bruta 73

Água doce 3, 51, 53, 58

Água do mar 65, 66, 67

Água potável 36, 58, 63, 65, 67, 71, 72, 74, 83, 88

Águas cinza 94

Águas negras 93, 94, 95, 97, 101

Águas subterrâneas 43, 44, 45, 47, 49

Amostras 49, 57, 59, 60, 61, 62, 64, 68, 89, 110, 112, 113

Aumento populacional 87

B

Bactérias 34, 42, 65, 96, 103, 108

C

Chuva 3, 4, 16, 17, 18, 19, 66, 67

Condutividade elétrica 43, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61

Consumo humano 48, 58, 62, 64, 65, 68, 69, 72, 73, 84, 85

D

Dureza total 57, 58, 59, 63

E

Educação ambiental 93, 95, 99, 100, 101, 116

Efluente 37, 93, 94, 96

Esgoto 34, 36, 37, 40, 42, 93, 94, 95, 101, 103, 116

Esgotos domiciliares 94

Estação de tratamento de água 71, 73, 74, 84, 85

Estação de tratamento de esgoto 116

F

Fungos 108, 112, 113, 114

G

Glicerina 104, 105

Gorduras 103, 104, 105, 106, 114

H

Hidrômetro 88, 90, 91

I

Impactos ambientais 36, 42, 102, 113

Íons cloretos 57, 58, 68

L

Lagos 3, 36

Lixiviação 47

M

Macromedição 88

Meio ambiente 3, 35, 36, 37, 39, 42, 47, 55, 68, 84, 87, 93, 99, 101, 102, 103, 112

Micromedição 88, 90

Município 1, 2, 4, 5, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 33, 37, 41, 42, 57, 58, 63, 67, 68, 69, 71, 73, 75, 85, 88, 89, 91

O

Óleos 103, 104, 105, 106, 114

P

Potencial hidrogeniônico 58, 59, 64, 108, 109

Precipitação pluviométrica 1, 2, 4, 9, 15, 16, 31, 45

R

Recurso natural 58

Recursos hídricos 3, 4, 15, 17, 31, 32, 47, 48, 55, 84, 87

Resíduos sólidos 34, 36, 39, 41, 53, 99

Rios 23, 36, 54, 65, 67

S

Sabão 63, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Salinidade 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 69

Saneamento 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 58, 64, 69, 84, 92, 94, 101

Saponificação 102, 103, 104, 105, 114

Saúde populacional 38

Semiárido 4, 14, 43, 44, 45, 47, 52, 55

Sistemas de mananciais 58

Sólidos totais dissolvidos 57, 58, 59, 61, 62

T

Tanque de evapotranspiração 93, 101

Tratamento de esgoto 36, 40, 94, 95, 101, 116

Turbidez 47, 57, 58, 59, 62, 63, 69

TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 