

# 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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 Piscoya  
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 BAIRRO 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**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>116</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>117</b>

# CAPÍTULO 1

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

*Data de aceite: 23/11/2020*

*Data de submissão: 04/09/2020*

### **Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0001-7565-7873>

### **Filipe Mendonça de Lima**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-8748-7688>

### **Ana Luíza Xavier Cunha**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-3678-4340>

### **Moacyr Cunha Filho**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-3466-8143>

### **Guilherme Rocha Moreira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0001-6344-1151>

### **Renisson Neponuceno de Araújo Filho**

Universidade Federal do Tocantins - UFT  
Gurupi - TO  
<http://orcid.org/0000-0002-9747-1276>

### **Dâmocles Aurélio Nascimento da Silva Alves**

Universidade de Pernambuco - UPE  
Garanhuns - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-7928-1276>

### **Victor Casimiro Piscoya**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/4581165998180986>

### **Jucarlos Rufino de Freitas**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0002-3497-4263>

### **Denise Stéphanie de Almeida Ferreira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0001-5150-9331>

### **Maria Marciele de Lima Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0001-5185-2711>

### **Natália Moraes Cordeiro**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
UFRPE  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/5022312724673079>

**RESUMO:** O estudo das condições climáticas e suas mudanças associadas a elas são de grande importância para uma sociedade. Principalmente por apresentarem grandes implicações na vida

cotidiana, como é o caso das previsões da precipitação podendo interferir, desde as questões econômicas, ambientais e sociais. A pesquisa teve como objetivo realizar a previsão da precipitação pluviométrica do município de Vitória de Santo Antão – PE para os próximos quatro anos. Os dados são registros pluviométricos do posto 26 da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC), localizado no próprio município. Foram analisados os valores diários do ano de 1970 a 2018. A análise estatística foi realizada a partir dos seguintes testes: de KPSS, de Mann-Kendall e a metodologia de Box-Jenkins. Observou-se que em alguns anos, ocorreram precipitações significativamente acima da média, como nos anos de 1978, 1986, 2000, 2005 e em 2011, estando todos acima de 1.309 mm. Já as séries pluviométricas mínimas foram registradas em torno de 300 a 1.000 mm, com destaque para os anos de 1995 a 2003, e mais recentemente entre 2014 a 2018. Diante dos resultados obtidos concluiu-se que os valores de precipitação previstos para o município de Vitória de Santo Antão – PE, para os próximos quatro anos, encontram-se abaixo da média (1.309 mm).

**PALAVRAS-CHAVE:** Séries temporais, índice pluviométrico, tendência.

## MODELING OF PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN THE MUNICIPALITY OF VITÓRIA DE SANTO ANTÃO- PE

**ABSTRACT:** The study of climatic conditions and their associated changes are of great importance to a society. Mainly because they present great implications in everyday life, as is the case of precipitation forecasts that may interfere, from economic, environmental and social issues. The objective of the research was to predict rainfall in the municipality of Vitória de Santo Antão - PE for the next four years. The data are pluviometric records of station 26 of the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC), located in the municipality itself. The daily values of the year 1970 to 2018 were analyzed. The statistical analysis was performed from the following tests: KPSS, Mann-Kendall and Box-Jenkins methodology. It was observed that in some years, rainfall occurred significantly above the average, as in the years of 1978, 1986, 2000, 2005 and in 2011, all being above 1,309 mm. The minimum rainfall series were recorded around 300 to 1,000 mm, with emphasis on the years 1995 to 2003, and more recently between 2014 and 2018. In view of the results obtained, it was concluded that the precipitation values predicted for the municipality of Vitória de Santo Antão - PE, for the next four years, are below average (1,309 mm).

**KEYWORDS:** Groundwater, salinity, geotechnology.

## 1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma sociedade está diretamente ligado ao clima predominante em sua região, muitas comunidades primitivas não prosperaram devido às condições climáticas e meteorológicas da localização em que estavam instaladas. Desde então, observou-se que aspectos físicos, geográficos e climáticos são extremamente importantes para o desenvolvimento socioeconômico de uma

região (SOUZA et. al., 2012).

O mundo está sendo afetado pelas mudanças climáticas regionais, que de forma paulatina vem aumentando a temperatura do ar, que consequentemente resulta em maiores taxas de evaporação, causa mudanças na circulação atmosférica, acelera o ciclo hidrológico, aumentando ou reduzindo a capacidade de armazenamento d'água que por sua vez afeta a disponibilidade e a qualidade desse recurso (ZHAO et al., 2013). Os aumentos das temperaturas decorrentes do aquecimento global, independentemente das mudanças ocorridas na precipitação, já é um fator relevante, pois seria capaz de aumentar a evaporação dos lagos e reservatórios, isto é, mesmo havendo um aumento no volume de chuvas, a água se tornaria um bem escasso, com rígidas consequências para a sustentabilidade e desenvolvimento mesmo que regional (MARENGO, 2010).

Segundo Souza e Azevedo (2012) as variabilidades climáticas exercem uma influência significativa sobre as atividades humanas, pois podem oscilar quanto à temperatura, precipitação e frequência de eventos extremos como: secas e chuvas intensas, resultando em impactos na agricultura, nos recursos hídricos, na saúde, sobre o meio ambiente, em escala local ou regional.

A precipitação e a temperatura são variáveis climáticas fundamentais para compreensão da dinâmica do meio físico dentro do ciclo hidrológico, o entendimento de seu comportamento sazonal e suas tendências pode ser uma estratégia para o planejamento do meio ambiente, geração de energia e agricultura. Essas mudanças nessas variáveis são consideradas como ameaças mais significativas à sobrevivência de vários ecossistemas, populações, as quais já estão sendo detectadas. Mudanças na temperatura e precipitação terão consequências drásticas nos recursos hídricos, afetando o consumo de água doce, geração de energia e agricultura (SILVA, 2005).

Segundo Silva et al. (2011) as irregularidades no regime pluviométrico são provocadas pelas mudanças da frequência e/ou intensidade dos eventos de precipitação. O melhor entendimento do comportamento da precipitação pluvial, com vistas ao seu aproveitamento máximo nas atividades as quais necessitam do uso da água, pode ser obtido com o estudo do número de dias de chuva.

O cenário climático brasileiro segue a mesma tendência do aquecimento global, em que as mudanças mais relevantes acontecem na temperatura e precipitação, modificações nos padrões de chuva e alterações na distribuição de extremos climáticos, ou seja, a distribuição se torna mais heterogênea, provocando eventos extremos (secas, enchentes ou inundações) (ASSIS et al., 2012). Ao longo do tempo é observado de acordo com Silva et al. (2016), que a variabilidade climática, dependendo da região, podem ocorrer alterações contínuas ou mesmo ciclos dos elementos climatológicos, a exemplo da temperatura e precipitação.

Nos últimos anos foram realizados alguns estudos a respeito da precipitação

de chuva em diferentes regiões do país, como o estudo de Marcuzzo et al. (2010) que analisou o Cerrado Mato-Grossense (MT), o de Malvestio (2007) que investigou o município de Campinas (SP) e o de Silva et al. (2011) no Nordeste brasileiro.

A região Nordeste do Brasil caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial para evaporação da água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano (SILVA et al., 2010). Observa-se uma grande variedade climática, podendo-se verificar desde o clima semiárido no interior da Região, com precipitação média total anual inferior a 500 mm/ano, até o clima tropical, observado principalmente na costa leste da Região, com precipitação acumulada anual superior a 1500 mm (SANTOS et al., 2013).

Utilizaremos a já consolidada metodologia Box e Jenkins (Box et al, 2015) com modelos do tipo ARIMA para previsão das séries temporais. A metodologia foi aplicada por Pereira et al (2015) para dados de precipitação e temperatura na cidade de Areira-PB, com resultados satisfatórios. Chechi e Sanches (2013) também a utilizaram com dados pluviométricos da cidade de Erechim-RS com a inclusão de covariáveis (temperatura máxima, mínima e Normal Climatológica de precipitação) em modelos do tipo SARIMAX. Lúcio et al (2010) comparou diferentes modelos para cidades em diferentes regiões do país e concluiu que as estimativas conseguidas tanto pelo Modelo de Alisamento Exponencial quanto o modelo Box-Jenkins são aceitáveis no âmbito meteorológico. O mesmo autor esteve presente no estudo de Camelo et al (2017) para previsão de velocidade do vento no Nordeste do Brasil, que combinou modelos do tipo ARIMA e Holt-Winters e Redes Neurais Artificiais, conseguindo uma boa redução das variáveis de erro com esses modelos híbridos.

O município de Vitória de Santo Antão está distante aproximadamente 51 km da capital, Recife, possui 129.974 habitantes distribuídos em uma área de 371,803 km<sup>2</sup> (CONDEPE/FIDEM, 2010). Está localizado na mesorregião Mata e na Microrregião Vitória de Santo Antão do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Glória do Goitá e Chã de Alegria, a sul com Primavera e Escada, a leste com Moreno, Cabo e São Lourenço da Mata, e a oeste com Pombos (CPRM, 2005).

O estudo é de fundamental relevância, pois os impactos das modificações climáticas sobre os recursos hídricos, é estratégico para a elaboração, implementação e fortalecimento de políticas públicas associadas ao gerenciamento dos recursos hídricos. Em especial, o município de Vitória de Santo Antão por ser um território que sofreu com enchentes no passado, ressalta-se os anos de 2005 e 2010.

Nesse sentido, o estudo pluviométrico deste território apresenta grande importância para o desenvolvimento e segurança do município. Assim, o estudo tem como objetivo modelar e prever a precipitação pluviométrica anual do município

de Vitória de Santo Antão - PE.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Vitória de Santo Antão está localizada a 51 km da capital de Pernambuco e pertence a mesorregião da Mata Pernambucana (Figura 1). A região é caracterizada pelo predomínio de pequenas propriedades rurais produtoras de hortaliças e estrutura familiar de produção, na qual a atividade de destaque é o cultivo de frutas, verduras e hortaliças, abastecendo não só o município como também a capital pernambucana e outras regiões (NORONHA, 2013).

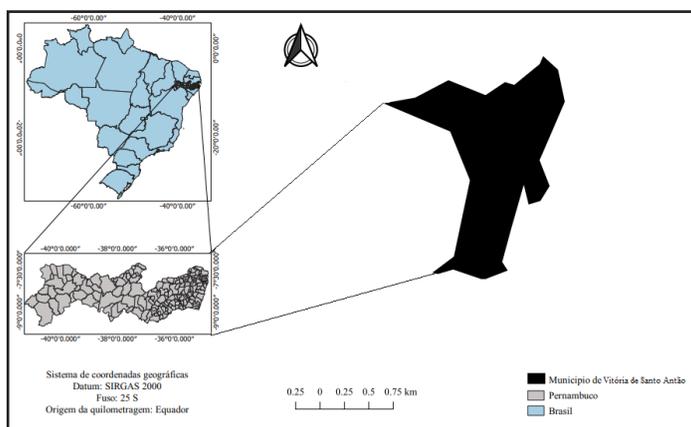


Figura 1: Mapa da Localização espacial do município de Vitória de Santo Antão do Brasil, com área de estudo entre os anos de 1970 a 2018.

Fonte: Próprio autor.

Os dados analisados são registros pluviométricos de posto de monitoramento (posto 26), localizado no município de Vitória de Santo Antão – PE. Foram analisados os valores anuais desse posto no período de 1970 a 2018. Os dados são provenientes do sistema de monitoramento pluviométrico da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). Como houve uma lacuna de registro nos meses 10/1974, 10/1979, 06/1992, 07/1992, 08/1992, 10/1992, 11/1992, 12/1992, 12/1995, 12/2002, preenchemos com os dados da Agência Nacional de Águas (ANA), referente ao posto 835068, presente no mesmo município. Tal preenchimento fez-se necessário para se calcular mais precisamente a precipitação anual referente ao ano de 1992, que possuía muitas lacunas.

A região nordeste se posiciona numa área de transição entre os elevados totais anuais de precipitação da Região Amazônica, que ultrapassam a marca dos

3000 mm/ano, e a região central do Atlântico Sul, com totais anuais de precipitação sob o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul inferiores a 300 mm/ano. Assim, essa região recebe totais pluviométricos anuais entre 600 mm/ano na sua parte central a 1800+ mm/ano na porção amazônica do Maranhão, com totais entre 1200 a 1500 mm/ano na região do litoral (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2012).

A NEB caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial para evaporação da água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano (SCHMIDT et al., 2013).

A análise estatística foi realizada a partir dos seguintes testes: para estacionariedade foi utilizado o teste de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS), para tendência o teste de Mann-kendall e para a realização da previsão a metodologia de Box-Jenkins, tendo como modelo (ARIMA).

## 2.1 Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS)

O teste de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS, 1992) foi criado com o intuito de criar um contraponto aos tradicionais testes de raiz unitária em que a hipótese nula é de existência de raiz unitária. Nesse teste a hipótese nula é de que a série seja estacionária. Em sua versão mais simples supõe-se que:

$$y_t = d_t + \mu_t, \text{ e que } \Delta \mu_t \text{ é um } MA(1), \text{ isto é:}$$

$$\Delta \mu_t = (1 - \theta L)v_t, \text{ onde } v_t \text{ é estacionário.}$$

A hipótese nula é  $\theta = 1$  (e nesse caso  $\mu_t$  é estacionário, pois  $\mu_t = (v_t + \mu_0 - V_0)$ ). A hipótese alternativa é de que  $|\theta| < 1$ , já que neste caso  $\mu_t$  tem raiz unitária autorregressiva e portanto é não estacionária.

## 2.2 Mann-Kendall

O teste sequencial de Mann-Kendall (SNEYERS, 1975) é uma análise estatística não paramétrica que considera a hipótese de estabilidade de uma série temporal cuja sucessão de valores ocorre de forma independente e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples) (PINHEIRO et al., 2013).

Seja  $t_n = \sum_{i=1}^N m_i$ , em que,  $m_i$  = número de termos da série em relação a  $Y_i$ , cujos termos precedentes ( $j < i$ ) são inferiores ao mesmo tempo ( $Y_j < Y_i$ ). Para séries com grande número de termos ( $N$ ), sob a hipótese nula de ausências de tendências ( $H_0$ ),  $t_n$  apresentará uma distribuição normal com média e variância dada por:

$$E_{(t_n)} = \frac{N(N-1)}{N} \quad \text{e} \quad Var_{(t_n)} = \frac{N(N-1)(2N+5)}{72},$$

Testando a significância estatística de  $t_n$  para a hipótese nula, usando um

teste bilateral, esta pode ser rejeitada para grandes valores da estatística  $U(t_n)$ , fornecida pela equação:

$$U(t_n) = \frac{(t_n - E(t_n))}{(\text{var}(t_n))^{\frac{1}{2}}}$$

### 2.3 Box e Jenkins

Os modelos Box-Jenkins, genericamente conhecidos por ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) que em português é denominado de Autorregressivos Integrados de Médias Móveis. São modelos matemáticos que visam captar o comportamento da correlação seriada ou autocorrelação entre os valores da serie temporal, e, com base nesse comportamento, realizar previsões futuras (WERNER; RIBEIRO, 2003).

A estratégia utilizada para a construção de modelos, pela metodologia Box & Jenkins, é baseada no ciclo iterativo, Figura 2, no qual a estrutura do modelo é formada pelos próprios elementos da série.

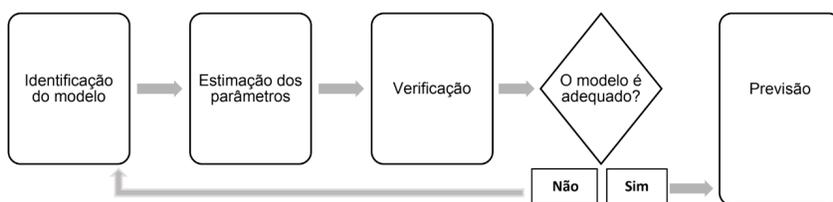


Figura 2. Fluxograma do ciclo iterativo de Box-Jenkins.

### 2.4 Critério de seleção

Ao se selecionar os modelos é preciso ter em mente que não existem modelos verdadeiros. Há apenas modelos aproximados da realidade que, causam perda de informações. Deste modo, é necessário fazer a seleção do “melhor” modelo, dentre aqueles que foram ajustados, para explicar o fenômeno sob o estudo. Akaike (1974) utilizou a Informação de Kullback-Leibler para testar se um dado modelo é adequado. Porém seu uso é limitado, pois depende da distribuição  $g$  (modelo verdadeiro), que é desconhecida.

Critério de Informação de Akaike (AIC), desenvolvido por Hirotugu Akaike sob o nome de “um critério de informação”.

$$AIC = n \log \log (\sigma^2) + 2k$$

O Critério de informação Bayesiano (BIC) (*Bayesian Information Criterion*)

onde esse critério é baseado no AIC.

$$BIC = -2\ln L + p\ln n$$

Onde  $L$  representa a função máxima de verossimilhança do modelo;  $n$  corresponde ao número de observações na amostra;  $p$  é o número de parâmetros a serem estipulado.

## 2.5 Função de Autocovariância – FAC

A função de autocovariância do processo do processo estocástico  $Z_{(w,t)}$ , representado por  $Y_k$  (ordem  $k$ ) é o momento central conjunto das variáveis aleatórias  $Z_t$  e  $Z_{t+k}$  e é calculada através da equação :

$$\hat{\gamma}_k = E[(Z_t - \mu(t))(Z_{t+k} - \mu(t+k))],$$

Em que:  $Z_t$  é a observação no instante  $t$  e  $\underline{Z}$  é a média da amostra. O estimador para a autocovariância é dado pela equação:

$$\hat{\gamma}_k = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Z_t - \underline{Z})(Z_{t-k} - \underline{Z}),$$

## 2.6 Função de Autocorrelação Parcial (FACP)

Assim se define correlação entre  $Z_t$  e  $Z_{t-1}$ , removendo o efeito das variáveis  $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k+1}$  essa medida, para séries estacionárias, é chamada a autocorrelação parcial até a posição  $k$  e será denotada por  $\phi_{kk}$ , se  $Z_t$  é uma série normalmente distribuída, ou seja,

$$\phi_{kk} = \text{Corr} \frac{(Z_t, Z_{t-k})}{(Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k+1})},$$

em que  $\phi_{kk}$  é o coeficiente de correlação da distribuição de  $Z_t, Z_{t-k}$  condicional a  $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k+1}$ .

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Na Figura 3, observa-se a precipitação anual (em mm) do posto em estudo no período de 1970 e 2018, realçando na cor azul e em sua variabilidade. Também se observa a precipitação anual média do mesmo período (1.051,7mm) para o posto analisado, representada pela cor vermelha.

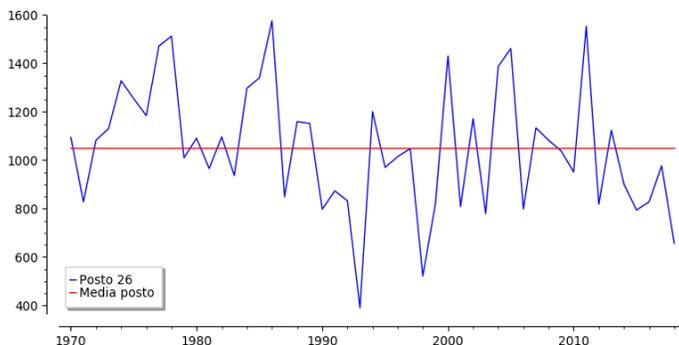


Figura 3. Precipitação anual e média de precipitação para Vitória de Santo Antão-PE.

No período em estudo (1970-2018) a precipitação média anual foi de 1.051,7mm. Assim, ainda de acordo com a Figura 3, observa-se que em alguns anos, ocorreram precipitações significativamente acima da média do período estudado, como no ano de 1978, 1986, 2000, 2005 e em 2011. Já as séries pluviométricas abaixo da média histórica foram registradas em torno de 389 a 1.000mm, com destaque para os anos de 1995 a 2001, e mais recentemente entre 2014 a 2018.

Um estudo realizado por Duarte (2011), com o objetivo de analisar a variabilidade no comportamento da precipitação pluviométrica no município de Vitória de Santo Antão, identificou que o ano de 1986 apresentou o maior total mensal de precipitação verificado na série estudada (1921-2007) e, após a década de 1970, houve um período consecutivo de treze anos de chuvas acima da média climatológica, o qual se mostrou bem correlacionado com a fase negativa do Dipolo do Oceano Atlântico Tropical.

O presente estudo não corrobora com os dados dos autores que identificaram a média da precipitação no ano de 1986 abaixo da média anual de precipitação no estudo de Silva et al. (2010). O ano de 1985 foi o ano de máxima precipitação anual no período tanto para o posto 26 quanto para o posto 835068 da ANA, também utilizado no mesmo estudo.

De acordo com Lacerda (2015) diversos fatores podem contribuir para explicar a alta variabilidade da precipitação sobre o Nordeste do Brasil, dentre eles a flutuação nos valores da Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Pacífico Tropical e do Atlântico. O resultado referente à tendência da série temporal, através do teste de Mann Kendal, indica que durante o período observado há uma tendência estatisticamente significativa ( $p$ -valor = 0,04). Ou seja, as observações da série possuem tendência monotônica.

Para essa série temporal identificou-se a presença de tendência significativa negativa, o que converge com os resultados obtidos por Silva (2013) em que ao

averiguar 59 postos em Pernambuco (78,6%) apresentaram tendência e 13 postos (17,3%) apresentaram alguma tendência significativa; enquanto apenas 1 posto (1,3%) apresentou tendência significativa de aumento, ou seja, cerca de 93,9% dos postos apresentaram tendência significativa negativa, permitindo concluir que houve uma maior tendência de diminuição da precipitação total anual no Estado.

Na Figura 4 percebe-se que a série apresentou um comportamento senoidal ou exponencial amortecido, em seguida todos no intervalo de confiança. Construindo um intervalo em torno da estimativa pontual de modo que ele tenha uma probabilidade conhecida de conter o verdadeiro valor do parâmetro. Tipicamente as distribuições amostrais de estimadores dos parâmetros desconhecidos foram utilizadas.

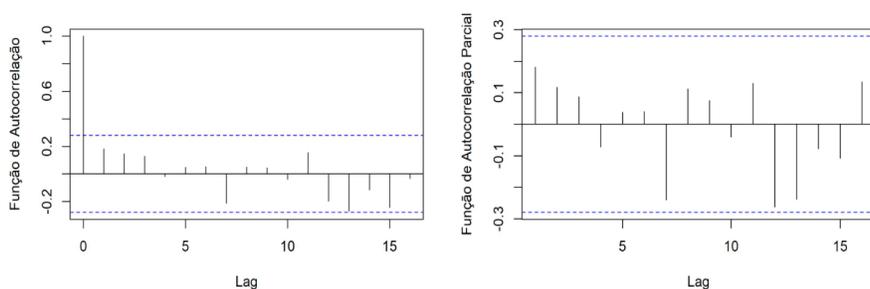


Figura 4. Padrões de comportamento dos gráficos dos correlogramas da FAC e da FACP.

Para a análise de séries temporais faz-se necessário verificar se a mesma é estacionária, assim foi escolhido o teste de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS, 1992), para analisar a estacionariedade. Considerando o nível de significância de 5%, a hipótese nula de estacionariedade é rejeitada ( $p\text{-valor}=0,01$ ).

A Tabela 1 demonstra os resultados só utilizados no modelo do critério de seleção Akaike (AIC) e de Informação Bayesiano BIC, levando em consideração os modelos dos resíduos da verossimilhança, tamanho da amostra, e número de parâmetros.

ARIMA (p,d,q)	AIC	BIC
(0,0,1)	695,8185	701,4940
(0,1,1)	684,1338	687,8762
(1,1,1)	685,5504	691,1640
(1,1,0)	692,5756	696,3180
(1,0,0)	695,5021	701,1775

Tabela 1. Comparativo entre os modelos desenvolvidos e as medidas de acurácia (AIC e BIC).

A respeito da comparação entre os critérios de seleção Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC), em busca do modelo mais parcimonioso, levando em consideração os modelos dos resíduos da verossimilhança, tamanho da amostra, e número de parâmetros. Os menores valores de (AIC) e (BIC), que define o modelo a ser ajustado. Desta forma, os modelos ARIMA (0,1,1) e ARIMA (1,1,1) mostraram-se mais parcimonioso.

A avaliação dos modelos foi realizada por meio da análise de resíduos, se o modelo estiver bem estimado, os resíduos serão estimados de ruído branco e, assim os coeficientes de autocorrelação dos resíduos devem ser estatisticamente iguais a zero. Na Figura 4 é possível ter a contemplação do diagnóstico do modelo ARIMA (0,1,1), para a série de precipitação, na qual se evidencia que as pressuposições dos resíduos do modelo atendeu as suposições de independência.

Além da análise do resíduo, verificou-se adequabilidade do modelo através do teste de Ljung-Box. Ambos modelos não rejeitaram a hipótese de bondade do ajuste, pois todos os p-valor são superiores a 5% (Figuras 5 e 6).

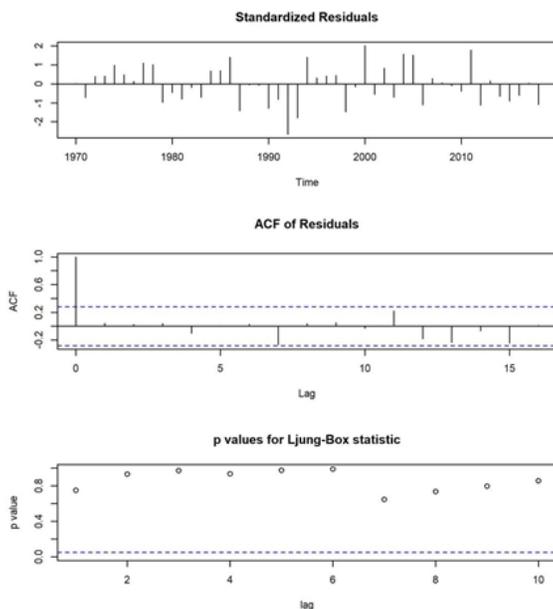


Figura 5. Diagnósticos dos modelos ARIMA (0,1,1) com os resíduos padronizados, função de autocorrelação e teste de Ljung-Box.

Na Figura 6 verifica-se a contemplação do diagnóstico do modelo ARIMA (1,1,1), para a série de precipitação, na qual se evidencia que a pressuposições dos resíduos do modelo atendeu as suposições de independência. Além da análise

do resíduo padronizado, verificou-se adequabilidade do modelo através do teste de Ljung-Box e função da autocorrelação. O modelo não rejeitou a hipótese de bondade do ajuste, pois todos os *p-valor* são superiores a 5%.

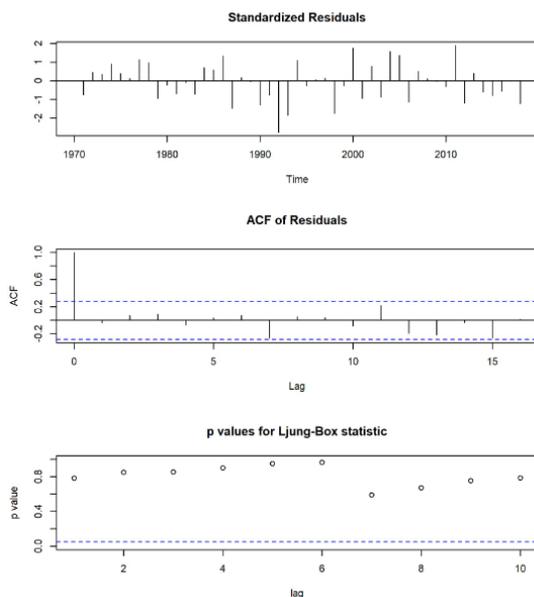


Figura 6. Diagnósticos dos modelos ARIMA (1,1,1) com os resíduos padronizados, função de autocorrelação e teste de Ljung-Box.

As previsões pluviométricas anuais dos modelos ajustados são apresentadas na Tabela 2. Os resultados obtidos apontam um período, os próximos quatro anos, com índice pluviométrico abaixo da média no município de Vitória de Santo Antão.

Anos	ARIMA(0,1,1)	ARIMA(1,1,1)
2020	909,00 mm	969,62 mm
2021	909,00 mm	976,57 mm
2022	909,00 mm	977,71 mm

Tabela 2. Previsão da precipitação anual dos modelos ajustados - Vitória de Santo Antão, Pernambuco.

## 4 | CONCLUSÕES

Este estudo procedeu à caracterização e análise da evolução da precipitação, no município de Vitória de Santo Antão. Ambos modelos ARIMA (0,1,1) e ARIMA

(1,1,1) apresentaram bom ajuste aos dados de precipitação da série em estudo. Com os resultados apresentados, conclui-se que a precipitação prevista para o município de Vitória de Santo Antão – PE para os próximos três anos encontra-se próximo da média histórica do período 1970-2017.

Diante dos resultados obtidos e da estimativa de precipitação próximo da média para o município, é importante que em pesquisas futuras analisem-se também a vazão do rio Tapacurá, tendo em vista que o território analisado ser banhado pelo mesmo.

## AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), campus Recife, pelos conhecimentos e competências que facilitaram à pesquisa, com toda sua infraestrutura, ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada (PPGBEA) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), durante o período de doutoramento.

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control., Boston, v.19, n.6, p.716-723, Dec. 1974.

ASSIS, J. P. et al. Ajuste de séries históricas de temperatura e radiação solar global diária às funções densidade de probabilidade normal e log-normal, em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 12, n. 01, p. 113-121, 2004.

BOX, George EP et al. **Time series analysis: forecasting and control**. John Wiley & Sons, 2015.

CAMELO, Henrique do Nascimento et al. Time Series Forecasting Methods and Hybrid Modeling both Applied on Monthly Average Wind Speed for Regions of Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 565-574, 2017.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. A Questão da Água no Nordeste. Agência Nacional de Águas. Brasília: CGEE, 2012.

CHECHI, Leonardo; SANCHES, Fabio de Oliveira. Análise de uma série temporal de precipitação para Erechim (RS) e um possível método de previsão. **AMBIÊNCIA**, v. 9, n. 1, p. 43-55, 2013.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Vitória de Santo Antão, estado de Pernambuco**. Org. João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Manoel Julio da Trindade G. Galvão, Simeones Neri Pereira, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

- DUARTE, C.C. Análise da variabilidade pluviométrica do Município de Vitória de Santo Antão-PE. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 4., 2011, João Pessoa. Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2011.
- KWIATKOWSKI, D., PHILLIPS, P., SCHMIDT, P. E SHIN, Y. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. **Journal of Econometrics**, n. 54, p. 159-178, 1992.
- LACERDA, F. F. 2015. 110 f. Tendências de temperatura e precipitação e cenários de mudanças climáticas de longo prazo no Nordeste do Brasil e em ilhas oceânicas. Tese (Doutorado em Engenharia de civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- LÚCIO, PAULO SÉRGIO et al. Um modelo estocástico combinado de previsão sazonal para a precipitação no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 70-87, 2010.
- MALVESTIO, L. M.; NERY, J. T. Análise da precipitação pluvial do Município de Campinas (SP), em diferentes escalas. *Geografia*, v. 16, n. 1, p. 101-118, 2007.
- MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. *Parcerias estratégicas*, v. 13, n. 27, p. 149–176, 2010.
- MARCUZZO, F. F. N.; FARIA, T. G.; CARDOSO, M. R. D. Chuvas no Cerrado Mato-Grossense: Análise histórica e tendência futura.p. 1-10, 2010. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/1058>. Acesso em: 28 dez 2015.
- NORONHA, E. A. P. Análise das potencialidades e vulnerabilidades socioambientais decorrentes do processo de expansão da industrialização no município de Vitória de Santo Antão-PE. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado Gestão e Desenvolvimento) - Universidade de Pernambuco, Recife, 2013.
- PEREIRA, Alécio Rodrigues et al. Análise do comportamento das médias anuais da precipitação pluvial e temperatura da cidade de Areia, Paraíba. *Gaia Scientia*, v. 9, n. 1, 2015.
- PINHEIRO, A.; GRACIANO, R.L.G.; SEVERO, D.L. Tendência das series temporais de precipitação da região sul do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.28 n.3, p.281-290, 2013.
- SANTOS, P. V.; SANTOS, R. S.; COUTINHO, M. D. L. Detecção de Mudanças Climáticas Através de Índices Pluviométricos Diários no Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, n.4, p. 713-731, 2013b.
- SCHMIDT, D. M.; MATTO, A. Dinâmica dos regimes de precipitação e vazão da bacia hidrográfica do Alto Piranhas-Açu / PB. *Sociedade e Território*, Natal, v. 25, n. 2, p. 67-77, 2013.
- SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N.; FEITOSA, F. E. C. S.; SILVA, I. D. C.; DE, M. L. S.; GUTERRES, C. E.; SANTOS, J. S. d.; RIBEIRO, C. V.; BEZERRA, D. d. S.; NERES, R. L. Evidências de mudanças climáticas na região de transição amazônia-cerrado no estado do maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, scielo, v. 31, p. 330 – 336, 09 2016.

SILVA, J. B. da; LLOPART, M. P.; BOIASKI, N. Temperatura máxima do ar em Pelotas, RS - Tabelas de probabilidades em escalas de tempo pentadal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.02, 267-276, 2005.

SILVA, R. M.; SILVA, L. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS C. A. G. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na bacia do rio Tapacurá, Pernambuco. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 22, v. 2, p. 357-372, 2010.

SILVA, R. O. B. **Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica no estado de Pernambuco**. 97 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; PEDRO V. DE AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S; SOUSA, F. I. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.131–138, 2011.

SNEYERS, R. **Sur L'analyse Statistique des Seriesd' Observations**. Secretariat de l'Org Meteorologique Mondiale, 1975. 415 p.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Índice de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p.320- 331, 2012.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. *Gestão e produção*, v.10, n.1, p.47-67,2003.

ZHAO, G.; MU, X.; TIAN, P.; WANG, F.; GAO, P. Climate changes and their impacts on water resources in semiarid regions: a case study of the wei river basin, china. **Hydrological Processes**, v. 27, n. 26, p. 3852–3863, 2013. ISSN 1099-1085.

# CAPÍTULO 2

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

*Data de aceite: 23/11/2020*

*Data de submissão: 10/09/2020*

### **José Carlos Ferreira**

Faculdade de Tecnologia Wilson Roberto  
Ribeiro de Camargo – Fatec  
Tatuí – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/9037358421199641>

### **Maria do Carmo Vara Lopes Orsi**

Faculdade de Tecnologia Wilson Roberto  
Ribeiro de Camargo – Fatec  
Tatuí – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/6215168852188054>

### **Orlando Homen de Mello**

Faculdade de Tecnologia Wilson Roberto  
Ribeiro de Camargo – Fatec  
Tatuí – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/3036953900179115>

### **Anderson Luiz de Souza**

Faculdade de Tecnologia Wilson Roberto  
Ribeiro de Camargo – Fatec  
Tatuí – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/5089806884790011>

### **Mauro Tomazela**

Faculdade de Tecnologia Wilson Roberto  
Ribeiro de Camargo – Fatec  
Tatuí – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0521900260102934>

### **Larissa Zink Carneiro Meira Bergamaschi**

Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho – UNESP  
Sorocaba – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0057082105560564>

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo analisar os níveis máximos de precipitação pluviométrica do município de Sorocaba, SP, e gerar equações mensais para períodos de retorno de 5, 10 e 15 anos, para disponibilizar a órgãos públicos municipais, em programas de drenagem urbana, rural e Defesa Civil. Foram utilizados 52 anos de dados de precipitação de intensidade máxima de um dia, da Estação 83851 do INMet, convertidos em precipitação máxima de 24 horas. Por meio da distribuição de probabilidade do Tipo I de Fischer-Tippet, conhecida também como Gumbel, foram desenvolvidas equações mensais de precipitação de intensidade máxima com base em dois parâmetros obtidos pela média e desvio padrão. Dependendo do uso da obra o engenheiro pode obter as equações em outros períodos de retorno, que serve de subsídios para projetos de engenharia, de enchentes, inundações e deslizamento de encostas. Os resultados mostraram que Sorocaba recebeu, em 52 anos, 69.850,7 mm/m<sup>2</sup> (litros/m<sup>2</sup>) de água de chuva. Do ponto de vista estatístico, o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov mostrou bom ajuste da distribuição de Gumbel aos dados de chuva de máxima intensidade e os histogramas mostraram forte assimetria positiva nos meses de inverno.

**PALAVRAS-CHAVE:** Precipitações intensas. Áreas de risco. Defesa Civil. Distribuição de Gumbel.

## MONTHLY EQUATIONS OF MAXIMUM INTENSITY ESTIMATES OF RAIN FOR THE CITY OF SOROCABA-SP

**ABSTRACT:** The main objective of this study was to analyze the maximum levels of rainfall in the city of Sorocaba, SP, and generate monthly equations for return periods of 5, 10 and 15 years, for to make available to municipal public agencies, urban drainage programs, rural and Civil Defense. Were used 52 years of maximum one-day precipitation data, from INMet Station 83851, converted to maximum 24-hour precipitation. By means of the Fischer-Tippet Type I distribution, also known as Gumbel distributions, monthly maximum precipitation equations were developed based on two parameters obtained by mean and standard deviation. Depending on the use of work, the engineer can obtain the equations in other return periods, which serves as a subsidy for engineering projects, such as flood and landslide. The results showed that Sorocaba received, in 52 years, 69,850.7 mm/m<sup>2</sup> (liters/m<sup>2</sup>) of rainwater. Statistically, the Kolmogorov-Smirnov non-parametric test showed good adjustment of the Gumbel distribution to the maximum intensity rainfall data and the histograms showed a strong positive asymmetry in the winter months. The study allowed obtaining equations in three return periods that may be important for Sorocaba Civil Defense.

**KEYWORDS:** Intense precipitations. Risk areas; Civil defense; Gumbel distribution.

### 1 | INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição e das variações da chuva, tanto temporal quanto espacial, é fundamental para o planejamento e manejo dos recursos hídricos, bem como para projetos de obras hidráulicas (ABREU; TONELLO, 2017), sendo possível realizar a previsão das chuvas intensas por meio de princípios de probabilidade (CARDOSO; ULLMANN; BERTOL, 1998). Oliveira et al. (2018), afirmam ser imprescindível prever de forma quantitativa os eventos de chuvas atípicas, com destaque as tempestades e inundações, antevendo seus impactos negativos.

As dificuldades para a obtenção das equações de precipitação de intensidade máxima decorrem de limitações de dados à disposição, tanto de densidade da rede pluviográfica, como em relação ao curto período de observações disponíveis. (SILVA et al., 2002).

O presente trabalho objetivou estimar os níveis mensais de precipitação de intensidade máxima em 24 horas, estabelecendo equações mensais para períodos de retorno de 5 anos, 10 anos e 15 anos. Possibilitando estabelecer diretrizes e procedimentos preventivos, e auxiliar projetos de obras hidráulicas para minimizar consequências advindas de inundações e/ou enchentes na cidade de Sorocaba, SP (TOMAZ, 2010).

## 2 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Sorocaba localiza-se na porção sudeste do interior do Estado de São Paulo, entre as coordenadas 23°21' e 23°35' de Latitude Sul e 47°17' e 47°36' de Longitude Oeste (SILVA, 2008). Do uso e ocupação das terras, estima-se que dos 450,4 km<sup>2</sup> do município, apenas 17,3% sejam de área rural. A área urbana tem cedido espaço para condomínios residenciais e distritos industriais, sendo relevante para a análise calcular o percentual da impermeabilidade do solo, que limita a infiltração de água no subsolo.

Segundo a Embrapa (2003), o clima da região é classificado como subtropical quente, "Cfa". Apresenta temperatura média anual de 21,4 °C, máxima de verão de 30,1 °C e mínima de inverno de 12,2 °C. A altura pluviométrica anual média é 1.285 mm.

As precipitações são fortemente influenciadas pelo fator meteorológico denominado Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é responsável pelo regime de chuvas sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil, durante os meses de primavera e verão (MASTER, s.d.). A estação das chuvas em Sorocaba começa em outubro e termina em março, com desvio padrão de 15 dias aproximados.

As precipitações extremas no município ocorrem, normalmente, nos meses de verão. Para minimizar os impactos das fortes chuvas atípicas, a Defesa Civil de Sorocaba criou o Plano de Verão e destacou os pontos críticos no município com possibilidades de deslizamentos, alagamentos e alagamentos com inundações. Segundo critérios do Instituto Geológico, o nível crítico para Sorocaba é de 60 mm de chuva acumulada em três dias (PREFEITURA DE SOROCABA, 2018; PREFEITURA DE SOROCABA, 2014).

O Plano de Verão 2016/2017 atendeu 986 ocorrências e o de 2017/2018, 204 ocorrências, com destaque para alagamentos (41 áreas). Além disso, 21 áreas são classificadas como sujeitas à inundação e 26 a deslizamentos (PREFEITURA DE SOROCABA, 2018).

## 3 | BASE DE DADOS E MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Os dados de precipitação de intensidade máxima de "um dia" foram obtidos da Estação Meteorológica número 83851 do INMet, localizada na cidade de Sorocaba, nas coordenadas -23°48' de Latitude e -47°43' de Longitude, a 645 m de altitude, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMet). Foram analisadas séries históricas de 52 anos de observações consecutivas, de 1965 a 2016. Os dados coletados de precipitação máxima de "um dia" foram organizados em planilhas Excel e, desagregadas para chuvas de intensidade máxima de 24 horas, utilizando a metodologia proposta por Occhipinti e Santos (1966).

As estimativas de precipitação de intensidade máxima mensal foram calculadas para período de retorno de 5, 10 e 15 anos, utilizando-se a função de distribuição de probabilidade proposta por Gumbel (1958). A distribuição de Gumbel é expressa por:

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-\alpha}{\beta}}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde,  $F(x)$  é a probabilidade de ocorrer uma precipitação menor do que um dado valor  $x$  e  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros a serem calculados pelos momentos da distribuição. O cálculo da probabilidade de eventos que ultrapassem o valor  $x$  é dado por:

$$F(x) = 1 - \frac{1}{T} \quad (\text{Eq. 2})$$

Para  $T$  igual ao período de retorno em anos.

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  foram determinados segundo o método dos momentos, citado por Campos et al. (1996), dado por:

$$\beta = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot \sigma \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\alpha = \bar{X} - 0,5772157 \beta \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde,  $\sigma$  e  $\bar{X}$ , correspondem, respectivamente, as estimativas de desvio padrão e média das séries dos dados.

Assis, Arruda e Pereira (1996) e Kite (1985), verificaram que, aplicando logaritmos na equação 1, a equação geral para estimativas de precipitações de intensidade máxima fica:

$$I = \alpha + \{-\ln[-\ln\{F(x)\}]\} \beta \quad \text{em [mm h}^{-1}\text{]} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde,  $I$  corresponde ao valor máximo esperado da chuva no período de retorno  $T$ . Os autores também atribuíram  $\{-\ln[-\ln\{F(x)\}]\} = \lambda_T$ . Ferreira, Daniel e Lombardi (1999), propuseram valores da variável reduzida  $\lambda_T$  com três algarismos significativos em função do período de retorno, conforme tabela 1. No presente trabalho utilizou-se o período de retorno de 10 anos.

T(anos)	2	5	10	15	20	25	30	50	100
$\lambda_T$	0,367	1,500	2,250	2,674	2,970	3,199	3,384	3,902	4,600

Tabela 1 – Valores de  $-\ln\{-\ln\{F(x)\}\}$  em função do período de retorno  $T$ , em anos.

Fonte: FERREIRA; DANIEL; LOMBARDI, 1999.

Os valores das estimativas de precipitação de intensidade máxima de “um

dia” foram desagregados em precipitação de intensidade máxima de 24 horas, com fator multiplicativo de 1,14; conforme Ferreira, Daniel e Lombardi (1999). O índice de confiança do modelo foi avaliado de acordo com o teste de hipótese não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (KS), que consistiu no cálculo da diferença entre os valores de uma distribuição observada,  $F(x)$ , e os valores de uma distribuição teórica,  $G(x)$  (DINIZ; LOUZADA, 2013). Sendo:

$$KS = \max | F_B(e) - F_M(e) | \text{ (Eq. 5)}$$

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados originais das chuvas máximas de um dia, coletados com um pluviômetro convencional tipo Ville de Paris, da Estação Convencional número 83851 do INMet, são apresentados na tabela 2.

Mês/ Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
1965	246,1	286,0	256,0	90,1	87,3	14,6	68,8	26,6	56,8	193,0	200,0	260,0	1785,3
1966	171,2	200,0	109,9	24,4	41,8	1,5	26,1	11,4	97,1	117,0	57,7	204,0	1062,1
1967	195,6	91,0	140,0	52,0	5,5	142,0	36,8	0,5	98,1	110,0	179,0	154,0	1204,5
1968	298,6	46,5	86,6	51,7	62,0	33,2	7,3	47,3	13,5	73,2	34,0	118,0	871,9
1969	137,2	70,2	116,0	38,2	14,6	51,4	8,0	15,1	49,3	186,0	190,0	91,2	967,2
1970	170,3	208,0	111,0	46,0	50,7	35,1	14,6	81,9	79,3	67,7	85,2	152,0	1101,8
1971	128,7	192,0	222,1	73,2	57,0	105,0	46,2	16,8	48,2	185,0	31,2	143,0	1248,4
1972	280,7	381,0	109,0	102,0	65,6	10,7	136,0	63,9	124,0	209,0	164,0	136,0	1781,9
1973	195,9	146,0	117,0	61,1	49,9	52,7	64,5	29,1	63,4	92,2	168,0	241,0	1280,8
1974	258,1	83,8	320,0	28,8	7,4	101,0	0,1	4,0	9,8	121,0	72,8	212,0	1218,8
1975	183,5	261,0	56,2	15,1	27,2	3,3	46,4	0,5	50,8	144,0	222,0	145,0	1155
1976	228,9	280,0	132,0	96,6	205,0	83,9	112,0	118,0	190,0	120,0	125,0	141,9	1833,3
1977	293,1	80,5	189,0	124,0	7,5	30,0	9,1	7,3	54,8	64,3	136,6	372,0	1368,2
1978	88,6	79,5	111,0	4,1	157,2	69,8	101,0	0,5	49,1	83,1	322,0	183,0	1248,9
1979	146,6	128,0	89,2	30,3	124,4	0,8	47,1	78,3	143,0	102,0	51,5	159,0	1100,2
1980	173,1	176,0	57,7	112,0	5,4	61,5	18,0	29,6	46,2	66,0	118,0	251,0	1114,5
1981	366,7	137,0	63,8	36,2	13,1	55,1	31,8	4,5	19,8	111,0	198,0	159,6	1196,6
1982	377,9	191,0	149,0	27,1	61,6	188,0	47,9	33,4	19,7	175,0	222,0	259,0	1751,6
1983	285,9	236,0	249,0	152,0	193,0	240,0	30,3	1,3	218,0	158,0	106,0	250,0	2119,5
1984	221,4	29,0	19,1	130,0	100,0	0,2	6,0	88,0	145,0	33,7	167,0	172,0	1111,4
1985	125,4	73,5	238,0	48,8	79,5	7,1	6,8	16,3	90,7	64,2	115,0	83,7	949,0
1986	129,0	218,0	136,0	50,7	105,0	0,0	7,8	123,0	40,4	46,1	135,0	314,0	1305,0
1987	302,8	206,0	82,3	41,5	166,0	205,0	20,2	12,4	47,7	114,0	95,6	196,0	1489,5
1988	126,6	170,0	141,0	113,0	207,0	48,3	0,7	0,0	39,9	171,0	97,9	169,0	1284,4

1989	362,2	171,0	130,0	56,9	28,7	32,8	190,0	23,7	131,0	72,9	135,4	138,0	1472,6
1990	226	82,3	127,7	25,4	38,3	25,5	137,8	50,1	47,7	121,1	105	160,8	1147,7
1991	194,6	268,1	380,2	108,7	83,9	81,3	26,4	34,9	68,1	208,8	79,1	315,4	1849,5
1992	113,6	104,3	288	55,3	67,4	1,7	31,7	19,1	111,4	81,9	113,0	203,9	1191,3
1993	423,0	333,0	73,1	37,8	102,8	69,2	10,6	66,0	187,7	99,2	107,5	127,8	1637,7
1994	297,7	140,4	130,1	89,4	44,1	45,9	36,0	0,0	3,4	71,9	83,3	363,4	1305,6
1995	348,2	383,3	177,7	93,7	90,6	48,3	55,7	5,0	62,5	154,4	87,1	172,1	1678,6
1996	301,9	181,5	184,4	7,5	6,9	40,2	8,5	25,5	121,7	134,4	66,6	178,2	1257,3
1997	457,8	127,6	95,2	56,3	104,2	112,7	13,1	34,3	101,1	75,8	219,6	189,1	1586,8
1998	280,9	181,4	172,1	102,4	90,5	18,7	5,7	65,6	100,5	164,5	93,3	221,4	1497,0
1999	335,6	261,2	89,7	37,5	25,6	76,1	37,5	0,0	81,1	39,1	54,8	124,7	1162,9
2000	249,1	213,7	90,6	3,3	8,4	10,8	72,7	78,7	111,1	69,5	142,3	199,3	1249,5
2001	137,0	248,9	99,3	78,5	78,5	61,0	33,5	26,0	73,0	153,7	94,9	273,9	1358,2
2002	279,7	172,5	168,9	60,4	96,4	0,2	29,7	50,9	52,1	50,2	203,4	122,2	1286,6
2003	446,3	136,3	119,3	75,1	45,7	20,0	22,3	33,1	31,0	57,3	188,4	120	1294,8
2004	427,4	201,6	91,9	65,5	91,5	35,2	80,0	10,8	9,0	112,2	152,8	200,9	147,8
2005	313,3	71,2	129,4	15,9	177,4	38,7	23,9	24,6	67,6	159,6	59,8	139,6	1221,0
2006	287,4	218,4	184,7	18,4	2,1	23,3	83,3	5,7	67,2	73,2	121,9	137,7	1223,3
2007	291,6	110,1	93,4	21,1	57,3	28,9	157,5	0,0	4,9	69,6	134,8	246,8	1216,0
2008	304,6	105,1	133,9	96,2	80,0	37,4	0,5	85,2	51,3	141,8	108,6	216,1	1360,7
2009	339,8	170,3	165,0	55,9	51,0	43,4	192,1	39,5	154,0	94,1	214,1	262,0	1781,2
2010	417,0	46,9	142,1	82,7	30,5	17,9	56,6	1,4	53,5	69,2	92,0	214,8	1224,6
2011	252,1	379,5	118,8	81,8	17,9	56,3	15,2	63,6	1,0	201,6	64,3	130,9	1383,0
2012	294,5	197,5	62,8	140,0	40,0	222,9	83,4	0,0	22,5	92,9	126,3	268,1	1550,9
2013	179,1	130,4	148,6	90,9	49,8	152,3	49,6	1,5	65,6	88,2	110,2	110,8	1177,0
2014	116,1	76,6	118,7	146,0	36,0	14,0	27,4	28,3	90,2	11,0	206,3	236,7	1107,3
2015	143,6	66,9	65,8	5,1	73,3	6,2	124,1	22,5	171,1	101,5	217,5	179,0	1176,6
2016	205,1	141,1	208,4	23,4	126,1	181,3	0,0	67,2	76,2	174,4	75,4	145,8	1424,4
<b>Total</b>	<b>13157,1</b>	<b>8891,1</b>	<b>7290,7</b>	<b>3280,0</b>	<b>3638,6</b>	<b>3042,4</b>	<b>2498,3</b>	<b>1672,9</b>	<b>3912,1</b>	<b>5750,5</b>	<b>6751,2</b>	<b>9965,8</b>	<b>69850,7</b>
<b>MÁX</b>	<b>457,8</b>	<b>383,3</b>	<b>380,2</b>	<b>152,0</b>	<b>207,0</b>	<b>240,0</b>	<b>192,1</b>	<b>123,0</b>	<b>218,0</b>	<b>209,0</b>	<b>322,0</b>	<b>372,0</b>	
<b>MÍN</b>	<b>88,6</b>	<b>29,0</b>	<b>19,1</b>	<b>3,3</b>	<b>2,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,0</b>	<b>11,0</b>	<b>31,2</b>	<b>83,7</b>	
<b>MÉD</b>	<b>253,02</b>	<b>170,98</b>	<b>140,21</b>	<b>63,08</b>	<b>69,97</b>	<b>58,51</b>	<b>48,04</b>	<b>32,17</b>	<b>75,23</b>	<b>110,6</b>	<b>129,8</b>	<b>191,7</b>	

Tabela 2 – Dados mensais de precipitação máxima (em mm) de “um dia” coletados da Estação Meteorológica número 83851 do INMet (Sorocaba - SP).

Fonte: Autoria própria, 2019.

O fenômeno atmosférico-oceânico *El Niño*, ocorre devido ao aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, interferindo, de acordo com a intensidade, no clima regional e global, ocasionando mudanças nos padrões

de vento, responsáveis pelas alterações nos regimes de chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias (SIFUENTES; SILVA; MARITNES, 2016). O quadro 1 mostra as ocorrências do *El Niño* em 16 anos, anos com total de precipitação maior ou igual a 1500 mm.

1965-1966	1968-1970	1972-1973	1976-1977	1977-1978	1979-1980	1982-1983	1986-1988
1990-1993	1994-1995	1997-1998	2002-2003	2004-2005	2006-2007	2009-2010	2012-2016

Quadro 1 – Anos de ocorrências dos El Niños nas séries históricas estudadas.

Fonte: Autoria própria, 2019.

A tabela 2 evidencia que os anos com maiores volumes de precipitação acumulados coincidem com os eventos de maior intensidade do *El Niño* (Quadro 1), em destaque o do biênio 82-83. O estudo de Franceschini (2016) faz alusão a relação entre a precipitação e o fenômeno *El Niño*. É possível verificar que, não só a ocorrência do fenômeno, mas também sua intensidade, interferem diretamente nas precipitações máximas de Sorocaba-SP.

Castilho e Peixoto (2016), levantaram as ocorrências dos principais desastres naturais ocorridos no município de Sorocaba, entre 2001 e 2015. Nesse período, conforme quadro 1, o fenômeno *El Niño* esteve presente 12 vezes. Essas ocorrências são apresentadas na figura 1.

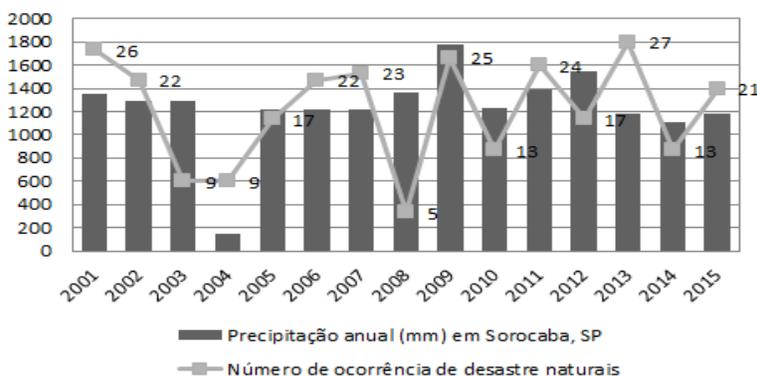


Figura 1 – Número de ocorrências dos principais desastres naturais no município de Sorocaba entre 2001 e 2015.

Fonte: CASTILHO; PEIXOTO Adaptado, 2016.

Segundo o Banco de Dados de Desastres Naturais (IPMet–UNESP, s.d),

no período de 1667 a 2016 foram registrados pela Defesa Civil de Sorocaba 125 ocorrências dos principais desastres naturais, com destaque para: alagamentos (AL), inundação gradual (IN), enchentes (EM), deslizamentos de terra (DT), erosão (ER), transbordamento de rios e córregos (TRC) e danos a pontes (DP). Na figura 2, a porcentagem desses desastres naturais registrados no banco de dados IPMet para o município de Sorocaba entre 1967 a 2016.

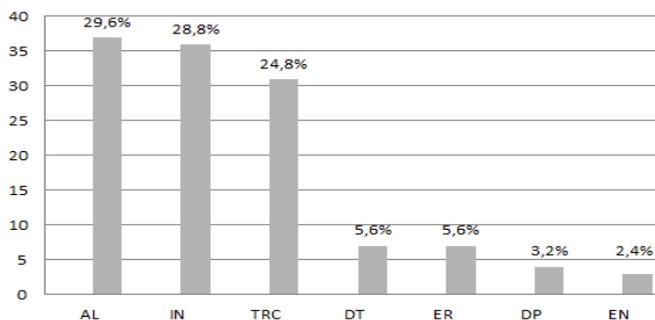


Figura 2 – Porcentagem de cada um dos desastres naturais registrados no banco de dados IPMet para o município de Sorocaba entre 1967 a 2016.

Fonte: Autoria própria, 2019.

De acordo com a Defesa Civil de Sorocaba, no dia 25 de janeiro de 2004 ocorreram sérios danos devido as fortes chuvas. Foram registradas nove ocorrências na região de Sorocaba, com 1.270 vítimas desabrigadas ou desalojadas e duas vítimas fatais. Na cidade, as fortes chuvas provocaram transbordamento de rios e córregos, inundações graduais, alagamentos e danos em imóveis, de rachaduras a desabamentos, deixando 160 desabrigados (IPMet – UNESP, s.d.).

A tabela 2 possibilita estimar a disponibilidade hídrica de Sorocaba, considerando o total precipitado de 69850,7 mm de lâmina de água por metro quadrado de área, que equivale a 69850,7 litros por metro quadrado. Desse total devem ser considerados o volume do escoamento superficial, a infiltração no solo e os efeitos evaporativos. Nas tabelas 3 e 4 são apresentados os valores totais anuais das chuvas máximas, de “um dia”, obtidos na Estação 83851 INMet e 24h, respectivamente, bem como as médias, os desvios padrões e as variações em cada ano.

<b>Ano</b>	<b>Totais</b>	<b>Média</b>	<b>DPP</b>	<b>C.V.</b>	<b>VAR</b>	<b>Ano</b>	<b>Totais</b>	<b>Média</b>	<b>DPP</b>	<b>C.V.</b>	<b>VAR</b>
<b>1965</b>	1785,3	148,8	96,5	0,6	9313,2	<b>1991</b>	1849,5	154,1	112,0	0,7	12549,4
<b>1966</b>	1062,1	88,5	69,9	0,8	4883,5	<b>1992</b>	1191,3	99,3	76,9	0,8	5908,0
<b>1967</b>	1204,5	100,4	62,6	0,6	3914,3	<b>1993</b>	1637,7	136,5	117,6	0,9	13822,6
<b>1968</b>	871,9	72,7	74,2	1,0	5500,3	<b>1994</b>	1305,6	108,8	108,3	1,0	11727,8
<b>1969</b>	967,2	80,6	61,4	0,8	3775,2	<b>1995</b>	1678,6	139,9	112,7	0,8	12694,2
<b>1970</b>	1101,8	91,8	55,9	0,6	3124,8	<b>1996</b>	1257,3	104,8	90,3	0,9	8155,3
<b>1971</b>	1248,4	104,0	66,4	0,6	4408,4	<b>1997</b>	1586,8	132,2	113,0	0,9	12760,4
<b>1972</b>	1781,9	148,5	97,1	0,7	9423,9	<b>1998</b>	1497,0	124,8	78,0	0,6	6076,9
<b>1973</b>	1280,8	106,7	64,2	0,6	4125,9	<b>1999</b>	1162,9	96,9	96,7	1,0	9343,5
<b>1974</b>	1218,8	101,6	103,4	1,0	10694,2	<b>2000</b>	1249,5	104,1	78,9	0,8	6220,2
<b>1975</b>	1155,0	96,3	86,9	0,9	7545,0	<b>2001</b>	1358,2	113,2	75,1	0,7	5639,9
<b>1976</b>	1833,3	152,8	57,2	0,4	3271,8	<b>2002</b>	1286,6	107,2	79,9	0,7	6377,0
<b>1977</b>	1368,2	114,0	112,8	1,0	12730,1	<b>2003</b>	1294,8	107,9	114,1	1,1	13012,1
<b>1978</b>	1248,9	104,1	83,1	0,8	6900,3	<b>2004</b>	1478,8	123,2	110,4	0,9	12193,2
<b>1979</b>	1100,2	91,7	48,7	0,5	2374,3	<b>2005</b>	1221,0	101,8	83,3	0,8	6936,5
<b>1980</b>	1114,5	92,9	71,7	0,8	5144,2	<b>2006</b>	1223,3	101,9	87,2	0,9	7604,9
<b>1981</b>	1196,6	99,7	100,4	1,0	10077,2	<b>2007</b>	1216,0	101,3	89,4	0,9	7997,9
<b>1982</b>	1751,6	146,0	106,6	0,7	11373,0	<b>2008</b>	1360,7	113,4	78,0	0,7	6084,1
<b>1983</b>	2119,5	176,6	86,7	0,5	7514,7	<b>2009</b>	1781,2	148,4	91,5	0,6	8368,9
<b>1984</b>	1111,4	92,6	71,6	0,8	5133,6	<b>2010</b>	1224,6	102,1	109,9	1,1	12071,7
<b>1985</b>	949,0	79,1	60,8	0,8	3697,0	<b>2011</b>	1383,0	115,3	107,5	0,9	11555,6
<b>1986</b>	1305,0	108,8	86,7	0,8	7508,8	<b>2012</b>	1550,9	129,2	93,1	0,7	8670,4
<b>1987</b>	1489,5	124,1	86,9	0,7	7558,7	<b>2013</b>	1177,0	98,1	48,8	0,5	2385,2
<b>1988</b>	1284,4	107,0	67,2	0,6	4522,1	<b>2014</b>	1107,3	92,3	72,1	0,8	5205,3
<b>1989</b>	1472,6	122,7	90,5	0,7	8189,1	<b>2015</b>	1176,6	98,1	67,3	0,7	4527,5
<b>1990</b>	1147,7	95,6	59,5	0,6	3539,3	<b>2016</b>	1424,4	118,7	66,7	0,6	4444,0

Tabela 3 – Totais anuais das chuvas máximas de “um dia” do município de Sorocaba-SP e respectivas estatísticas.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Ano	Totais	Média	DPP	C.V.	VAR	Ano	Totais	Média	DPP	C.V.	VAR
1965	2035,2	169,6	110,0	0,65	12103,4	1991	2108,4	175,7	127,7	0,73	16309,2
1966	1210,8	100,9	79,7	0,79	6346,5	1992	1358,1	113,2	87,6	0,77	7678,1
1967	1373,1	114,4	71,3	0,62	5087,1	1993	1867,0	155,6	134,0	0,86	17963,9
1968	994,0	82,8	84,5	1,02	7148,1	1994	1488,4	124,0	123,5	1,00	15241,5
1969	1102,6	91,9	70,0	0,76	4906,2	1995	1913,6	159,5	128,4	0,81	16497,4
1970	1256,1	104,7	63,7	0,61	4061,0	1996	1433,3	119,4	102,9	0,86	10598,6
1971	1423,2	118,6	75,7	0,64	5729,1	1997	1809,0	150,7	128,8	0,85	16583,4
1972	2031,4	169,3	110,7	0,65	12247,3	1998	1706,6	142,2	88,9	0,62	7897,6
1973	1460,1	121,7	73,2	0,60	5362,0	1999	1325,7	110,5	110,2	1,00	12142,9
1974	1389,4	115,8	117,9	1,02	13898,2	2000	1424,4	118,7	89,9	0,76	8083,8
1975	1316,7	109,7	99,0	0,90	9805,5	2001	1548,3	129,0	85,6	0,66	7329,6
1976	2090,0	174,2	65,2	0,37	4252,0	2002	1466,7	122,2	91,0	0,74	8287,5
1977	1559,7	130,0	128,6	0,99	16544,0	2003	1476,1	123,0	130,0	1,06	16910,5
1978	1423,7	118,6	94,7	0,80	8967,6	2004	1685,8	140,5	125,9	0,90	15846,3
1979	1254,2	104,5	55,5	0,53	3085,7	2005	1391,9	116,0	94,9	0,82	9014,6
1980	1270,5	105,9	81,8	0,77	6685,4	2006	1394,6	116,2	99,4	0,86	9883,3
1981	1364,1	113,7	114,4	1,01	13096,3	2007	1386,2	115,5	102,0	0,88	10394,0
1982	1996,8	166,4	121,6	0,73	14780,4	2008	1551,2	129,3	88,9	0,69	7906,9
1983	2416,2	201,4	98,8	0,49	9766,1	2009	2030,6	169,2	104,3	0,62	10876,3
1984	1267,0	105,6	81,7	0,77	6671,6	2010	1396,0	116,3	125,3	1,08	15688,3
1985	1081,9	90,2	69,3	0,77	4804,6	2011	1576,6	131,4	122,5	0,93	15017,7
1986	1487,7	124,0	98,8	0,80	9758,5	2012	1768,0	147,3	106,2	0,72	11268,1
1987	1698,0	141,5	99,1	0,70	9823,3	2013	1341,8	111,8	55,7	0,50	3099,8
1988	1464,2	122,0	76,7	0,63	5876,9	2014	1262,3	105,2	82,2	0,78	6764,8
1989	1678,8	139,9	103,2	0,74	10642,5	2015	1341,3	111,8	76,7	0,69	5883,9
1990	1308,4	109,0	67,8	0,62	4599,7	2016	1623,8	135,3	76,0	0,56	5775,5

Tabela 4 – Totais anuais das chuvas máximas de 24h do município de Sorocaba-SP e respectivas estatísticas.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Para a série de 52 anos de precipitações máximas mensais, o maior valor (457,8 mm) ocorreu em janeiro de 1997. Os resumos das precipitações máximas mensais das séries históricas de 52 anos, de “um dia” e de “24h” estão expressos,

respectivamente, nas tabelas 5 e 6.

52 anos	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>Totais</b>	13157,1	8891,1	7290,7	3280,0	3638,6	3042,4	2498,3	1672,9	3912,1	5750,5	6751,2	9965,8
<b>Médias</b>	253,02	170,98	140,21	63,08	69,97	58,51	48,04	32,17	75,23	110,59	129,83	191,65
<b>DP</b>	95,8	87,0	68,98	39,1	52,9	60,1	47,9	31,6	50,7	49,4	59,67	65,16
<b>Max</b>	457,8	383,3	380,2	152,0	207,0	240,0	192,1	123,0	218,0	209,0	322,0	372,0
<b>Min</b>	88,6	29,0	19,1	3,3	2,1	0,0	0,0	0,0	1,0	11,0	31,2	83,7
<b>C.V.</b>	0,38	0,51	0,49	0,62	0,76	1,03	1,00	0,98	0,67	0,45	0,46	0,34
<b>VAR</b>	9178,6	7576,2	4757,8	1529,4	2798,3	3607,6	2299,1	1000,0	2567,9	2439,5	3560,9	4245,6

Tabela 5 – Resumo dos totais mensais na série de 52 anos das chuvas máximas de “um dia” do município de Sorocaba-SP e respectivas estatísticas.

Fonte: Autoria própria, 2018.

52 anos	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>Totais</b>	14999,1	10135,9	8311,4	3739,2	4148,0	3468,1	2848,1	1907,1	4459,8	6555,6	7696,4	11361,0
<b>Médias</b>	288,44	194,92	159,83	71,91	79,77	66,70	54,77	36,68	85,77	126,07	148,01	218,48
<b>DP</b>	109,22	99,23	78,63	44,58	60,31	68,47	54,66	36,05	57,77	56,31	68,03	74,28
<b>Max</b>	521,9	437,0	433,4	173,3	236,0	273,6	219,0	140,2	248,5	238,3	367,1	424,1
<b>Min</b>	101,0	33,1	21,8	3,8	2,4	0,0	0,0	0,0	1,1	12,5	35,6	95,4
<b>C.V.</b>	0,38	0,51	0,49	0,62	0,76	1,03	1,00	0,98	0,67	0,45	0,46	0,34
<b>VAR</b>	11928,6	9846,1	6183,2	1987,6	3636,7	4688,5	2987,9	1299,7	3337,2	3170,4	4627,8	5517,6

Tabela 6 - Resumo dos totais mensais na série de 52 anos das chuvas máximas de 24h e respectivas estatísticas do município de Sorocaba-SP.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Pela tabela 5 fica evidente que o maior valor acumulado (13.157,1 mm) ocorreu no mês de janeiro e o menor (1.672,9 mm) em agosto. O gráfico dos acumulados das precipitações máximas das séries históricas de 52 anos pode ser visualizado na figura 3. Observa-se que os maiores volumes de precipitações acumuladas ocorreram no ano de 1983 e, em 1968, os menores.

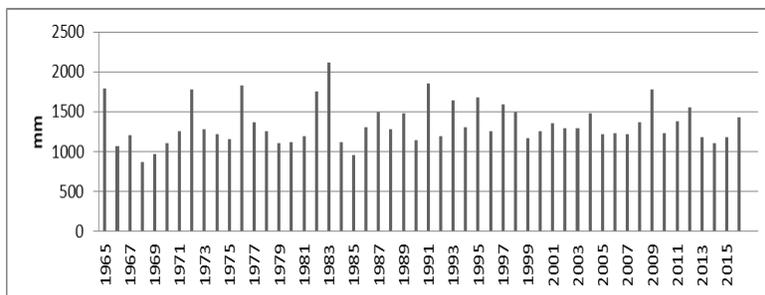


Figura 3 – Acumulados anuais de precipitação máxima de “um dia” em Sorocaba (1965 a 2016) – Estação 83851 INMet.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  obtidos para cada mês das séries históricas de 52 anos são apresentados na tabela 7, bem como as chuvas máximas de 24 horas, estimadas nos períodos de retorno de 5, 10 e 15 anos.

MÊS	B	A	I (T <sub>5 anos</sub> )	I (T <sub>10 anos</sub> )	I (T <sub>15 anos</sub> )
JAN	85,16	239,29	367,03	430,89	467,00
FEV	77,37	150,26	266,31	324,34	357,14
MAR	61,31	124,45	216,41	262,39	288,39
ABR	34,76	51,84	103,98	130,06	144,79
MAI	47,02	52,63	123,16	158,42	178,36
JUN	53,39	35,88	115,96	156,01	178,64
JUL	42,62	30,17	94,10	126,06	144,13
AGO	28,11	20,45	62,61	83,69	95,61
SET	45,04	59,77	127,33	161,11	180,21
OUT	43,90	100,73	166,58	199,51	218,12
NOV	53,04	117,39	196,95	236,73	259,22
DEZ	57,92	185,05	271,93	315,36	339,92

Tabela 7 – Valores de  $\alpha$  e  $\beta$ , em  $\text{mm h}^{-1}$ , para a estimativa do tempo de retorno de precipitações de intensidades máximas.

Fonte: Autoria própria, 2018.

Observa-se a alta variabilidade e a forte assimetria positiva em todos os meses. Essa assimetria e os histogramas mensais das classes de frequências dos máximos precipitados, em 24h, na série de 52 anos no Município de Sorocaba podem ser observados nas figuras de 4 a 15.

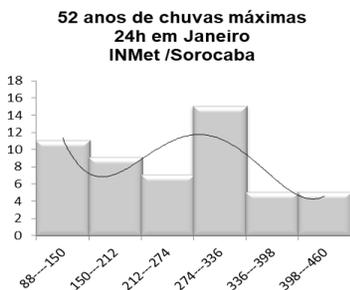


Figura 4 – Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - janeiro.

Fonte: Autoria própria, 2019.

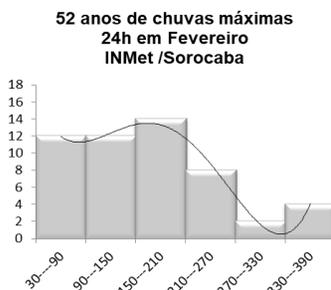


Figura 5 – Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - fevereiro.

Fonte: Autoria própria, 2019.

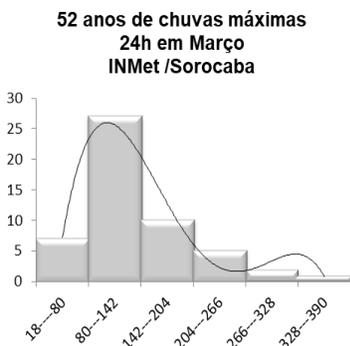


Figura 6 - Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - março.

Fonte: Autoria própria, 2019.

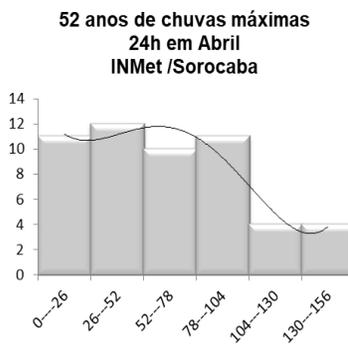


Figura 7 – Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - abril.

Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura 8 - Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - maio.

Fonte: Autoria própria, 2019.

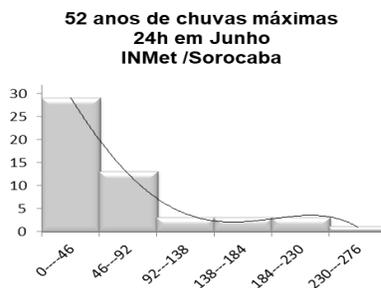


Figura 9 – Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - junho.

Fonte: Autoria própria, 2019.

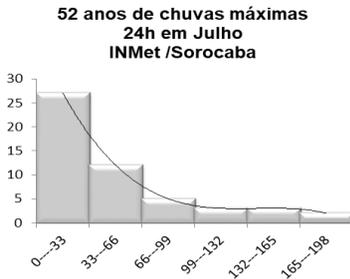


Figura 10 - Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - julho.

Fonte: Autoria própria, 2019.



Figura 11 – Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - agosto.

Fonte: Autoria própria, 2019.

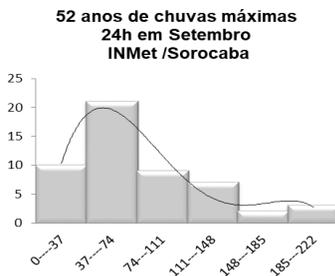


Figura 12 - Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - setembro.

Fonte: Autoria própria, 2019.

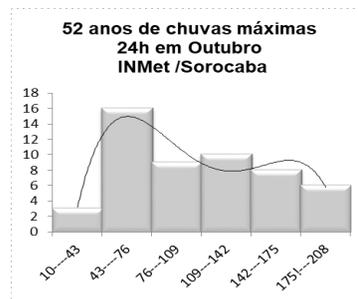


Figura 13 – Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - outubro.

Fonte: Autoria própria, 2019.

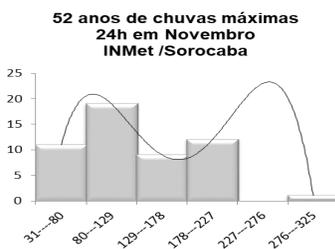


Figura 14 - Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - novembro.

Fonte: Autoria própria, 2019.

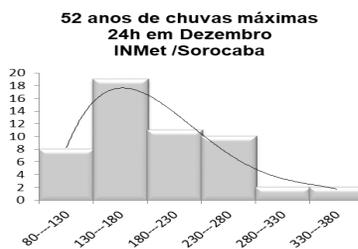


Figura 15 – Histograma de chuvas máximas de 24h da série histórica - dezembro.

Fonte: Autoria própria, 2019.

Na figura 16 são apresentadas as frequências absolutas esperadas a partir da distribuição de Gumbel (1958).

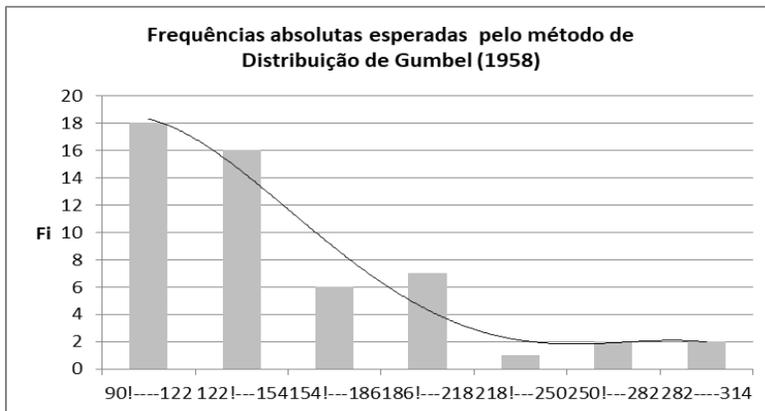


Figura 16 – Frequências absolutas esperadas. Método de distribuição de Gumbel (1958).

Fonte: Autoria própria, 2019.

O teste de Kolmogorov – Smirnov (S-K) foi feito para o nível de significância  $\alpha = 0,05$ , obtendo-se o maior D crítico da diferença entre os valores observados e os esperados, igual a 0,103. Usando a tabela de Dmax para alfa = 0,05, proposta por Birnbaum (1952), considerou-se a hipótese nula, de que as distribuições testadas provinham da mesma amostra e ajustavam-se bem à distribuição de probabilidade sugerida por Gumbel. A figura 17 mostra o comportamento das diferenças entre os valores das probabilidades observadas e esperadas. A linha pontilhada representa os dados esperados e a linha contínua os observados.

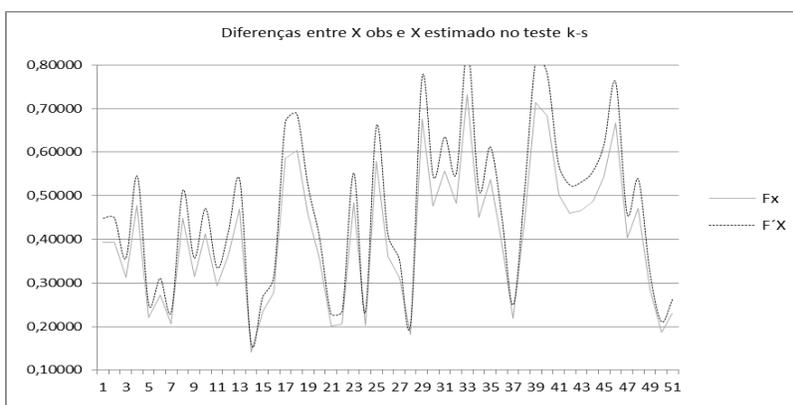


Figura 17 – Diferenças entre os valores das probabilidades observadas e esperadas.

Fonte: Autoria própria, 2019.

## 5 | CONCLUSÃO

Embora este estudo tenha tratado de 52 anos de dados de precipitação pluviométrica máxima mensal de apenas uma estação meteorológica, é possível afirmar, com base nos resultados obtidos, que Sorocaba tem estatisticamente, elevados níveis de precipitação de intensidade máxima em 24h, com dois períodos bem distintos; os maiores níveis de outubro a março e os menores de abril a setembro. Assim, as equações obtidas poderão auxiliar os engenheiros administrativos no cálculo de vão de pontes, canais de escoamento, bueiros, barragens de contenção de encostas, e de modo geral em drenagem urbana e rural. Além disso, o acompanhamento da série histórica de precipitação máxima no município é uma importante fonte para compreender o comportamento das chuvas intensas e definir as diretrizes dos planos de emergência durante os períodos de fortes chuvas.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, Márcio Costa; TONELLO, Kelly Cristina. **Disponibilidade e demanda hídrica na bacia do rio Sorocaba, Brasil**: um alerta à gestão dos recursos hídricos. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p.209-232, 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/330139785\\_DISPONIBILIDADE\\_E\\_DEMANDA\\_HIDRICA\\_NA\\_BACIA\\_DO\\_RIO\\_SOROCABA\\_SP\\_UM\\_ALERTA\\_A\\_GESTAO\\_DOS\\_RECURSOS\\_HIDRICOS](https://www.researchgate.net/publication/330139785_DISPONIBILIDADE_E_DEMANDA_HIDRICA_NA_BACIA_DO_RIO_SOROCABA_SP_UM_ALERTA_A_GESTAO_DOS_RECURSOS_HIDRICOS)>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia**: teoria e prática. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161 p.
- CAMPOS, Alcinei Ribeiro et al. **Equações de intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado do Piauí**. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p.488-498, jun. 2014. Disponível em: <<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3184>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- CARDOSO, C. O.; ULLMANN, M. N.; BERTOL, I. **Análise das chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC)**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.1, p.131-140, 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831998000100018&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06831998000100018&script=sci_abstract&tlng=pt)> Acesso em: 02 dez. 2018.
- CASTILHO, Tayane Westemann Lopes; PEIXOTO, Anna Sílvia Palcheco. **Análise do Banco de Dados de Desastres Naturais (IPMet) comparado à Carta Geotécnica do Estado de São Paulo (IPT)**. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 18., 2016, Belo Horizonte, MG. Anais... Belo Horizonte: ABMS, 2016. 9 p. Disponível em: <[https://www.academia.edu/31802769/An%C3%A1lise\\_do\\_Banco\\_de\\_Dados\\_de\\_Desastres\\_Naturais\\_IPMet\\_comparado\\_%C3%A0\\_Carta\\_Geot%C3%A9cnica\\_do\\_Estado\\_de\\_S%C3%A3o\\_Paulo\\_IPT](https://www.academia.edu/31802769/An%C3%A1lise_do_Banco_de_Dados_de_Desastres_Naturais_IPMet_comparado_%C3%A0_Carta_Geot%C3%A9cnica_do_Estado_de_S%C3%A3o_Paulo_IPT)> Acesso em: 27 fev. 2019.
- DINIZ, Carlos; LOUZADA, Francisco. **Métodos Estatísticos para Análise de Dados de Crédito**. In: Brazilian Conference on Statistical Modelling in Insurance and Finance, 6., 2013, Maresias, SP. **Anais...** Maresias: BICSMIF, 2013. 129 p. Disponível em: <[http://www.mwstat.com/franciscoulouzada/Books\\_files/Livro\\_BICSMIF%202013-TamanhoReduzido.pdf](http://www.mwstat.com/franciscoulouzada/Books_files/Livro_BICSMIF%202013-TamanhoReduzido.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Banco de dados climáticos do Brasil**. 2003. Disponível em: <[www.bdclima.cnpm.embrapa.br](http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br)>. Acesso em: 20 nov. 2018.

FERREIRA, J. C.; DANIEL, L. A.; LOMBARDI NETO, F. **Mapas mensais de precipitação máxima e erosividade para o Estado de São Paulo de interesse à Engenharia**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

FRANCESCHINI, Andréa Teixeira de Lima. **Variabilidade Temporal e Espacial da Precipitação Incidente Sobre a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Sorocaba e Médio Tietê e Anomalias**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2016. 99p.

GUMBEL, E. J. *Statistics of extremes*. Columbia: Comlumbia University, 1958. 357 p.

GUMBEL, E. J. **Statistics of Extremes**. Columbia University Press., 1958. 375p.

INSTITUTO GEOLÓGICO. **Relatório da Operação dos Planos Preventivos de Defesa Civil – PPDC: Operação Verão 2016-2017**. 2017. Disponível em: <[http://igeologico.sp.gov.br/files/2017/11/RELAT\\_PPDC\\_2016-2017\\_FINAL.pdf](http://igeologico.sp.gov.br/files/2017/11/RELAT_PPDC_2016-2017_FINAL.pdf)> Acesso em: 20 fev. 2019.

IPMet-UNESP. Instituto de Pesquisas Meteorológicas. **Banco de Dados de Desastres Naturais**. S.D. Disponível em: <<https://www.ipmet.unesp.br/2desastres.php>> Acesso em: 05 mar. 2019.

KITE, G. W. **Frequency and risk analysis in hydrology water resources**. 3. ed. [S.l.; s.n.], 1985. 233 p.

MASTER – Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais (Brasil). **Zona de Convergência do Atlântico Sul**. s.d. Disponível em: <<http://master.iag.usp.br/pr/ensino/sinotica/aula14/>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

OCCHIPINTI, A. G.; SANTOS, P. M. **Relações entre as precipitações máximas de “um dia” e de “24 horas” na cidade de São Paulo**. São Paulo: IAG/USP, 1966. 10 p.

OLIVEIRA, Anabela et al. **Plataforma interativa e integradora para gestão do risco de inundação costeira**. Recursos Hídricos: Journal of Water Resources, v. 39, n. 1, p.31-42, mar. 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/324739269\\_Plataforma\\_interativa\\_e\\_integradora\\_para\\_gestao\\_do\\_risco\\_de\\_inundacao\\_costeira](https://www.researchgate.net/publication/324739269_Plataforma_interativa_e_integradora_para_gestao_do_risco_de_inundacao_costeira)>. Acesso em: 30 out. 2018.

PREFEITURA DE SOROCABA. **Plano Verão 2014/2015: Plano Preventivo e de Contingência da Defesa Civil (PPDC)**. 2014. Disponível em: <<https://www.preventionweb.net/applications/.../7023829f14af8d1c2b401480d89180d8>>. Acesso em: 30 out. 2018.

PREFEITURA DE SOROCABA. **Prefeitura lança o Plano Verão 2018/2019 de Sorocaba**. 2018. Disponível em: <<http://agencia.sorocaba.sp.gov.br/prefeitura-lanca-o-plano-verao-20182019-de-sorocaba/>>. Acesso em: 02 dez. 2018.

SIFUENTES, Felipe Barros; SILVA, Edelci Nunes da; MARITNES, Marcos Roberto. **Reflexos do El Niño de 1997/1998 nos índices pluviométricos da Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tiête**. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 12., 2016, Goiânia, GO. Anais... Goiânia: UFG, 2016. 12 p. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/35895006-Reflexos-do-el-nino-de-1997-1998-nos-indices-pluviometricos-da-bacia-do-rio-sorocaba-e-medio-tiete.html>> Acesso em: 26 fev. 2019.

SILVA, Alexandre Marco da. **Potencial Natural de Erosão no Município de Sorocaba, São Paulo, Brasil**. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, Puerto Rico, v. 8, n. 5, p.5-14, jan. 2008. Disponível em: <[https://www.scipedia.com/public/Silva\\_2008a](https://www.scipedia.com/public/Silva_2008a)>. Acesso em: 20 nov. 2018.

SILVA, Demetrius D. da et al. **Chuvas intensas no Estado da Bahia**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. [online]. 2002, vol.6, n.2, p. 362-367. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662002000200030&script=sci\\_abstract&tIng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662002000200030&script=sci_abstract&tIng=pt)> Acesso em: 20 nov. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Distribuição de Gumbel e Log-Pearson III**. In: TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de Águas Pluviais**. Livro Eletrônico: Plínio Tomaz, 2010. Cap. 195. 1800 p. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_calculoshidraulicos/capitulo151.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidraulicos/capitulo151.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2018.

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

*Data de aceite: 23/11/2020*

*Data de submissão: 04/09/2020*

### **Luane Priscila Gato Lopes**

Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA  
<http://lattes.cnpq.br/5174152995536664>  
Santarém-Pará

### **Raquel Ester Campés Pereira**

Instituto Federal de Educação, Ciências e tecnologia do Pará-IFPA  
<http://lattes.cnpq.br/8316606492445271>  
Santarém-Pará

### **Rayan Picanço de Campos**

Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA  
Santarém-Pará  
<http://lattes.cnpq.br/0671391533980801>

### **Wanderson dos Santos Monteiro**

Instituto Federal de Educação, Ciências e tecnologia do Pará- IFPA  
<http://lattes.cnpq.br/4226803516537343>  
Santarém-Pará

**RESUMO:** A infraestrutura sanitária, saneamento, a coleta de resíduos sólidos, drenagem urbana, distribuição de água e esgoto são requisitos básicos para que a população não sofra com eventos naturais de forte grau, não tenha problemas com a saúde, muitas vezes direcionados ao esgoto; e não seja afetada com doenças pela ingestão de água. É com este parâmetro que o estudo visa fazer uma pesquisa voltada para os possíveis infortúnios

que a ausência de saneamento pode causar à saúde e bem estar dos moradores do bairro Mapiri, localizado na cidade de Santarém, na zona Oeste do Pará, uma vez que muitas das doenças que afligem o bem estar humano, estão relacionado com o déficit na estrutura de ordem sanitária e ambiental de regiões e cidades. A presente pesquisa objetivou analisar através de questionários, avaliações fotográficas e visitas in loco a infraestrutura do saneamento básico – acondicionamento, coleta de resíduos sólidos, drenagem, esgotamento sanitário, e saúde pública no entorno do lago do Mapiri e nas proximidades da ETE Mapiri. Os moradores relataram durante as entrevistas que durante o tempo de vivencia no local observaram muitas mudanças no entorno do lago, como a cor, o odor, presença de lama e resíduos lançados, o que antes era usado para pesca e lazer, hoje já não pode ser utilizado dessa forma, além disso um dos pontos mencionados foi a falta de cuidado por parte da população com o descarte do lixo, e a redução da mata ciliar nas margens do lago. Diante desse cenário torna-se evidente a preocupação pela universalização do saneamento, é possível inferir ainda que a população esta ciente de que o descarte de lixo a céu aberto, acúmulo de agua em terrenos e água pluviais acumuladas nas vias públicas podem gerar graves problemas à saúde, visto que são locais como estes que propiciam a proliferação de microrganismos patógenos, bactérias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saúde. Efluentes. Resíduos sólidos.

## PRELIMINARY ANALYSIS OF THE SANITARY AND ENVIRONMENTAL IMPACTS ON THE SURROUNDINGS OF LAKE MAPIRI

**ABSTRACT:** Health infrastructure, sanitation, solid waste collection, urban drainage, water and sewage distribution are basic requirements so that the population does not suffer from strong natural events, has no health problems, often directed to sewage; and is not affected with diseases by water intake. It is with this parameter that the study aims to make a research focused on the possible misfortunes that the absence of sanitation can cause to the health and well being of the residents of the Mapiri neighborhood, located in the city of Santarém, in the west zone of Pará, since many of the diseases that afflict human well being are related to the deficit in the sanitary and environmental structure of regions and cities. This survey aimed to analyze through questionnaires, photographic evaluations and on-site visits the basic sanitation infrastructure - conditioning, solid waste collection, drainage, sanitary sewage, and public health in the surroundings of Lake Mapiri and in the vicinity of ETE Mapiri. The residents reported during the interviews that during their time at the site they observed many changes in the lake surroundings, such as color, odor, presence of mud and waste thrown, what used to be used for fishing and leisure, today can no longer be used in this way, moreover one of the points mentioned was the lack of care on the part of the population with the disposal of garbage, and the reduction of the riparian forest on the banks of the lake. In the face of this concern for the universalization of sanitation, it is possible to infer that the population is aware that the disposal of garbage in the open, accumulation of water on land and rainwater accumulated in public roads can generate serious health problems, since it is places like these that provide the proliferation of pathogenic microorganisms, bacteria.

**KEYWORDS:** Health. Effluents. Solid waste.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os impactos socioambientais referentes ao crescimento desordenado das cidades envolvem a participação direta tanto da população quanto do Poder Público. Um dos pontos principais, que merecem atenção é a pouca ou até inexistente infraestrutura de serviços de saneamento básico que é uma realidade na maioria dos municípios brasileiros. Tal situação tem como consequências uma série de impactos negativos de ordem sanitária- ambiental, econômica e social, assim como à saúde e bem estar da população.

A maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial estão intrinsecamente relacionados com o meio ambiente. Um exemplo disso é a diarreia que, com mais de quatro bilhões de casos por ano, é uma das doenças que mais aflige a humanidade, já que causa 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade. Entre as causas dessa doença destacam-se as condições inadequadas de saneamento (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007).

O consumismo na sociedade atual se dá de forma exagerada, o que acentua

a problemática do descarte inadequado de resíduos sólidos. Outro fator que merece destaque são os efluentes provenientes de esgoto doméstico que geralmente não é atendido por sistema de tratamento adequado e são despejados em lagos, rios e córregos ou em valas a céu aberto, expondo a população local a potenciais riscos a doenças, principalmente as de veiculação hídrica. Gouveia (1999) afirma que o crescimento urbano desordenado não tem um acompanhamento adequado de investimentos em infraestrutura habitacional e saneamento ambiental. Que resulta em um aumento considerável da população vivendo em condições insalubres, não assistidas de serviços básicos como água potável, tratamento de esgoto e coleta de lixo. Isso representa, na realidade brasileira, 30 a 60% dos habitantes de uma cidade que podem estar vivendo nessas condições.

Para tentar sanar os problemas socioambientais, são desenvolvidas tecnologias, que visam tratar os resíduos gerados pela população e dar um destino final adequado aos efluentes. Um exemplo do inchaço populacional é a cidade de Santarém que trouxe, paralelamente, os impactos ambientais, decorrentes do descarte inadequado de resíduos líquidos e sólidos, segundo o Instituto Trata Brasil, Santarém se encontra entre as 10 (dez) cidades com os piores índices de saneamento no país. A mesma, conta com duas Estações de Tratamento de Esgoto para atender uma parcela da população – ETE Uruará e ETE Mapiri.

A cidade de Santarém também dispõe da coleta de resíduos sólidos, que são direcionados para o aterro sem um tratamento devidamente adequado, além de possuir um funcionamento precário. Assim como outras vertentes que em diversos momentos acabam gerando problemas para população.

O fator de preocupação explanado nesta pesquisa será direcionado para a condição do saneamento básico na área da comunidade no entorno do lago Mapiri na cidade de Santarém, e como tal situação pode prejudicar a saúde dos moradores que habitam naquele local. Foi necessário realizar um estudo voltado para avaliar os impactos que são gerados próximo ao lago do Mapiri, saber qual é a opinião pública relacionado aos sistemas de saneamento no local e buscar possíveis medidas corretivas que beneficie tanto o meio ambiente como a população.

## **2 | METODOLOGIA**

A pesquisa se dividiu em dois momentos, primeiramente foi realizada uma busca teórica sobre os problemas inerentes ao saneamento na região, com foco maior em Santarém, pois é onde se localiza o ponto central de estudo. Posteriormente deu-se início a segunda parte utilizando o método qualitativo descritivo.

Segundo Alvarenga (2012) As técnicas mais utilizadas para o uso do método qualitativo é a observação, o registro do que acontece através de fotos, vídeos,

gravações, fotografias, estudos de caso, questionários, entrevistas estruturadas e não estruturadas, revisão de documentos, discussão em grupos e muitas outras ferramentas pontuais de uso comum para coleta de dados

Do ponto de vista de Martinelli (1999, p.21-22) É: Trazer à tona o que os participantes pensam a respeito do que está sendo pesquisado. Não é só a visão de pesquisador que é importante, mas também o que o sujeito tem a dizer em relação ao problema.

O estudo foi realizado no município de Santarém no estado do Pará, com maior enfoque no bairro do Mapiri, que possui o mesmo nome do lago que cerca o seu entorno. O método foi aplicado por meio de análises, com registros fotográficos da situação que os moradores se encontram, das vias públicas, sistemas de drenagem, além da elaboração e execução de entrevistas e questionários, buscando conhecer a opinião dos moradores do bairro acerca das problemáticas do saneamento e meio ambiente.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Baseado nas observações, pesquisas e fotografias realizadas, foi constatado que a população se encontra em situação de vulnerabilidade em relação aos serviços de saneamento que estão presentes constantemente no seu dia a dia. Segundo um estudo realizado por Oliveira *et al.* (2018) com vista em avaliar a opinião dos moradores do Bairro Mapiri próximo à Estação de Tratamento de Esgoto-Irurá, foi observado em seus diagnósticos alguns resultados concernentes com os que foram alcançados no projeto, como o mau cheiro apontado pelos entrevistados, alagamentos, além de reclamações sobre a qualidade do lago que recebe o efluente tratado, com cerca de 70% dos entrevistados afirmando que houve alterações na cor, odor e vazão.

Conforme descrito na Lei Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981, no seu artigo 3º, entende-se por degradação ambiental as atividades que direta ou indiretamente: lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos, que prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população.

Conforme o seguimento das entrevistas foi possível observar que naquele local as crianças faziam suas atividades lúdicas dentro do lago, comprometendo, dessa forma, a saúde delas. Além disso, alguns moradores, criadores de animais, cortavam o capim próximo aos locais de despejo de resíduos, o que novamente depreende-se a questão saúde como principal afetada.



Figura 1: Lago do Mapiri.

Fonte: Campos (2018)



Figura 2: Ponte de travessia do lago do Mapiri.

Fonte: Campos (2018)

O saneamento básico é indispensável à qualidade de vida. Sanear é controlar os fatores do meio físico do homem, que exercem ou possam exercer efeito prejudicial ao seu bem estar físico, mental e social (LOPES, 2004).

Apesar da grande disseminação de informações referentes a saúde populacional e ao saneamento, a população ainda se encontra em estado crítico, sem saber como proceder, a quem recorrer, que medidas tomar, tendo em vista que os moradores tem que fazer sua parte no processo, mesmo que seja mínima, já é um diferencial.



Figura 3: Lixo na grade de drenagem do Bairro

Fonte: Lopes (2018).



Figura 4: Resíduos lançados no lago Mapiri

Fonte: Lopes (2018).

No decorrer do estudo, foi possível presenciar uma crescente poluição visual recorrente ao descarte inadequado de resíduos sólidos nas ruas, como é possível observar na figura 3, onde diversos resíduos obstruem uma grade de drenagem, que mais tarde dificultará a passagem da água pluvial, resultando em alagamentos, problemas para a saúde da população e para a rede. Outro fator que pode ser observado na figura 4, são os resíduos lançados no interior do lago, onde se tem maiores agravos de poluição por resíduos, pois são lançados máquinas de lavar, colchões, baldes quebrados, brinquedos, entre outros tipos de eletrodomésticos de grande porte.

Na visão de Teixeira (2006), onde o saneamento básico é realizado de forma adequada as condições essenciais de qualidade de vida da população, observa-se pontos positivos no que tange a diminuição da mortalidade infantil, doenças diarreicas, parasitárias e de pele, tornando-se evidentes.

Com base na máxima do autor, é possível subtender que a poluição do córrego com os despejos dos efluentes e o descarte dos resíduos sólidos a céu aberto, acaba prejudicando a população e o meio ambiente, agravando e contribuindo para manter o quadro de saneamento da cidade de Santarém. Não somente isso, os próprios moradores tornam-se grandes depredadores do meio em que vivem,

pondo a própria saúde em risco, poluindo ambientes e dando lugar a proliferação de vetores, doenças infecciosas e outros.



Figura 5: Terreno de um dos moradores próximos ao lago Mapiri.

Fonte: Lopes (2018).

Quanto ao esgotamento sanitário constatou-se que cerca de 20% dos entrevistados lançam o esgoto de suas residências na rede comunitária, e cerca de 30% é lançado em foça negra ou a céu aberto, além das reclamações quanto ao mau cheiro liberado pelo processo de tratamento de esgoto e o odor liberado pelo lago Mapiri, proveniente do descarte inadequado de resíduos no seu entorno. Durante a aplicação da pesquisa alguns moradores reclamaram que, com o aumento do nível do lago, o quintal dos habitantes acaba alagando em época de grande pluviosidade e época de cheia do lago, uma vez que, com a implantação da ETE e a construção da orla, o nível dos terrenos ficaram em uma localização inferior, como é observado na figura 5.

Os moradores mais antigos relataram que durante o tempo de vivência no local observaram muitas mudanças no entorno do lago, e por consequência dos maus hábitos dos moradores locais, o ambiente foi se modificando, o lago foi se tornado cada vez mais barrento, com o nível cada vez mais baixo, um maior crescimento de vegetação aquática, além da sua inatividade pesqueira, o que antes era usado para lazer, hoje já não pode ser utilizado dessa forma, além disso um dos pontos mencionados foi a falta de cuidado por parte da população com o descarte do lixo, e a redução da mata ciliar nas margens do lago.



Figura 6: Lago do Mapiri atualmente

Fonte: Lopes (2018).



Figura 7: Crianças se divertem nas águas do Lago Mapiri

Fonte: Ana Carolina (G1)

Cada município tem portanto, abertas as portas para tomar em suas mãos a defesa de seu patrimônio, natural ou cultural, e do bem-estar de seus cidadãos; entretanto para chegar a isto, ele necessita capacitar-se, preparar-se, e enfrentar os conflitos que gera a tomada de posição em relação a um tema tão abrangente e pouco conhecido – como é a questão ambiental (PHILIPPI, et al. p. 21, 1999).

#### 4 | CONCLUSÃO

Levando-se em consideração os aspectos citados no decorrer da pesquisa o presente trabalho buscou analisar a situação do saneamento no bairro do Mapiri, mais precisamente no seu lago. Visou também identificar possíveis déficits e propor medidas que possam contribuir para a melhora no sistema de coleta e acondicionamento dos resíduos sólidos, uma vez que há despejo de resíduos

sólidos naquele lago. Explana também sobre as atuais providências quanto ao tratamento e propõe medidas técnico-administrativas, com propósito de um melhor gerenciamento do tratamento das águas despejadas em um córrego em meio ao centro populacional, visando reduzir possíveis impactos ambientais nos corpos aquáticos receptores e alertar o corpo social presente aos arredores para os sérios riscos à saúde que os mesmos correm ao entrarem em contato com esse tipo de água. É possível inferir ainda que a população esteja ciente de que o descarte de lixo a céu aberto pode gerar graves problemas à saúde, visto que são locais como estes que propiciam a proliferação de microrganismos patogênicos, bactérias e o mosquito causador da dengue, Chikungunya e outras doenças nocivas ao ser humano.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, EM de. Metodologia da investigação quantitativa e qualitativa: normas técnicas de apresentação de trabalhos científicos. **Gráfica Saf, Assunção, Paraguai**, 2012.

BRASIL, M. C.; BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 1981.

GOUVEIA, Nelson. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. **Saúde e sociedade**, v. 8, p. 49-61, 1999.

GUIMARÃES, ALEXANDRE JOSÉ ATHAYDE; CARVALHO, DF de; SILVA, LDB da. Saneamento básico. **Rio de Janeiro: UFRJ**, p. 1-3, 2007.

LOPES, Denise Maria dos Santos. **Saneamento do Meio**. Ge FAM/DVS/SÉS, fev.,2004.

MARTINELLI, Maria Lúcia. O uso de abordagens qualitativas na pesquisa em Serviço Social. NESPI nº 1. São Paulo: PUCSP, 1999.

OLIVEIRA, Josciane Carneiro et al. Diagnóstico ambiental em torno da Estação de Tratamento de Esgoto-Irurá, no município de Santarém-pa, Brasil.

PHILIPPI, J. R. Arlindo et al. **Municípios e Meio Ambiente: perspectivas para a municipalização da gestão ambiental no Brasil**. São Paulo: **Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente**, p. 21, 1999.

TEIXEIRA, Júlio César; GUILHERMINO, Renata Lopes. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003-IDB 2003. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 277-282, 2006.

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

*Data de aceite: 23/11/2020*

*Data de submissão: 02/09/2020*

### **Isis Guimarães Moreira**

Superintendência do Desenvolvimento do  
Nordeste - Sudene  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/3941468718143287>

### **Ludmilla de Oliveira Calado**

Superintendência do Desenvolvimento do  
Nordeste - Sudene  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/2568329190188552>

### **Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento**

Superintendência do Desenvolvimento do  
Nordeste - Sudene  
Doutoranda do Programa de Pós Graduação  
em Biometria e Estatística Aplicada - UFRPE  
Recife - PE  
<https://orcid.org/0000-0001-7565-7873>

### **Douglas Wilson Silva Santana**

Graduando em Geografia, UFPE  
Recife - PE  
<http://lattes.cnpq.br/2475852155409757>

**RESUMO:** No Semiárido Brasileiro a indisponibilidade de água nos corpos superficiais para suprir a demanda da região provoca a busca pela maximização das fontes hídricas, e como uma das alternativas está o uso da água subterrânea. No entanto, uma das principais características desta fonte hídrica nesta região

é a salinidade. Considerando que o consumo de água com grande presença de sais pode trazer impactos à saúde humana e animal, ao solo, limitar o crescimento de algumas culturas e ainda provocar danos a equipamentos hidráulicos o que pode ser prejudicial em plantas industriais, é possível analisar o grau e a distribuição da salinidade no estado de Pernambuco a fim de subsidiar a tomada de decisão aos gestores na implementação de políticas públicas na região. A base de dados utilizada foi do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, gerido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM. A concepção do mapa de salinidade das águas subterrâneas Pernambuco foi realizada a partir da análise de dados sobre a condutividade elétrica de 10.692 poços no território, dividido pelas mesorregiões. A interpolação utilizada foi o Inverso da Distância Ponderada (IDW). A análise do grau de salinidade do estado de Pernambuco permitiu notar que existe uma convergência entre as manchas de salinidade e as delimitações das mesorregiões. Neste sentido, identificou-se duas mesorregiões com importante concentração de núcleos super salinos, o Agreste Pernambucano e a mesorregião do São Francisco. Esta análise indica que esses territórios podem ser considerados prioritários na implementação das políticas públicas de acesso à água principalmente pelo potencial impacto provocado na saúde humana e nas limitações para o uso na agricultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Semiárido, águas subterrâneas, salinidade, geotecnologias

## APPLICATION OF GEOTECHNOLOGIES IN THE ANALYSIS OF SALINITY OF GROUNDWATER IN THE STATE OF PERNAMBUCO

**ABSTRACT:** In the semiarid region Northeast Brazil the unavailability of water to supply the demand of the region causes the search for the maximization of the water sources, and as one of the alternatives is the use of groundwater. However, one of the main characteristics of this water source is salinity. Considering that the consumption of water with a high presence of salts can have an impact on human and animal health, limit the growth of some plants and also damage hydraulic equipment, which can be harmful in industrial plants, it is possible to analyze the distribution of salinity in the state of Pernambuco in order to subsidize decision-making for managers in the implementation of public policies in the region. The database used was from the Groundwater Information System - SIAGAS, managed by the Geological Survey of Brazil - CPRM. The Pernambuco groundwater salinity map was carried out from the SIAGAS data analysis, provided by the CPRM, at this point were analyzed data of the electrical conductivity of 10.692 wells divided by the mesoregions. The interpolation used was the Weighted Distance Inverse (IDW). The analysis of the salinity degree of the state of Pernambuco showed that there is a convergence between the salinity spots and the delimitations of the mesoregions. In this sense, we identified two mesoregions with an important concentration of super saline nuclei, the Agreste Pernambucano and the São Francisco mesoregion. This analysis indicates that these territories can be considered a priority in the implementation of public policies for access to water, mainly because of the potential impact on human health and the limitations for use in agriculture.

**KEYWORDS:** Semiarid, groundwater, salinity, geotechnology.

### 1 | INTRODUÇÃO

No semiárido a indisponibilidade de água nos corpos superficiais para suprir a demanda da região provoca a busca pela ampliação na oferta das fontes hídricas, sendo que uma das alternativas é o uso da água subterrânea. No entanto, na região, uma das principais características desta fonte hídrica é a salinidade. O consumo de água com grande presença de sais pode trazer impactos à saúde humana e animal, ao solo, limitar o crescimento de algumas culturas e ainda provocar danos a equipamentos hidráulicos podendo ser prejudicial em plantas industriais.

No intuito de subsidiar as tomadas de decisão nas ações públicas para ampliação da oferta hídrica considerando o melhor uso de acordo com as características do corpo hídrico subterrâneo, faz-se necessário analisar as informações disponíveis de qualidade da água. Nesse aspecto, o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, gerido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM é fonte que reúne dados sobre os poços de todo o Brasil. Dentro dessa perspectiva, as ferramentas de geotecnologias foram utilizadas para fornecer dados espaciais que auxiliem na eficiência da aplicação dos recursos públicos.

Por fim, o objetivo deste trabalho é analisar como se comporta a distribuição de salinidade das águas subterrâneas no estado de Pernambuco com uso de geotecnologias.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Pernambuco está situado ao leste da região Nordeste do país, possui clima tropical, com médias pluviométricas anuais que ultrapassam os 2.000 mm e tem uma extensa variedade altimétrica e climática. Dessa forma, pela extensão dos 98.067,881 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019) encontram-se locais que podem chegar até mil metros, com mudanças de clima, variando de tropical úmido a semiárido. Percorrendo um trajeto partindo do litoral em direção ao oeste, à medida que se avança para o interior, a altitude tende a aumentar devido a deformidade do relevo, passando pelos tabuleiros costeiros em Goiana, microrregião da zona da mata, em seguida o agreste, onde se encontra já o planalto da Borborema com feições erodidas e maciços residuais, como, serras e brejos. Após isso, ocorre a então depressão sertaneja, onde está situado o sertão com forte índice climático quente e alta evapotranspiração.

O estado tem uma população aproximada de 9 milhões de habitantes, distribuídos em 185 municípios com cinco mesorregiões denominadas Sertão, São Francisco Pernambucano, Agreste, Zona da Mata e Região Metropolitana (Figura 1), e apenas as duas últimas não se encontram no Semiárido. Segundo as resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017 a delimitação do semiárido leva em consideração três critérios: precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800mm; índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

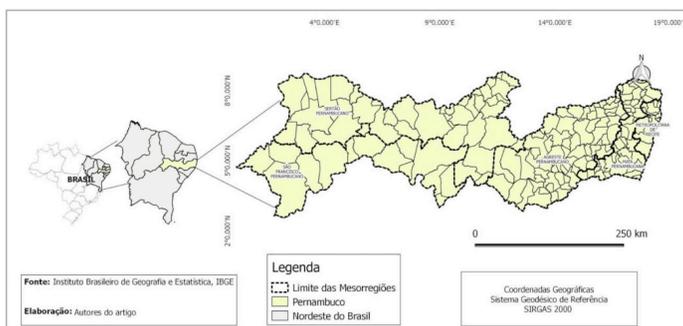


Figura 1: Mapa da área de estudo.

Fonte: Autores.

O Plano Nacional de Segurança Hídrica, lançado em 2019, indica, sobre o viés da segurança hídrica, que o território possui em risco de desabastecimento 81% da sua população urbana, 91% da produção agropecuária e 91 % da produção industrial. Adicionado a isso, o Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco realizou auditoria especial para avaliar o acesso e a qualidade de abastecimento hídrico da região identificou que Pernambuco era o estado com mais sedes municipais em situação crítica devido à insuficiência da oferta de água, particularmente na região agreste.

Nessa perspectiva, a água subterrânea é amplamente usada como alternativa de abastecimento porém o seu uso pode ser prejudicado pelas características físico-químicas do corpo hídrico. A qualidade da água subterrânea varia naturalmente devido às características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, apresentando variados compostos químicos decorrentes do processo de dissolução, que estão associados ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (TUNDISI e MATSUMARA, 2008).

Segundo o IBGE (2009), em Pernambuco, a geologia está classificada em grande parte das eras paleoproterozoica, neoproterozoica e cenozoica. Conforme observado na Figura 2, a classificação paleoproterozóica confere as rochas uma textura gnáissica de origem magmática e/ou sedimentar de médio grau metamórfico e rochas graníticas desenvolvidas durante a separação dos continentes americano e africano pela dorsal meso atlântica (IBGE, 2009). Além do impacto na qualidade do corpo hídrico, o material também tem efeito no armazenamento da água: enquanto que no paleoproterozóico apresentam rochas duras, de difícil penetração e maior escoamento superficial, no neoproterozóico e cenozóico as rochas apresentam sedimentos da erosão diferencial da plataforma da Borborema, tendo baixo grau de metamorfismo, geralmente mais finos e moles, arenoso e argilosos, compactados pela deposição, dando margem para um maior potencial de armazenamento de água em subterrâneo.

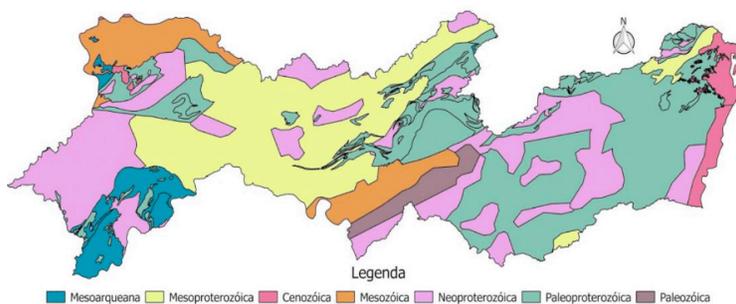


Figura 2: Mapa geológico de Pernambuco.

Fonte: IBGE, 2010. Elaboração: Autores.

A drenagem tem um papel importante no condicionamento da salinidade no solo, drenagens imperfeitas, devido a existência de poucos horizontes e camadas próximas a superfícies, não transportam de forma eficiência os sais solúveis presentes no solo (PEDROTTI, A *et al.*, 2015). Isso pode se agravar, levando à salinização dos solos, caso a região possua um baixo índice pluviométrico associado à alta evapotranspiração amplificando a concentração de sais no aquífero AYERS & WESTCOT (1985) e WANDERLEY (2009) citado por PEDROTTI, A *et al* (2015). É o caso das mesorregiões Agreste e Sertão Pernambucano, que por possuírem características físico-climáticas do árido e semiárido, dificilmente os solos dessas áreas sofrem lixiviação, o que ocasiona a retenção de grande quantidade de sais solúveis.

O corpo hídrico subterrâneo também pode sofrer contaminações antrópicas causadas pelo uso inadequado do solo (infiltração de agrotóxicos, lixiviados de lixões, contaminação de compostos hidrocarbonetos de petróleo provenientes de postos de combustíveis...) e influência da intrusão salina. Essas características, associadas ao uso e ocupação do solo, são contribuidoras para a degradação da qualidade de água, afetando o seu uso para as atividades humanas (RIBEIRO *et al.*, 2003; MUNNS, 2012).

A presença de sais na água pode trazer impactos à saúde humana e animal, ao solo, limitar o crescimento de algumas culturas e provocar danos a equipamentos hidráulicos o que pode ser prejudicial em algumas plantas industriais.

## **2.1 Poços Subterrâneos no estado de Pernambuco**

A gestão ambiental das águas subterrâneas é realizada em sistema, ou seja, a atuação de todos os atores (órgãos federais, estaduais, municipais, comitês de bacia e usuários de recursos hídricos) é organizada em rede e de forma integrada. Neste contexto o SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas desenvolvido e mantido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) reúne, de forma permanentemente atualizada, a base de dados de poços subterrâneos do Brasil. Os dados a seguir são de informações atualizadas até maio de 2019. A responsabilidade dos dados informados sobre a análise da qualidade de água é dos estados, em Pernambuco, à gestão das águas fica à cargo dos órgãos da Secretaria Executiva de Recursos Hídricos, Agência Pernambucana de Águas e Clima e Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH.

## **2.2 A salinidade da água, Condutividade elétrica e Impactos**

A resolução CONAMA nº 396/2008 define os valores máximos permitidos dos parâmetros de maior ocorrência nas águas subterrâneas, determina ainda a classificação da qualidade da água subterrânea por tipo de uso e orienta, em seu art. 13, que os órgãos ambientais devem monitorar dados sobre pH, turbidez,

condutividade elétrica e medição de nível de água, com frequência no mínimo semestral.

A condutividade elétrica mede o fluxo de corrente elétrica na água que varia proporcionalmente segundo a concentração total de sais dissolvidos (cloretos, sulfatos, nitratos, sódio, magnésio, alumínio, ferro, cálcio entre outros). Portanto é possível definir uma correlação entre os sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica.

Determinar diretamente a salinidade de um corpo hídrico em geral possui um custo elevado pois é necessário realizar uma análise química completa para identificar a concentração de todos os sais presente (APHA, 2005). Portanto, a condutividade elétrica é um parâmetro usual para a identificação indireta da totalidade de sais na água devido à facilidade de medição e o baixo custo associado, podendo ser feita *in loco* por um equipamento portátil.

Apesar de não haver normatização na Resolução Conama que define um fator entre condutividade elétrica e salinidade, à bibliografia traz algumas estimativas correlacionais, Feitosa e Diniz (2011) consideram que: condutividade menor que  $1.000 \mu S/cm$  é considerada doce, entre  $1.000$  e  $2.500 \mu S/cm$ , considera-se salobra, e por último, acima de  $2.500 \mu S/cm$  é considerada salgada.

Não há indicação na Portaria Interministerial de um VMP para condutividade elétrica, contudo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011) define como limite estabelecido para o consumo humano um valor de condutividade elétrica de  $800 \mu S/cm$  (NEVES *et al*, 2017).

De acordo com Ayers & Westcot (1985), as águas de condutividade elétrica acima de  $700 \mu S/cm$  já apresentam moderado potencial de salinização do solo quando usadas na irrigação. A presença de sais na água ou solo é fator restritivo para muitas culturas. É comum observar a inibição do crescimento, à perda de peso seco e a descoloração foliar devido à redução da habilidade de absorção da água (HOLANDA *et al*, 2011), em casos extremos pode levar a perda total. A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura-FAO, no documento *Water Quality for agriculture* define o grau de risco para o uso de água para irrigação considerando à salinidade: nenhum risco, quando a condutividade elétrica é menor que  $700 \mu S/cm$ ; leve a moderado, na faixa entre  $700$  a  $3.000 \mu S/cm$  e severo para condutividade superior a  $3.000 \mu S/cm$ .

Na publicação Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas elaborada pelo INSA em 2012 são identificadas as culturas e sua tolerância quanto ao nível de salinidade presente na água de acordo com a condutividade elétrica. Culturas como cebola, cenoura, feijão são sensíveis quanto à presença de sais  $1.000 \mu S/cm$ , e culturas como algodão e cevada possuem alta tolerância à salinidade de  $7.000$  a  $8.000 \mu S/cm$ . Somado a este fato, o uso contínuo de água utilizada na irrigação com

média e alta salinidade tende a gerar acúmulo de sais no solo e provocar o processo de salinização dos solos, principalmente quando o solo apresentar características argilosas com menor capacidade de drenagem, podendo tornar o solo salino em poucos anos (INSA, 2012).

Na indústria, a água com elevados teores de sais pode provocar corrosão nos equipamentos (SOUZA, 2010) exigindo manutenções e trocas com maior frequência. Esse fato pode limitar à implantação de unidades industriais em locais caso as fontes hídricas disponíveis tenham alta carga salina. A NBR 15900 que dispõe sobre os requisitos para água de amassamento do concreto orienta que as águas de fontes subterrâneas necessitam de ensaio químico, e que águas salobras não são indicadas para a preparação de concreto armado ou protendido, podendo ser utilizada apenas para concreto não armado, e ainda determina os teores máximos de cloretos e sulfatos (ABNT, 2009).

### 2.3 Geotecnologias e Técnicas de Interpolação

As geotecnologias têm ganhado destaque em análise com grandes volumes de dados e informações que através de ferramentas espaciais que dão precisão e praticidade necessárias às tomadas de decisão. O uso dos Sistemas de Informações Geográficas, associando a informação vetorial e matricial aos bancos de dados tabulares, em ambiente georreferenciado adequado à visualização e manejo das análises, permite a extração de novas informações a partir de dados originais, fazendo uso de recursos estatísticos e técnicas matemáticas.

Neste contexto, de acordo com Silva (2007), o uso de interpolações torna possível a estimativa de valores desconhecidos de uma função a partir de valores conhecidos da mesma função. Existe uma variedade de interpoladores disponíveis ao uso em *softwares* de geoinformação, tais como a Krigagem, Inverso da Distância Ponderada (IDW) e Redes de Triangulação Irregular (TIN), onde cada método possui uma particularidade singular. Para este trabalho utilizou-se o método do IDW o qual consiste em atribuir o peso maior ao ponto mais próximo, diminuindo o peso a medida em que a distância aumenta em função de um coeficiente de potência ( $\alpha$ ). A sua formulação matemática pode ser descrita da seguinte forma:

$$\hat{Z}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(x_i) \frac{1}{d_{ij}^\alpha}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{ij}^\alpha}}$$

em que  $z$  representa os valores estimados,  $x$  o número de amostras,  $x_i$  os valores conhecidos,  $d_{ij}$  a distância entre os pontos  $i$  e  $j$ .

### 2.4 Concepção do Mapa de Salinidade

A concepção do mapa de salinidade das águas subterrâneas de Pernambuco

foi realizada a partir da análise de dados dos poços do SIAGAS, fornecido pela CPRM. As informações estavam em formato tabular e continham dados de localização em coordenadas (geográficas e planas) dos poços cadastrados, condutividade elétrica, dentre outros relacionados à qualidade da água. Utilizando o *software* Qgis 2.18 La Palmas, foram plotados os 30 mil poços que se localizavam em Pernambuco e selecionados apenas os que possuíam dados consolidados de condutividade elétrica. Aplicou-se a ferramenta de interpolação pelo método IDW considerando o recorte da área territorial de Pernambuco. Foram inseridos os valores de comparação entre condutividade elétrica e salinidade e definiu-se como faixas de amostragem os seguintes intervalos em ( $\mu S/cm$ ): Doce na faixa 0 I---- 500, na cor azul; Doce na faixa entre 500 I---1.000, em verde escuro; Salobra entre 1.000 I---- 1.800, em verde claro; Salobra entre 1.800 I--- 2.500, na cor laranja claro; Salgada na faixa entre 2.500 I--- 5.000, em laranja escuro e Super salina valores entre 5.000 I --- 10.000, na cor vermelha.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os poços cadastrados no SIAGAS em Pernambuco totalizam 30.795 poços tubulares, dos quais 26,52% estão bombeando ou equipados. Neste conjunto de dados, a maioria (56,37%) não tem informações disponíveis, além disso, foram utilizados, para determinar a salinidade, apenas os que continham informação sobre a condutividade elétrica, ou seja 10.692 poços (Tabela 1). Sobre o período da coleta e das análises de água para a condutividade elétrica, os dados correspondem ao período de 1959 a 2013. Destaca-se que os dados de condutividade elétrica possuem diferentes datas de coleta e portanto não possuem a mesma condição temporal, visto que em outros trabalhos é estudada a variação na condutividade elétrica nos aquíferos subterrâneos de acordo com a sazonalidade das chuvas (ANDRADE *et al*, 2012).

Situação	Quantidade geral	Percentual geral	Poços com informações de condutividade	Percentual das informações de condutividade
Sem funcionamento	3.705	12,03%	1.062	9,93%
Bombeando/Equipado	8.166	26,52%	6.491	60,71%
Poço RIMAS com medidor automático de nível	13	0,04%	13	0,12%
Não Instalado	1.552	5,04%	1.058	9,90%
Sem informação	17.359	56,37%	2.068	19,34%
<b>Total</b>	<b>30.795</b>	<b>100%</b>	<b>10.692</b>	<b>100%</b>

Tabela 1. Quantitativo dos poços segundo a situação, no estado de Pernambuco.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial dos poços no estado de acordo com sua situação. Para tal, agruparam-se alguns grupos, considera-se “sem funcionamento” os poços que foram classificados como abandonado, colmatado, fechado, não utilizável, obstruído, precário ou seco. O grupo “Bombeando/Equipado” representa os poços que estão equipados e/ou bombeando, e “Poços Rimas com medidor automático de nível” são poços de monitoramento da qualidade de água instalados pela CPRM que não possui a função de explorar água.

A classificação de “Sem informação” representada pelo ponto cinza no mapa, possui a maior quantidade, embora essa informação não é de tanta ajuda para a pesquisa, ainda sim, tem seu valor e demonstra a necessidade do cadastramento e listamento das informações de poços. Em seguida, “Equipado” que representa os poços que estão equipados e/ou bombeando, ocupa a segunda categoria de maior valor, observou-se que ao nordeste do sertão pernambucano há um maior adensamento dos poços em funcionamento do que as demais localizações do território.

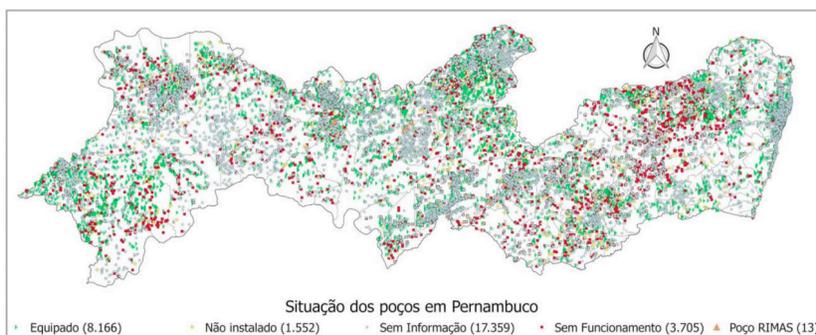


Figura 3: Distribuição espacial de todos os poços em Pernambuco, segundo a situação.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

As principais estatísticas descritivas da condutividade elétrica de acordo com a situação dos poços estaduais são apresentados na Tabela 2. Os Poços RIMAS com medidor automático de nível apresentam os menores valores de condutividade elétrica e o grau de salinidade em todos os casos estão na faixa considerada água doce.

Situação	Mínimo ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ )	Média ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ )	Máximo ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ )	Desvio-padrão ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ )
Sem funcionamento	0,0	3855,8	42.000,0	5594,4
Bombeando/Equipado	0,0	2307,5	39.600,0	3380,7
Poço RIMAS com medidor automático de nível	75,7	310,2	625,6	195,4
Não Instalado	0,0	3448,5	31.300,0	4750,1
Sem informação	0,0	681,4	73.945,0	2421,3

Tabela 2. Estatísticas descritivas da condutividade elétrica segundo a situação dos poços, no estado de Pernambuco.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

Na Figura 4, estão distribuídos os 10.692 poços que possuem o critério de condutividade elétrica no estado de Pernambuco, dividido pelas mesorregiões. Tal mapa de localização de poços relaciona-se com a Figura 4, a qual demonstra a interpolação IDW, realizada a partir dos valores de condutividade desses poços como parâmetro para análise de salinidade.

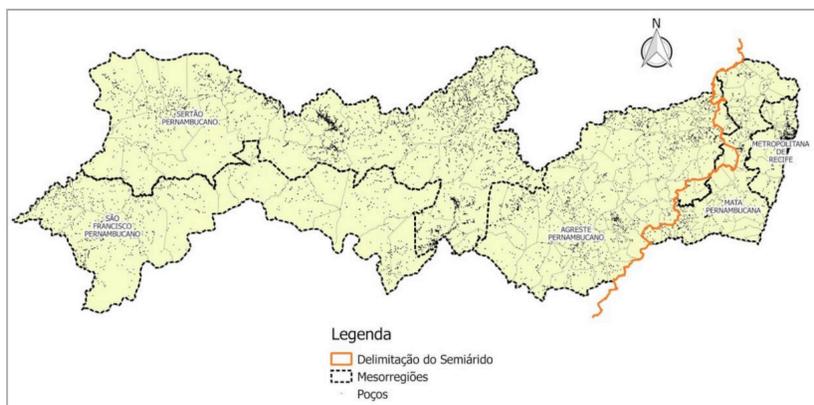


Figura 4: Distribuição espacial dos poços em Pernambuco com informações de condutividade elétrica.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

Com a interpolação dos dados, foram identificadas fortes manchas de salinidade, que em uma primeira análise coincidiram com as mesorregiões do Agreste, São Francisco Pernambucano e parcialmente o Sertão Pernambucano, que fazem parte do semiárido Pernambucano. Ademais, verificou-se que as manchas de salinidade são intensas em localidades conhecidas pelo grande déficit hídrico, como o caso do Agreste, onde a mancha encaixa quase que em sua totalidade por toda

essa mesorregião. Isto pode ocorrer devido ao alto índice de evapotranspiração, baixa pluviosidade e solos pouco profundos, característicos dessa região situada já no início da plataforma Borborema. Composta de estrutura cristalina, a citada área também é determinada pelo baixo armazenamento de água e alta salinidade advinda dos minerais.

Já na Região Metropolitana e Mata Pernambucana, de acordo com o mapa da Figura 5, apresentam índices de condutividade elétrica que indicam uma concentração maior de água doce. A estrutura geológica dessas localidades é em sua grande maioria sedimentar, sendo dessa forma, potencial ao armazenamento de água e de difícil probabilidade à salinidade. Além disto, essas áreas possuem alto índice de pluviosidade, sendo este fator preponderante na influência do ciclo da água e manutenção da disponibilidade da mesma em nível subterrâneo. Os fatores supracitados são alguns dos condicionantes para a salinidade, uma vez que o fator antrópico possui grande impacto nesse aspecto, como a má gestão da irrigação; descarte de resíduos sólidos, dentre outros.

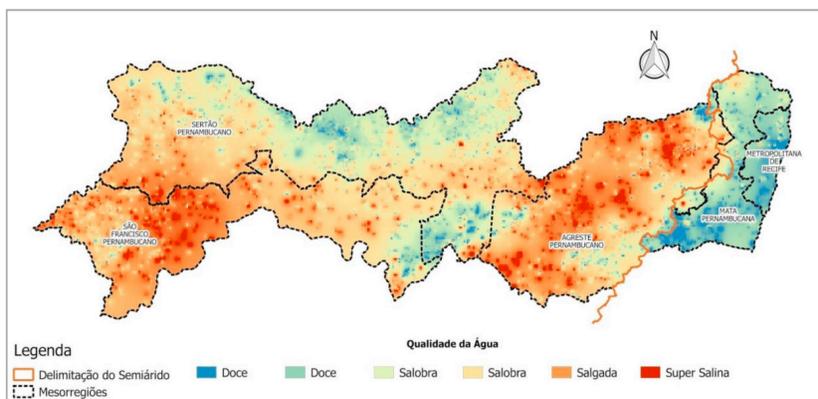


Figura 5: Mapa da condutividade elétrica dos poços obtido pela interpolação IDW.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

Em complementaridade a interpolação das informações, a Figura 6 demonstra a distribuição da condutividade elétrica segundo a mesorregião de Pernambuco. O Agreste e São Francisco foram as mesorregiões com maior dispersão da condutividade e com poços com alto grau de salinidade. De forma semelhante, ocorreu no Sertão com a diferença de menor dispersão entre os valores.

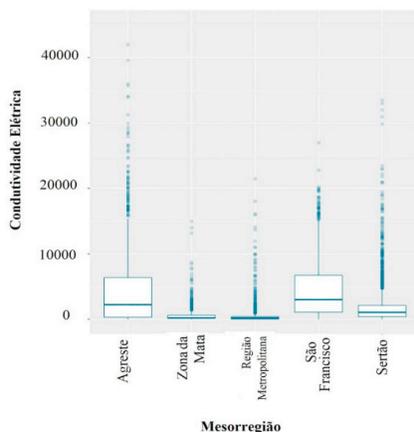


Figura 6: Condutividade elétrica dos poços segundo as mesorregiões do estado de Pernambuco.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

## 4 | CONCLUSÕES

Partindo do uso de ferramentas espaciais de geotecnologia, foi possível extrair informações relevantes quanto a perspectiva de uso dos recursos naturais em Pernambuco. A análise em ambiente georreferenciado possibilitou que camadas temáticas fossem cruzadas, como a geologia, mesorregiões e interpolação de poços, contribuindo de forma eficaz e eficiente na identificação de atributos territoriais, essenciais à tomada de decisão.

A interpolação dos dados de condutividade elétrica permitiu que fosse analisado o grau de salinidade do estado de Pernambuco, notando assim a existência de uma convergência entre as manchas de salinidade e as delimitações das mesorregiões. Neste sentido, identificou-se duas mesorregiões com importante concentração de núcleos super salinos: o Agreste Pernambucano e São Francisco. Este estudo indica que esses territórios podem ser considerados prioritários na análise de implementação das políticas públicas de acesso à água, principalmente pelo potencial impacto provocado na saúde humana e nas limitações para o uso na agricultura.

Possíveis complementações para este trabalho podem ser efetuados, como da comparação dos métodos de interpolação e uso de diferentes geotecnologias e estatísticas. Além disto, a elaboração de análises espaciais do grau de salinidade em conjunto com outras fontes hídricas superficiais (como por exemplo, rios e barragens) podem ampliar a interpretação sobre os diferentes tipos de uso desta região. Complementarmente, estudos associados à políticas públicas existentes e

a serem implementadas podem auxiliar a ampliação da segurança hídrica, como suporte aos diversos sistemas já existentes atualmente, tais como dessalinizadores, cisternas, adutoras e o projeto de Integração do Rio São Francisco.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CPRM pelo fornecimento dos dados e à Sudene.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15900-1:2009; **Água para amassamento do concreto** Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 21a. ed., AWWA – WEF: Denver. 2005.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Plano Nacional de Segurança Hídrica** / Agência Nacional de Águas. – Brasília : ANA, 2019.

ANDRADE *et al.* Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.16, n.5, p.496–504, 2012.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1. ISBN 92-5-102263-1, Roma: FAO, 1985.

BRASIL. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008 - Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília - DF.

BRASIL. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Ministério da Saúde. Brasília - DF.

CONDEL. RESOLUÇÃO N ° 107/2017. Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência. Recife, 27 de julho de 2017. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Resolucao-107-2017.pdf>>, acessado em 30 de agosto de 2020.

CONDEL. RESOLUÇÃO N ° 115/2017. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, e 27 de julho de 2017. Fortaleza, 23 de novembro de 2017. Disponível em: < <http://sudene.gov.br/images/arquivos/conselhodeliberativo/resolucoes/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiario.pdf>>, acessado em 30 de agosto de 2020.

FEITOSA, F. A. C.; DINIZ, A. O. **Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira. II Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo**. São Paulo, 2011.

HANS, R. G., VITAL P. S. P., SALOMÃO S. M., GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas**, Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, ISBN 978-85-64265-03-5, 2012.

HOLANDA S.J.R, *et al.* Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H.E.Moore). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.1, p.47–52, 2011.

IBGE. Esboço geológico. **Atlas Nacional do Brasil**. Disponível em: <http://www.metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/main.home>. Acesso em: 09 ago.2019.

MUNNS, R. **The impact of salinity stress**. Plantstress. Virtual article. Disponível em: [http://www.plantstress.com/Articles/salinity\\_i/salinity\\_i.htm](http://www.plantstress.com/Articles/salinity_i/salinity_i.htm). Acesso em: 04 jul. 2019. 632 p.

NEVES *et al.* Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Rev. Ambient. Água**, vol.12 no.1 Taubaté Jan./Feb. 2017.

PEDROTTI, A *et al.* **Causas e consequências do processo de salinização dos solos**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p. 1308-1324 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM

SILVA, *et al.* **Estudo do Método de Interpolação do Inverso da Distância a uma Potência**, II Simpósio Brasileiro de Geomática. V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. ISSN 1981-6251, p. 057-062, 2007.

SOUZA, E. D. **Análise de corrosão por meio de perda de massa e espessura em aços pela ação da água produzida de poços petrolíferos**.Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, p. 143, 2010.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. **Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável**. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S; ALVAREZ, V. H. (eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.165-208, 2003.

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

*Data de aceite: 23/11/2020*

### **Geovana Brito Guimarães**

Discente do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual de Santa Cruz  
ID Lattes: 1582612228820122

### **José Wildes Barbosa dos Santos**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Itapetinga, Bahia  
ID Lattes: 9504210872314783

### **Raildo Mota de Jesus**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus, Bahia  
ID Lattes: 7281089484989218

### **Fábio Alan Carqueija Amorim**

Universidade Estadual de Santa Cruz  
Ilhéus, Bahia  
<http://lattes.cnpq.br/7583976864322053>

**RESUMO:** O estudo dos parâmetros físicos e químicos da água é de muita importância para a avaliação da qualidade da água e aos benefícios da saúde humana. Nessa perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos e químicos da água de abastecimento público do município de Itabuna, região sul do estado da Bahia. Foram determinados os teores de: íons cloretos, dureza total, condutividade elétrica, pH, sólidos totais dissolvidos, turbidez, potássio e sódio. Foram escolhidos três bairros do município para a coleta das amostras: Centro, Conceição e Fátima, no período de abril a outubro de

2016. As concentrações de cloreto encontradas foram muito acima do permitido na Portaria MS nº 2.194, de 12/12/2011, nos meses de abril a agosto, período de intensa estiagem. O pH e a turbidez apresentaram valores de acordo com esta Portaria, com exceção do mês de setembro. Para a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos, foram encontrados valores elevados para os meses de abril a agosto. As concentrações de sódio foram elevadas nos meses de abril a agosto, e a concentração de potássio com relação ao sódio foi menor. Os resultados obtidos indicaram que, de abril a agosto de 2016, a água fornecida para abastecimento da população estava fora dos padrões de potabilidade preconizados pela ANVISA.

**PALAVRAS-CHAVE:** Crise hídrica. Água de abastecimento. Salinização da água.

**ABSTRACT:** The study of the physical and chemical parameters of water is of great importance for the evaluation of the water quality and for benefits of human health. In this perspective, the present study aimed to evaluate the physical-chemical and chemical parameters of public water supply in the Itabuna city, in the southern region of Bahia state. The contents of: chloride ions, total hardness, electrical conductivity, pH, total dissolved solids, turbidity, potassium and sodium were determined. Three districts of the municipality were chosen for the sampling: Centro, Conceição and Fátima, from April to October 2016. The chloride concentrations found were much higher than permitted in Ordinance MS Nº 2194, of 12/12/2011, from April to August, a period of intense drought. The

pH and turbidity showed values according to this Ordinance, except for the month of September. For electrical conductivity and total dissolved solids, high values were found for the months of April to August. Sodium concentrations were high from April to August, and the concentration of potassium in relation to sodium was lower. The results obtained indicated that, from April to August 2016, the water supplied for supplying the population was outside the drinking standards recommended by ANVISA.

**KEYWORDS:** Water crisis. Supply water. Water salinization.

## 1 | INTRODUÇÃO

O tema água está cada vez mais recorrente nos meios acadêmicos e científico, devido a sua importância na sociedade contemporânea, pois a quantidade e qualidade são de grande importância, tanto para o desenvolvimento das atividades produtivas da sociedade como para a sustentação da espécie (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Para a Organização Mundial da Saúde, todas as pessoas em quaisquer condições socioeconômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento correto de água potável que não represente riscos significativos à saúde, que tenha quantidade suficiente para suprir todas as necessidades domésticas e que tenha custo acessível (ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE, 2009).

O controle da qualidade de água destinada ao consumo humano, desde os sistemas de mananciais, captação e tratamento aos sistemas de distribuição, é geralmente feito pela empresa responsável de saneamento local, e controladas pelas Secretarias de Saúde Estaduais (D'AGUILA *et al.*, 2000).

Os potenciais de água doce no Brasil são bastante favoráveis para diversos usos, no entanto, as características de recurso natural renovável, em várias regiões vêm sendo afetadas drasticamente, devido aos processos de urbanização, industrialização e produção agrícola, que não leva em conta a capacidade de suporte dos ecossistemas (DANIEL; CABRAL, 2011).

Contudo, a descontinuidade no fornecimento de água é um problema de vários municípios brasileiros, e é atribuído à falta de capacidade dos sistemas em atender à demanda e em algumas regiões a estiagem prolongada provocada por fenômenos climáticos. O município de Itabuna-BA passou por um problema no abastecimento de água devido à estiagem prolongada na região. A água que estava sendo disponibilizada para a população encontrava-se salgada, causando danos à saúde humana e materiais, tais como ressecamentos de pele, coceiras e perdas de equipamentos domésticos.

O presente estudo teve como objetivo determinar os parâmetros físico-químicos tais como: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, íons cloretos, os metais sódio e potássio e a dureza total.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Locais de estudo e amostragem

Para esse estudo foram selecionados três bairros da cidade de Itabuna, de forma aleatória, bairro de Fátima, Conceição e Centro, onde se coletou mensalmente as amostras no período de Abril-Outubro de 2016. As amostras foram armazenadas em garrafa plástica, no refrigerador.

### 2.2 Condutividade elétrica

A leitura da condutividade foi feita de forma direta, com o Conductivity Meter Model: CD-4301.

### 2.3 Sólidos Totais dissolvidos

A partir da análise da condutividade elétrica, fez-se a determinação dos sólidos totais dissolvidos através da fórmula abaixo:

$$\text{TDS (mg L}^{-1}\text{)} = E_c (\mu\text{S.cm}^{-1}) \times K_e$$

Onde  $E_c$  é a condutividade da amostra e  $k_e$  é o fator de correlação, sendo que o fator de correlação depende do líquido usado, no caso da água usa-se 0,64 (APHA, *et al.*, 1992).

### 2.4 Turbidez

Foi utilizado o turbidímetro da marca SOLAR modelo SL 2K. O valor é medido diretamente no aparelho e expresso em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU). Sendo este procedimento fundamentado na obstrução ótica dos raios luminosos que passam através da amostra quando comparados, nas mesmas condições, em uma escala padrão adequada de turbidez.

### 2.5 Determinação da dureza total

O presente experimento fora feito baseado no método analítico definido por *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

A dureza das amostras do mês de abril a agosto foi determinada adicionando-se 0,5 mL do tampão amoniacal pH 10 e 0,04 g do indicador negro de eriocromo T à 5 mL da amostra. Nos meses de setembro e outubro a dureza foi determinada adicionando 2 mL de tampão pH 10 e 0,2 g de negro de eriocromo T à 25 mL da amostra. A titulação procede com adição gradativa de EDTA-Na 0,01 mol L<sup>-1</sup> sob agitação até desaparecer a coloração vermelho-vinho e aparecer a coloração azul indicando o ponto final. Todas as determinações de dureza total foram realizadas em triplicata.

### 2.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Fora utilizado uma sonda com um eletrodo em conjunto com um medidor de atividade iônica (Multiparâmetro SANXIW, modelo: SX 751).

## 2.7 Quantificação de cloreto

Para a quantificação de cloreto nas amostras de água, utilizou-se o método de Mohr, descrito abaixo:

- Preparação da Solução de  $\text{AgNO}_3$  ( $\text{MM}=169,87 \text{ g mol}^{-1}$ )  $\approx 0,050 \text{ mol L}^{-1}$ .
- Padronização da Solução de  $\text{AgNO}_3 \approx 0,050 \text{ mol L}^{-1}$  com  $\text{NaCl}$  ( $\text{MM}=58,44 \text{ g mol}^{-1}$ ) padrão.

### *Titulação das Amostras*

Em um erlenmeyer de 125 mL, adicionou-se 5 mL da amostra, 30 mL água destilada e 0,5 mL de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Titulou-se com solução padronizada de  $\text{AgNO}_3$  até a precipitação do cromato de prata vermelho.

## 2.8 Sódio (Na) e Potássio (K)

### *Procedimento*

1. Conhecendo a concentração da solução padrão de sódio e potássio disponível no laboratório, calcularam-se os volumes necessários para a preparação das soluções.
2. Dilui-se para as análises de sódio 50  $\mu\text{L}$  de amostra para 50 mL com água deionizada, e para a análise de potássio, 1 mL de amostra para 50 mL, lembrando que as amostras dos meses de agosto, setembro e outubro não foram diluídas para a análise do potássio.
3. Meça o sinal de emissão das soluções, em 589 nm para o sódio e 766,5 nm para o potássio, anotando os dados obtidos nas tabelas.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas análises foram realizadas de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 20th edition e em triplicata. Os resultados foram comparados com os limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde, pela Portaria nº 2.914/2011.

### 3.1 Condutividade Elétrica

De acordo com os dados da Tabela 1 os valores de condutividade variam de 0,1 a 9,06  $\text{mS cm}^{-1}$ . O mês de maio no bairro de Fátima obteve o índice de maior condutividade com 9,06  $\text{mS cm}^{-1}$ .

Mês	Fátima	Conceição	Centro
Abril	6,98	7,15	7,20
Maio	9,06	7,89	7,27
Junho	7,68	6,42	6,88
Julho	6,72	6,59	6,86
Agosto	Não amostrado	6,79	0,253
Setembro	0,20	0,249	0,208
Outubro	0,198	0,203	0,193

Tabela 1- Valores da condutividade elétrica das amostras de água de abastecimento público (valores em  $\text{mS cm}^{-1}$ ).

Como decréscimo da condutividade elétrica nos meses de setembro e outubro supõe-se que não ocorreu dissolução, significativa, de sais e sólidos totais dissolvidos. Quanto mais substâncias dissolvidas estiveram presentes na água, maior será a condutividade, ou vice-versa. Muito embora não possa esperar uma relação direta entre sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica devido ao fato da água não ser uma solução simples. Mas a correlação é possível para águas em determinadas regiões onde exista a predominância de determinado íon, como no caso da estiagem que houve a predominância do íon cloreto. (BRASIL, 2014).

Apesar de não possuir um valor máximo permitido pelo Ministério da saúde, a não recomendação do consumo de água com elevada condutividade elétrica está associado à elevada mineralização que se manifesta sob a forma de sabor desagradável (ROCHA, 2008). São vários os fatores que podem influenciar a composição iônica da água, dentre elas têm-se o pH, geologia, regime de chuvas e temperatura (CONCEIÇÃO *et al.*, 2009).

### 3.2 Sólidos Totais Dissolvidos

O padrão de potabilidade determina que a quantidade de sólidos totais dissolvidos seja de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$ . A concentração de íons dissolvidos é o fator determinante da condutividade elétrica e vice-versa. A Tabela 2 mostra os resultados obtidos, através das medidas da condutividade elétrica, dos sólidos totais dissolvidos das amostras de águas.

Mês	Fátima	Conceição	Centro
Abril	4467,2	4576,0	4608,0
Maio	5798,0	5049,6	4652,8
Junho	4915,2	4108,8	4403,2
Julho	4300,8	4217,6	4390,4
Agosto	Não amostrado	4345,6	161,92
Setembro	128,00	159,36	133,12
Outubro	126,72	129,92	123,52

Tabela 2- Valores dos sólidos totais dissolvidos das amostras de água de abastecimento público (Concentração em mg L<sup>-1</sup>).

Observa-se que os valores obtidos estão acima do valor permitido pelo padrão de potabilidade para os meses de abril a agosto, somente no bairro Conceição. E para os demais meses de estudos as concentrações dos sólidos totais dissolvidos estão abaixo do VMP. Considerando o período de seca, quando fora realizado o estudo, o local de captação da água em Castelo Novo, por possuir encontro com o mar, resultou em maior quantidade de sais presentes, portanto, valores elevados de sólidos totais dissolvidos.

### 3.3 Turbidez

Os valores, mostrados na Tabela 3, da turbidez foram comparados com os valores máximos permitidos (VMP) pelo Ministério da Saúde pela Portaria nº 2.914/2011. A turbidez apresentou valores menores que 5 NTU, respeitando os padrões de aceitação para consumo humano estabelecido na portaria supracitada de 5 NTU, exceto o mês de setembro do bairro de Fátima, que obteve 5,31 NTU.

Mês	Fátima	Conceição	Centro
Abril	3,11	3,00	3,22
Maio	3,57	2,95	2,68
Junho	2,63	2,97	2,33
Julho	2,96	2,80	2,52
Agosto	Não amostrado	4,17	3,03
Setembro	5,31	4,45	3,93
Outubro	3,56	3,22	1,78

Tabela 3- Valores da média da turbidez observados nas análises de abastecimento público (valores em NTU).

Os sólidos que ficam em suspensão são os responsáveis pela ocorrência da turbidez, podendo ser de origem antropogênica ou de fonte natural. Ao ser de origem antropogênica pode oferecer risco à saúde visto que a origem antropogênica pode ser microrganismos patogênicos e compostos tóxicos (RENOVATO; SENA; SILVA, 2013).

A turbidez com um valor acima de 5 NTU, geralmente causa uma rejeição da população pela sua aparência turva, mas isso não significa que a água provocará danos a saúde, principalmente se a água atende aos outros parâmetros (BRASIL, 2012). Altos valores de turbidez revela a presença de substâncias em suspensão. Fato este que pode estar associado à ineficácia da cloração das águas e armazenamento incorreto (TRINDADE; SÁ-OLIVEIRA; SILVA, 2015; MIRANDA, 2007).

Uma suposta explicação para esse único valor acima do permitido pode ser pelo modo como os moradores armazenam a água disponibilizada, que mesmo tratada, quando entra em contato com o reservatório doméstico que pode ou não está sujo, resultam em sólidos em suspensão.

### 3.4 Dureza total

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos para a dureza total da água do abastecimento público do Município de Itabuna-Bahia.

Mês	Fátima	Conceição	Centro
Abril	821,35	804,05	838,75
Maio	1032,77	897,61	807,50
Junho	835,23	703,53	734,72
Julho	762,45	731,26	765,91
Agosto	Não amostrado	762,45	62,38
Setembro	57,53	50,60	51,99
Outubro	52,68	54,76	58,22

Tabela 4- Valores das médias da dureza total observados nas análises da água do abastecimento público (concentração em mg L<sup>-1</sup>).

De acordo com a Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011, o limite máximo de dureza total em água potável é de 500 mg L<sup>-1</sup>. Através dos dados obtidos pelas análises, pode-se perceber que os valores estão acima do permitido pela legislação nos meses de abril a agosto (bairro Conceição) Já nos meses de setembro e outubro, os valores da dureza estavam de acordo com o permitido.

Água com elevada dureza pode ter o sabor desagradável e ocasionar efeitos laxativos. Diminui a formação de espumas, resultando em maior consumo de sabão

(VON SPERLING, 2005).

### 3.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

Nas análises executadas os valores de pH variaram de 6,00 a 7,54 nos pontos de coleta, ao longo dos meses de abril a outubro. Conforme a Tabela 5, o mês de julho no bairro de Fátima exibiu o maior valor de potencial hidrogeniônico e o menor valor de pH foi observado na amostra de água do mês de setembro no Centro.

Mês	Fátima	Conceição	Centro
Abril	7,40	7,38	7,50
Maio	7,31	7,44	7,45
Junho	7,28	7,13	7,54
Julho	7,60	7,37	7,30
Agosto	Não amostrado	6,40	6,53
Setembro	6,61	6,24	6,00
Outubro	6,60	6,34	6,04

Tabela 5- Valores das médias do pH observado nas análises da água do abastecimento público.

Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5, como os valores encontrados estão na faixa, o pH das amostras de águas coletadas estão de acordo com o Ministério da Saúde. É sabido que em algumas localidades a água de mananciais subterrâneos ou superficiais pode apresentar pH fora da faixa recomendada, o que não significa que essa água seja imprópria para consumo humano (BRASIL, 2012). Embora seja favorável para aumentar a ação bactericida do cloro, o pH abaixo de 6,0, representa um risco de agressividade contra materiais que constituem as tubulações, diminuindo sua vida útil, que por consequência pode deteriorar a qualidade da água tratada pela dissolução de produtos provenientes da própria corrosão (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016 ; BRASIL, 2004).

É importante o monitoramento do pH, pois com a acidez muito acentuada, tal água pode ser corrosiva e indicativa de contaminações (BAIRD, 2004; LIBÂNEO, 2008).

### 3.6 Íon Cloreto

Através dos valores obtidos, Figura 1, percebe-se que em alguns meses a concentração de íons cloreto está elevada, sendo que o máximo permitido pelo Ministério da Saúde é de 250 mg L<sup>-1</sup>. Portanto, considerando apenas esse parâmetro a água estudada não está no padrão das leis nacionais, sendo considerada como

imprópria para consumo humano, colocando em risco a saúde da população que dela faz uso.

Devido à elevada concentração de cloreto, os moradores da cidade de Itabuna que utilizam essa água para tomar banho e consumo oral, tem reclamado quanto à alteração muito perceptível no sabor da água, coceiras durante/após banhos, ressecamento de pele e cabelos, entre outros, pois o cloro destrói o equilíbrio natural das bactérias benéficas da nossa pele, causando o ressecamento (SILVA NETO; PINTO, 2012).

A alta concentração dos íons cloreto se deve, como já mencionado, pelo fato da estiagem prolongada ocorrida na região. Por consequência da estiagem o local de captação da água, disponibilizada nesse período para a população de Itabuna, sofria intrusão salina, resultando na maior concentração do íon cloreto. Nos meses de setembro e outubro a água possuía uma quantidade de cloreto consideravelmente baixa. Isso se deve ao fato do aumento do índice pluviométrico, resultando no aumento do nível dos rios de captação e diluição dos sais.

### 3.7 Sódio e Potássio

Segundo o Ministério da Saúde, Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011, o valor máximo para a concentração de sódio em água portátil é de  $200 \text{ mgL}^{-1}$  e de potássio não há um valor máximo permitido a qual comparar.

De acordo com a Figura 1, as concentrações de sódio estão acima do permitido nos meses de abril a agosto. Nos meses de setembro, outubro e no bairro conceição no mês de agosto não foi quantificado, pois o sinal observado na análise estava abaixo do limite de detecção. Com relação à concentração do potássio, pode-se observar que a concentração está abaixo em comparação ao sódio.

Uma suposta explicação para a alta concentração de sódio nas águas analisadas pode ser devido ao local de captação da empresa responsável pelo abastecimento público. Em período de não estiagem a empresa capta água no rio onde não há intrusão salina. Já no período de estiagem que corresponde aos meses de abril a agosto de estudo, a empresa captou água em um ponto no qual sofre a intrusão salina.

Devido a significativa quantidade de sal, presente na água do mar, sabendo que a concentração do cloreto de sódio é elevada, supõe-se que essa grande quantidade de sódio pode ser proveniente do NaCl e outros sais de sódio presentes na água do mar. Tal fato poderia ser comprovado pelo sabor característico.

Em relação ao potássio, pode-se deduzir sua baixa concentração no que se diz a respeito às formações rochosas oriundas no trecho de captação da água, pois as rochas compostas por potássio são relativamente resistentes as ações do tempo (BRASIL, 2009). Observa-se também que quando a distribuição de água potável na

cidade já estava normalizada, as concentrações de potássio e de sódio diminuiram. Portanto, supõe-se que a alta concentração de tais metais é proveniente da água do mar presente no local de captação.

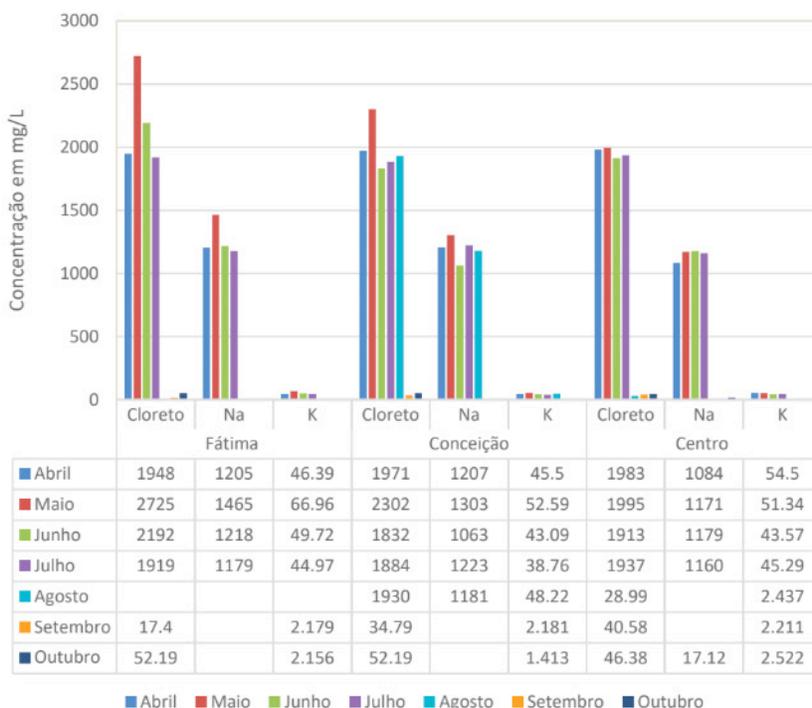


Figura 1- Concentrações (mg L<sup>-1</sup>) de cloreto, sódio e potássio nas águas do abastecimento público coletadas em Itabuna-BA.

\* Não foi possível realizar amostragem no bairro de Fátima para o mês de agosto (células vazias). As demais células vazias são para valores abaixo do limite de detecção.

### 3.8 Índices pluviométricos em Itabuna-BA

De acordo com os dados fornecidos pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), pode-se observar o período crítico de falta de chuva na cidade de Itabuna, Figura 1.

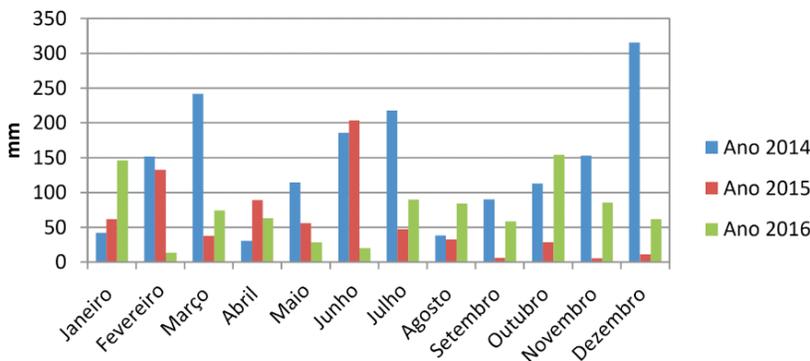


Figura 1- Índice pluviométrico para os anos de 2014, 2015 e 2016 da cidade de Itabuna-Bahia.

De acordo com a Figura 1 observa-se que a estiagem na cidade começou desde setembro de 2015, onde o índice de chuva fora muito baixo, 6,5 milímetros. Em janeiro de 2016 houve um aumento na quantidade de chuva chegando em 146,1 milímetros, porém em fevereiro houve um decaimento no índice pluviométrico, o qual persistiu até o mês de outubro.

Devido à falta de chuva na cidade e região, ao longo dos meses, houve uma descontinuidade no fornecimento de água potável para a população de Itabuna. Como o índice pluviométrico estava consideravelmente baixo ao longo dos meses, resultando no decaimento do nível dos rios de captação, a quantidade de água disponível não era suficiente para abastecer toda a população.

Durante os meses de estudos, concluiu-se que a água no mês de abril a agosto (bairro centro) encontrava-se salgada devido a grande quantidade de sal proveniente da água do mar, como explicado anteriormente. Todo esse transtorno fora ocasionado devido à falta de chuva na cidade. Apesar de o índice ter sofrido um aumento significativo entre o mês de junho a julho, a água disponibilizada para a população ainda se encontrava salgada para alguns bairros, pois a quantidade de água disponibilizada ainda não era suficiente para atender a demanda. No entanto, a partir do momento que houve o aumento de chuva tanto na cidade de Itabuna como na região, a água disponibilizada fora ficando doce. Tal fato pode ser comprovado a partir dos resultados das análises que são reflexos dos resultados dos índices pluviométricos.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Itabuna-BA passou por um crescente processo de variações temporais decorridos de uma grande estiagem, o qual vem afetando seu sistema de

abastecimento público, trazendo uma grande preocupação a população no que se refere à qualidade e quantidade da água disponibilizada.

A água de abastecimento público destinada ao consumo humano tem a finalidade básica de torná-la segura do ponto de vista de potabilidade, a qual se deve em seu tratamento eliminar impurezas prejudiciais e nocivas a saúde. No entanto, nota-se que a água distribuída a população de Itabuna-BA encontra-se salobra, causando diversos prejuízos à comunidade.

As análises realizadas demonstraram alguns parâmetros físico-químicos da água referente ao abastecimento público do município durante o período de Abril-Outubro de 2016, o qual pode-se observar uma elevada concentração de íons cloretos nos meses de abril a agosto no bairro conceição, não estando dentro do limite permitido pela portaria nº 2.194, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde. Ainda assim, no mesmo mês de agosto, para o bairro centro, e nos meses de setembro e outubro, a faixa de concentração de cloretos respeitou o limite permitido pela portaria, que é de 250 mgL<sup>-1</sup>.

Com base nos resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados neste trabalho, considera-se que o monitoramento de tais parâmetros da água deve ser realizado continuamente em um intervalo de tempo maior e com maior número de amostras e pontos de coletas, sendo interessante também o acréscimo de mais parâmetros físico-químicos, e parâmetros biológicos, para uma completa interpretação da qualidade em que se encontra a água distribuída ao município.

Por fim, visando à probabilidade de que voltem a ocorrer na região a estiagem provocando novos transtornos, repercutindo assim na água do abastecimento público da comunidade, os resultados dessa pesquisa contribuirão no incentivo quanto à instalação e manutenção de redes de monitoramento da água, bem como o desenvolvimento de novas pesquisas, que busquem minimizar futuros riscos para saúde humana de toda região por ela influenciada.

## REFERÊNCIAS

APHA (American Public Health Association), 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC: APHA

BAIRD, C. Química ambiental. 2 ed. 622p. Porto Alegre: Bookman. 2004.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Legislação para águas de consumo humano. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção 1.

BRASIL. Governo Do Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2009.

BRASIL. PORTARIA 2.914/2011 **Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade** de 12 de dezembro de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Perguntas e Respostas Sobre a Portaria MS N° 2.914/2011**. Brasília, 2012. 32 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. 112 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Qualidade da água. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=40>. Acesso em: 25 de maio, 2016.

CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazinida; CUNHA, Rafael; SARDINHA, Diego de Souza; SOUZA, Antonio Donizetti Gonçalves de; SINELLI, Osmar. **Hidrogeoquímica do Aquífero Guarani na área urbana de Ribeirão Preto (SP)**. São Paulo: Unesp, Geociências, v. 28, n. 1, p. 65-77, 2009.

D'AGUILA, P.S; ROQUE, O.C. da C; MIRANDA, C.A. S; FERREIRA, A.P. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 16 (3): 791-798 jul-set, 2000.

DANIEL, M. H. B; CABRAL, A. R. **A Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) e os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM)**. Cad. Saúde Colet. Rio de Janeiro, 19 (4): 487-92, 2011.

LIBANÉO, M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento da Água. 2ed. 2008. Editora Átomo. 446p.

MIRANDA, Luis Alcides Schiavo. Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento. Porto Alegre, 148 p., 2007. Nível 2.

OLIVEIRA, André Luiz de; VENÂNCIO, Marcelo; MENDONÇA, Marcelo Rodrigues; PEDROSA, Laurindo Elias. **A degradação ambiental decorrente da expansão urbana: Um estudo de caso- Catalão/Go**. São Paulo, 2005.

ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DE SAÚDE. Água e Saúde. Disponível em: <http://www.opas.org.br/ambiente/UploadArq/água.pdf>. Acesso em: 20/07/2016.

RENOVATO, D. C. C; SENA, C. P. S; SILVA, M. M. **Análise de Parâmetros Físico-Químicos das Águas da Barragem Pública da Cidade de Pau dos Ferros (RN)- pH, Cor, Turbidez, Acidez, Alcalinidade, Condutividade, Cloreto e Salinidade**. IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN, 2013.

ROCHA, Thelma Soares da. **Avaliação da Qualidade das Águas dos Poços Tubulares da Bacia do Rio do Peixe Equipados com Dessalinizadores, com Vistas ao Aproveitamento Econômico dos Sais de Rejeito**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

SILVA NETO, João L. da; PINTO, M. Roberta de. **Análise de cloretos da água de abastecimento de uma cidade localizada no estado de Pernambuco através do Método Volumétrico de Mohr**. Encontro nacional de educação, ciência e tecnologia/UEPB, 2012.

TRINDADE, Graciele de Abreu da; OLIVEIRA, César Sá-; SILVA, Erineide Silva e. **Avaliação da qualidade da água em três Escolas Públicas da Cidade de Macapá, Amapá**. Biota Amazônica. Macapá, v. 5, n. 1, p. 116-122, 2015.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

# 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 23m<sup>3</sup>/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.

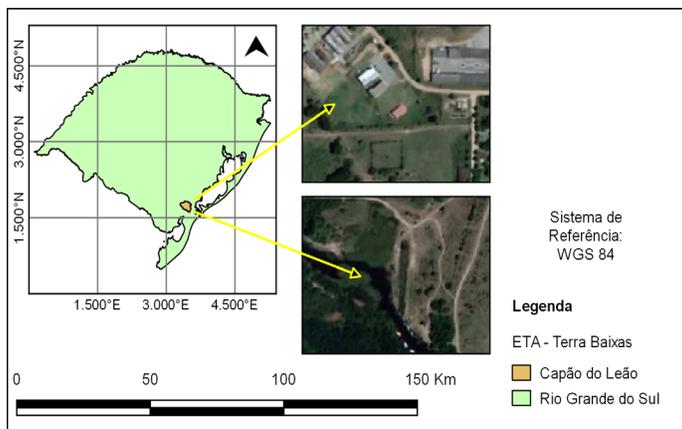


Figura 1 – Mapa de localização da ETA – Terra Baixas no município do Capão do Leão, RS.

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	$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon}{3,7Dh} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$
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 ( $\text{KMnO}_4$ ), quando há necessidade de pré-oxidar a água e, carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 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<sup>-1</sup> 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 <sup>3</sup> )	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$B_f$ (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
<b>Câmara (Gradiente de velocidade s<sup>-1</sup>)</b>	70	50	20
<b>Número de chicanas</b>	31	25	13
<b>Espaçamento entre as chicanas (m)</b>	0,134	0,168	0,309
<b>Velocidade nos trechos retos <math>V_1</math> (m/s)</b>	0,310	0,248	0,134
<b>Velocidade nos trechos em curva <math>V_2</math> (m/s)</b>	0,207	0,165	0,090
<b>Extensão dos canais (m)</b>	123,96	99,05	53,77
<b>Raio hidráulico <math>R_h</math> (m)</b>	0,036	0,040	0,051
<b>Área em cada trecho (m<sup>2</sup>)</b>	0,020	0,025	0,047
<b>Perda de carga unitária (10<sup>-4</sup>m/m)</b>	9,89	5,40	1,14
<b>Perda de carga distribuída (m)</b>	0,122	0,053	0,006
<b>Perda de carga localizada (m)</b>	0,217	0,110	0,017
<b>Perda de carga total (m)</b>	0,339	0,164	0,024
<b>Gradiente de velocidade (s<sup>-1</sup>)</b>	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<sup>-1</sup>. A partir destes obteve-se os valores conforme resultados expressos na Tabela 6.

Parâmetro	Resultados		
	70	50	20
Câmara (Gradiente de velocidade, s <sup>-1</sup> )	70	50	20
Número de chicanas	24	19	11
Espaçamento entre as chicanas (m)	0,173	0,218	0,377
Velocidade nos trechos retos V <sub>1</sub> (m/s)	0,240	0,190	0,110
Velocidade nos trechos em curva V <sub>2</sub> (m/s)	0,160	0,127	0,073
Extensão dos canais (m)	96,0	76,0	44,0
Raio hidráulico R <sub>h</sub> (m)	0,041	0,045	0,055
Área em cada trecho (m <sup>2</sup> )	0,020	0,025	0,047
Perda de carga unitária (10 <sup>-4</sup> 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 <sup>-1</sup> )	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 <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>dec</sub> (m <sup>2</sup> )	B (m)	L (m)	Q <sub>dec</sub> (m <sup>3</sup> /s)	TDH (h)	q (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .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:

<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>
<b>Área transversal do decantador (<math>\text{m}^2</math>)</b>	0,213
<b>Área do orifício (<math>\text{m}^2</math>)</b>	0,0049
<b>Área individual de influência dos orifícios (<math>\text{m}^2</math>)</b>	0,178
<b>Lado da área individual de influência (m)</b>	0,422
<b>Número de orifícios</b>	43,53 (adotado 45)
<b>Número de fileiras horizontais</b>	4,74
<b>Número de fileiras verticais</b>	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.

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

<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>
<b>Raio Hidráulico (m)</b>	0,0175
<b>Número de Reynolds</b>	1904,17
<b>Fator de atrito</b>	0,0579
<b>Perda de carga unitária (<math>10^{-5}</math> m/m)</b>	7,10
<b>Gradiente de velocidade (<math>s^{-1}</math>)</b>	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](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.

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

*Data de aceite: 23/11/2020*

*Data de submissão: 04/09/2020*

### **Arícia Jaiane Carvalho Dantas**

Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA  
Santarém- Pará  
<http://lattes.cnpq.br/088947999977935>

### **João Otavio dos Santos**

Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA  
Santarém- Pará

### **Josiane de Almeida Lima**

Universidade Federal do Oeste do Pará-UFOPA  
Santarém-Pará  
<http://lattes.cnpq.br/6957266543606456>

### **Juane Maria Sousa Ferreira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará-IFPA  
Santarém- Pará  
<http://lattes.cnpq.br/4679975905513417>

### **Luane Priscila Gato Lopes**

Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA  
Santarém- Pará  
<http://lattes.cnpq.br/5174152995536664>

### **Brunna Lucena Cariello**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará-IFPA  
Santarém- Pará  
<http://lattes.cnpq.br/3037879837754906>

**RESUMO:** A água é um recurso de grande uso da população humana, apesar de termos esse bem

em abundancia, não podemos esquecer que uma grande parcela da população sofre pela sua falta, pois, não conseguem suprir as suas necessidades básicas, e muitos dos que usufruem dela, a utilizam de forma inadequada, havendo grandes desperdícios. Conscientizar as pessoas nem sempre é uma tarefa simples, em locais públicos, boa parte dos usuários não se preocupam com o uso racional de água, por não serem diretamente responsáveis pelos custos. Nesse contexto, faz-se necessário utilizar métodos que venham ajudar a fazer o racionamento da água de forma estratégica, e um deles é a instalação de hidrômetros individuais. Entretanto, para um bom funcionamento do sistema, não é somente papel dos consumidores que irá influenciar, para que se sintam satisfeitos em ressarcir os gastos dependerá da qualidade que a água chega em suas casas, se o abastecimento local está realmente suprindo todas as necessidades dos residentes, além de outros fatores. A cidade de Santarém enfrenta alguns problemas relacionados a distribuição de água, e inserido nesta condição estão o bairro Alvorada e o Residencial Salvação, onde se apresentaram insatisfações na implantação dos hidrômetros, por falta de comunicação da concessionária com os domiciliados, não os orientando de forma clara para o principal objetivo do projeto, como resultado, haviam fraudes e remoção dos hidrômetros por parte da população, que acabavam por não pagar o que gastam. Em vista disso, foi imprescindível a realização de uma pesquisa comparativa em bairros distintos com o intuito de averiguar a opinião pública quanto as dificuldades do sistema, e se realmente com as

instalações dos contadores a população está se tornando consumidores conscientes, revendo seus hábitos e se adequando aos sistemas de contabilização, além do esclarecimento sobre seu uso e benefícios.

**PALAVRAS-CHAVE:** Consumo. Meio ambiente. Água.

## PUBLIC OPINION RELATED TO WATER CONSUMPTION IN NEIGHBORHOODS WITH AND WITHOUT THE INSTALLATION OF HYDROMETERS (RESIDENCIAL SALVAÇÃO AND ALDEIA NEIGHBORHOOD)

**ABSTRACT:** Water is a resource of great use to the human population, although we have it in abundance, we cannot forget that a large part of the population suffers from its lack, because they cannot supply their basic needs, and many of those who enjoy it use it inappropriately, and there is great waste. Raising awareness is not always a simple task, in public places, most users are not concerned with the rational use of water because they are not directly responsible for the costs. In this context, it is necessary to use methods that help to ration water strategically, and one of them is the installation of individual hydrometers. However, for a good functioning of the system, it is not only the role of the consumers that will influence, so that they feel satisfied in reimbursing the expenses will depend on the quality that the water arrives in their homes, if the local supply is really supplying all the needs of the residents, besides other factors. The city of Santarém faces some problems related to water distribution, and inserted in this condition are the Alvorada neighborhood and Residencial Salvação, where there were dissatisfactions in the implementation of the hydrometers, due to lack of communication from the concessionaire with the residents, not clearly guiding them to the main objective of the project, as a result, there was fraud and removal of the hydrometers by the population, who ended up not paying what they spend. In view of this, it was essential to conduct a comparative survey in different neighborhoods in order to ascertain public opinion about the difficulties of the system, and whether the population is really becoming conscious consumers, reviewing their habits and adapting to the accounting systems, in addition to clarifying their use and benefits.

**KEYWORDS:** Consumption. Environment. Water.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água é um bem de uso comum onde se atribuí grande valor devido suas diferentes formas de aplicação, e para cada uma delas é necessário quantidades e qualidades adequadas, apesar do homem ter conhecimento sobre sua vulnerabilidade e o seu desaparecimento, esse liquido ainda sofre degradações ambientais devido a poluição e contaminação de recursos hídricos.

A importância vital e econômica, a crescente demanda em virtude do aumento populacional de escassez, o desperdício e a heterogênea distribuição geográfica da água fazem com que haja uma grande preocupação com relação a

sua disponibilidade. Nesse contexto, mesmo países como o Brasil, que apresentam reservas abundantes, enfrentam problemas de acesso à água potável em quantidade suficiente, em especial na periferia dos grandes centros urbanos (Peixoto Filho e Bondarovsky, 2000).

Segundo Miranda (2002), o crescimento das áreas urbanas de forma desordenada agrava os problemas de distribuição de água, propiciando perdas nos sistemas de abastecimento, devido ao pouco investimento em manutenção, em tecnologias e ações que venham melhorar sua operação, além da preocupação com o aumento da oferta e do consumo individual, sem se preocupar em fazer seu uso consciente e racional.

As perdas ocorrem desde o início do processo de captação até o momento de distribuição, para que este seja identificado é necessário que se realize um monitoramento de cada parte do sistema, chamados de macromedição e micromedição. A micromedição acontece ao final do ponto de distribuição, nas residências, onde a concessionária que fornece a água na rede pode monitorar através do volume medido o que foi gasto por cada habitante.

Em busca de um método que viesse monitorar e facilitar a percepção da quantidade de água consumida criou-se um aparelho chamado de hidrômetro. Os Hidrômetros residenciais são os mais comumente utilizados, podendo ser medidos diariamente ou mensalmente. Sabe-se que o consumo de água para satisfação das necessidades humanas dentro do domicílio é distribuído em diferentes usos como: ingestão, cozimento dos alimentos, banho, lavagem de roupas e utensílios domésticos, lavagem da residência, abluções e descargas de vasos sanitários. Há ainda usos externos como a irrigação de jardins e gramados particulares, lavagem de automóveis, dentre outros considerados menos nobres (Howard e Bartram, 2003).

Apesar dos benefícios gerados pelas instalações de hidrômetros como, por exemplo, a redução de gastos inconsciente e desperdícios, ouvem-se muitas reclamações e insatisfações da população pelas taxas cobradas, muitas vezes o serviço prestado não é de qualidade. A cidade de Santarém não difere dessa realidade, muitos problemas tem ocorrido em torno da disponibilização, fiscalização e compreensão dos moradores quanto ao uso e cobrança das taxas, causando revoltas e indignações.

O interesse por esse estudo surgiu mediante a constatação de que a instalação de hidrômetros nas residências reduz consideravelmente o consumo de água, evita o desperdício por parte da população e também buscar entender a opinião dos moradores quanto às dificuldades encontradas no mau gerenciamento e funcionamento do setor de águas em bairros do município. Os hidrômetros podem apresentar-se como uma ferramenta valiosa na gestão do consumo, uma vez

que seu perfeito funcionamento é essencial no controle de perdas e redução do desperdício, por outro lado a má administração e serviço podem trazer problemas e insatisfação à população.

Levando-se em consideração os aspectos observados, buscou-se fazer uma pesquisa em dois bairros conhecidos de Santarém, com o objetivo de analisar a opinião pública relacionado aos hábitos de consumo da água, e instalação dos hidrômetros entre os Bairros Aldeia e Residencial Salvação, localizados no município, uma vez que os imóveis de uma das partes paga uma taxa fixa mensal e o outro possui o serviço de água medido, ou seja, hidrometrado.

## **2 | MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo está localizada no município de Santarém, região Oeste do Pará. Mais precisamente os bairros da Aldeia e o conjunto habitacional Residencial Salvação.

Após um estudo detalhado foi analisado o método que seria utilizado para o levantamento de dados, sendo esta quali-quantitativo, descritivo. Para esse tipo de estudo é necessário que se tenha um certo conhecimento sobre os métodos qualitativos e quantitativos, pois, é um complemento dos dois tipos de mecanismos.

De acordo com Camarero (2006), citado por Alvarenga (2012, p.56), poderia dizer que aplicando o método quantitativo podemos conhecer medindo-a, a extensão de um fenômeno; enquanto que o método qualitativo nos permite descobrir a intensidade do mesmo, profundidade e as forças de suas raízes.

O principal instrumento utilizado na metodologia foi um questionário, que na visão de Gil (1999, p.128), pode ser definido como uma técnica de investigação que possui certa quantidade de questões apresentadas por escrito para as pessoas, com o objetivo de ter o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses e outros. Para a coleta de informações das amostras de cada bairro, foram realizados perguntas abertas e fechadas de fácil entendimento dos entrevistados, contendo dezoito perguntas na linguagem informal, as entrevistas foram feitas in loco, com os próprios moradores dos Bairros da Aldeia e do conjunto habitacional, referente ao uso dos hidrômetros, ao desperdício de água, consumo diário, formas de consumos.

## **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados foram coletados em dias diferentes utilizando-se amostras alternadas, os primeiros moradores a serem entrevistados foram do conjunto habitacional Residencial Salvação onde todas as casas possuem hidrômetros instalados. Quanto ao segundo bairro, os mesmos pagam uma taxa fixa de água, de

tal forma que possibilitou a comparação entre eles.

Observou-se no decorrer das entrevistas que a população não hesitava em responder as perguntas propostas, apesar de possuírem pouca compreensão sobre os equipamentos de medição, entendiam que a forma de utilizarem o aparelho era incorreta e imprudente.

Ao realizar as análises de dados observou-se que 80% (oitenta por cento) das pessoas questionadas não tinham um conhecimento aprofundado sobre o propósito de se efetuar a instalação, além da importância no monitoramento de consumo e quais os benefícios que ele traz, elas apenas relatavam que a concessionária responsável pela instalação dos hidrômetros lhes apresentavam esclarecimentos superficiais para que pudessem fazer a montagem individual do contador nas residências.

Verificou-se que grande parte das pessoas residentes no bairro Aldeia também desconhece esse aparelho de medição e sua importância, mesmo após ter o esclarecimento do seu uso, ressaltaram que não lhes traria benefícios à instalação do hidrômetro em suas casas, pois, já tinham conhecimento dos problemas enfrentados pelos moradores do Residencial Salvação. O sistema utilizado pelo bairro Aldeia é pago através de rateio de forma igual a todos os moradores, esse sistema não considera o número de pessoas residentes, a metragem ou forma de uso de água das unidades, desta forma, muitos moradores acabam pagando um valor que não consomem, sendo muitas vezes um valor menor, da que está se utilizando.

Um dos benefícios adquiridos em outros bairros de Santarém que recentemente realizaram a instalação dos aparelhos, foi a diminuição de contas de energia elétrica, pois, para economizar a água que está sendo paga, o consumidor é obrigado a separar um dia específico para utilizar eletrodomésticos que necessitem de água, como por exemplo as máquinas de lavar. Além disso, à uma diminuição de perdas aparentes se a concessionária fiscalizar e monitorar corretamente as medições de água consumida, e principalmente realizar a devida manutenção de tubulações e efetuar reparos caso haja alguma clandestinidade.

Perdas aparentes contabilizam todos os tipos de imprecisões associadas às medições de água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado, por furto ou uso ilícito (MIRANDA, 2002). Conforme Gomes (2005), descreve que as perdas aparentes ou parciais decorrem das constantes falhas nos equipamentos de macro e micromedição, erros em cadastros e fraudes de ligações.

À vista disso, é de grande importância que a população esteja ciente ou busque saber como contabilizar a quantidade de água que está sendo utilizada em sua residência, e estimar o valor que será pago. Durante as entrevistas quase 100% (cem por cento) dos moradores entrevistados no bairro Alvorada apontaram

que não é apenas o valor que os deixam indignados, mas pelo fato do sistema de abastecimento em Santarém ser ineficiente, além, dos mesmos se sentirem injustiçados, pois, no Residencial Salvação, alguns moradores revoltados acabaram quebrando os hidrômetros de suas casas e realizam ligações clandestinas, dificultando ainda mais o processo de supervisão do consumo.

Quanto o consumo diário dos moradores do Residencial Salvação, percebeu-se que o preparo de alimentos e o banho, teve cerca de 70% (setenta por cento) das pessoas que disseram fazer uso da água mais de três vezes ao dia, mas esse consumo depende do número de residentes na casa, já o bairro Aldeia possuem um consumo maior na lavagem das roupas e higienização da casa, observou-se também, bastantes desperdícios na lavagem de carros, quintais e varandas, por não haver uma mensuração desse volume gasto, a água é utilizada de forma deliberada.

#### 4 | CONCLUSÃO

Fica evidente diante desse quadro que as populações ainda sofrem com problemas relacionados a água, pelos sistemas mal gerenciados e pela falta de fiscalização, entretanto, observa-se que não é somente eles que sofrem com esses contratemplos, pois a empresa que faz a instalação desses hidrômetros realiza uma redistribuição das tubulações de abastecimento de água, para que ao final, possa por em funcionamento o equipamento de medição, e como observado, novas construções de casas nos terrenos foram feitas pelos moradores, com ligações clandestinas, alguns hidrômetros extraviados e retirados, dificultando ainda mais a consolidação de uma boa gestão.

É papel dos moradores se interessarem mais para o consumo consciente de água, pois, acabam desperdiçando algo que mais tarde poderá ser cobrado, a falta de conhecimento também influi nessa questão, pois muitos poderiam acompanhar de perto sua taxa de consumo e procurar reduzir gastos.

Uma das forma de entrar em consenso com os consumidores, é a empresa responsável pela instalação de contadores de água no município auxiliar a população dos benefícios e vantagens que receberão ao instala-los, através de reuniões, palestras e parcerias com as associações dos bairros, para melhorar o gerenciamento desse equipamento tão importante eu é o hidrômetro.

#### REFERÊNCIAS

ALVARENGA, EM de. Metodologia da investigação quantitativa e qualitativa: normas técnicas de apresentação de trabalhos científicos. **Gráfica Saf, Assunção, Paraguai**, 2012.

FILHO, Peixoto. A. C. e BONDAROVSKY, S. H. Água bem econômico e de domínio público. **Revista CEJ, Brasília**,13-16. 2000.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. Editora Atlas SA, 1999.

GOMES, Helber P. Eficiência hidráulica e energética em saneamento. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Rio de Janeiro–RJ**, 2005.

HOWARD, Guy. e BARTRAM, Jamie. Domestic water quantity: service level and health. Geneva: **WHO- World Health Organization**. 33p. 2003.

MIRANDA, Ernani Ciríaco de. Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água– Indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade. **Universidade de Brasília. Brasília**, p. 200, 2002.

## TRATAMENTO DE ÁGUAS NEGRAS PELO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Data de aceite: 23/11/2020

Data de submissão: 04/09/2020

### Jhadme Henrique Gonçalves Domingues

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará  
Santarém – PA  
<http://lattes.cnpq.br/8615503502207660>

### Láisa Costa Scherer

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará  
Santarém – PA  
<http://lattes.cnpq.br/9136521362282554>

### Francisca da Silva Sousa

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará  
Santarém – PA  
<http://lattes.cnpq.br/5348232212512381>

### Luís Antonio Fonseca Teixeira

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará  
Santarém – PA  
<http://lattes.cnpq.br/3524692073928075>

**RESUMO:** Neste trabalho, apresenta-se uma forma compensatória e viável economicamente para o tratamento ecológico de águas negras por meio do sistema do Tanque de Evapotranspiração (TEvap). Esse sistema está implementado no Espaço Infantil Igara na Vila de Alter do Chão, em Santarém/Pará. O sistema é uma tecnologia social que propõe o tratamento dos efluentes

sanitários de forma eficaz, com menos prejuízos ao meio ambiente e demandando poucos recursos financeiros. A construção do sistema exigiu inicialmente colaboradores para escavação e, posteriormente, de pneus reciclados, entulho de construção, brita, areia, revestimento de ferrocimento para impermeabilização do tanque e plantas para o completo ciclo de tratamento dos efluentes. Neste caso, utilizando como planta principal a bananeira. Após ser implantado, o TEvap realizou de forma eficiente sua função de tratamento do efluente e possibilitou a capacitação dos profissionais participantes para a ampliação dessa tecnologia social. Desse modo, concluindo-se que o sistema é economicamente viável, ecologicamente correto e culturalmente aceitável quando comparado a sistemas convencionais de tratamento do esgotamento sanitário em áreas periurbanas e rurais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Educação ambiental, esgoto sanitário, fossa ecológica.

### TREATMENT OF BLACK WATER BY THE EVAPOTRANSPIRATION CISTERNA

**ABSTRACT:** In this work, it presents a compensatory and economically viable way for the ecological treatment of black waters through the Evapotranspiration Cistern system (TEvap). This system is implemented in the Espaço Infantil Igara in the village of Alter do Chão, in Santarém/Pará. The system is a social technology that proposes the treatment of sanitary effluents effectively with less damage to the environment and requiring little financial resources. The construction of the system initially required collaborators to excavation and later, recycled

tires, construction rubble, gravel, sand, iron-cement coating for waterproofing of the cistern and plant for the complete effluent treatment cycle. In this case, using banana as the main plant. After being implanted, TEvap efficiently performed its effluent treatment function and enabled the training of participating professionals to expand this social technology. Thereby, concluding that the system is economically viable, ecologically correct and culturally acceptable when compared to conventional sewage treatment systems in peri-urban and rural areas.

**KEYWORDS:** Environmental education, sanitary sewage, ecological fosse.

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo levantamento do Trata Brasil, 53% da população tem acesso à coleta de esgoto; 46% dos esgotos no Brasil são tratados; quase 100 milhões de brasileiros não tem acesso a este serviço. No Norte, apenas 21,70% do esgoto é tratado. Dentre os vários problemas decorrentes da falta de saneamento básico, provavelmente a falta de esgoto tratado seja o pior, responsável diretamente pelos maiores transtornos à população (GALBIATI, 2009).

Essa problemática se agrava em áreas rurais e suburbanas, pois a implantação de sistemas convencionais de tratamento de esgoto torna-se inviável, principalmente, considerando o fator econômico. Galbiati (2009) relata que “a reciclagem de nutrientes, através do reaproveitamento das excretas, previne a contaminação direta causada pela descarga de águas negras nos mananciais”, e no solo.

Segundo Ridderstolpe (2004, apud Galbiati, 2009), quanto aos tipos de esgotos domiciliares, “os efluentes que compõe os esgotos domésticos podem ser classificados basicamente em dois tipos: águas negras e águas cinza”.

As águas cinza, provenientes das pias, chuveiros, banheiras e lavanderia, somam o maior volume do esgoto doméstico. O tratamento da água cinza é relativamente simples, dependendo do objetivo do reuso, podendo ser feito nas próprias residências, inclusive com aplicação direta no solo, para irrigação de árvores e jardins, desde que sejam seguidos alguns critérios de ordem sanitária (Ridderstolpe, 2004, apud Galbiati, 2009). Já o efluente do vaso sanitário, possuindo fezes e urinas, compõem as chamadas águas negras, comprometendo o bem-estar e a saúde das pessoas, caso não sejam tratadas de forma adequada, comparando às águas cinza domiciliares.

O Tanque de Evapotranspiração (TEvap) é uma técnica desenvolvida e difundida por permacultores de diversas nacionalidades, potencializando a aplicação na coleta e tratamento domiciliar de águas negras em zonas urbanas, periurbanas e rurais (Pamplona; Venturi, 2004).

Além de coletar e tratar o esgoto sanitário, o TEvap pode aliviar as pressões

do esgoto direcionado às redes de tratamento de esgoto, evitar a descarga desses efluentes tratados ou não nos corpos hídricos, inibindo a contaminação e auxiliar no cultivo de plantas com os nutrientes encontrados nas águas negras (GALBIATTI, 2009).

O objetivo deste trabalho é Implementar um Tanque de Evapotranspiração (TEvap) no Espaço Infantil Igara, localizado na Vila de Alter do Chão, em Santarém-Pará, buscando demonstrar a eficácia e a viabilidade socioeconômica desse sistema para o tratamento do esgoto sanitário (águas negras), e sua utilização como uma unidade demonstrativa para realização de atividades voltadas à educação ambiental na comunidade, e considerando que o tratamento no local se dava por fossa séptica, e essa alcançou seu limite de armazenamento.

## 2 | METODOLOGIA

O processo construtivo do TEvap consistiu na utilização de uma estrutura com módulo de dimensionamento: 2 m x 1 m x 1 m (Largura x Profundidade x Comprimento = m<sup>3</sup>). Foi adotado 1 m de comprimento considerando a topografia do terreno, sendo 2 m<sup>2</sup> por pessoa. O tanque na localidade foi dimensionado com 2 m x 1 m x 4 m.

Para a determinação dessas medidas, levou-se em consideração, além do módulo apresentado, que o local é utilizado para alfabetizar crianças, não sendo considerado o funcionamento nos fins de semana e feriados, funcionando apenas em um turno e não há habitação permanente de pessoas, apenas a atividade de ensino. Assim, convencionando-se oito metros cúbicos de capacidade volumétrica do tanque suficiente para atender essa demanda.

A etapa construtiva deu-se pela escavação da área do tanque no solo e seu posterior revestimento com ferro-cimento (argamassa composta por areia, cimento e água, aplicada sobre uma tela de arame galvanizado) para impermeabilização, tornando-o um sistema fechado, conforme mostrado nas Figuras 1 e 2.



Figura 1: Escavação da trincheira para o TEvap.

Fonte: Autores, 2018.



Figura 2: Revestimento com ferro-cimento.

Fonte: Autores, 2018.

Fez-se a utilização de pneus para a formação da câmara anaeróbica, onde o efluente é despejado e ocorrerá o processo de decomposição natural dos dejetos e fermentação realizada por bactérias anaeróbicas (Figura 3).



Figura 3: Empilhamento de pneus para câmara anaeróbica.

Fonte: Autores, 2018.

Em seguida, montou-se as camadas de entulho (50 cm), brita/cascalho (15 cm) e areia média (15 cm) para a composição do processo de capilaridade e filtração do fluido decorrente das águas negras nele depositadas, apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6.



Figura 4: Colocação da camada de entulho de construção.

Fonte: Autores, 2018.



Figura 5: Adição da camada de brita.

Fonte: Autores, 2018.



Figura 6: Adição da camada de areia.

Fonte: Autores, 2018.

Após a realização dessa etapa, foi adicionada uma camada de terra da própria escavação (20 cm) e foram plantadas na superfície do tanque, bananeiras para completar o processo de tratamento (Figura 7), o qual se dá pela absorção das porções líquida e sólida pelas raízes que proporcionam seu desenvolvimento, haja vista que as bananeiras necessitam de bastante água para tal e por terem folhas largas que facilitam no processo de evapotranspiração, esses de fato são os critérios para a escolha da utilização dessa espécie, mas podendo utilizar outras espécies que possuam características semelhantes às da bananeira (mamoero, taioba, entre outros).



Figura 7: TEvap finalizado.

Fonte: Autores, 2018.

A utilização dessas espécies de plantas torna-se essencial, pois contribuem para que o tanque não transborde por excesso de efluentes. É fundamental que o tanque seja construído em área aberta, distante de árvores e de casas para que haja irradiação solar suficiente garantindo que o processo de evapotranspiração ocorra da forma ideal.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Tanque de Evapotranspiração foi, de fato, instalado no local estabelecido, funcionando devidamente como esperado. Sua implementação permitiu a reutilização de materiais, como entulho de construção civil e pneus, proporcionando a redução de resíduos sólidos que poderiam ser coletados e descartados de forma inadequada, poluindo o meio ambiente.

Desse modo, possibilitando a redução de custos com materiais, tornando o sistema economicamente viável e sustentável. Este projeto proporcionou a capacitação do profissional que o executou com a ampliação de seus conhecimentos com uma nova tecnologia social, levando a sua aplicação para outros locais.

Além disso, como o projeto tornou-se uma unidade demonstrativa durante e após sua construção, foi possível desenvolver atividades voltadas para a educação ambiental, por meio de visitas da comunidade, e de alunos de escolas públicas de Santarém, momento em que as etapas de construção e funcionamento do TEvap são detalhadamente explicadas aos visitantes.

No espaço escolar, houve a participação das crianças do Espaço Infantil Igara em oficinas de agroecologia com o cultivo e a manutenção das plantas do

sistema, realizado na fase final de montagem do sistema, conforme apresentado nas Figuras 8 e 9.



Figura 8: Educação ambiental com as crianças do Espaço Infantil Igara.

Fonte: Autores, 2018.



Figura 9: Plantação da vegetação sobre o TEvap.

Fonte: Autores, 2018.

Essa etapa de finalização do sistema contou não só com a participação dos alunos e professores, mas também com os pais dos alunos e outros comunitários da Vila de Alter do Chão, tanto na finalização quanto no processo de construção do sistema do TEvap.

## 4 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que a implementação do projeto é economicamente viável, ecologicamente correto, culturalmente aceitável, quando comparado a outros sistemas de tratamento de esgotamento sanitário (águas negras), pois em sua construção foi possível à reutilização de resíduos potencialmente poluidores que poderiam ser descartados indevidamente no meio ambiente. Assim, reduzindo custos na compra de alguns materiais necessários.

Possibilitou a ampliação dessa tecnologia social para outros lugares, pela obtenção do conhecimento pelo profissional que executou. Além de promover o incentivo ao cuidado com o meio ambiente e educação ambiental, pela apresentação desse sistema àqueles que se dispuserem a conhecê-lo.

Podendo, também, ser uma fonte de pesquisa, futuramente, para a descoberta de novas tecnologias alternativas para a sociedade quanto ao tratamento de esgoto sanitário (águas negras e cinza) que sejam aplicáveis e ecologicamente corretas.

## REFERÊNCIAS

GALBIATI, Adriana Farina. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Campo Grande, MS: Biblioteca Central – UFMS, 2009.

PAMPLONA S.; VENTURI M. **Esgoto à flor da terra**. v. 16. Permacultura Brasil, 2004. Soluções ecológicas.

RIDDERSTOLPE, P. **Introduction to greywater management**. Stockholm Environment Institute – SEI. Uppsala, 2004

TRATA BRASIL. **Esgoto**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>>. Acesso em: 04 set. 2020.

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

*Data de aceite: 23/11/2020*

*Data de submissão: 26/08/2020*

**Igor Duarte Rosa Lima**

Centro Universitário Tiradentes  
Maceió-Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/3099073024640212>

**RESUMO:** Uma das reações mais importantes é a reação de saponificação, mais conhecida como a reação que produz o sabão. O entendimento do processo de saponificação em nível molecular é mais recente, datado do século XIX. O trabalho consiste na redução de impactos ambientais através da produção de sabão. A matéria prima para a produção do mesmo é oriunda do descarte de gordura gerada dentro do processo industrial de um laticínio. Com isso, ao aproveitar a matéria prima que seria descartada para o aterro sanitário para a produção do sabão, pode se minimizar os impactos ambientais e gerar possíveis oportunidades de produção em larga escala do produto. Para a produção do sabão, a gordura é essencial, porém a utilização de produtos químicos como: soda cáustica e carbonato de sódio tornam se extremamente importante para a reação de saponificação acontecer. Variáveis como pH e temperatura devem ser acompanhadas ao longo de todo o processo de fabricação, uma vez que através delas é possível verificar, respectivamente, se o sabão poderá ser utilizado e sua homogeneidade. Ademais, o sabão produzido está dentro dos parâmetros de

uso consoante a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), tornando se fundamental o seu reaproveitamento em atividades que originem tal produto, uma vez que o seu reaproveitamento minimiza os danos aos ecossistemas.

**PALAVRAS- CHAVE:** Meio Ambiente, Reação de saponificação, Reaproveitamento.

### A SUSTAINABLE ACTIVITY: SOAP PRODUCTION FROM THE FAT GENERATED IN THE PRODUCTIVE PROCESS OF A DAIRY PRODUCT

**ABSTRACT:** One of the most important reactions is the saponification reaction, better known as the reaction that produces soap. The understanding of the saponification process at the molecular level is more recent, dating from the 19th century. The work consists in reducing environmental impacts through the production of soap. The raw material for its production comes from the disposal of fat generated within the industrial process of a dairy. Thus, by taking advantage of the raw material that would be disposed of in the landfill for the production of soap, environmental impacts can be minimized and potential opportunities for large-scale production of the product can be generated. For the production of soap, fat is essential, but the use of chemicals such as caustic soda and sodium carbonate become extremely important for the saponification reaction to happen. Variables such as pH and temperature must be monitored throughout the manufacturing process, since it is possible to verify, respectively, whether the soap can be used and its homogeneity. In addition, the soap produced is within the parameters of use according to the National Health Surveillance

Agency (ANVISA), making it essential to reuse it in activities that originate such a product, since its reuse minimizes damage to ecosystems.

**KEYWORDS:** Environment, Saponification reaction, Reuse.

## 1 | INTRODUÇÃO

Uma das reações mais importantes é a reação de saponificação ou reação de esterificação, mais conhecida como a reação que produz sabão. O sabão já era conhecido antes de Cristo, entre os fenícios e também entre os romanos. Porém, o entendimento do processo de saponificação em nível molecular é mais recente, datado do século XIX (MIRAGAIA; LEITE;2006).

Uma das características mais importantes do sabão é que eles são fabricados a partir de substâncias presentes na natureza viva (os óleos e as gorduras) e existem muitos microrganismos capazes de degradá-lo. Por isso, todo o sabão é biodegradável (MIRAGAIA; LEITE;2006). Logo, através da gordura podemos realizar a reação de saponificação para proporcionar uma melhoria na qualidade do meio ambiente, já que quando as gorduras e óleos são lançados “in natura” nos cursos d’água acabam provocando impactos significativos ao meio ambiente.

Entre os principais impactos estão: diminuição de oxigênio dissolvido do corpo hídrico ocasionado pela atividade microbiana na tentativa de degradar a gordura, o que ocasiona mortandade da fauna aquática (CALDERONI;2003). Este impacto faz com que toda a cadeia alimentar do corpo hídrico se comprometa. Além disso, a gordura pode vim a penetrar no lençol freático devido ao seu descarte em locais incorretos, como os lixões.

Outro impacto que pode ser observado é o descarte através das pias por exemplo, este descarte pode vim a ocasionar obstruções nas redes de esgoto pois a gordura solidifica-se com o tempo (SCALIZE;CLAÚDIO;2010). Até mesmo seu descarte inadequado pode afetar o clima, uma vez que bactérias podem decompor essa gordura ou óleo e produzir gás metano, um dos principais gases do aquecimento global (SRINIVASAN, 2018).

Ademais, as principais matérias primas utilizadas para a fabricação do sabão são as gorduras animais, vegetais e os óleos. Com isso, a partir da gordura encontrada no laticínio, deve-se realizar uma reação chamada de reação de saponificação necessária para a geração do sabão. Essa reação é uma hidrólise básica de triacilgliceróis (combinação de glicerol com ácidos, especialmente ácidos graxos). Uma das maneiras de realizar essa reação é através do reaproveitamento da gordura originada em um processo produtivo de laticínio e que chega no sistema de tratamento de efluentes, onde a mesma é retida na caixa de gordura. Logo, o propósito desse trabalho consiste em captar essa gordura com o intuito de fabricar

sabões e mostrar que é possível reduzir os danos ambientais através dessa atividade sustentável e também, verificar a viabilidade de produção do produto em larga escala, gerando emprego e renda para a população local.



Figura 1 - Fluxograma da Estação de Tratamento de Efluentes do Laticínio

Fonte: Autor, 2019.

## 2 | REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

A reação de saponificação ou reação de esterificação é conhecida como a reação que forma o sabão. De forma geral, a reação ocorre quando um éster na presença de uma base forte, que pode ser soda cáustica (NaOH) ou Hidróxido de potássio (KOH), reagem e formam um sal denominado sabão e um álcool denominado glicerina (FOGAÇA, 2016).

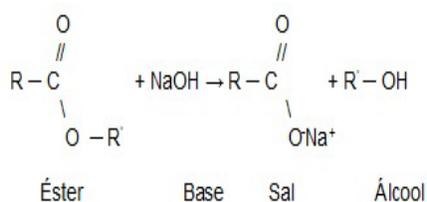


Figura 2 - Reação genérica da saponificação

Fonte: Manual da Química, 2017.

Porém, para que ocorra essa reação é preciso ter matéria-prima. Basicamente, esses insumos são gerados quando um ácido graxo (ácido carboxílico com mais de 11 carbonos) reage com um glicerol (álcool) formando os triglicerídeos (que são 3 funções éster) junto com a água. Esses triglicerídeos são conhecidos popularmente como óleos e gorduras (FOGAÇA, 2016).

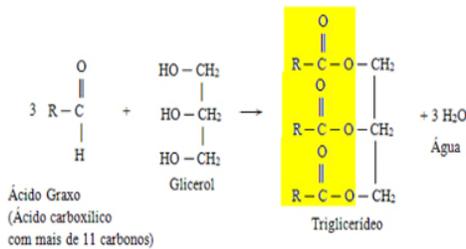


Figura 3 - Formação de Óleos e Gorduras

Fonte: Manual da Química, 2017.

Com isso, quando reagem os triglicerídeos com uma base forte (NaOH ou KOH) formam-se os sabões junto com o glicerol (glicerina). Grandes empresas conseguem extrair a glicerina em sabonetes, cremes e em outros produtos porque esta substância promove a umidificação da pele.

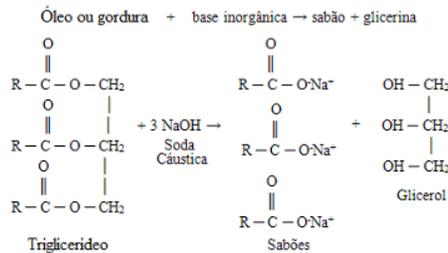


Figura 4 - Reação do sabão

Fonte: Manual da Química, 2017.

## 2.1 Óleos e Gorduras

Óleos e gorduras são matérias primas utilizadas na reação de saponificação. Ambos podem possuir características idênticas como a insolubilidade em água e por serem substâncias apolares (AUGUSTO;2017). Contudo, existem diferenças entre óleos e gorduras.

O número de insaturações é uma delas. Quanto maior o número de insaturações, menor o ponto de fusão da substância. Com isso, as moléculas que apresentam muitas insaturações são líquidas à temperatura ambiente e as que apresentam pouca ou nenhuma insaturação são sólidas à temperatura ambiente. Logo, os óleos são ricos em ácidos graxos insaturados, então tendem a ser líquidas em temperatura ambiente, enquanto a gordura tende a ser sólida em temperatura ambiente (CARTER; JANET L.; STEIN, 2002).

Apesar da interação intermolecular nas gorduras e óleos serem as mesmas,

dipolo induzido, o grau de interação entre as moléculas de gordura é superior à das moléculas do óleo, pois a presença de ligações duplas nos óleos prejudica esta interação. Assim, esta interação menor provoca um ponto de fusão de menor valor em óleos do que nas gorduras (MICHA, 2017).

### 3 | METODOLOGIA

Primeiramente, foi coletado o resíduo para a fabricação do sabão. Este resíduo tem como característica principal a gordura vegetal. A gordura vegetal é originada a partir da hidrogenação parcial e seletiva de óleos vegetais. Todo o rejeito decorrente do processo industrial do laticínio que tem como principal matéria-prima esse tipo de gordura, estava indo em direção a uma estação de tratamento de efluentes e ficando retido na caixa de gordura. Diariamente, este resíduo é removido e acondicionado em caixas de 1 m<sup>3</sup> por cerca de 1 a 3 semanas para que parte dos sólidos que pudessem ser carreados durante a extração da gordura pudessem ser decantados.



Figura 5 - Coleta da gordura

Fonte: Autor, 2017.

A partir deste ponto, a gordura foi coletada e armazenada em laboratório para a realização da reação de esterificação. Após isso, foi definido qual processo será utilizado para a produção do sabão. Algumas metodologias que foram utilizadas consistiram na adição de novos reagentes, como o sabão em pó ou alteração quantitativa dos mesmos. Logo, foi definido a metodologia que traz o melhor resultado para a produção do sabão.

Além disso, foi revisado e analisado todos materiais que devem ser utilizados para o experimento, entre eles estão: recipientes de plástico, soda cáustica em escama (NaOH), bastão de vidro, barrilha de carbonato de sódio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), balança analítica, gordura ou óleo, béqueres, pá de madeira e termômetro HM-88A.



Figura 6 - Preparação dos reagentes

Fonte: Autor, 2017.

Para a realização do experimento, foi colocado em um recipiente 98 gramas de soda cáustica e acrescentado 140 mL de água fria e mexer até dissolver por completo. Quando foi realizado essa mistura, ocorreu o aumento da temperatura devido a reação ser exotérmica, por isso foi realizado esta mistura em uma capela de laboratório com o uso de um recipiente plástico banhado a gelo para a minimização da temperatura.

Em seguida, foi dissolvido 30 gramas de barrilha de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) em 95 mL de água fria. Finalmente, em um recipiente plástico foi colocado cerca de 500 mL de gordura ou óleo. Em seguida foi acrescentado à solução de soda cáustica e imediatamente a solução de carbonato de sódio. Foi mexido por cerca de 4 a 8 minutos para homogeneizar toda a solução. Depois foi inserido cerca de 6,0 mL de essência e homogeneizado.

Durante todas as essas etapas de mistura dos reagentes com água e da preparação do recipiente banhado a gelo, foi utilizado o termômetro HM-88A para medir a temperatura que estar ocorrendo toda a reação.



Figura 7 - Solução Final

Fonte: Autor, 2017.

Adiante, toda a solução foi retirada e colocada em recipientes plásticos para o descanso por aproximadamente 24 horas e finalmente a retirada de todo o sabão pronto. Após esse tempo de descanso da solução, o sabão foi retirado dos recipientes plásticos e cortado em formatos retangulares.



Figura 8 - Descanso da solução

Fonte: Autor, 2017.

Seguidamente, foi analisado no sabão as seguintes variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), existem diversas maneiras de analisar essa variável, porém a maneira adotada foi a de Prates (2006) que consiste em diluir 1 grama do sabão em 100 mL de água e utilizar o pHmetro de bancada PG2000 para a obtenção do resultado e análise microbiológica para identificar os possíveis microrganismos causadores de doenças.



Figura 10 – Formato do sabão pós descanso

Fonte: Autor, 2017.

Para esta análise, foi realizado um isolamento microbiano com ágar sangue para a determinação de bactérias gram-positivas e gram-negativas, como *Streptococcus* e *Staphylococcus*, ágar Macconkey para a determinação de gram-negativas, como *Pseudomonas* e *Escherichia coli* e ágar Sabouraud para a determinação de fungos. O experimento consistiu na coleta de uma amostra de

sabão utilizando um swab e posteriormente sua diluição em água destilada. Com uma alça bacteriológica esterilizada, uma solução é extraída e contaminada nos meios de cultura descritos. Foi aguardado um período de 7 a 14 dias para a contagem dos microrganismos presentes.

### 3.1 Custos com produtos

O custo com os produtos foi baixíssimo. Além disso, os valores abaixo podem sofrer alterações dependendo do local que se compra todo o material. Vale ressaltar que todo o experimento foi realizado em laboratório do Centro Universitário Tiradentes – UNIT, com isso não foi contabilizado o preço de alguns materiais, como os recipientes plásticos, béqueres e bastão de vidro, considerando-os gratuitos. Assim como esses materiais, a gordura foi classificada também como gratuita, uma vez que o laticínio disponibiliza para o experimento. A tabela 1 menciona os custos.

Produtos	Custos
Soda Cáustica em escama	R\$ 8,00 / kg
Carbonato de sódio	R\$ 5,00 / kg
Essência	R\$ 2,50 / 50 ml
Matéria-prima (gordura)	R\$ 0,00
Recipientes de plástico	R\$ 0,00
Bastão de vidro	R\$ 0,00
Balança analítica	R\$ 0,00
Béqueres	R\$ 0,00

Tabela 1 - Custos com os Produtos

Fonte: Autor, 2018.

### 3.2 Parâmetros do sabão

Para melhor controle do processo de produção do sabão, foi determinado uma variável importante que é a temperatura. Através dela foi possível determinar qual é a temperatura ideal para que todo o experimento obter êxito. O equipamento que pode ser utilizado é o HM-88A, que é um termômetro infravermelho que mede a temperatura em graus Celsius. Durante todos os experimentos de produção realizados, foram caracterizadas as três melhores produções de sabão e obtidos a média das mesmas.

Contudo, não basta apenas melhorar o controle de processo da produção do sabão. Deve-se atentar quanto ao uso e manuseio do sabão. Por isso, foram utilizados dois parâmetros essenciais para a análise qualitativa do mesmo, que é o potencial hidrogeniônico e o estudo microbiológico.

O potencial hidrogeniônico (pH) é determinado pela concentração de íons de

hidrogênio (H<sup>+</sup>) e serve para medir o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de determinada solução. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) criou a norma 1/78 que estabelece parâmetros de pH que devem ser atendidos para garantir a qualidade do sabão. O resultado deve ser menor que 11,5 pois caso o pH seja maior que 11,5, as pessoas que usufruírem do sabão poderão apresentar irritação na pele e formação de cicatrizes caso utilize esse sabão demasiadamente (REGINA; ITABORAY, 2012).

Já o estudo microbiológico serve para determinar a presença de organismos patogênicos, principalmente aqueles do gênero *Pseudomonas*, *Enterobacter* e *Staphylococcus* que são facilmente encontrados em produtos saneantes (PAULUS; 2005). Existem diversas análises que podem ser realizadas, como: semeadura de amostras e isolamentos bacterianos, determinação do número mais provável de coliformes, determinação de alguns tipos de microrganismos utilizando culturas específicas etc. Não existe nenhuma legislação que estabeleça a qualidade do sabão destinado à limpeza e qual metodologia deve ser utilizada. Porém, a ANVISA, de acordo com a sua resolução nº 481 de 1999, determina parâmetros máximos para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. O limite máximo para microrganismos mesófilos totais aeróbios é de  $5 \times 10^3$  UFC/g. Já para os produtos infantis ou cosméticos que entram em contato com a mucosa, os valores máximos permitidos são de  $5 \times 10^2$  UFC/g.

#### 4 | RESULTADOS

Com base nas etapas de controle de processo, a primeira delas analisada foi a temperatura. Foi retirado a média dos seus componentes com base nos três melhores experimentos. A tabela 2 mostra a temperatura média para que o experimento obtenha êxito, já que foi verificado que se a temperatura estiver acima ou abaixo dos valores mencionados, provavelmente, a textura do sabão não ficará adequada para o uso e a tendência é de que o sabão quebre se facilmente.

Substâncias	Temperatura (°C)
Reação de carbonato de sódio	26,16
Reação de soda cáustica	98,87
Recipiente banhado a gelo	9,8
Gordura	24,16

Tabela 2 - Temperatura Média das substâncias

Fonte: Autor, 2018.



Figura 9 - Textura Inadequada do Sabão

Fonte: Autor, 2017.

Já para o resultado do pH, os valores obtidos ficaram entre 6,08 a 7,25 em praticamente todos os experimentos realizados. Logo, os resultados de pH estão de acordo com a resolução da ANVISA nº 1/78. Na análise microbiológica, todos os sabões apresentaram se ausentes quanto a presença de microrganismos.

Vale ressaltar que apesar de existirem outras bases fortes que poderiam ser utilizadas no processo de produção, a soda cáustica foi definida pois é uma substância barata quando comparada com as outras bases e os sabões que foram produzidos com NaOH foram mais duros, apresentando uma textura e consistência bem definida. Além disso, o acréscimo  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  contribuiu para o aumento da espuma, tornando o sabão mais eficiente. Em relação ao custo, conforme a tabela 1, cerca de 20 a 25 sabões podem ser produzidos a um custo de R\$ 15,50.

Apesar dos experimentos serem realizados mensalmente, o laticínio notou que mesmo com a baixa quantidade de gordura utilizada para a produção dos sabões nos primeiros meses, as mesmas poderiam criar incentivos de captação dessa gordura em larga escala através de microempresas da região, o que ocasionaria uma redução drástica com seus custos operacionais e conseqüentemente iria criar uma atividade totalmente sustentável, sendo possível, ainda, adquirir os sabões produzidos para a limpeza da fábrica, uma vez que os seus custos com limpeza era altíssimos.



Figura 10 - Sabão

Fonte: Autor, 2018.

#### 4.1 A presença de fungos em amostras

Os microrganismos são essenciais no processo de reciclagem de determinadas substâncias da natureza, esse processo é chamado de biodegradação. Este processo ocorre com os sabões, já que eles apresentam uma característica de biodegradabilidade (RIBEIRO;DANUZA;2006).

O principal microrganismo responsável por essa biodegradabilidade são os fungos. Os fungos são seres eucariontes (com células nucleadas) e seu principal grupo é representado por leveduras e bolores (RIBEIRO;DANUZA;2006). Eles conseguem decompor cadáveres e resíduos gerados pelos seres vivos, como urina e fezes, absorvendo uma parte pelas suas células e outra parte sendo devolvida para o meio ambiente, onde posteriormente é incorporada ao solo ou a água.

Através de diversos experimentos realizados, foi possível perceber a presença de fungos em uma amostra específica de sabão. Os fungos conseguem crescer em ambientes que proporcionem condições adequadas de: temperatura (em torno de 25°C), oxigênio, umidade (cerca de 30%) e pH abaixo de 2 ou acima de 7.



Figura 11 - Presença de fungos no sabão.

Fonte: Autor, 2017.

Ademais, todo o procedimento foi corrigido e aperfeiçoado para que as demais amostras não apresentassem condições propícias para o desenvolvimento de fungos. Foi identificado que devido ao armazenamento da gordura ter sido dado de forma inadequada e que provavelmente ocorreu contaminação durante o processo de produção, os fungos conseguiram adaptar-se ao meio e adiante desenvolverem-se.

Portanto, para a correção desse inconveniente, a coleta da gordura passou a ser feita em garrafas PET lavadas com água e detergente e posteriormente a mesma era colocada na geladeira. Além disso, todas as demais produções de sabões passaram a ser executadas cuidadosamente para evitar a contaminação durante o processo de produção.

## **5 | OPORTUNIDADES ATRAVÉS DE MICROEMPRESAS**

Um aspecto importante que vale ser ressaltado é quanto à possível geração de empregos através dessa gordura. Cerca de 30 quilos por semana de gordura são gerados nesse laticínio. Com isso, essa gordura pode ser aproveitada como matéria-prima para a produção de sabão através da criação de microempresas. A microempresa é uma empresa de pequena dimensão que conta com no máximo dez empregados e possui um faturamento limitado. Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), em um dado divulgado em 2018, cerca de 98,5% do total de empresas privadas, respondem por 27% do PIB e são responsáveis por 54% do total de empregos formais existentes no país, ou seja, empregam mais trabalhadores com carteira assinada que as médias e grandes empresas.

Consequentemente, devido à facilidade de obtenção da matéria-prima do laticínio, é possível criar uma microempresa e gerar renda para a população local, o qual podem produzir sabão de forma artesanal e realizar vendas pela região. Os custos para a produção do sabão são baixos, mesmo em larga escala, logo a possibilidade de gerar lucro e oportunidade de emprego para a região são altas.

## **6 | CONCLUSÃO**

Tendo como foco principal a melhoria das condições ambientais, o laticínio reduziu parcialmente os seus impactos ambientais, já que os experimentos eram realizados mensalmente, o que se configurou uma atividade sustentável. Ademais, a empresa verificou que com a implementação dessa atividade, foi possível reduzir seus custos operacionais com a disposição dessa gordura em aterros. Além disso, a metodologia realizada obteve sucesso nos parâmetros de pH e análise microbiológica conforme preconizados pela ANVISA, caracterizando-se uma

possibilidade de desenvolver esse método em larga escala através de possíveis microempresas estabelecidas na região.

## REFERÊNCIAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução Normativa nº 1/78. Norma sobre detergentes e seus congêneres.** 1978. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/01\\_78.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/01_78.htm)>. Acesso em: 06 de nov. 2017.

APARECIDA, Renata. **Coleta Seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial.** Goiânia: UCG, 2008.

AUGUSTO, Valdir. **Experimentos de Bioquímica.** Disponível em: <[http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/introducao\\_lipidios/introducao\\_lipidios.htm](http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/introducao_lipidios/introducao_lipidios.htm)>. Acesso em: 06 de nov. 2017.

CARTER, Janet L., Stein, 2002. University of Cincinnati Clermont College. **Lipids: fats, oils, waxes, etc.** Disponível em: <<http://biology.clc.uc.edu/courses/bio104/lipids.htm>>. Acesso em: 06 de nov. 2017.

FOGAÇA, Jennifer. **Reação de Saponificação.** Disponível em: <<http://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-organica/reacao-saponificacao.htm>>. Acesso em: 06 de nov. de 2017.

Globo, 2015. **Óleos, gorduras, sabões e detergentes.** Disponível em: <<http://educacao.globo.com/quimica/assunto/quimica-organica/oleos-gorduras-saboes-e-detergentes.html>>. Acesso em: 06 de nov. 2017.

MIRAGAIA, Francisco; LEITE, Eduardo. **Química na abordagem do cotidiano.** 4º.ed. São Paulo: Moderna, 2006.

CALDERONI, S. **Os Milhões Perdidos no Lixo.** 1º Edição. São Paulo: Humanistas Editora, 2003.

PAULUS, W., **Directory of microbicides for the protection of materials: a handbook,** Springer, 2005.

PRATES, M.M. **Determinação de propriedades físico-químicas de sabões comerciais em barra para controle de qualidade.** 2006. 206 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) – Centro de Ciências Físicas e Matemática, Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

Química sem segredos, **Reação de saponificação.** Disponível em: <<http://quimicasemsegredos.com/reacao-de-saponificacao/>>. Acesso em: 19 de fev. de 2017.

REGINA, T.S.; ITABORAY, R. **Análise de ingredientes e processo de produção de sabão a partir do óleo de cozinha usado.** Minas Gerais: CEFETMG, 2012.

RIBEIRO, Ricardo; DANUZA, Glauciane. **Fungos: principais grupos e aplicações biotecnológicas. Fungos principais grupos e aplicações biotecnológicas,** São Paulp, p. 1-20, 2006. Disponível em: [http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Fungos\\_Ricardo\\_Silva\\_e\\_Glauciane\\_Coelho.pdf](http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Fungos_Ricardo_Silva_e_Glauciane_Coelho.pdf). Acesso em: 6 nov. 2017.

SEBRAE, 2018. **Perfil das microempresas e empresas de pequeno porte**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ro/artigos/perfil-das-microempresas-e-empresas-de-pequeno-porte> 2018,a2fb479851b33610VgnVCM1000004c00210aRCRD.> Acesso em: 06 de nov. de 2017.

Srinivasan, A., Saha, M., Caufield, K. et al. **Microwave-Enhanced Advanced Oxidation Treatment of Lipids and Food Wastes**. *Water Air Soil Pollut* 229, 227 (2018).

50º congresso nacional de química. **Fabricação de sabão a partir da gordura presente em efluentes de laticínios, uma forma de educação e conscientização ambiental**. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2010/trabalhos/6/6-435-8388.htm>>. Acesso em: 19 de fevereiro 2017. agosto.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA** - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase em desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção dos íons metálicos As(V), Sb (III) e Se (IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ( $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e  $\text{TiO}_2/\text{Solar}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$ ) para remoção de contaminantes de interesse emergente (CIE) em diferentes matrizes aquáticas. Atualmente realiza Pós-doutoramento na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase em aplicação de novos agentes oxidantes empregando radiação solar para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Possui 12 anos de experiência com técnico em química no Instituto Federal de Goiás, tendo atuado como responsável por análises de parâmetros físico-químicos e biológicos de águas e efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) Estudos de monitoramento de CIE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e foto-Fenton e outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas e (vi) Educação Ambiental.

## 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](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 