

Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários

2

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários

2

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

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 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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

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

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
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. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
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. 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 Albornoz – 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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Helenton Carlos da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A945 Avaliação, diagnóstico e solução de problemas ambientais e sanitários 2 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-328-6
DOI 10.22533/at.ed.286202508

1. Ecologia. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Saneamento. I.Silva, Helenton Carlos da.

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em dois volumes com 34 capítulos, sendo 21 capítulos do primeiro volume e 13 capítulos no segundo volume, discussões de diversas abordagens acerca da importância da preocupação ambiental quanto a seus problemas ambientais e sanitários, considerando sempre sua avaliação, diagnóstico e solução destes problemas.

No campo do gerenciamento dos resíduos tem-se que é uma questão estratégica para as empresas, o que tem levado a busca de alternativas para o aproveitamento dos resíduos industriais, como cinzas provenientes da queima de matéria prima.

A poluição e os impactos causados pela produção e utilização de fontes convencionais de energia vêm mostrando um crescimento na busca por energias alternativas, das quais, na maioria dos casos, a solar demonstra ser a mais promissora. Dentre os vários locais em que os sistemas de energia solar podem ser implementados, destacam-se as estações de tratamento de água de esgoto dado os diversos benefícios que podem ser obtidos, como a redução de impacto ambiental e a atenuação do alto custo operacional destas atividades.

A água, como recurso natural e limitado, é fundamental para o desenvolvimento humano e para viver no planeta. A utilização descontrolada levou esse recurso à exaustão, evidenciando a importância da consciência ambiental e o aumento da pesquisa no assunto. Uma das ações que ampliam a racionalidade do uso desse recurso é o recolhimento e armazenamento da chuva para uso posterior. Como ferramenta para detectar e analisar esses dados, destaca-se o monitoramento dos sistemas de armazenamento. Dessa forma, isso integra a tecnologia de ações preventivas, além de promover mudanças positivas para reduzir o desperdício desse recurso, obtendo também menor impacto ambiental.

As questões relacionadas ao ambiente evoluíram do pensamento de que a natureza é uma fonte infindável de recursos naturais até o reconhecimento de que a humanidade deveria mudar sua relação com o ambiente. A partir da necessidade de se reverter a degradação do meio ambiente, surge a Educação Ambiental como um meio de formar cidadãos com um novo pensamento moral e ético e, conseqüentemente, uma nova postura em relação às questões ambientais.

Os ambientes costeiros são os mais diretamente afetados pelo descarte irregular de materiais, devido à grande concentração de pessoas nas cidades litorâneas, o que prejudica inúmeros ecossistemas e compromete a vida no planeta como um todo.

Diante da necessidade da busca de solução que visa à garantia de um abastecimento de qualidade e em quantidade suficiente à população, o crescimento populacional, a industrialização e o processo de urbanização têm cada vez mais contribuído com o aumento da escassez de água no Brasil e no mundo.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos que apresentam avaliações,

análises e desenvolvem diagnósticos, além de apresentarem soluções referentes aos problemas ambientais e sanitários. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista a preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE CITOTÓXICA E MUTAGÊNICA DE ÁGUAS MINERAIS UTILIZANDO O *Allium cepa* COMO BIOINDICADOR

Isadora de Sousa Oliveira
Luiz Eduardo Araujo Silva
Deuzuita dos Santos Freitas Viana
Vicente Galber Freitas Viana

DOI 10.22533/at.ed.2862025081

CAPÍTULO 2..... 9

ANÁLISE DA ABSORÇÃO DE ASTAXANTINA EM ARTÊMIAS (*Artemia salina*)

Gustavo Ribeiro
Samanta Cristina de Souza dos Santos
Camila Eccel

DOI 10.22533/at.ed.2862025082

CAPÍTULO 3..... 16

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE REATOR UASB PILOTO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE PROCESSAMENTO DE PESCADO

Nilmara Santos da Silva
Alessandra Cristina Silva Valentim
Camila Leal Vieira
Genildo Souza das Virgens
Raul Oliveira Reis Lívio de Abreu

DOI 10.22533/at.ed.2862025083

CAPÍTULO 4..... 29

AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO EM TAQUARUÇU DO SUL-RS

Silvana Isabel Schneider
Keitiline Bauchspiess
Vanessa Facó Tarone
Kéli Hofstätter
Cláudia Nogueira Gomes
Gabriela Granoski
Kananda Menegazzo
Fernanda Volpatto
Arci Dirceu Wastowski
Jaqueline Ineu Golombieski

DOI 10.22533/at.ed.2862025084

CAPÍTULO 5..... 38

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS BTEX EM CAIXA SEPARADORA DE ÁGUA E ÓLEO EM POSTO DE COMBUSTÍVEIS DO OESTE DO PARANÁ

Lilian Patrícia de Ramos
Roberta Cechetti

Nyamien Yahaut Sebastien

DOI 10.22533/at.ed.2862025085

CAPÍTULO 6.....45

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DA CIDADE DE ARIQUEMES, RONDÔNIA BRASIL

Angelita Chaparini Fabiano

Leônidas Pinho da Silva

Mariana Neves Garcia

Sheila Muniz da Silva

Liliane Coelho de Carvalho

Driano Rezende

DOI 10.22533/at.ed.2862025086

CAPÍTULO 7.....52

DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA ÁGUA (RE)USAR SENSORIAMENTO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Alencar Migliavacca

Camila Gasparin

Matheus Sachet

DOI 10.22533/at.ed.2862025087

CAPÍTULO 8.....59

INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA FABRICAÇÃO DE ARGILA EXPANDIDA PARA FINS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Caroline Cristina Amaral Oliveira

Alexandre Saron

DOI 10.22533/at.ed.2862025088

CAPÍTULO 9.....77

LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOS CONDOMÍNIOS LOCALIZADOS NA ZONA CENTRO - SUL DA CIDADE DE MANAUS

Juciely Leite Costa Cortez

Ana Lúcia Barros de Andrade

Marcos Vinícius Barros de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.2862025089

CAPÍTULO 10.....94

MODELAGEM DE REATOR TIPO UASB PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL

Martina Tamires Lins Cezano

Eduardo Cleto Pires

Karina Querne de Carvalho

Sávia Gavazza

DOI 10.22533/at.ed.28620250810

CAPÍTULO 11	104
QUALIDADE DO AR NA AVENIDA VISCONDE DE SOUZA FRANCO E A FORMA COMO PODE AFETAR A SAÚDE DA POPULAÇÃO	
Luiz Fernando Aguiar Junior	
Jaqueline Araújo da Silva	
Afonso Luís Segtowitz Sarmanho Beltrão	
Arthur Batista de Brito	
Francisco Marconi Ribeiro Filho	
Daniely Alves Almada	
Gabriela Marina Silva Trindade	
DOI 10.22533/at.ed.28620250811	
CAPÍTULO 12	111
TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA O REUSO E REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA	
Mariana Veloso Nollys Braga	
DOI 10.22533/at.ed.28620250812	
CAPÍTULO 13	133
TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIA FRIGORÍFICA ATRAVÉS DE REATORES BIOLÓGICOS DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME	
Lorran Marré Parlotte	
Henrique Silva de Oliveira	
Pedro Bizerra Moura	
Edimar Noiman Gonçalves Filho	
Nicoly Dal Santo Svierzoski	
Jheiny Oliveira da Silva	
Alberto Dresch Webler	
DOI 10.22533/at.ed.28620250813	
SOBRE O ORGANIZADOR	144
ÍNDICE REMISSIVO	145

CAPÍTULO 1

ANÁLISE CITOTÓXICA E MUTAGÊNICA DE ÁGUAS MINERAIS UTILIZANDO O *Allium cepa* COMO BIOINDICADOR

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 05/06/2020

Isadora de Sousa Oliveira

Centro Universitário UniFacid Wyden
Teresina – PI
<http://lattes.cnpq.br/2146825125898715>

Luiz Eduardo Araujo Silva

Centro Universitário UniFacid Wyden
Teresina – PI
<http://lattes.cnpq.br/8394625834216162>

Deuzuita dos Santos Freitas Viana

Centro Universitário UniFacid Wyden
Teresina – PI
<http://lattes.cnpq.br/9427609782986371>

Vicente Galber Freitas Viana

Instituto Federal do Piauí – IFPI
Teresina – PI
<http://lattes.cnpq.br/9207482089741014>

RESUMO: A exploração de águas minerais, extraídas para fins comerciais, vem aumentando consideravelmente no Brasil e no mundo. O qual ocorre principalmente devido a não confiabilidade quanto à qualidade da água fornecida pelo abastecimento público. Essa preocupação é gerada por meio da interferência do homem, com o despejo de esgoto doméstico e industrial, uso de defensivos agrícolas no solo, que acabam inserindo compostos orgânicos e inorgânicos no ambiente comprometendo a qualidade da água. Segundo a Resolução de Diretoria

Colegiada - RDC nº 274 de setembro de 2005, a água mineral não pode produzir, desenvolver ou agregar substâncias físicas, químicas e biológicas que coloquem em risco a saúde do consumidor. Diante dessa perspectiva o trabalho tem como objetivo avaliar, por meio do teste *Allium cepa* uma possível atividade mutagênica ou citotóxica de duas marcas de água mineral. As águas foram divididas em A1 e A2, e utilizou-se a água fornecida pelo abastecimento público de Teresina como o grupo controle AC. A avaliação da citotoxicidade foi realizada por meio do cálculo do índice mitótico e a mutagenicidade através da frequência de micronúcleos. A partir dos dados coletados, comparativos foram realizados com os resultados obtidos pelo grupo A1 e A2 com o controle AC e observou-se a possibilidade de atividades citotóxicas e mutagênicas por partes das análises realizadas, contudo, em baixos índices, porém ainda se faz necessário estudos mais aprofundados para a determinação dos graus de citotoxicidade e mutagenicidade das águas minerais.

PALAVRAS-CHAVE: Água mineral, *Allium cepa*, citotoxicidade e mutagenicidade.

CYTOTOXIC AND MUTAGENIC ANALYSIS OF MINERAL WATERS USING *Allium cepa* AS BIOINDICATOR

ABSTRACT: The exploitation of mineral waters, extracted for commercial purposes, has been increasing considerably in Brazil and in the world. This occurs mainly due to the lack of reliability regarding the quality of the water supplied by the public supply. This concern is generated by the interference of man, with the discharge of

domestic and industrial sewage, use of pesticides in the soil, which end up introducing organic and inorganic compounds into the environment, compromising water quality. According to the Collegiate Board Resolution - RDC nº 274 of September 2005, mineral water cannot be produce, develop or aggregate physical, chemical and biological substances that endanger consumer health. Given this perspective, the work aims to evaluate, through the *Allium cepa* test, a possible mutagenic or cytotoxic activity of two brands of mineral water. The waters were divided into A1 and A2, and the water supplied by the Teresina public supply was used as the control group AC. The evaluation of cytotoxicity was performed by calculating the mitotic index and mutagenicity through the frequency of micronuclei. From the data collected, comparisons were made with the results obtained by the A1 and A2 groups with the AC control and the possibility of cytotoxic and mutagenic activities was observed by parts of the analyzes performed, however, at low rates, but it is still necessary further studies to determine the degrees of cytotoxicity and mutagenicity of mineral waters.

KEYWORDS: Mineral water, *Allium cepa*, cytotoxicity and mutagenicity.

1 | INTRODUÇÃO

A água é um bem fundamental para a vida na biosfera, se apresentando em todas as suas formas físicas para os seres vivos por meio do seu ciclo biogeoquímico, atuando como elemento essencial nos processos bioquímicos dos seres vivos, representando valores culturais e sociais na sociedade, e servindo de recursos para diversas atividades econômicas (TEIXEIRA, 2009).

A água utilizada ao consumo humano é a água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independente da sua origem (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011). Mas apesar de trazer benefícios o seu consumo deve cumprir exigências rigorosas de qualidade, destacando que o consumo de águas naturais, de rios, mananciais e poços artesianos não é proibido, contudo o conceito popular de que “*se é natural não faz mal*” está cada vez mais obsoleto devido o descarte inadequado de poluentes nas águas, que influenciam na sua integridade e de seus componentes (ALMEIDA; SOUZA, 2019).

O comprometimento da qualidade das águas se deve, sobretudo a expansão demográfica e industrial nas últimas décadas. A interferência do homem quer de forma direta como o despejo de esgoto doméstico e industrial, quanto dispersa, como o uso de defensivos agrícolas no solo, insere compostos orgânicos e inorgânicos, interferindo na qualidade da água (ALVEZ *et al.* 2008). Assim o tratamento e condicionamento da água potável bem como a proteção ao meio ambiente se tornou uma das principais preocupações da sociedade moderna (GOBATO; LANCAS, 2001).

A preocupação com a qualidade da água proveniente do sistema público de distribuição acaba por ser um dos fatores que incentivam o maior consumo de água envasa, na confiança de que é mais segura (CARDOSO, *et al.* 2003). Nesse contexto, é importante salientar a importância do uso das águas minerais extraídas para fins comerciais, cuja

exploração vem aumentando consideravelmente no Brasil e no mundo (PORTUGAL JÚNIOR; REYDON; PORTUGAL, 2015).

Segundo a Resolução RDC nº 274 de setembro de 2005, a água mineral não pode produzir, desenvolver ou agregar substâncias físicas, químicas e biológicas que coloquem em risco a saúde do consumidor (BRASIL, 2005).

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar, por meio do teste *Allium cepa* uma possível atividade mutagênica ou citotóxica das águas minerais A1, A2 e grupo controle AC, avaliando as citotoxicidades por meio do cálculo do índice mitótico e mutagenicidade através da frequência de micronúcleos.

2 | METODOLOGIA

2.1 Procedimentos éticos

O presente trabalho não necessitou de submissão e aprovação do comitê de ética e pesquisa e do comitê de ética na utilização de animais, pois não envolveu seres humanos ou animais, para a realização das atividades previstas.

2.2 Métodos de pesquisa

Tratou-se de uma pesquisa de natureza observacional, de métodos experimentais e abordagem quantitativa.

2.3 Cenário e participantes do estudo

Os processos do método foram realizados nos laboratórios de Química Multidisciplinar localizados na Faculdade Integral Diferencial – UniFacidWyden, Teresina – PI. Foram utilizadas 18 cebolas divididas em 3 tipos de água, as águas minerais A1, A2 e a água do grupo controle AC.

2.4 Coleta de dados

Foram utilizados 2L de cada amostra de água, mineral e controle. Em que as águas minerais A1 e A2 foram obtidas em um supermercado de referência, localizado na cidade de Teresina – PI e a água do grupo controle AC, água tratada e encanada servida pelo abastecimento público da cidade de Teresina- PI. A pesquisa foi realizada nos meses de maio e junho do ano de 2019, no laboratório de Química Multidisciplinar da Faculdade Integral Diferencial.

2.5 Organização e análise dos dados

Os dados obtidos sofreram tratamento estatístico descritivo, com determinação da média, utilizando o programa Microsoft Office Excel 2010 e os resultados foram apresentados em forma de tabelas.

2.6 Procedimento experimental

2.6.1 Preparação das amostras

A preparação das amostras com as águas A1, A2 e AC foram feitas adicionado a quantidade de amostra de 250 ml de cada água em diferentes saleiros.

2.6.2 Grupos de exposição

Utilizou-se 18 cebolas com bulbos de tamanho médio a pequeno e uniforme para a realização da pesquisa, que ao chegarem ao laboratório foram limpas e imersas em água. Posteriormente foram divididas em grupos de exposição sendo 6 cebolas para cada grupo (Figura 01).



Figura 01: Cebolas expostas às 3 concentrações diferentes de água

Fonte: Dados de pesquisa, 2019.

As raízes expostas a concentração de 250 ml das águas A1, A2 e AC cresceram durante 48 horas permitindo, assim dar continuidade ao procedimento.

2.6.3 Teste *Allium cepa*

O Teste *Allium cepa* seguiu o protocolo sugerido pela Sociedade Brasileira de Mutagenese Carecinogenese e Teratogênese Ambiental (SBMCTA) elaborado por Medeiros et al. (2007).

As 18 cebolas foram limpas e imersas na água. Para cada concentração 06 bulbos

foram colocados em contato com cada água A1, A2 e AC, repondo a concentração a cada dia. Após 48 horas as raízes que mediram entre 0,5 e 1,5 cm foram cortadas. Fixou-se as raízes em solução Carnoy por 24 horas e após esse tempo foram estocadas em etanol 70% até o dia do preparo das taminas Para a preparação das lamínas, lavou-se as raízes com água destilada (3 banhos de 5 minutos cada para a remoção do fixador e depois realizou-se a hidrólise com HCl IN 60 °C por 1 min Em seguida retirou-se as raízes do ácido e lavou-se em água destilada. Com o auxílio de uma pinça, secou-se com cuidado as raízes e transferiu-se para um frasco âmbar com o reativo de Schiff por 2 horas. Lavou-se as raízes com água até a total remoção do corante e secou-se as raízes. Colocou-se a raiz sobre uma lâmina, separando a extremidade mais corada raiz, adicionou-se uma gota de carmin acético e cobriu-se com lamínula, pressionou-se e observou-se ao microscópio imediatamente.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da pesquisa pode-se observar nos ensaios realizados que as raízes do *Allium cepa* expostas as duas concentrações de água A1, A2 e ao grupo controle AC se desenvolveram bem e foram analisadas, como mostra a Figura 02.

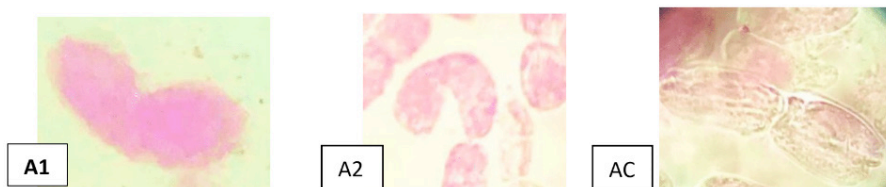


Figura 02: Fotomicrografia do Índice Mitótico de células de raízes de cebolas expostas às águas A1, A2 e AC.

O potencial mutagênico ocorre pela formação de micronúcleos e aberrações cromossômicas e o potencial citotóxico pelo número de células em divisão. De modo que a toxicidade e mutagenicidade estão diretamente relacionadas as aberrações cromossômicas, micronúcleos e o índice mitótico encontrados na figura 02.

A tabela 01 mostra a frequência de micronúcleos e a média do Índice mitótico da raiz de *Allium cepa* exposta às águas A1, A2 e AC, mostrando resultado positivo para ambos os testes, porém com baixos percentuais, demonstrando a pouca citotoxicidade das águas, por meio da análise das células em divisão caracterizadas pelo índice mitótico.

Grupo	Índice mitótico (%)	Frequência de micronúcleos (%)
Água mineral A1 250 ml	3,72	8,27
Água mineral A2 250 ml	2,87	13,69
Água controle AC 250 ml	3,82	13,89

Tabela 01: Índice mitótico e frequência de micronúcleos da raiz de *Allium cepa* exposta as águas A1, A2 e AC, UniFacid/ Wyden, Teresina – PI, 2019.

Segundo Figueiredo (2014) a citotoxicidade é medida pela taxa de crescimento celular, podendo estar aumentada ou diminuída e pode ser observada macroscopicamente. O índice mitótico, índice de replicação e algumas anomalias nucleares, são utilizados para avaliar a citotoxicidade de substâncias. A redução do índice mitótico pode ocorrer devido a uma inibição da síntese do DNA ou a um bloqueio da Fase G₂ do ciclo celular, impedindo que a célula entre em mitose, indicando citotoxicidade (Turkoglu, 2008).

O cálculo índice mitótico é feito por meio da proporção entre o número de células em divisão e o número total de células analisadas, de modo a servir como parâmetros para análise de citotoxicidade. (Belcavello, 2012).

Portanto, através das análises realizadas nas águas A1 e A2 e grupo controle AC, pode-se afirmar que os resultados obtidos são suficientes para classificá-las com um baixo grau de citotoxicidade, de acordo com o percentual de índice mitótico analisado, utilizando como parâmetro a AC – 3,82% a água analisada que mais se aproxima desse percentual é a A1- 3,72%. Entretanto, apresentam resultados positivos com relação a mutagenicidade, de acordo com o percentual da frequência de micronúcleos, realizando comparativos com o grupo AC – 13,99% a água A2 - 13,69%, é a que mais se aproxima desse percentual.

O teste de micronúcleo se mostra eficaz e tem se consolidado como uma técnica preferencial para monitoramentos ambientais, devido sua simplicidade, rapidez na detecção de impactos genotóxicos em organismos, e pelo fato de que a formação espontânea de micronúcleos é baixa e quase uniforme entre as espécies (Siu WHL, 2004) .

Apesar do teste de *Allium cepa* ter grande aceitação como teste de monitoramento ambiental, alguns autores apresentam certa restrição quanto à utilização de sistemas-teste vegetais na avaliação de certas classes de carcinógenos (UHL et al, 2003). Tal fato é devido ao complexo sistema de metabolização, presente nos mamíferos, necessário para ativação do potencial genotóxico dessas substâncias. Estudos do sistema de ativação metabólica em plantas, no entanto, vem sendo realizados há anos, e a capacidade de vegetais superiores ativarem promutágenos em mutágenos já foi comprovada por vários pesquisadores (PLEWA et al, 2003). Os resultados gerados pelo teste de *A. cepa*,

portanto, deve ser considerado como um alerta, sendo necessária a realização de outros bioensaios, como ensaio de cometas, teste de Ames, para a avaliação da mutagenicidade e genotoxicidade analisadas.

4 | CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu avaliar as possíveis atividades citotóxicas e mutagências das águas minerais A1, A2 e grupo controle AC, realizando comparativos com os resultados obtidos pelo grupo controle AC, através do teste *Allium cepa*. É possível concluir que existe a possibilidade de atividades citotóxicas e mutagências por partes das análises realizadas, porém é necessária a realização de mais estudos para a determinação dos graus de citotoxicidade e mutagenicidade das águas minerais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Wadson Rodrigo Ferreira de; SOUZA, Flavio Mendes de. **Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales – BA**. Id on Line Rev.Mult. Psic., 2019, vol.13, n.43, p. 353-378. ISSN: 1981-1179.
- ALVES, E.C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SOUZA FILHO, E.E.; CARNIEL, A. **Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos**. Acta Scientiarum Technology, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.
- BELCAVELLO, L.et al. **Citotoxicidade e danos ao DNA induzidos pelo extrato de Zorniadiphylla, uma planta medicinal**. Natureza on line 10 (3): 140-145; 2012.
- BRASIL. **Resolução RDC N° 274, de 22 de setembro de 2005**. Dispõe sobre o regulamento técnico para águas envasadas e gelo/ Ministério da Saúde. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p. 376.
- CARDOSO, Claudia Catelani et al . **Avaliação microbiológica de um processo de sanificação de galões de água com a utilização do ozônio**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas , v. 23, n. 1, p. 59-61, Apr. 2003
- Gobato EAAF, Lanças FM. **Comparação entre injeção na coluna (“On-Columnin) e heap space dinâmico na determinação de benzeno, tolueno e xilenos (BTX) em amostras de água**. Rev. Quim Nova. 2001; 24 (2): 176-179
- MALUSZYNSKA, J.; PLEWA, M. (Org.). **Biossays in plant cells for improvement of ecosystem and human health: a course manual**. Katowice, 2003, p.39-60.
- Ministério da Saúde (BR). **Portaria nº2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2011.

PORTUGAL JÚNIOR, Pedro dos Santos; PHILIP REYDON, Bastiaan; PORTUGAL, Nilton dos Santos. **As águas minerais no Brasil: uma análise do mercado e da institucionalidade para uma gestão integrada e sustentável.** *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 413-430, apr. 2015. ISSN 1980-993X. Disponível em: <<http://ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/1357>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

PLEWA, MJ.; WAGNER, E.D.;JU. Y;H. **The plant activation of aromatic amines in unique high molecular weigh agents that induced genomic DNA damage in mammalian cells.** IN; MALUSZYNSKA, J.;PLEWA, M.(Org.). *bioassays in plant cells fo improvement of ecosystem and human health: a course manual.* Katowice, 2003, p. 39-60.

UHL, M.: PLEWA, MJ.: MAJER, B.J.;KNASMULLER, S. **Basic principles of genetic toxicology with an emphasis on plant bioassays.** In: MALUSZYNSKA, J.: PLEWA, M. (Org.). *bioassays in plant cells for improvement of ecosystem and human health: a course manual.* Katowice, 2003. p.11-30.

Siu WHL, Mak E, Cao J, Luca-Abbqtt SBD, Richardson BJ, Lam pks. **Micronucleos induction in gill cells of green-lipped mussels(Perna viridis) exposed to mixtures of polycyclic aromatic hydrocarbons and chlorinated pesticides** *Environ. Toxicol. Chem* . 2004: 232(5): 1317-1325.

TEIXEIRA, W.: FAIRCHILD, T.R.: TOLEDO, M.C.M, de, TAIOLI, F. **Decifrando a Terra.** 2 ed. São Paulo: IBEP Editora Nacional – Conrad, 2009.

TURKOGLU, S. **Evaluation of genotoxic effects of sodium propionate, calcium propionate and potassium propionate on the root meristem cells of Allium cepa.** *Food and Chemical Toxicology* v.10, n.2, p.123-9, 2008.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DA ABSORÇÃO DE ASTAXANTINA EM ARTÊMIAS (*Artemia salina*)

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 06/05/2020

Gustavo Ribeiro

Universidade do Vale do Itajaí – Univali
Navegantes – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/1589362141934217>

Samanta Cristina de Souza dos Santos

Universidade do Vale do Itajaí – Univali
Jaraguá do Sul – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/8642104568777742>

Camila Eccel

Universidade do Vale do Itajaí – Univali
Brusque – Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/8287673471534782>

RESUMO: A *Artemia salina* é um microcrustáceo marinho que se alimenta de microalgas, e é usado como alimento para diversos tipos de peixes. A produção deste microcrustáceo possui custo financeiro elevado, dessa forma, há uma procura por alternativas para simplificar esse cultivo. A astaxantina é um carotenoide extraído de microalgas, utilizado como suplemento alimentar, possui poderosas propriedades nutricionais, além de ser utilizada como pigmento natural. Há um crescente interesse comercial na produção de astaxantina devido suas características. Neste estudo observou-se a incorporação da coloração de astaxantina na biomassa de *A. salina*. As artêmias tinham 96 horas de eclosão, e foram divididos em 3 grupos: o primeiro recebia somente astaxantina como

alimento, na concentração de 60mg/l. O segundo recebia 5ml de solução de microalgas como alimento e mais a astaxantina. O terceiro grupo foi o controle, recebendo apenas a microalga. Os grupos foram divididos em béqueres com água do mar tratada. Foram 20 animais por béquer e o ensaio foi realizado em triplicata, totalizando 180 artêmias. Foi ainda realizado um teste comparativo usando artêmias com um mês de eclosão, em apenas um béquer, com 20 indivíduos, recebendo a mesma quantidade de alimento e astaxantina. O experimento durou 28 dias, sendo que o alimento era fornecido novamente a cada 7 dias. Nenhum dos grupos alimentados com astaxantina sobreviveram para visualização da coloração, com exceção do grupo teste, o qual observou-se efeito na pigmentação do trato digestivo do animal, este apresentou mortalidade próxima a zero. Acredita-se que os animais incorporem a astaxantina em sua biomassa com maior tempo em exposição e que o estágio de desenvolvimento das artêmias pode estar relacionado com a absorção da pigmentação.

PALAVRAS-CHAVE: Carotenoide, pigmentação, antioxidante, nutrição.

ANALYSIS OF ASTAXANTIN ABSORPTION IN ARTEMIES (*Artemia salina*)

ABSTRACT: *Artemia salina* is a marine microcrustacean that feeds on microalgae and is consumed as food for several species of fish. The production of this microcrustacean has a high financial cost, and researchers are looking for

alternatives to simplify this cultivation. Astaxanthin is a carotenoid extracted from microalgae, commonly used as a food supplement, with powerful nutritional properties, and it is also known for its natural pigment. There is a growing commercial interest in the production of astaxanthin due to its characteristics. In this study, it was possible to observe the incorporation of the coloration from astaxanthin in the biomass of *A. salina*. The artemias had 96 hours of hatching and were divided into 3 groups: the first received only astaxanthin as food, at the concentration of 60mg/l. The second was given 5ml of microalgae solution as food plus astaxanthin. And the third group was established as the control group, receiving only microalgae. Tests were performed in triplicate, with each group containing 20 animals per trial and they were put into separate laboratory beakers with treated sea water, totalizing 180 brine shrimps. A comparative test was also carried out using artemias with a hatching period of a month, in one beaker, with 20 organisms, all receiving the same amount of food and astaxanthin. The experiment lasted 28 days, and the food was given every 7 days. None of the groups fed with astaxanthin survived for the analyzes of staining responses, with exception of the test group, in which the effect of pigmentation was observed in the animal's digestive tract, with deaths were close to zero. It is believed that these animals incorporate astaxanthin in their biomass with a longer exposure of time, as well as the stage of development of organisms may be related to the absorption of pigmentation.

KEYWORDS: Carotenoid, pigmentation, antioxidant, nutrition.

1 | INTRODUÇÃO

As cores mais populares e atrativas em alimentos, tradicionalmente são os tons vermelhos e amarelos, por isso, possuem uma ampla aplicação no mercado, tendo assim o interesse de ampliar a gama de pigmentos naturais nesta faixa de espectro. No entanto, há muita restrição nos corantes naturais disponíveis, e a complexidade da incorporação proporciona desafios aos produtores de corantes (GHIGGI, 2007).

O termo carotenoide refere-se a uma faixa de pigmentos naturais, entre eles a coloração amarela e vermelha, os quais são comuns nos reinos animal e vegetal (GHIGGI, 2007). Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis que são encontrados em plantas, algas, bactérias fotossintéticas e em micro-organismos não fotossintéticos (OGAWA, 2007). A astaxantina (3,3'-dihidroxi-4,4'-diceto- β -caroteno) está presente na levedura *Xanthophyllomyces dendrorhous*, no pigmento que dá a cor as plumas do flamingo, no champignon *Cantharellus cinnabarinus*, e possui uma escala de cor entre rosa e laranja (MORAIS, 2006). Em meio marinho é proveniente de certas algas verdes e pequenos crustáceos (CHOCIAI et al., 2002).

Sua estrutura química é a responsável pela coloração característica, dado que as duplas ligações absorvem parte do espectro luminoso que nelas incide (GHIGGI, 2007). Este carotenoide possui um grande valor científico e comercial, devido à grande demanda por pigmentos naturais e seu alto valor no mercado mundial. Há grandes perspectivas da astaxantina em indústrias farmacêuticas, cosmética, alimentícia e de ração animal (GHIGGI, 2007). Sua principal aplicação industrial é na aquicultura de peixes, como o

salmão e a truta, e crustáceos, como a lagosta, sendo utilizada na pigmentação da carne e/ou carapaça, elemento decisório na aprovação do produto e no preço final (STOREBAKEN, 1992). Também é utilizada na avicultura, na coloração da carne de galinha e gema de ovos (STOREBAKEN, 1992). O uso de astaxantina na coloração de alimentos é um processo cada vez mais utilizado pelas indústrias. Muitos alimentos só são aceitos pelo consumidor, e posteriormente vendidos, se a coloração da carne for satisfatória. O exemplo de animal mais manipulado em relação a sua pigmentação, com o uso desse corante, é o salmão (TORRISSEN, 1988).

Muitos são os fatores que influenciam na absorção do carotenoide pelos animais, como por exemplo a composição da sua alimentação e a concentração que o pigmento se encontra na dieta (TORRISSEN, 1988). Em estudos realizados por Torrissen et al (1988), fez-se testes nas fezes de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) tratadas com astaxantina e conclui-se que a maior parte do pigmento é absorvida pelo animal, de acordo com a concentração utilizada e o nível da gordura na dieta do animal, tendo em vista que o carotenoide é lipossolúvel.

A astaxantina é insolúvel em água, sua forma livre e instável e extremamente sensível em relação aos fatores como, oxigênio, acidez, luz e calor. É vulnerável a oxidação, processo degradativos ou são isomerizados, e estas remodelações químicas podem alterar a absorção de luz, e por conseguinte a intensidade da coloração (GHIGGI, 2007).

De acordo com MCLaughlin (1998) “os ovos de artêmias são comercializados em lojas de animais com um preço baixo e mantem-se viáveis por anos, em forma de cistos, e quando colocados em água marinha eclodem dentro de 48 horas, gerando quantidade de larvas para o uso experimental”. A sua coloração varia em conformidade com o tipo de alimentação e a concentração do alimento que é filtrada pelo animal. A quantidade de animais utilizados, a renovação constante de água e a limpeza frequente do meio auxiliam a manter a qualidade ideal da água (LOMBARDI, 2008). Segundo Siqueira et al. (1998) a *Artemia salina* é um microcrustáceo de água salgada que é utilizado como alimento vivo para peixes, sendo muito usada em testes de toxicidade (TAS), que se caracteriza por ser de baixo custo, rápido e não exigir técnicas assépticas.

Considerando o exposto acima, este trabalho objetivou responder qual a concentração e o período necessários para que a *Artemia salina* incorpore a astaxantina, mudando assim a sua pigmentação.

2 | METODOLOGIA

2.1 População e Amostragem

Os indivíduos de *Artemia salina* foram fornecidos pelo Laboratório de Fisiologia da Universidade do Vale do Itajaí, onde foram armazenados durante todo o experimento. No total, foram usadas 200 artêmias, divididas em 04 grupos, sendo 03 grupos organizados

em triplicata.

2.2 Eclosão dos cistos

Para realizar a eclosão dos cistos de *Artemia salina*, foi preparado um meio em um béquer de 1 litro, com 800ml de água do mar tratada e duas colheres de chá do cisto seco. Esse meio permaneceu com aeração durante o tempo de eclosão, que foi de 96 horas.

2.3 Divisão dos grupos

O experimento utilizou 03 grupos de *Artemia salina*. Os grupos foram divididos em béqueres de 600ml, com 500ml de água do mar tratada. Foram 20 animais por béquer e o experimento foi realizado em triplicata, totalizando 180 artêmias.

O primeiro grupo recebia somente astaxantina como alimento, na concentração de 60mg/l. O segundo grupo recebia 5ml de solução de microalgas como alimento juntamente com a astaxantina na concentração de 60mg/l. O terceiro grupo, denominado controle, recebeu apenas 5ml de solução de microalgas como alimento. Para a solução de microalgas, foi utilizado a espécie *Isochrysis galbana*, onde era inoculada e aguardava-se uma semana para então utilizar no experimento.

Foi ainda realizado um teste comparativo usando artêmias com um mês de eclosão, em apenas um béquer, contendo 20 indivíduos recebendo a mesma quantidade de alimento (5ml de solução de microalgas) e astaxantina (concentração de 60mg/l).

2.4 Preparo da solução de astaxantina

A astaxantina utilizada no tratamento não é purificada. Foi utilizado um pó proveniente da liofilização da microalga *Haematococcus pluvialis*, que contém grande quantidade do carotenoide. Para os grupos que receberam o tratamento, foi feita uma solução mãe, no qual foram dissolvidos 60mg/l do pó. Após o preparo, 5ml da solução foram adicionados ao meio contendo as artêmias.

2.5 Análise dos Resultados

A análise foi feita através da comparação da pigmentação dos grupos que receberam astaxantina com o grupo controle, para constatar em quais situações houve a absorção da astaxantina para a biomassa do animal. Além da observação da pigmentação, a taxa de mortalidade também foi analisada dentro dos grupos, para ver se a alta concentração pode ser tóxica às artêmias. Após todas as análises e observações dos resultados obtidos, houve uma comparação entre a situação inicial e final do experimento, para posterior discussão e apresentação final.

3 | RESULTADOS

O grupo que recebeu apenas a astaxantina, teve uma taxa de mortalidade de 100%. O grupo que recebeu o tratamento com astaxantina e a solução de microalgas, teve uma

taxa de mortalidade de 70%. O controle teve uma taxa de mortalidade de 15%.

O grupo teste, com indivíduos adultos e tratados com astaxantina e a solução de microalgas, teve uma taxa de mortalidade próxima a zero, e ainda foi o único grupo onde foi possível observar o efeito da astaxantina na pigmentação dos animais, conforme Figuras 01 e 02.

Devido à alta mortalidade no grupo que os animais só receberam a astaxantina, pode-se perceber que apesar de ser um animal filtrador, a artêmia não consegue sobreviver se alimentando apenas do pó liofilizado da alga *Haematococcus pluvialis*. Essa taxa de mortalidade, em ambos os grupos que receberam a astaxantina, e até no controle, pode estar relacionada, também, com fatores físicos, como: aeração, temperatura, acidez do meio, salinidade, entre outros que não foram analisados e controlados durante o experimento.

O béquer usado de teste teve uma taxa de sobrevivência extremamente significativa. Além disso, também notou-se uma alteração na pigmentação do trato digestivo. Uma das hipóteses é que os animais adultos consigam incorporar a astaxantina em sua biomassa com um tempo maior de exposição, por terem um aparato filtrador mais desenvolvido.



Figura 01: Vista microscópica do trato digestivo da *Artemia salina* antes do tratamento com astaxantina em indivíduos adultos.

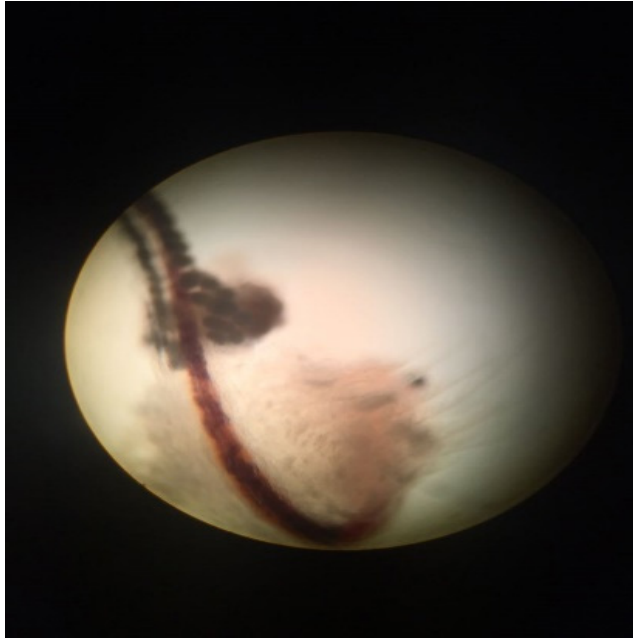


Figura 02: Vista microscópica do trato digestivo da *Artemia salina* depois do tratamento com astaxantina em indivíduos adultos.

4 | CONCLUSÃO

Devido à alta taxa de mortalidade no grupo das *A. salina* que apenas receberam astaxantina como alimento, conclui-se que o animal não consegue se alimentar apenas do carotenoide.

O estágio de desenvolvimento dos indivíduos pode estar relacionado ao tamanho e tipo de partículas que estes conseguem filtrar. Isso porque, quando comparado aos indivíduos adultos do grupo teste, que apresentaram mortalidade próxima a zero, aos indivíduos dos outros grupos, percebe-se que os outros tiveram uma alta taxa de mortalidade e não apresentaram a coloração em sua biomassa ou trato digestivo, indicando que não conseguiram filtrar efetivamente o pó liofilizado da alga *Haematococcus pluvialis*, possivelmente por não apresentarem o aparato filtrador totalmente desenvolvido.

Diferente dos demais, o béquer teste apresentou alta taxa de sobrevivência e foi o único onde observou-se a pigmentação de astaxantina nas artêmias, ainda que, essa coloração se encontrava apenas no trato digestivo, não caracterizando incorporação na biomassa, neste caso, acredita-se que os indivíduos já apresentavam o aparato filtrador desenvolvido.

Além disso, fatores físicos, como aeração, temperatura, salinidade, acidez e outros podem ser considerados um fator de mortalidade, por não terem sido aferidos, ainda que

foram utilizados os mesmos meios e equipamentos para todos os grupos.

REFERÊNCIAS

CHOCIAI, Miriam Blümel et al. **Cultivo da levedura *Phaffia rhodozyma* (*Xanthophyllomyces dendrorhous*) em processo descontínuo alimentado para produção de astaxantina.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, vol. 38, n. 4, out./dez., 2002.

GHIGGI, Vanessa. **Estudo do crescimento e indução da produção do pigmento astaxantina por *Haematococcus pluvialis*.** Curitiba, 2007.

LOMBARDI, Danieli Cuzini; GOMES, Levy de Carvalho. **Substituição de alimento vivo por alimento inerte na larvicultura intensiva do tambacu (♀ *Colossoma macropomum* X ♂ *Piaractus mesopotamicus*).** Acta Scientiarum. Animal Sciences (2008): 467-472.

MCLAUGHLIN, J.L, ROGERS, L.L. **The use of biological assays to evaluate botanicals.** Drug Information Journal, v. 32, p.513-24, 1998.

MORAIS, Flávia Luisa de Morais. **Carotenóides: Características biológicas e químicas.** Brasília, 2006.

OGAWA, Masayoshi, et al. **Resíduos do beneficiamento do camarão cultivado: obtenção de pigmentos carotenoides.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(2): 333-337, abr.-jun. 2007.

SIQUEIRA, J.M. et al. **Estudo fitoquímico de *Unonopsis lindmanii* - Annonaceae, biomonitorado pelo ensaio de toxicidade sobre *Artemia Salina*.** Química Nova, v. 21, n. 5, p. 557-559, 1998.

STOREBAKKEN, T., NO, H. K. **Pigmentation of rainbow trout.** Aquaculture, Amsterdam, v.100, p. 209-229, 1992.

TORRISSEN, O.J. et al. **Effects of dietary canthaxanthin level and lipid level on apparent digestibility coefficients for canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).** Aquaculture, 88 (1990) 351-362.

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE REATOR UASB PILOTO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE PROCESSAMENTO DE PESCADO

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 05/06/2020

Nilmara Santos da Silva

Universidade Federal da Bahia – UFBA
Cruz das Almas – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/5084516240985962>

Alessandra Cristina Silva Valentim

Universidade do Recôncavo da Bahia – UFRB
Cruz das Almas – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/9272304751536954>

Camila Leal Vieira

Universidade Estadual de Feira de Santana –
UEFS
Feira de Santana – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/0059602479808369>

Genildo Souza das Virgens

Universidade do Recôncavo da Bahia – UFRB
Cruz das Almas – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/4075897179924662>

Raul Oliveira Reis Lívio de Abreu

Universidade do Recôncavo da Bahia – UFRB
Cruz das Almas – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/2740668129827820>

RESUMO: O crescente desenvolvimento na aquicultura e a busca da população por hábitos nutricionais saudáveis, abre mercado para a produção de pescados ser comercializada por indústrias beneficiadoras, que estão em grande expansão. Operações de processamento de peixe geram grandes volumes de efluente, possuindo

variação em sua composição, com poucos dados na literatura e que precisam ser estudados e uma alta concentração orgânica, assim quando não tratados comprometem a qualidade da água do corpo hídrico. Nesse contexto o trabalho objetivou analisar a eficiência de remoção de carga orgânica do reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), em escala piloto, com diferentes inóculos (esterco bovino, esterco caprino e esterco suíno) e tempo de detenção hidráulica (TDH) de 2, 3 e 6 dias. A unidade experimental foi constituída de um reator UASB em escala de bancada, operado por batelada. O maior percentual de remoção de DBO foi obtido com o TDH de 2 dias, e com o inóculo de esterco de boi. O valor de eficiência foi de 95%. Assim, conclui-se que o comportamento do funcionamento do sistema varia de acordo com o tipo de inoculante adicionado, e do tempo de detenção hidráulica. A característica do afluente, e a utilização de unidades de pré-tratamento colaboraram para a eficiência de remoção dos parâmetros estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Efluentes industriais; Frigoríficos de pescado; Digestão Anaeróbia.

PERFORMANCE ANALYSIS OF PILOT UASB REACTOR IN TREATING FISH PROCESSING EFFLUENTS

ABSTRACT: The growing development in aquaculture and the population's search for healthy nutritional habits, opens a market for the production of fish to be commercialized by beneficiary industries, which are in great expansion. Fish processing operations generate large volumes of effluent, with variation in its

composition, with little data in the literature and that need to be studied and a high organic concentration, so when untreated they compromise the water quality of the water body. In this context, the work aimed to analyze the efficiency of removing organic load from the upflow anaerobic reactor with sludge blanket (UASB), on a pilot scale, with different inoculant (bovine manure, goat manure and swine manure) and hydraulic retention time (2, 3 and 6 days. The experimental unit consisted of a bench scale UASB reactor, operated by batch. The highest percentage of BOD removal was obtained with the 2-day TDH, and with the ox manure inoculum. The efficiency value was 95%. Thus, it is concluded that the behavior of the system functioning varies according to the inoculant type added, and the hydraulic detention time. The affluent's characteristic and the use of pre-treatment units contributed to the efficiency of removing the studied parameters.

KEYWORDS: Industrial effluents; Fish fridge; Anaerobic digestion.

1 | INTRODUÇÃO

A aquicultura, que pode ser definida como a criação de peixes ou outros organismos aquáticos, é uma atividade em acentuado desenvolvimento, principalmente devido ao aumento da demanda e consumo mundial de peixes, tendo como motivo a mudança de comportamento alimentar da população, que buscam o consumo de alimentos mais saudáveis e de maior valor nutricional (SOUZA, 2010; VICENTE et al., 2013). Segundo a FAO (2016), a produção mundial de peixes, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos continuam em desenvolvimento e atingiu 170,9 milhões de toneladas em 2016.

Em relação à aquicultura continental, o grupo de peixes que mais tem se destacado para a ampliação dos mercados de produtos aquícolas é o da tilápia. As tilápias apresentam carne branca de excelente qualidade e ótimo valor de mercado, além de possuir fácil reprodução. O Brasil apresenta excelentes condições para a exploração da tilápia, sendo que no Nordeste, a tilapicultura se expandiu principalmente por causa da sua exploração em tanques-rede, havendo ainda perspectiva de crescimento da atividade, o que facilita o atendimento do consumo e demanda de mercado (OLIVEIRA et al., 2015).

Com o crescente desenvolvimento na aquicultura, surge a necessidade da sua produção ser comercializada a indústrias beneficiadoras de pescados, visto que a produção de peixes que é destinada aos pescadores comerciais ou “pesque-pagues”, não conseguem absorver toda demanda (SHIROTA et al., 2000). Assim, as indústrias de processamento de pescado estão em grande expansão, para absorver a grande produção de pescados e atender a população que veem buscando hábitos nutricionais mais saudáveis consumindo carne branca.

Operações de processamento de peixe geram grandes quantidades de resíduos e subprodutos de partes não comestíveis do peixe. Dependendo da espécie processada, os resíduos sólidos perfazem até 30-40% da produção total. Estes resíduos são ricos em conteúdo orgânico e, posteriormente, uma alta DBO por causa da presença de sangue,

tecido e proteína dissolvida (PARVATHY et al., 2017).

Os efluentes das indústrias de processamento de tilápia comprometem a qualidade da água do corpo hídrico, devido a elevada quantidade de nutrientes e matéria orgânica presentes no mesmo. Esses efluentes quando mal manejados constituem-se numa fonte de poluição do meio ambiente (MORAES e PAULA JÚNIOR, 2004; SILVA et al., 2013).

O grande volume de efluente gerado e à falta de uniformidade em sua composição, a qual está diretamente relacionada com a espécie a ser processada, geram dificuldades para se estabelecer métodos de tratamento do efluente desse ramo industrial (DUTRA, et al., 2016). Para minimizar os impactos e enquadrar o efluente nos padrões legais é fundamental aprimorar as tecnologias de tratamento adotadas nas indústrias (FERRO et al., 2017).

Considerando as características do efluente agroindustrial a aplicação dos tratamentos biológicos torna-se atrativa do ponto de vista econômico (FERRO et al., 2017). O interesse pelo tratamento anaeróbio, de resíduos líquidos da agroindústria, tem aumentado nos últimos anos, por apresentar vantagens significativas quando comparado aos processos comumente utilizados de tratamento aeróbio de águas residuárias. (MORAES e PAULA JÚNIOR, 2004).

Os processos anaeróbios possuem baixa produção de sólidos, baixo consumo de energia, baixos custos de implantação e operação, tolerância a elevadas cargas orgânicas, e são interessantes por essas características peculiares, conferindo aos reatores anaeróbios um grande potencial de aplicabilidade no tratamento de águas residuárias concentradas, como é o caso do efluente de processamento de peixe (DUTRA, et al., 2016).

O desenvolvimento do reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) representa um grande avanço na aplicação da tecnologia anaeróbia para tratamento de águas residuárias, pois combinou vantagens as quais possibilitaram a sua utilização para uma grande variedade de águas residuárias, de natureza complexa e de alta concentração, como o efluente de processamento de peixe em questão, e com isso obteve-se uma adoção em larga escala (CAMPOS, 1999; DUTRA et al., 2016).

O sucesso da sua aplicação se dá por diversos motivos técnicos e econômicos, como a possibilidade de ser construído e operado de forma a minimizar os custos do tratamento com baixa produção de sólidos. Uma das principais características é o elevado tempo de retenção celular, desenvolvendo uma biomassa ativa, com isso pode ter tempo de detenção hidráulicos menor e acomodar altas cargas orgânicas (CAMPOS, 1999; DUTRA et al., 2016).

Desse modo, o objetivo desta pesquisa é analisar a eficiência de remoção de carga orgânica do reator UASB, em escala piloto, com inóculo de esterco bovino e diferentes tempo de detenção para o tratamento de efluente de indústrias de processamento de pescado.

2 | METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O trabalho foi realizado numa Empresa de Aquicultura, situada às margens do rio Paraguaçu. A área tem como clima característico o semiárido, apresentando baixa pluviosidade e elevadas temperaturas. De acordo com as normais climatológicas da cidade de Feira de Santana, utilizada devido a cidade em estudo não possuir estação meteorológica, a pluviosidade média anual é de 754,3 mm, e a temperatura média anual é de 24,4°C e máxima anual é de 30°C (INMET, 2018).

2.2 Protótipo

Utilizou-se o modelo indiano proposto de acordo com Barbosa et al. (2012), para a construção do reator (UASB), em escala piloto, realizando as adaptações necessárias, sendo que o protótipo possui um volume de 10,6L (volume). Os reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), em escala piloto, utilizados para o experimento foram construídos no Laboratório de Qualidade da Água (LAQUA), situado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas.

2.3 Partida do reator

Os reatores foram numerados de 1 a 3, sendo que em cada um foi adicionado um inóculo diferente: (1) Esterco de porco; (2) Esterco de cabra; (3) Esterco de boi. Cada reator foi abastecido com 1,9 L de inóculo e 4,5 L de efluente de frigorífero de peixe, derivado da filetagem de tilápia, produzido pela empresa. Essa parte inicial foi realizada no LAQUA.

Para a partida do reator anaeróbio utilizou-se um tempo de detenção de 15 dias, conforme Rodrigues (2010). Na sequência foram retiradas amostras de cada reator, totalizando 3 amostras, e realizou-se as análises dessas. O volume coletado foi repostado para manter o nível constante no reator.

Após essa etapa estudou-se um tempo de detenção menor, de 7 dias, durante 3 semanas, realizando coletas e análises do efluente retirado do reator, com reposição do volume coletado. A partir desses resultados foi definido qual melhor inóculo para ser utilizado no tratamento desse efluente.

O reator, possuindo o inóculo mais eficiente, foi instalado na Empresa de Aquicultura, para melhor se adaptar ao clima local e não ocorrer influências no tratamento. Foi realizado um acompanhamento e monitoramento do sistema instalado, para verificação da eficiência de tratamento do efluente, observando a interferência de diferentes tempos de detenção.

2.4 Análises laboratoriais

Visando caracterizar a influência dos inóculos e avaliar a eficiência dos mesmos no tratamento, observando a remoção de matéria orgânica do efluente, foram realizadas as análises, no LAQUA, de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Para o experimento teste foram realizadas análises de pH, Demanda

Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos totais (ST) e Sólidos voláteis (SV). Para os demais experimentos foram realizadas análises de pH, DBO, DQO, Cloretos, Sólidos totais, Sólidos Voláteis, Nitrogênio Total e Fósforo Total.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Partida no reator

Para esse experimento foi utilizado os protótipos construídos, seguindo o modelo determinado por Barbosa (2012) com algumas adaptações. Utilizou-se esterco de porco (amostra 1), esterco de cabra (amostra 2) e esterco de boi (amostra 3) in natura como inoculantes no processo de tratamento, em reatores distintos.

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros analisados no período experimental para o efluente após ser tratado no reator. Diferentes fatores podem afetar no processo de digestão anaeróbia em sistemas de tratamento biológico, para minimizar tais influências o efluente deve atender a alguns parâmetros para atingir um bom desempenho por parte dos microrganismos, como temperatura, pH e composição do substrato (carboidrato, proteína e gordura) (CHERNICHARO, 1997).

Ensaio 1 - Coleta realizada dia 19/07/2018			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
pH	6,08	6,54	7,24
DBO ₅ (mg/L)	7000	> 7000	4900
DQO (mg/L)	-	19310	5690
Sólidos Totais (mg/L)	40188	16670	15536
Sólidos Voláteis (mg/L)	7596	7110	7940
Ensaio 2 - Coleta realizada dia 26/07/2018			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
DBO ₅ (mg/L)	>7000	>7000	5200
DQO (mg/L)	11264	10114	10345
Ensaio 3 - Coleta realizada dia 02/08/2018			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
pH	6,22	6,52	6,98
DBO ₅ (mg/L)	>7000	>7000	>7000
Sólidos Totais (mg/L)	9762	10134	13464
Sólidos Voláteis (mg/L)	3922	4306	5140
Ensaio 4 - Coleta realizada dia 09/08/2018			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
pH	6,15	6,01	7,53
DBO ₅ (mg/L)	>7000	>7000	7000

Sólidos Totais (mg/L)	9238	10306	13808
Sólidos Voláteis (mg/L)	3770	4238	4896

Nota. *O valor de DQO negativo devido a alta concentração de cloreto que inibe o resultado.

Tabela 1: Valores dos parâmetros analisados

Fonte: Próprio Autor

Durante o período experimental observou-se uma tendência de neutralidade do pH das amostras em geral. Para a amostra 3, o pH ficou em média 7,25, e para as amostras 1 e 2 os valores apresentados foram mais baixos, em média 6,15 para a amostra 1 e 6,35 para a amostra 2. De acordo com Chernicharo (1997), para uma boa partida do reator, o pH deve estar na faixa de 6,8 a 7,2. Entretanto, para que não haja inibição das bactérias formadoras de metano, a faixa pode ser menos restrita, variando de 6,0 a 8,3. Dessa forma, todas as amostras apresentaram pH na faixa adequada.

A partir do resultados das concentrações de DBO e DQO das amostras retiradas dos reatores, nota-se que durante todo período experimental a DBO das amostras 1 e 2 apresentaram valores acima da faixa de medição (7000 mg/L). Já a amostra 3, apresentou em média uma concentração de DBO de 5700 mg/L. Assim, em relação as amostras 1 e 2, a amostra 3 apresentou valores de concentração menor.

A DQO só pôde ser observada nos ensaios 1 e 2, apresentando valores médios de 11264 mg/L, 14712 mg/L e 8017 mg/L, respectivamente, para as amostras 1, 2 e 3. Percebe-se que para a amostra 3 o inóculo interagiu com o efluente de forma mais rápida que para as amostras 1 e 2, havendo uma diminuição nos valores de concentração em relação as demais.

Dutra et al. (2016) avaliando o desempenho do reator anaeróbio UASB em forma de Y no tratamento de efluentes advindos de uma indústria de processamento de pescado operaram o biodigestor em dois ensaios distintos, variando o tempo de detenção hidráulica (TDH) (ensaio 1 - 96 h e ensaio 2 - 72 h). Os autores relataram que o reator UASB em Y apresentou eficiência de remoção de DBO no ensaio 1 e 2 obtendo de 75 e 78%, respectivamente.

3.2 Tratamento com diferentes TDH

O experimento utilizou efluentes com características distintas. Para o ensaio 1 foi utilizado efluente com gordura, e para o ensaio 2 o efluente utilizado passou por um pré-tratamento onde foi retirado a gordura. Na Tabela 2 são apresentados os resultados das variáveis analisadas para o efluente ao biodigestor, com tempos de detenção distintos para o tratamento utilizando inóculo sem diluição.

TDH 2 dias		
	Ensaio 1	Ensaio 2
Temperatura	25,9	25,9
pH	7,74	7,5
Cloretos	217,78	149,41
Sólidos Totais	1660	1056
Sólidos Voláteis	1160	712
DBO	10000	2000
DQO	4350,50	1702,37
Nitrogênio	126,74	84,49
Fósforo	273,63	142,05
TDH 3 dias		
	Ensaio 1	Ensaio 2
Temperatura	25,2	25,5
pH	7,8	7,72
Cloretos	240,94	154,06
Sólidos Totais	2790	2124
Sólidos Voláteis	1326	1484
DBO	74000	46000
DQO	4917,97	1702,37
Nitrogênio	168,98	92,94
Fósforo	519,32	272,47
TDH 6 dias		
	Ensaio 1	Ensaio 2
Temperatura	27,2	26,9
pH	7,87	7,95
Cloretos	237,46	185,33
Sólidos Totais	1936	1336
Sólidos Voláteis	984	614
DBO	40000	16000
DQO	2648,13	4161,35
Nitrogênio	168,98	84,49
Fósforo	539,34	307,40

Tabela 2: Valores de concentrações dos efluentes aos reatores

Fonte: Próprio Autor

Em relação ao efluente bruto a eficiência do tratamento no ensaio 2 comparado ao ensaio 1 melhores resultados para alguns parâmetros, o que evidencia que a gordura compromete o tratamento, logo é justificável o melhor desempenho do ensaio 2. A coleta do efluente bruto, para a caracterização, foi realizada dois dias após a montagem do

experimento, observando-se no momento que o processamento da tilápia não estava em alta produção, apresentando uma pequena vazão e efluente clarificado, sem a presença de vísceras e sangue, apenas gordura. Os resultados das análises realizadas apresentam-se na Tabela 3.

Bruto	
	Amostra Bruta
Temperatura	25,8
pH	6,91
Cloretos	38,22
Sólidos Totais	1212
Sólidos Voláteis	1038
DBO	38000
DQO	2269,83
Nitrogênio	168,98
Fósforo	298,08

Tabela 3: Caracterização do efluente bruto

Fonte: Próprio Autor

Foi possível obter redução de concentração de algumas variáveis entre afluente e efluente dos biodigestores estudados, com exceção de Cloretos e Sólidos Totais e Voláteis, que apresentaram aumento em todos os tratamentos.

Durante todo experimento, para os ensaios 1 e 2, a temperatura manteve-se na faixa de 25,2 a 27,2°C, observando-se que a operação do sistema deu-se na faixa mesofílica (20 a 45°C), embora não tenha alcançado a faixa ótima (30 a 35°C), segundo Chernicharo (1997).

Analisando o experimento para o tempo de detenção de 2 dias, os valores de pH dos ensaios 1 e 2, respectivamente, foram de 7,74 e 7,5, obedecendo a faixa de crescimento ótimo das bactérias, já citada anteriormente, de acordo com Chernicharo (1997). O mesmo ocorreu para os demais tempos de detenção, onde para o ensaio 1 e 2, respectivamente, com o TDH de 3 dias os valores de pH foram de 7,8 e 7,72, e com o TDH de 6 dias foram de 7,87 e 7,95. Percebe-se que com o aumento do tempo de detenção, houve um aumento nos valores de pH das amostras também.

Segundo Júnior (1998) a estabilidade nos valores de pH parece indicar que não houve perturbações significativas nas suas condições ambientais que causassem acúmulo dos ácidos voláteis e conseqüente queda do pH, o qual pode ser verificado pelos valores encontrados.

Em relação à DBO do efluente bruto estudado, a DBO do efluente após 2 dias de tratamento apresentou uma eficiência de remoção de carga, para o ensaio 1 e 2,

respectivamente de 74 e 95%, onde para o efluente bruto o valor de concentração resultante foi de 38000 mg/L, para ensaio 1 foi de 10000 mg/L e para o ensaio 2 foi de 2000 mg/L.

Para o TDH de 3 dias a concentração de DBO demonstrou um comportamento inesperado, pois o valor de concentração encontrado teve um aumento significativo, comparado com os resultados do TDH de 2 dias, sendo que não houve nenhum aporte de substância que pudesse conferir essa matéria orgânica ao efluente, como mostra a Figura 1. Os valores de concentração encontrados foram de 74000 mg/L e 46000 mg/L, para os ensaios 1 e 2. O TDH de 6 dias apresentou eficiência de remoção de 58% para o ensaio 2.

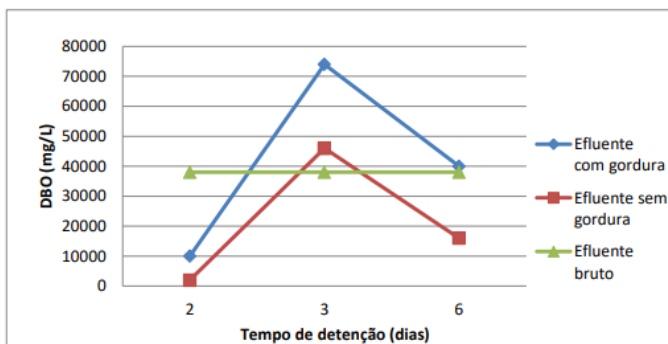


Figura 1: Valores de concentração de DBO do afluente bruto e efluente aos ensaios de operação dos reatores

Fonte: Próprio Autor

A concentração de DQO para o efluente bruto foi de 2269,83 mg/L. Dessa forma, para o ensaio 1, em todos os tempos de detenção estudados, os valores de concentração de DQO foram maiores que a encontrada para o efluente bruto, como pode-se observar na Figura 2.

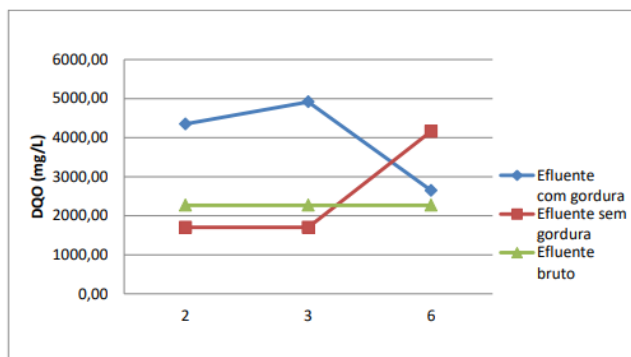


Figura 2: Valores de concentração de DQO do afluente bruto e efluente aos ensaios de operação dos reatores

Fonte: Próprio Autor

A gordura presente no efluente pode ter impedido a degradação da matéria inorgânica pelas bactérias. Já no ensaio 2, para os TDH de 2 e 3 dias, a concentração foi de 1702,37 mg/L, que em relação ao bruto apresentou uma eficiência de remoção de 25%. Foi observado que com o tempo de detenção maior, não ocorreu redução dos valores de concentração de DQO, talvez pela necessidade de um tempo de aclimação maior, para que o inóculo se adaptasse ao efluente.

Percebe-se que em todo o experimento, os valores de concentração de DQO encontrados são menores que os de DBO, o que normalmente não ocorre. Isso deve-se as altas concentrações de cloreto encontradas nas amostras, que inibem e mascaram os resultados de DQO, não permitindo a obtenção de resultados característicos.

Na Figura 3 estão plotados os valores de sólidos totais no decorrer do experimento. O efluente bruto apresentou concentração de 1212 mg/L de sólidos totais e 174 mg/L de sólidos voláteis. Para o ensaio 1, em todos os tempos de detenção, a concentração de sólidos totais excedeu o valor encontrado para o efluente bruto, variando de 1660 mg/L a 2790 mg/L.

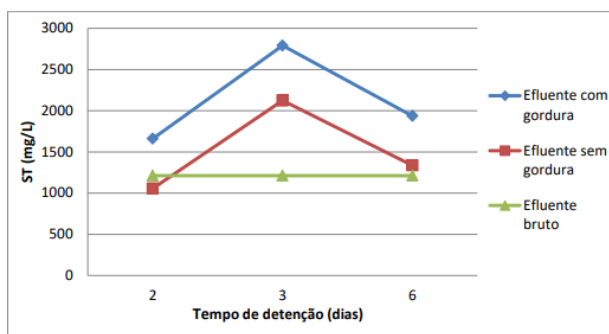


Figura 3: Valores de concentração de Sólidos Totais do afluente bruto e efluente aos ensaios de operação dos reatores

Fonte: Próprio Autor

Para o TDH de 3 dias, percebe-se que houve um incremento nos valores de concentração de sólidos totais em relação aos valores encontrados no TDH de 2 e 6 dias, para os ensaios 1 e 2, e para o efluente bruto. Uma das justificativas deve-se ao fato da utilização de inóculo seco, o qual poderia nesse dia está completamente dissolvido e disperso no efluente, contribuindo para o aumento no valor de concentração de sólidos. E assim, para o TDH de 6 dias, os resultados de concentração diminuíram devido ao fato desses sólidos estarem completamente dissolvidos e se estabilizarem, decantando ao fundo do reator.

Porém, para o inóculo utilizado seco o TDH de 2 dias seria suficiente. O ensaio 2, para o tempo de detenção de 2 dias, apresentou melhor resultado de eficiência de remoção,

com um percentual de 12,63%, não sendo muito significativa. Foi observado que com o tempo de detenção maior, não ocorreu redução de sólidos totais, pois para o TDH de 6 dias o resultado de sólidos totais encontrado foi de 1336 mg/L.

A parcela de sólidos voláteis para o ensaio 1 corresponde a 69,9%, 47,5% e 50,8% em relação aos sólidos totais, para o TDH de 2, 3 e 6 dias. O TDH de 2 dias possui a maior parcela de sólidos voláteis. Para o ensaio 2 a mesma tendência não pode ser observada, pois a parcela de sólidos voláteis é de 67,4%, 69,9% e 46,0% para os TDH de 2, 3 e 6 dias, onde o TDH de 3 dias apresenta a maior parcela.

O efluente bruto apresentou resultados de nitrogênio e fósforo de 168,98 e 298,08 mg/L. Percebe-se que para o ensaio 1, que apresenta uma quantidade significativa de gordura, no TDH de 2 dias houve uma redução de 25%, porém para os demais TDH não houve variação, mostrando que não houve redução da concentração de nitrogênio.

Para o ensaio 2, para todos os TDH houve remoção de concentração de nitrogênio, comparando com o efluente bruto, variando de 45 a 50%. Os resultados de eficiência de remoção dos sistemas, em relação a redução de fósforo total, para o ensaio 1 foi de 8,2% para o TDH de 2 dias. Para o ensaio 2, a remoção de concentração foi observada para os TDH de 2 e 3 dias, com percentual de 52,3% e 8,6%, respectivamente. O TDH de 6 dias não foi eficiente em termos de remoção de concentração de fósforo nos dois ensaios.

4 | CONCLUSÃO

Os reatores construídos em escala de bancada mostraram eficiência de remoção de concentração para alguns parâmetros estudados. O seu desempenho sobressaiu na redução de concentração de matéria orgânica, apresentado em termos de DBO, mesmo não demonstrando um comportamento linear na eficiência de remoção e não alcançando percentuais elevados. Porém, para a maioria dos parâmetros o funcionamento do reator na remoção de concentração necessita ser melhorado.

A utilização de protótipos para simular o tratamento de efluente ainda que em escala menor nesse estudo apresentou falhas na operação, que precisam ser consideradas para implementação em escala real. Os inóculos, adicionados como aporte de microrganismos para dar partida no funcionamento do reator UASB, apresentou-se eficiente no tratamento de efluentes de frigorífero de peixe.

Dos 3 inóculos testados o esterco de boi mostrou melhor aderência ao efluente estudado e maior eficiência no tratamento. A amostra 3 apresentou um valor médio de pH dentro da faixa ideal indicada para uma boa partida no reator. As temperaturas observadas nos experimentos realizados em geral mantiveram-se na faixa mesofílica (20 a 45°C), apesar de não ter alcançado a faixa ótima (30 a 35°C).

Em termos de remoção de sólidos suspensos o sistema não foi muito eficiente, devido à alta concentração de sólidos contidos nos estercos utilizados, ocorrendo uma

possível mistura do lodo do reator UASB com o efluente em tratamento, e de gordura contida no efluente. Para o experimento realizado com esterco de boi seco, observou-se melhores resultados para o tempo de detenção de 2 dias, com eficiência de remoção de DBO de 74 e 95%. E para os demais parâmetros avaliados apresentou redução nos valores de demanda química de oxigênio, sólidos totais, nitrogênio e fósforo para o ensaio 2, com porcentagem de 25%, 12,63%, 25%, 8,2%, respectivamente.

A utilização de unidades de pré-tratamento para a extração da gordura do efluente colaboraram para a melhoria do tratamento, apresentando melhores resultados de eficiência de remoção dos parâmetros estudados, quando comparados com os resultados obtidos através da caracterização do efluente com gordura pós-tratamento.

O comportamento do funcionamento do sistema varia de acordo com a característica do afluente. A variabilidade das características do afluente, principalmente a quantidade de matéria orgânica observada na sua caracterização é um fator que pode ter influenciado na variabilidade das eficiências de remoção dos parâmetros estudados no tratamento, bem como verificou-se a necessidade de utilizar amostra composta.

Para o efluente de processamento de pescado, o tratamento anaeróbio precisa ser combinado com tratamento preliminar e um pós-tratamento aeróbio, assim alcança-se eficiências desejáveis para lançamento do efluente tratado no corpo hídrico. Com o intuito somente de produção de biogás, somente a utilização do reator anaeróbio será eficiente, desde que o efluente tratado seja reutilizado na irrigação de determinadas culturas.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Plínio Tavares et al. **Construção de protótipo de biodigestor modelo indiano: Uma alternativa para estudos em escala de laboratório**. In: VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. 2012.

CAMPOS, José Roberto. **Tratamento de esgostos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. In: Tratamento de esgostos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. ABES, 1999.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Reatores Anaeróbios**. v. 5, Belo Horizonte: DESA/UFGM, 1997.

DUTRA, Joyce da Cruz Ferraz et al. **Análise do desempenho de reator anaeróbio UASB no tratamento de efluentes de processamento de pescado**. Ciência & Tecnologia Fatec-JB, v. 8, n. esp., 2016.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Roma, 2016. 209 p.

FERRO, Thayse Nathalie et al. **Tratamento de efluente agroindustrial em reator combinado anaeróbio-aeróbio de leite fixo**. In: CONGRESSO ABES FENASAN, 2017, São Paulo.

JÚNIOR, Gersina Nobre da R. C. **Aplicabilidade do reator anaeróbico de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) para o tratamento de resíduos líquidos da suinocultura.** Florianópolis, 1998. 64p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Ambiental, UFSC, 1998.

MORAES, L.M.; PAULA-Jr., D.R. **Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de resíduos da bovinocultura e da suinocultura.** Engenharia Agrícola, v.24, no 2, p.445-454, 2004.

OLIVEIRA, Arley Borges de Moraes et al. **Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola.** Ceres, v. 58, n. 6, 2015.

PARVATHY, U. et al. **Biological Treatment Systems for Fish Processing Wastewater-A Review.** Nature Environment and Pollution Technology, v. 16, n. 2, p. 447, 2017.

RODRIGUES, L. S. et al. **Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental/Agrambi, v. 14, n. 1, 2010.

SHIROTA, RICARDO; OBA, LUCIANE CRISTINA; SONODA, D. Y. **Estudo dos aspectos econômicos das processadoras de peixe provenientes da piscicultura.** III simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do pantanal. Os desafios do novo milênio. Corumbá MS, de, v. 27, 2000.

SILVA, M. S. G. M.; LOSEKANN, M. E.; HISANO, H. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes.** Embrapa Meio Ambiente-Documentos (INFOTECA-E), 2013.

SOUZA, M. A. **Eficiência do processo de ultrafiltração seguido de biodigestão anaeróbia no tratamento de efluente de frigorífico de tilápia.** 2010. 76f. Tese (Doutorado) – Centro de Aquicultura da UNESP – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

VICENTE, IST et al. **Impacto da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) introduzida em ecossistemas aquáticos não nativos.** Paquistão Journal of Biological Sciences, v. 16, n. 3, p. 121-126, 2013.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO EM TAQUARUÇU DO SUL-RS

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 06/05/2020

Silvana Isabel Schneider

Universidade Federal de Santa Maria
UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/3294683757285500>
<https://orcid.org/0000-0002-8524-5669>

Keitiline Bauchpiess

Universidade Federal de Santa Maria
UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-3492-5912>

Vanessa Facó Tarone

Universidade Federal de Santa Maria
UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-5440-513X>

Kéli Hofstätter

Universidade Federal de Santa Maria
UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-3857-5649>

Cláudia Nogueira Gomes

Universidade Federal de Santa Maria
UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0001-9110-7898>

Gabriela Granoski

Universidade Federal de Santa Maria
UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-8490-1257>

Kananda Menegazzo

Universidade Federal de Santa Maria
UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/3317869834549660>

Fernanda Volpato

UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0001-6149-1737>

Arci Dirceu Wastowski

UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0002-5691-6742>

Jaqueline Ineu Golombieski

UFSM *campus* Frederico Westphalen
Frederico Westphalen - Rio Grande do Sul
<https://orcid.org/0000-0001-7096-1972>

RESUMO: A água é considerada um elemento vital para os seres vivos que habitam o planeta Terra e a sua quantidade e qualidade em uma bacia hidrográfica possuem grande influência pelas atividades humanas e processos realizados nesta. O presente estudo teve como objetivo avaliar a potabilidade da água utilizada para consumo humano em propriedades rurais no município de Taquaruçu do Sul, situadas na bacia hidrográfica do Rio Uruguai, região Noroeste do Rio Grande do Sul, sendo avaliadas diferentes fontes de água. Realizaram-se análises físicas e químicas de amostras de água coletadas em reservatórios de água e nas torneiras das residências que abastecem as três propriedades rurais, estudadas no período de Setembro

de 2017 a Março de 2018. Após realização das análises laboratoriais, comparou-se os resultados obtidos com os valores estabelecidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5/2017 do Ministério da Saúde. Para a temperatura da água verificou-se valores superiores ao recomendado apenas na Propriedade 1. A turbidez esteve em desconformidade nas Propriedades 1 e 3. No entanto, as variáveis dureza total, pH, nitrito e fluoreto apresentaram valores concordantes com a legislação vigente. Assim, através dos resultados das análises físico-químicas da água das propriedades rurais estudadas, pode-se concluir que apenas a Propriedade 2 apresentou água potável e apta para o consumo humano.

PALAVRAS- CHAVE: Recursos Hídricos, Consumo humano, Potabilidade, Propriedades Rurais.

EVALUATION OF THE HUMAN CONSUMPTION WATER POTABILITY IN TAQUARUÇU DO SUL-RS

ABSTRACT: Water is considered a vital element for living beings that inhabit the planet Earth, and its quantity and quality in a hydrographic basin have great influence on human activities and the processes used in it. The present study aimed to evaluate the potability of water used for human consumption in properties in the municipality of Taquaruçu do Sul, located in the hydrographic basin of Rio Uruguai, in the Northwest region of Rio Grande do Sul, with different sources of water being evaluated. Physical and chemical analysis of water collected in water reservoirs and taps in homes that supply as three rural properties, studied from September 2017 to March 2018 were carried out. After performing the laboratory analysis, the obtained results were compared with the values determined by Portaria da Consolidação Nº 5/2017 of the Ministry of Health. For the water temperature, the maximum values recommended were verified only on Property 1. Turbidity was not in conformity in Properties 1 and 3. However, the variables total hardness, pH, nitrite and fluoride showed values in accordance with the current legislation. Therefore, through the results of the chemical and physical analysis of the water of the studied agricultural properties, it can be concluded that only Property 2 shows potable water for human consumption.

KEYWORDS: Water Resources, Human Consumption, Potability, Rural Properties.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta aproximadamente 12% de toda água doce disponível do planeta, porém a forma em que esta quantidade de água encontra-se distribuída dentro dos limites nacionais é desigual. Verifica-se uma maior quantidade deste recurso hídrico (80%) nas regiões em que habitam uma pequena parcela de população (5%), como é o caso da região Norte do país. Em se tratando das outras regiões localizadas em proximidade ao Oceano Atlântico, a população que habita estas áreas é muito elevada (45%), quando comparada com a quantidade de água doce disponível (3 %) (ANA, 2019).

Conforme a ONU (2018), o uso da água de forma inadequada e sem racionalização, bem como a degradação da mesma através de fontes poluidoras, levam aos principais fatores de um abastecimento impróprio, seja ele pela qualidade através de um uso irracional

ou pela falta da mesma. Em se tratando do desenvolvimento das populações relacionados à sua qualidade de vida, a água pode vir a se tornar um empecilho, quando esta se encontrar em péssimas condições de potabilidade (PHILIPPI; MALHEIROS, 2005).

Deste modo, percebe-se a importância de realizar o monitoramento das variáveis de qualidade da água de consumo humano de propriedades rurais, estas que em sua maioria carecem de sistemas de tratamento de água, bem como de seus efluentes domésticos estando seus consumidores susceptíveis a doenças de veiculação hídrica. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a potabilidade da água de consumo humano de três propriedades rurais do município de Taquaruçu do Sul - RS, através de diferentes fontes, comparando com as legislações vigentes.

2 | METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado em três propriedades rurais do município de Taquaruçu do Sul, localizado na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai com presença do Sistema Aquífero Serra Geral. Ambas as propriedades rurais realizam o consumo de águas de origem subterrânea. O abastecimento de água da Propriedade 1 consiste em um sistema individual, sendo a água provinda de uma nascente. A água utilizada para consumo na Propriedade 2, provém de um poço tubular artesianos, sendo de uso coletivo. A Propriedade 3 conta com o fornecimento de água através de sistema coletivo, sendo a água retirada através de um sistema de drenagem.

Em cada propriedade de coleta foi avaliada a Caixa e a Torneira de consumo, para ser possível realizar uma avaliação da qualidade da água que se encontra no reservatório de armazenamento comparada à que chega até a torneira da residência de cada propriedade em questão. As amostras de água foram coletadas em um período de sete meses, de setembro de 2017 a março de 2018. Para a coleta de amostras de água foram utilizadas três frascos (triplicata), sendo estes acondicionados conforme NBR 9898/1987 (ABNT, 1987) e transportadas até os Laboratórios da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - *Campus* Frederico Westphalen- RS. As variáveis físico-químicas analisadas foram temperatura (°C), dureza total (mg/L CaCO₃), pH (unidades), fluoreto (mg/L), nitrito (mg/L) e turbidez (uT), todos conforme APHA (2012).

Na análise estatística, a homogeneidade das variâncias entre os meses amostrados foi realizada através do teste de Levene, onde as comparações entre os diferentes meses e entre a caixa e torneira mensalmente, foram analisadas utilizando análise de variância (ANOVA), uma via e o teste de Tukey ou a extensão de Scheirer – Ray – Hare do teste de Kruskal-Wallis. Os dados foram expressos como média ± erro padrão utilizando o programa estatístico STATISTICA Software 7.0, com P<0,05.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias encontradas para a temperatura variaram de $20,00 \pm 0,33$ a $31,17 \pm 0,17$, em que o valor mais elevado para esta variável foi observado no mês de Dezembro/2017, podendo estar relacionado com o período sazonal caracterizando a entrada do verão, que apresenta elevadas temperaturas. De acordo com a legislação vigente para potabilidade de água, não são encontrados valores padrões para a temperatura das águas destinadas ao consumo humano, porém quando apresentada acima de 30°C , esta pode ser rejeitada para consumo.

Meses		Prop 1	Prop 2	Prop 3
Set/17	Caixa	$40,67 \pm 0,88^{\text{Aa}}$	$87,33 \pm 1,86^{\text{Aa}}$	$50,67 \pm 0,67^{\text{Ac}}$
	Torneira	$39,33 \pm 1,67^{\text{Aa}}$	$85,00 \pm 0,58^{\text{Aa}}$	$52,00 \pm 0,00^{\text{Ac}}$
Out/17	Caixa	$32,00 \pm 0,58^{\text{aCD}}$	$29,00 \pm 0,58^{\text{bG}}$	$41,67 \pm 0,88^{\text{aD}}$
	Torneira	$34,00 \pm 0,00^{\text{aC}}$	$40,00 \pm 1,15^{\text{aE}}$	$41,67 \pm 0,88^{\text{aD}}$
Nov/17	Caixa	$39,33 \pm 0,88^{\text{Ba}}$	$75,00 \pm 0,00^{\text{aB}}$	$49,33 \pm 0,33^{\text{bC}}$
	Torneira	$43,67 \pm 0,33^{\text{Aa}}$	$66,67 \pm 3,33^{\text{bC}}$	$54,33 \pm 0,33^{\text{aC}}$
Dez/17	Caixa	$34,67 \pm 0,67^{\text{aBC}}$	$57,00 \pm 1,00^{\text{bD}}$	$54,00 \pm 1,00^{\text{aB}}$
	Torneira	$36,00 \pm 1,00^{\text{aBC}}$	$65,00 \pm 0,00^{\text{aC}}$	$54,33 \pm 0,67^{\text{aC}}$
Jan/18	Caixa	$35,00 \pm 0,58^{\text{aBD}}$	$48,67 \pm 0,88^{\text{bF}}$	$59,67 \pm 0,33^{\text{aA}}$
	Torneira	$36,00 \pm 0,00^{\text{aB}}$	$52,67 \pm 0,33^{\text{aD}}$	$59,67 \pm 0,33^{\text{aA}}$
Fev/18	Caixa	$38,33 \pm 1,20^{\text{aAB}}$	$55,33 \pm 0,33^{\text{aED}}$	$57,33 \pm 0,67^{\text{aA}}$
	Torneira	$39,00 \pm 0,58^{\text{aBC}}$	$50,00 \pm 0,00^{\text{bD}}$	$58,00 \pm 1,15^{\text{aA}}$
Mar/18	Caixa	$39,33 \pm 0,88^{\text{Ba}}$	$69,67 \pm 0,33^{\text{bC}}$	$49,33 \pm 0,33^{\text{bC}}$
	Torneira	$43,67 \pm 0,33^{\text{Aa}}$	$75,00 \pm 0,00^{\text{aB}}$	$54,33 \pm 0,33^{\text{aBC}}$

Tabela 1 – Média dos valores obtidos para dureza total (mg/L CaCO_3) nos meses amostrados.

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre Caixa e Torneira, dentro do mês amostrado e letras iguais maiúsculas (na coluna), somente entre as caixas ao longo dos meses amostrados ou entre as torneiras, dentro de cada propriedade, pelo teste de Tukey ou teste de Kuskal-Wallis ($P < 0,05$). Média \pm Erro Padrão. Prop= Propriedade.

Todos os valores de temperatura encontraram-se abaixo de 30°C , com exceção da Torneira da Propriedade 1 no mês de Dezembro/2018 ($31,17 \pm 0,17^{\circ}\text{C}$). Este fato pode estar associado com a exposição dos encanamentos na parede da residência. De acordo com Lima (2011), a temperatura auxilia no aumento da velocidade das reações químicas, na solubilidade de substâncias bem como no metabolismo dos organismos que se encontram no meio aquático. Zuffo et al. (2009) também observaram uma variação da temperatura da água de acordo com a temperatura média ambiente na hora da coleta das amostras. Na avaliação de águas de nascentes situadas na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, Galvan et

al. (2020) verificaram valores para a temperatura da água na faixa de 17 a 19 C°.

Os valores encontrados para a dureza total apresentaram médias entre 29,00 a 87,33 mg/L CaCO₃ para as Caixas e 34,00 a 85,00 mg/L CaCO₃ para as Torneiras, ambas apresentando grau de dureza de mole a moderada (Tabela 1). De modo geral, os maiores valores para esta variável foram amostrados na Propriedade 2. Na comparação entre Caixa, bem como entre Torneira ao longo dos meses, em todas as propriedades, houve uma diminuição significativa desta variável no mês de Outubro/2017. Dentro de cada Propriedade podem ser verificados que o mês de Outubro/2017 apresentou o maior pico pluviométrico (479 mm), deste modo, podendo ter influenciado nos resultados encontrados.

O Anexo XX da Portaria da Consolidação N° 5/2017 do MS (BRASIL, 2017), apresenta a dureza total como uma variável de qualidade da água, em que os valores máximos permitidos não devem ultrapassar 500 mg/L CaCO₃. Os valores no presente estudo mostraram-se de acordo com a legislação vigente.

LAZAROTTO et al. (2020), ao avaliar a qualidade da água de poços rasos no município de Caiçara na região Noroeste do RS, verificaram médias semelhantes ao presente estudo em alguns pontos de coleta para a variável dureza total, os quais apresentaram-se na faixa de 23,33 a 45 mg/L de CaCO₃.

Com relação a variável turbidez, para a Propriedades 1, na comparação entre Caixa e Torneira houve uma diminuição significativa na Torneira no mês de Novembro/2017 (Tabela 2). Na comparação entre Caixa, bem como entre Torneira ao longo dos meses, houve uma diminuição significativa desta variável no mês de Dezembro/2017. Nas Propriedade 2 e 3, a comparação dos valores de turbidez entre Caixa e Torneira apresentou um aumento significativo na Torneira no mês de Novembro/2017 (Propriedade 2) e Setembro, Outubro e Novembro/2017 (Propriedade 3), respectivamente. Na comparação entre Caixa, bem como entre Torneira ao longo dos meses, houve uma diminuição significativa desta variável no mês de Novembro/2017 na propriedade 2 e a partir do mês de Outubro/2017, na propriedade 3.

De acordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 (BRASIL, 2017), o valor máximo permitido para esta variável é 5 uT. Deste modo, verifica-se que a Propriedade 1 e a Propriedade 3 apresentaram-se em desconformidade com a legislação vigente. Zerwes et al. (2015) avaliaram dez poços artesianos da zona rural do município de Imigrante no Vale do Taquari – RS, e os autores verificaram para a turbidez valores entre 0,02 a 11,69 uT, sendo que apenas dois poços apresentaram valores acima do permitido pela legislação. Lazarotto et al. (2020) encontraram valores para a turbidez que variaram entre 6,3 a 14,7 uT para as águas coletadas em poços rasos, sendo que todas ultrapassaram os valores mencionados no Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5. Galvan et al. (2020) observaram uma variação na turbidez entre os pontos analisados de 4,5 a 450 uT.

Meses		Prop 1	Prop 2	Prop 3
Set/2017	Caixa	10,43 ± 0,34 ^{aA}	0,97 ± 0,13 ^{aA}	6,40 ± 0,20 ^{bA}
	Torneira	11,33 ± 0,30 ^{aA}	0,95 ± 0,08 ^{aB}	10,77 ± 0,22 ^{aA}
Out/2017	Caixa	10,47 ± 0,34 ^{aA}	0,08 ± 0,02 ^{aC}	4,53 ± 0,03 ^{bB}
	Torneira	11,13 ± 0,07 ^{aA}	0,19 ± 0,14 ^{aC}	6,83 ± 0,07 ^{aB}
Nov/2017	Caixa	10,57 ± 0,23 ^{bA}	0,36 ± 0,10 ^{bB}	4,30 ± 0,29 ^{bB}
	Torneira	7,83 ± 0,12 ^{aB}	2,19 ± 0,52 ^{aA}	7,17 ± 0,15 ^{aB}
Dez/2017	Caixa	3,60 ± 0,06 ^{aC}	0,81 ± 0,00 ^{aD}	1,55 ± 0,13 ^{aC}
	Torneira	3,33 ± 0,15 ^{aD}	0,67 ± 0,00 ^{aB}	1,67 ± 0,16 ^{aC}
Jan/2018	Caixa	10,27 ± 0,03 ^{aA}	0,35 ± 0,01 ^{aB}	0,66 ± 0,02 ^{aD}
	Torneira	11,47 ± 0,23 ^{aA}	0,81 ± 0,00 ^{aB}	0,36 ± 0,00 ^{aD}
Fev/2018	Caixa	7,93 ± 0,43 ^{aB}	0,56 ± 0,10 ^{aBD}	0,72 ± 0,04 ^{aD}
	Torneira	8,53 ± 0,85 ^{aC}	0,60 ± 0,11 ^{aB}	0,54 ± 0,22 ^{aD}
Mar/2018	Caixa	10,27 ± 0,03 ^{aA}	0,35 ± 0,01 ^{aB}	0,66 ± 0,02 ^{aD}
	Torneira	11,47 ± 0,23 ^{aA}	0,81 ± 0,00 ^{aB}	0,81 ± 0,00 ^{aD}

Tabela 2 - Média dos valores obtidos para turbidez (uT) nos meses mostrados.

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre Caixa e Torneira, dentro do mês amostrado e letras iguais maiúsculas (na coluna), somente entre as caixas ao longo dos meses amostrados ou entre as torneiras, dentro de cada propriedade, pelo teste de Tukey ou teste de Kuskal-Wallis ($P < 0,05$). Média ± Erro Padrão. Prop= Propriedade.

Na análise da variável pH, na Propriedade 1, na comparação dos valores de pH entre Caixa e Torneira houve um aumento significativo na torneira no meses de Novembro e Dezembro/2017 (Tabela 3). Na comparação entre Caixa, houve uma diminuição significativa desta variável no mês de Outubro/2017. Já na comparação entre Torneira, houve um aumento significativo desta variável no mês de Novembro/2017. Para as Propriedades 2 e 3, na comparação dos valores de pH entre Caixa e Torneira houve diminuição significativa na Torneira no meses de Outubro/2017 e Janeiro/2017 e, Dezembro/2017, respectivamente. Na comparação entre Caixa, bem como entre Torneira ao longo dos meses, houve uma diminuição significativa desta variável no mês de Novembro/2017 na Propriedade 2 e no mês de Outubro/2017 na Propriedade 3.

Meses		Prop 1	Prop 2	Prop 3
Set/2017	Caixa	6,77 ± 0,03 ^{aA}	8,47 ± 0,03 ^{aA}	6,73 ± 0,03 ^{bA}
	Torneira	6,67 ± 0,03 ^{aB}	8,13 ± 0,07 ^{bA}	7,34 ± 0,07 ^{aA}
Out/2017	Caixa	6,33 ± 0,13 ^{aBC}	8,30 ± 0,10 ^{aAB}	6,37 ± 0,07 ^{bD}
	Torneira	6,40 ± 0,10 ^{aBC}	6,73 ± 0,03 ^{bC}	7,00 ± 0,06 ^{aCD}

Nov/2017	Caixa	6,13 ± 0,12 ^{bBC}	7,33 ± 0,03 ^{aC}	7,00 ± 0,06 ^{aBC}
	Torneira	7,47 ± 0,03 ^{aA}	7,33 ± 0,03 ^{aB}	7,27 ± 0,12 ^{aAD}
Dez/2017	Caixa	6,17 ± 0,03 ^{bBC}	7,00 ± 0,12 ^{aC}	8,10 ± 0,06 ^{aA}
	Torneira	6,70 ± 0,06 ^{aB}	6,97 ± 0,03 ^{aC}	6,83 ± 0,09 ^{bC}
Jan/2018	Caixa	6,40 ± 0,06 ^{aAC}	7,97 ± 0,03 ^{aB}	6,50 ± 0,06 ^{bD}
	Torneira	6,23 ± 0,03 ^{aC}	7,40 ± 0,06 ^{bB}	7,37 ± 0,03 ^{aAC}
Fev/2018	Caixa	6,13 ± 0,09 ^{aBC}	7,97 ± 0,09 ^{aB}	7,13 ± 0,07 ^{aB}
	Torneira	6,13 ± 0,12 ^{aD}	8,07 ± 0,09 ^{aA}	7,20 ± 0,12 ^{aAC}
Mar/2018	Caixa	6,27 ± 0,03 ^{aBC}	8,10 ± 0,06 ^{aB}	7,07 ± 0,07 ^{aB}
	Torneira	6,17 ± 0,09 ^{aCD}	8,17 ± 0,07 ^{aA}	7,07 ± 0,03 ^{aAC}

Tabela 3 - Média dos valores obtidos para pH nos meses amostrados.

Letras iguais minúsculas (coluna) indicam que não existe diferença significativa entre Caixa e Torneira, dentro do mês amostrado e letras iguais maiúsculas (na coluna), somente entre as caixas ao longo dos meses amostrados ou entre as torneiras, dentro de cada propriedade, pelo teste de Tukey ou teste de Kuskal-Wallis ($P < 0,05$). Média ± Erro Padrão. Prop= Propriedade.

Os valores obtidos para a variável pH nas Propriedades 1, 2 e 3 encontraram-se dentro dos valores estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 (BRASIL, 2017), a qual recomenda que a água deve apresentar pH entre 6,0 a 9,5. Damiani (2017), na avaliação de dez poços e dez nascentes de propriedades rurais no município de Santa Rosa do Sul - SC também encontrou valores similares com o presente estudo. De acordo com o autor, os valores variaram nas nascentes de 6,58 a 7,77, devido à presença de rochas basálticas na região. Galvan et al. (2020) verificaram valores de pH que oscilaram entre 5,42 a 7,12, corroborando com os valores obtidos para a Propriedade 1 do presente estudo.

Os valores do íon fluoreto encontrados na água das propriedades rurais durante todos os meses amostrados, apresentaram-se abaixo do limite de detecção do método utilizado (<LOD), com exceção a Propriedade 2 na Torneira no mês de Janeiro/2018, o qual apresentou uma média $0,068 \pm 0,37$. O limite de detecção do método utilizado para a avaliação desta variável é de 0,02 mg/L. De acordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 (BRASIL, 2017), o valor máximo permitido (VMP) para o íon fluoreto é de 1,5 mg/L. Assim, verifica-se que todos os pontos amostrais encontraram-se em conformidade com a legislação vigente durante todo o período de monitorado.

Para Nanni (2008), uma série de fatores pode levar à diferença de concentração de fluoreto encontrado nas águas subterrâneas, podendo se destacar a profundidade em que a água é captada, pois quanto maior a profundidade maior se dará a concentração de fluoreto. Outros fatores são os tipos de rochas, tempo de residência, influências antrópicas (através da aplicação de fertilizantes no solo), hidrologia e as trajetórias de fluxo. O autor, através de suas análises físico-químicas, encontrou a presença 0,36 e 0,26 mg/L do íon

Fluoreto para os municípios de Frederico Westphalen e Seberi – RS, respectivamente. No estudo de Manasses et al. (2011), os autores encontraram valores de fluoreto entre 0,01 a 2,95 mg/L, segundo eles estes valores estão associados com a interação que ocorre entre a água e a rocha em um longo período de tempo.

Para a variável nitrito, os resultados encontrados na água das propriedades rurais durante todos os meses amostrados, apresentaram-se abaixo do limite de detecção do método utilizado (<LOD), o qual é de 0,01 a 0,1 mg/L (APHA, 2012). De acordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 de 28/09/2017, o VMP para o nitrito é de 1 mg/L. Deste modo, os valores apresentaram-se em conformidade com a legislação vigente.

Machado e Freitas (2000), ao realizarem o estudo referente à Hidroquímica do Sistema Aquífero Serra Geral na região Oeste de Santa Catarina, avaliaram a qualidade das águas de poços tubulares devido a região fazer grande uso da aplicação de dejetos suínos e agrotóxicos. Os resultados obtidos pelos autores quanto ao teor de nitrito na água apresentaram-se baixos, com valor médio de 0,02 mg/L, estando em conformidade com a legislação. No estudo de Costa (2013), que teve por objetivo avaliar a qualidade da água de 230 poços subterrâneos, o autor constatou que 0,9% das amostras encontravam-se em desconformidade com a legislação.

4 | CONCLUSÃO

Durante o período de monitoramento das três propriedades rurais, as variáveis dureza total, fluoreto, pH e nitrito apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, estando aptas para o consumo humano. A variável turbidez em algum dado momento ou em determinada propriedade apresentou-se superior aos valores máximos estabelecidos na referida portaria, assim interferindo na potabilidade. Através das comparações dos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas entre as caixas e as torneiras de cada Propriedade, pode ser verificada em algum momento ou propriedade diferenças estatísticas entre a Caixa e a Torneira das propriedades. As diferenças verificadas podem estar relacionadas a problemas de manutenção dos encanamentos como rachaduras, tubulações antigas, dentre outros. Já as diferenças dos valores encontrados somente para caixas ou torneiras durante todo o período amostral pode ter ocorrido devido à sazonalidade. Assim, através dos resultados das análises físico-químicas da água das propriedades rurais estudadas, pode-se concluir que apenas a Propriedade 2 apresentou água potável e apta para o consumo humano.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Comitês de Bacia Hidrográfica**. 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/comites-de-bacia-hidrografica>>. Acesso em: 06 maio 2019.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

APHA. **Standard Methods for the Examination of water and wastewater**. 22 nd edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Edited by: Eugene W. Rice Rodger B. Baird, Andrew D. Eaton, Lenore S. Clesceri. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: MS, 2006. 212 p. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2019.

BRASIL. Portaria da Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Ministério da Saúde**, p. 825, 2017.

COSTA, C. L. et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. Semina: **Ciências Biológicas e da Saúde**, [s.l.], v. 33, n. 2, p.171-180, 19 mar. 2013.

DAMIANI, A. P. M. **Qualidade da Água em Propriedades Rurais do Município de Santa Rosa Do Sul, Santa Catarina**. 2017. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Unesc, Criciúma, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/5753>>. Acesso em: 15 maio 2019.

GALVAN, K. A. ; Medeiros, R. C. ; MARTINS NETO, R. P. ; LIBERALESSO, T. ; **GOLOMBIESKI, J. I.** ; ZANELLA, R. . Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil. Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais, v. 11, p. 165-176, 2020.

LAZAROTTO, D. V. ; Schneider, S. I. ; Bauchspiess, K. ; HOFSTATTER, K. ; TARONE, V. F. ; VOLPATTO, F. ; **GOLOMBIESKI, J. I.** . Análise da potabilidade da água em poços rasos no município de Caiçara no Rio Grande do Sul. **CIÊNCIA E NATURA**, 2020.

LIMA, F. K. C.. **Agricultura urbana e recursos hídricos**: um estudo na microbacia do rio Tambay/ Bayeux-PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. de. Hidroquímica do Aquífero Serra Geral no Oeste de Santa Catarina. **Águas Subterrâneas**, Santa Catarina, p.1-13, 2000. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23763/15830>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

NANNI, A. S. **O flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico**. 2008. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13785/000653223.pdf?...1>>. Acesso em: 01 abr. 2020.

MANASSES, F. et al. Estudo hidrogeológico da Formação Serra Geral na região sudoeste do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Paraná, v. 64-65, p.59-67, 2011.

PHILIPPI JR., A.; MALHEIROS, T.F. Saneamento e Saúde Pública: Integrando Homem e Ambiente. **Saneamento, Saúde e Ambiente**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2005. p. 842.

ZERWES, Cristian Mateus et al. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p.651-663, 2015.

ZUFFO, Catia Eliza et al. Águas subterrâneas em Rondônia: análise estatística de dados hidroquímicos, organolépticos e bacteriológicos. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 30, n. 1/2, p.45-59, 2009.

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS BTEX EM CAIXA SEPARADORA DE ÁGUA E ÓLEO EM POSTO DE COMBUSTÍVEIS DO OESTE DO PARANÁ

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 12/07/2020

Lilian Patrícia de Ramos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Unioeste
Cascavel -Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8010828156806153>

Roberta Cechetti

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Unioeste
Cascavel -Paraná
<http://lattes.cnpq.br/0434455113196226>

Nyamien Yahaut Sebastien

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Unioeste
Toledo -Paraná
<http://lattes.cnpq.br/2977095230414649>

RESUMO: A contaminação ambiental de solo e corpos d'água por derivados de combustível tem sido motivo de crescente preocupação. Os compostos BTEX, presentes nesses resíduos, são extremamente prejudiciais à saúde humana e biota aquática. Os postos e distribuidoras de combustíveis são estabelecimentos potencialmente poluidores em função das atividades geradas. Neste trabalho foi realizada uma breve pesquisa através de dados analíticos em posto de combustíveis da região Oeste do Paraná no período de Janeiro a Junho de 2019 para verificar a eficiência de tratamento desses resíduos lançados no corpo receptor ou rede de

esgoto utilizando caixa separadora de água e óleo e avaliar a conformidade dos resultados com a legislação vigente do estado. A quantificação dos compostos de BTEX foi realizada pela técnica de cromatografia gasosa com espectrometria de massa. A partir da avaliação realizada pode-se concluir que o tratamento é eficiente em sua maioria e atingi os valores máximos permitidos preconizados pela legislação do estado.

PALAVRAS-CHAVE: Legislação Ambiental, Efluentes, BTEX.

EVALUATION OF BTEX PARAMETERS IN THE SEPARATING BOX OF WATER AND OIL IN A FUEL STATION IN THE WEST OF PARANÁ

ABSTRACT: Environmental contamination of soil and water bodies by fuel derivatives has been of growing concern. The BTEX compounds present in these wastes are extremely harmful to human health and aquatic biota. Gas stations and fuel distributors are potentially polluting establishments due to the activities generated. In this work a brief research was carried out through analytical data at a West Paraná fuel station from January to June 2019 to verify the efficiency of treatment of these residues discharged into the receiving body or sewage system using water and oil separator box and to evaluate the conformity of the results with current state legislation. Quantification of BTEX compounds was performed by the gas chromatography technique with mass spectrometry. From the evaluation performed, it can be concluded that the treatment is most efficient and reached the maximum allowed values recommended by the

state legislation.

KEYWORDS: Environmental Legislation, Effluentes, BTEX.

1 | INTRODUÇÃO

A contaminação do solo e águas subterrâneas por resíduos de combustíveis e seus derivados, geram um grande problema ambiental. Para evitar eventuais problemas, os postos de combustíveis e derivados devem instalar caixas separadoras que funcionam como depuradores de efluente antes da liberação no curso de água.

As caixas separadoras de óleos e graxas são designadas especialmente para remover óleo que está flutuante, gasolina, compostos de petróleo leves e graxas. O separador água/óleo retirará todo o óleo livre, contido no efluente, que é oriundo de vazamentos dos carros a serem lavados (VASCONCELOS, 2009) e das demais atividades realizadas nestes estabelecimentos. Ao serem retiradas essas impurezas o efluente despejado no sistema de tratamento de esgoto deve estar livre de contaminantes que venham a ser prejudiciais aos corpos d'água e solo. Sendo assim a função da caixa separadora é tratar esse efluente líquido de forma que possa ser lançado a um corpo receptor ou a uma rede coletora sem causar impacto ao meio ambiente.

Devido a essa preocupação com o meio ambiente e como forma de garantir a qualidade do efluente, no estado do Paraná, a Secretária do Meio Ambiente SEMA e IAP (Instituto Ambiental do Paraná) através da Resolução SEMA N° 32 de 21/12/2016, estabelece padrões para que os resíduos (efluentes) provenientes dos postos de combustíveis e/ou revendedoras de modo geral atendam às exigências para os valores estabelecidos de forma que possam ser lançados no meio ambiente sem causar sérios prejuízos. Além do abastecimento esses estabelecimentos fornecem serviços como, troca de fluídos, serviços de manutenção, reparo de peças e lavagem, o que torna o potencial de absorção de resíduos mais elevado nas caixas separadoras de água e óleo.

Dentre as substâncias que apresentam maior preocupação, no que diz respeito a contaminação do meio ambiente através dos combustíveis, estão o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX).

Os BTEX são compostos orgânicos voláteis arrançados em um anel aromático condensado, constituído por átomos de carbono e hidrogênio, são encontrados na gasolina e outros derivados de petróleo. Estes são de maior importância do ponto de vista ambiental devido a sua alta mobilidade, podendo ser rapidamente transportados através do solo e da água subterrânea devido a sua solubilidade, volatilidade e toxicidade. São também altamente tóxicos para a saúde humana mesmo em pequenas concentrações causando lesões no sistema nervoso central e demais tecidos do corpo.

Oliveira e Loureiro (1998) citam que dentre os compostos BTEX, o benzeno se destaca como sendo o mais tóxico, podendo causar leucemia mesmo se ingerida em

baixas concentrações durante curto período de tempo pelo processo de bioacumulação. Uma exposição aguda (altas concentrações em curtos períodos) por inalação ou ingestão pode causar até mesmo a morte de uma pessoa. Conforme Portaria de Consolidação N° 5 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido do benzeno para fins de potabilidade é de 5 µg/L (equivalente a 0,005 mg/L), sua concentração dissolvida em água em contato com gasolina pode chegar a 30,0 mg/L.

Os valores máximos permitidos para os compostos pertencentes ao grupo dos BTEX (Tabela 1) indicam os padrões de lançamentos conforme citado na legislação que deve ser seguida no Paraná para as empresas que pratiquem esse tipo de atividade.

Composto	Valor máximo permitido (mg/L)
Benzeno	1,2
Tolueno	1,2
Etilbenzeno	0,84
Xileno	1,6

Tabela 1 – Padrões de Lançamento de Efluentes para BTEX

Fonte: Resolução SEMA 32 de 21/12/2016

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência das caixas de depuração dos postos de combustíveis e derivados através dos compostos BTEX na região oeste do Paraná, verificar se elas atendem a legislação vigente e propor medidas corretivas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA DA PESQUISA

Foram coletadas 25 amostras em 25 caixas separadoras, sendo atribuído como os números de 1 a 25 de diversos postos de combustíveis de várias cidades da região oeste do Paraná no período de janeiro a junho de 2019. As amostras foram coletadas segundo os critérios estabelecidos para determinação de compostos voláteis (vials com tampas de teflon, temperatura de armazenamento de 2 a 6° e ácido clorídrico 1:1 como preservante).

As amostras foram analisadas em laboratório e submetidas a técnica de cromatografia gasosa com espectrometria de massas acoplado a um amostrador automático, ambos equipamentos da marca PerkinElmer. A metodologia de referência utilizada para avaliação foi a descrita na EPA 8260c (Environmental Protection Agency), que permite a detecção de concentrações em ppb (µg/L) dos compostos de BTEX nas matrizes avaliadas, onde uma alíquota da amostra é submetida a aquecimento de 80°C por 10 minutos, técnica de headspace (equilíbrio entre as fases líquida e vapor), volatilizando assim os compostos presentes, que são extraídos por pressão na fase de vapor e arrastados por gás Hélio, sob um fluxo de 1,2 ml/min, para seleção em coluna capilar (624MS Marca Agilent 30 m de comprimento, 0,25 mm de filme e 0,25 mm de ID) aquecida a 50°C e posterior identificação através de um espectrômetro de massas.

A avaliação dos resultados foi feita por comparação através de gráficos entre os valores obtidos de BTEX com os estipulados pela resolução de SEMA.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar as 25 amostras, foi identificado que os postos de combustíveis 1, 3, 4, 7, 10, 18, 19, 24 e 25 apresentaram resultados menor que o limite de quantificação do método para os analitos em estudo, ou seja, não há presença dos hidrocarbonetos, conforme demonstrado na Tabela 2.

Composto	Valor Obtidos ($\mu\text{g/L}$)
Benzeno	<1,00
Tolueno	<1,40
Etilbenzeno	<1,50
Xileno	<1,70

Tabela 2 – Valores médios obtidos de BTEX em 9 Postos de Combustível

Fonte: Autores

Já para 15 postos de combustíveis conforme apresentados na Tabela 3, os parâmetros de estudo estão em conformidade com a legislação vigente. O posto 13 em relação aos outros apresentou uma quantidade maior de BTEX, porém, quantidades bem abaixo da legislação permitida.

ID. Postos de Combustível	Benzeno ($\mu\text{g/L}$)	Tolueno ($\mu\text{g/L}$)	Etilbenzeno ($\mu\text{g/L}$)	Xileno ($\mu\text{g/L}$)
Posto 2	<1,00	18,62	5,94	22,67
Posto 6	4,82	40,23	12,32	74,15
Posto 8	<1,00	12,77	5,66	44,75
Posto 9	<1,00	21,19	<1,50	<1,70
Posto 11	<1,00	1,47	3,58	<1,70
Posto 12	<1,00	2,70	1,74	11,49
Posto 13	9,47	81,38	13,51	188,14
Posto 14	<1,00	2,47	<1,50	8,19
Posto 15	<1,00	30,31	<1,50	73,67
Posto 16	<1,00	12,88	3,76	11,13
Posto 17	<1,00	4,05	<1,50	10,31
Posto 20	<1,00	5,81	2,16	9,44
Posto 22	<1,00	7,45	3,76	19,17
Posto 23	<1,00	17,68	5,49	18,27

Tabela 3 – Valores médios obtidos de BTEX em 14 Postos de Combustível

Fonte: Autores

O hidrocarboneto xileno se apresentou com maior predominância e concentração analítica, podendo ser visualizado no gráfico 1. Silva et al. (2009) realizou a determinação de concentração de BTEX disponível em gasolina comercializada oriundas de diferentes refinarias e posto de bandeira branca e encontrou o xileno (*orto, meta e para*) em maior concentração em relação aos outros 3 hidrocarbonetos, no entanto se encontra dentro das especificações exigidas.

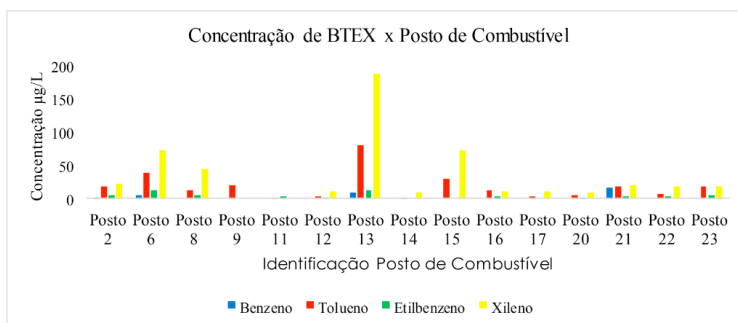


Gráfico 1 – Concentração de BTEX x Posto de Combustível

Somente um dos postos de combustível, identificado como Posto 5 se apresentou com os parâmetros completamente fora dos padrões exigidos pela legislação em vigor, resultados demonstrados no gráfico 2. Esses valores altos são atribuídos a grande presença de derivados de petróleo juntamente com o efluente coletado que pode ter sido ocasionado pela realização de uma amostragem incorreta ou até mesmo pela falta de manutenção do sistema. Conforme LEPPA, 2015 a limpeza e manutenção periódicas das caixas separadoras de água e óleo deve ser efetiva, a frequência deve ser definida em função da quantidade e característica do resíduo descartado, processo este que se não realizado adequadamente impacta na qualidade do efluente gerado.

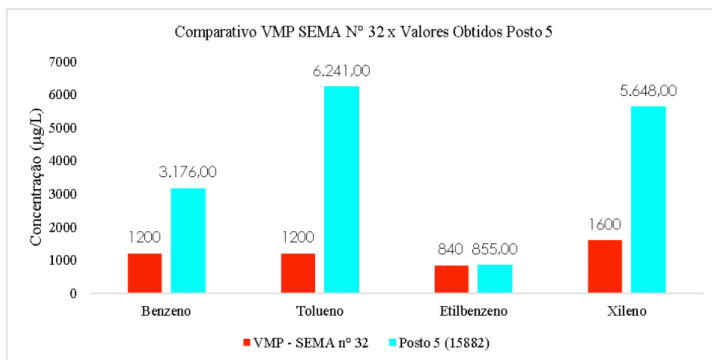


Gráfico 2 – Comparativo VMP SEMA N° 32 x Valores Obtidos Posto 5

O gráfico 2 indica os valores em concentrações a microgramas por litro ($\mu\text{g/L}$) para melhor visualização das quantidades de cada uma das substâncias presentes, contudo, perante a SEMA nº32, as concentrações são avaliadas em miligramas por litro (mg/L), ou seja, 1000 vezes mais.

Avaliando os dados pode-se observar que a grande maioria não possui um sistema que apresente 100% de eficiência em suas caixas para eliminação dos resíduos dos compostos de BTEX do efluente gerado, após tratamento. KIELING (2016) realizou o tratamento utilizando o processo de adsorção para remoção de BTEX com cinza de casca de arroz e carvão ativado, obtendo uma remoção para cinza de casca de arroz que variou entre 78,8% e 100% e com carvão ativado entre 91,6% e 100%.

4 | CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os valores máximos permitidos pela Resolução SEMA 32, pode-se avaliar que o sistema de tratamento de efluentes, utilizando caixa separadora de água e óleo se mostrou eficiente, em relação ao posto de combustíveis com valores elevados para os compostos avaliados, supõem-se a falta de manutenção e limpeza periódica do sistema, o que pode ter causado a ineficiência do processo. Apesar do sistema ter se mostrado eficiente e atender os limites da legislação, é de extrema importância a busca por processos de tratamentos que removam praticamente em sua totalidade a presença desses compostos.

REFERÊNCIAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 24 Ago. 2019.

BRITO, F. V.; OLIVEIRA, A. S.; NEVES, H.C.; AZEVEDO, J. A.; BHERING, D. L.; REIS, S. M.; MACHADO, M. C. S.; AZEVEDO, G. C.; CARVALHAES, G.K. Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX oriundas de postos de distribuição no Brasil. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2005. **Trabalho Técnico Científico**. Disponível em :< http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0563_05.pdf>. Acesso em 24 Ago. 2019

EPA – Environmental Protection Agency. Method 8260C - Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) Rev. 3 Agosto/2006.

KIELING, A. G. **Adsorção de BTEX - Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno - em cinza de casca de arroz e carvão ativado**. UFRGS, Porto Alegre- 2016. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/143762>>. Acesso em: 28 Ago. 2019.

LEPPA, A. **Sistema de separação de água e óleo em atividades automotivas – considerações gerais**. Univates, Lajeado, RS – 2015. Disponível em :< <https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/adriano.pdf>>. Acesso em: 28 Ago. 2019.

OLIVEIRA, L. I.; LOUREIRO, C.O. Contaminação de aquíferos por combustíveis orgânicos em belo horizonte: avaliação preliminar. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 1998. **Resumos**. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22287/14630>>. Acesso em: 24 Ago. 2019.

SILVA, F. L. N.; SANTOS, J. R.; NETO, J. M. M.; SILVA, R. L. G. N. P.; FLUMIGNAN, D. L.; OLIVEIRA, J. E. Determinação de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em gasolina comercializada nos postos do estado do Piauí. *Quim. Nova*, Vol. 32, No. 1, 56-60, 2009, pg.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA, P.; EMMEL, P.; SAUER, E. Degradação de BTXs via processos oxidativos avançados. **Revista Química Nova**, 28(1), 61-64, 2005.

VASCONCELOS, D. V.; GOMES, A. Tratamento de efluentes de postos de combustíveis para o reúso usando processos oxidativos avançados. **Cadernos UniFOA**. Volta Redonda, ano IV, n. 11, dezembro 2009. Disponível em: <<http://www.unifoa.edu.br/cadernos/edicao/11/35.pdf>>. Acesso em: 24 Ago. 2019.

CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DA CIDADE DE ARIQUEMES, RONDÔNIA BRASIL

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 20/06/2020

Angelita Chaparini Fabiano

Faculdade de Educação e Meio Ambiente –
FAEMA
Ariquemes, Rondônia.
<http://lattes.cnpq.br/5230647299299070>

Leônidas Pinho da Silva

Faculdade de Educação e Meio Ambiente –
FAEMA
Ariquemes, Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/2166862993856274>

Mariana Neves Garcia

Faculdade de Educação e Meio Ambiente –
FAEMA
Ariquemes, Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/0966872222547161>

Sheila Muniz da Silva

Faculdade de Educação e Meio Ambiente –
FAEMA
Ariquemes, Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/3664629669024238>

Liliane Coelho de Carvalho

Faculdade de Educação e Meio Ambiente –
FAEMA
Ariquemes, Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/0478842377918673>

Driano Rezende

Faculdade de Educação e Meio Ambiente –
FAEMA
Ariquemes, Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/5864552392678350>

RESUMO: As águas subterrâneas são indispensáveis para a vida humana, e são sucessivamente extraídas para suprir as carências do planeta, cujas fontes superficiais de água estão cada vez mais contaminadas. Diante da fragilidade dos mananciais pelas ações antrópicas, é de fundamental importância a análise e monitoramento dessas águas, deste modo o presente estudo investiga por meio de avaliação microbiológica, a qualidade da água subterrânea do poço tubular profundo de uma instituição de ensino superior na região do setor seis da cidade de Ariquemes RO. Foram realizadas 4 coletas em um período de trinta dias, sendo que, com os resultados obtidos constatou-se a ausência de contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli*, mostrando que a água disponibilizada está apta para consumo.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água, Complexo do Rio Jamari, Amostragem.

MICROBIOLOGICAL STUDY OF GROUNDWATER IN THE ARIQUEMES CITY, RONDÔNIA BRAZIL

ABSTRACT: Groundwater is indispensable for human, and it is extracted successively to supply the needs of the planet, whose surface water sources are increasingly contaminated. In view of the fragility of water sources by anthropic actions, the analysis and monitoring of these Waters is of fundamental importance, so this study investigates, through microbiological study, the quality of groundwater in the tubular well of a faculty in the region of sector six of the Ariquemes city, Rondônia State. Four collections

were realized in a period of thirty days, with the results obtained was verified the absence of contamination by total and thermotolerant coliforms, showing that the available water is fit for consumption.

KEYWORDS: Water Quality, Jamari River Complex, Sampling.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Von Sperling (2018), em relação da avaliação da qualidade da água, os microrganismos assumem um papel de grande importância dentre os seres vivos, devido a sua grande predominância em determinados ambientes, à sua atuação nos processos de depuração dos despejos ou à sua associação com as doenças ligadas à água. Inúmeros dados revelam que milhões de pessoas morrem anualmente por doenças relacionadas a água em todo o mundo. No entanto, o acesso a água limpa é um direito a todos. A água é um recurso insubstituível e essencial a todos os seguimentos da vida.

Com o crescimento populacional, o abastecimento de água tem sido um grande problema e um imenso desafio do século XXI. Segundo fatos, demonstram que as mais generalizadas epidemias que assolaram as populações humanas tiveram sua origem em sistemas de distribuição de água, como o caso de Walkerton, cidade localizada na região do Ontário no Canadá onde 4.800 moradores consumiram água contaminada por *Escherichia coli*, vieram a óbito 7 pessoas, o fato ocorreu devido às fortes chuvas que contaminaram o poço de coleta para distribuição (DAVIS *et al.*, 2016).

As características da água destinada para o consumo humano são estabelecidas por um órgão regulamentador, conforme critérios legais definidos em cada federação. Por isso, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda critérios máximos e mínimos para fins potáveis (WHO, 2011). No Brasil estes critérios são estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017).

Valores incoerentes aos parâmetros recomendados pela OMS em manancial subterrâneo são comuns, devido a fenômenos naturais e antrópicos. Além disso, a poluição antrópica é crescente em diferentes regiões do mundo e têm se tornado cada vez mais visível. Entre estas substâncias, destacam-se metais pesados, nitrato, pesticidas, hidrocarbonetos (benzeno, tolueno, etil-benzeno e os xilenos) e os padrões microbiológicos como *Escherichia coli* (ZOBY *et al.*, 2005; LIBÂNIO, 2008; RIBEIRO, 2009). Pesquisas revelam que a contaminação por metais pesados está presente em várias regiões do mundo como no Paquistão, África do Sul, Espanha e no Brasil (CABEZA *et al.*, 2012, KHAN *et al.*, 2013, MIRLEAN *et al.*, 2014, ROYCHOUDHURY *et al.*, 2014).

Segundo Teixeira *et al.* (2009), um dos principais contaminantes das águas subterrâneas é o nitrato e microrganismos, o primeiro é o composto inorgânico e o segundo o microbiológico, ambos de ocorrência mais ampla nos aquíferos. As fontes mais comuns desses contaminantes são os sistemas de saneamento *in situ* (fossas negras).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliação microbiológica da água proveniente de um poço tubular profundo localizado na região do setor seis na cidade de Ariquemes, Rondônia, quanto a contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli*.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Característica da região

O objeto deste estudo se concentrou na área urbana da cidade de Ariquemes RO, em uma instituição de ensino superior, a qual possui poço tubular profundo, denominado Poço A, com profundidade aproximado de 65 metros e está localizado na bacia hidrográfica do Rio Jamari. O clima é tropical quente e úmido, com temperatura que varia de 24 a 26 °C. A Figura 1 ilustra a localização do município de Ariquemes e ponto de amostragem no município.

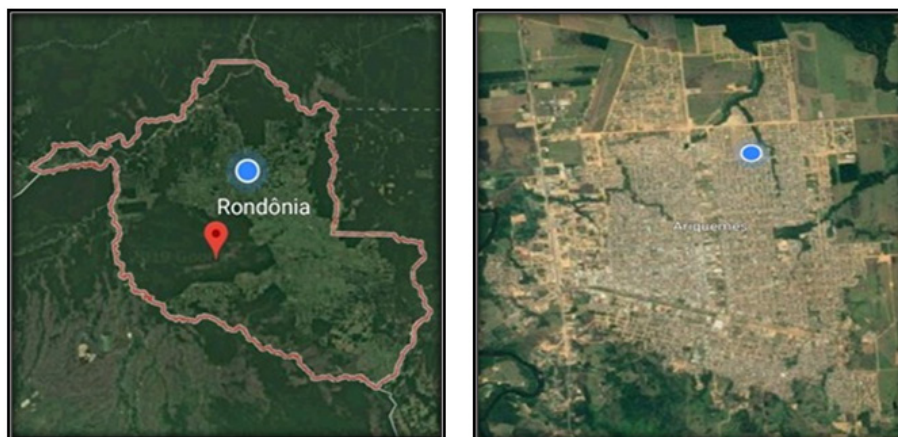


Figura 1. Mapa de localização poço tubular

Fonte: Google Earth (2020)

Segundo Zuffo (2010), a região tem uma característica de elevadas precipitações cujo total anual compensa a estação seca, permitindo a existência de florestas. O período chuvoso, denominado regionalmente de “inverno”, estende-se de novembro a abril, essencial para a vegetação e recarga dos aquíferos, e a época de estiagem, da mesma forma conhecida como “verão”, de maio a outubro, ocasionando uma deficiência hídrica.

Segundo Campos *et al.* (2002), o município de Ariquemes é composto de rochas granitoides, precisamente no Complexo Jamari (gnaisses, granulitos e kinzigitos), com pequenas porções de sedimentos aluvionares associadas às principais drenagens. As rochas granitoides constituem aquíferos fissurais que são caracterizados pelo armazenamento e

transmissão de água através de suas fraturas, forma-se um manto de alteração que pode chegar a mais de 50 metros de espessura. Como as rochas da região, em sua grande maioria, são constituídas de material quartzofeldspático, o produto de alteração tende a ser arenoso, o que confere a esta unidade uma boa permeabilidade e porosidade. Este aquífero comporta-se predominantemente como livre e seu potencial é amplamente utilizado na área urbana de Ariquemes, através de poços tubulares de pequena profundidade.

Campos et al. (2002) cita que, uma das grandes preocupações na área urbana de Ariquemes, embora, se dê uma grande importância para a água subterrânea no abastecimento público, há a ausência total de rede de esgotamento sanitário. Como o principal aquífero explorado é constituído pela alteração das rochas granitóides (manto de intemperismo), cujo nível estático médio é de 13 metros, e por se tratar de um aquífero livre, há grandes chances de estar sendo contaminado pelas fossas domésticas, além de outras fontes de poluição como postos de combustíveis, que podem chegar facilmente à zona saturada comprometendo a qualidade da água.

Diante dessa problemática, uma vez que o recurso hídrico subterrâneo dessa região é a fonte de abastecimento da própria instituição, tendo em vista a proximidade de fossas sépticas oriundas da ocupação populacional adjacentes a instituição.

2.2 Procedimentos para a pesquisa

Os exemplares foram coletados no poço tubular A, no período de 29 de abril a 30 de maio de 2019, com total de 4 amostras (uma por semana).

As análises realizadas foram de coliformes totais e *Escherichia coli*, com auxílio de placas de contagem da marca 3M Petrifilm (método oficial AOAC 991.14). As coletas foram feitas em frascos de vidro estéreis de 200 ml, antes das amostragens, a torneira do poço foi higienizada com hipoclorito de sódio, em seguida aberta durante 5 minutos, depois de desembulhado o frasco foi aberta a tampa e feita a coleta a meio fio, em seguida as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor para manter a temperatura e serem transportadas até o local de análise.

Inicialmente, em laboratório realizou-se a assepsia da bancada com álcool etílico hidratado 70% INPM, com finalidade de remover possíveis microrganismos presentes. A esterilização dos materiais foi realizada por meio de autoclave. Algodão foi colocado no bico das pipetas em seguida enrolado com papel madeira (craft), frascos de coletas foram rosqueados as respectivas tampas, de modo que não ficassem totalmente presa para garantir a total esterilização, em seguida envolvido com papel madeira, deixando por 20 minutos a 130°.

Para realizar a análise, utilizou a capela de fluxo desinfetada, contendo frasco coletor com a água captada juntamente com a pipeta graduada, a pera de sucção e a placa petrifilm de contagem de *Escherichia coli* e coliformes totais. Luva para o manuseio foram

utilizadas para garantir que não ocorra contaminação externa, com o auxílio da pipeta graduada e pera de sucção, retirou 1 ml da água coletada e inseriu no meio da petrifilm, na sequência baixou a proteção e com o difusor, espalhou-se a amostra, com finalidade de atingir toda a placa petrifilm de modo homogêneo.

As placas petrifilm seguiram para a estufa de cultura bacteriológica, que tem a função de promover o crescimento e a multiplicação dos microrganismos presentes em amostras, para que seja possível identificá-los com eficiência e segurança. As culturas bacteriológicas foram incubadas na estufa e submetidas a uma temperatura constante de aproximadamente 35 °C, durante 24 horas para coliformes totais e 48 horas para *Escherichia coli*.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o Guia de Interpretação 3M Petrifilm quando na presença de microrganismos em análise, a cor do gel se torna roxo-azulada com gás para *Escherichia coli* ou colônias vermelhas e azuis com gás para coliformes totais. Assim sendo, as 4 amostras analisadas quanto a qualidade microbiológica foi observada através de análise visual após 24 e 48 horas de incubação. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Amostra	Resultado da pesquisa		Padrão de potabilidade	
	Colônias Coliformes Totais	Colônias <i>Escherichia coli</i>	Colônias Coliformes Totais	Colônias <i>Escherichia coli</i>
1	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
2	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
3	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
4	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Tabela 1: Quantificação de colônias de coliformes totais e *Escherichia coli* nas amostras de águas do poço tubular A, Ariquemes – RO 2019.

Conforme Tabela 1, todas as amostras investigadas apresentaram ausência em 100 ml de coliformes totais e *Escherichia coli*. O padrão de potabilidade, conforme, Portaria de consolidação n° 5 do Ministério da Saúde, estabelece que as águas para consumo humano, incluindo fontes individuais como poços, com a presença de coliformes termotolerantes ou *Escherichia coli* em 100 ml de água, são consideradas não potáveis. Em relação a coliformes totais existe um limite de tolerância, devendo ser investigada a origem da

ocorrência e tomadas providências imediatas de caráter corretivo, preventivo e realizada nova análise, (BRASIL, 2017).

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser um aquífero poroso e possuir características de aquífero livre, o recurso do manancial subterrâneo da região de Ariquemes, indica grande probabilidade de estar vulnerável à contaminação na área urbana.

O presente estudo foi significativo, pois possibilitou realizar uma análise prática, a qual demonstrou o enquadramento da qualidade microbiológica (*Escherichia coli* e coliformes totais) da água destinada para o consumo humano na instituição de ensino em questão, conforme recomendações da Portaria de consolidação nº 5 do Ministério da Saúde.

Ciente da possibilidade de outros contaminantes na água subterrânea da região, sugere-se a continuidade do trabalho, aumentando o número de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, juntamente com a implantação de um sistema monitoramento constante.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Portaria de consolidação nº 5**, de 28 de setembro de 2017. Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em: 17 de jun. 2019.

CABEZA, Y. *et al.* **Monitoring the occurrence of emerging contaminants in treated wastewater and groundwater between 2008 and 2010**. The Baix Llobregat Barcelona, Spain. Journal of hazardous materials, v. 239, p. 32-39, 2012.

CAMPOS, J. C. V.; REIS, M. R. Avaliação Hidrogeológica da Área Urbana do Município de Ariquemes Rondônia. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002. p. 4-6.

DAVIS, M. L.; MASTEN, S. J. **Princípios de Engenharia Ambiental**. 3. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2016. 854 p.

KHAN, K. *et al.* **Health risks associated with heavy metals in the drinking water of Swat, northern Pakistan**. Journal of Environmental Sciences, v. 25, n. 10, p. 2003-2013, 2013.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4. Ed. Campinas: Átomo, 2016. 640 p.

MIRLEAN, N; BAISCH, P; DINIZ, D. **Arsenic in groundwater of the Paraíba do Sul delta, Brazil: an atmospheric source**. Science of the Total Environment, v. 482, p. 148-156, 2014.

RIBEIRO, L. *et al.* **Ecosistemas e bem-estar humano: avaliação para Portugal do Millennium Ecosystem Assessment**. Escolar Editora. p. 381 - 411, 2009.

ROYCHOUDHURY, A. N; PETERSEN, J. **Geochemical evaluation of soils and groundwater affected by infiltrating effluent from evaporation ponds of a heavy mineral processing facility, West Coast, South Africa.** Journal of Geochemical Exploration, v. 144, p. 478-491, 2014.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra.** 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 623 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2018. 470 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition, 2011.

ZOBY, J. L. G; OLIVEIRA F. D. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** ANA, Brasília: 2005.

ZUFFO C. E. **Gestão integrada das águas em Rondônia.** 2010. 202 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Geologia) – Instituto de Geociências Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA ÁGUA (RE) USAR SENSORIAMENTO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Data de aceite: 03/08/2020

Alencar Migliavacca

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina
Chapecó – SC

Camila Gasparin

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina
Chapecó – SC

Matheus Sachet

Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis – SC

RESUMO: Este trabalho relata o desenvolvimento e instalação de um dispositivo de baixo custo para o sistema hídrico em uma instituição de ensino pública localizada na zona oeste do estado de Santa Catarina. Inicialmente, foram coletados dados da estrutura física da instituição e comparados aos projetos hídricos existentes para verificar possíveis divergências entre eles. Com componentes modulares de baixo custo e facilmente replicados, o projeto eletrônico foi desenvolvido e o dispositivo construído e implementado. Dessa forma, pode-se instrumentar o fluxo de água utilizado pela instituição e verificar continuamente os dados ou possíveis vazamentos. Entre os resultados, destaca-se a grande operação do sistema implantado na coleta e monitoramento de dados, considerando ser um dispositivo de baixo custo. Isso possibilita diagnosticar continuamente os

impactos financeiros e ambientais do (re)uso da água.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento, Baixo Custo, Uso Racional, Água, Instituições Educacionais.

ABSTRACT: This work reports the development and installation of a low cost device for hydric system sensing in a public educational institution located in west of the state of Santa Catarina. Initially, data of the institution physical structure was gathered and compared to existing hydric projects to verify possible divergences between them. With low cost and easily replicated modular components, the electronic projects were developed, and the device built and implemented. In this way, it is possible to instrument the water flow used by the institution and to continuously check the data or possible leaks. Among the results, stands out the great operation of the implanted system in collecting and monitoring data considering it is a low cost device. That makes possible to diagnose continuously the financial and environmental impacts of water (re) use.

KEYWORDS: Sensing, Low Cost, Rational Use, Water, Educational Institutions.

1 | INTRODUÇÃO

A água, como recurso natural e limitado, é fundamental para o desenvolvimento humano e para viver no planeta. A utilização descontrolada levou esse recurso à exaustão, evidenciando a importância da consciência ambiental e o

aumento da pesquisa no assunto. Uma das ações que ampliam a racionalidade do uso desse recurso é o recolhimento e armazenamento da chuva para uso posterior. Como ferramenta para detectar e analisar esses dados, destaca-se o monitoramento dos sistemas de armazenamento. Dessa forma, isso integra a tecnologia de ações preventivas, além de promover mudanças positivas para reduzir o desperdício desse recurso, obtendo também menor impacto ambiental.

Trabalhos recentes mostram o uso de dispositivos interconectados via transmissão de dados sem fio para monitorar e até agir sobre sistemas. Em seu trabalho, Junior (2017), desenvolve uma rede composta por sensores sem fio capazes de processar dados localmente como as perdas nos sistemas de distribuição de água. Automaticamente e o mais rápido possível, este sistema oferece dados para maior eficiência na gestão de perdas para empresas de saneamento. Em contrapartida, o método de sensoriamento é incisivo à rede hidráulica, podendo elevar o custo de instalação e aquisição de recursos necessários para sua prática.

Além disso, Neto e Santos (2015), utilizaram um sistema supervisório para controle e medição do volume hídrico exigido por um prédio residencial ou departamento público. Utilizaram como dispositivos, microcontroladores e sensores industriais para monitorar o sistema. É observável o manuseio dessa arquitetura no monitoramento e análise de dados em outra área de aplicação, como em Santos et. al. (2018), que utiliza a distribuição de sensores no campo para adquirir informações na agricultura. Neste trabalho, os dados viajam entre os pontos de conexão espalhados em uma propriedade rural até um dispositivo onde são armazenados e analisados. Os dados obtidos são comparados aos valores pré-estabelecidos pelos agricultores e, caso estejam fora da faixa ideal, o agricultor é notificado por meio de dispositivo móvel, possibilitando tomar decisões e evitar perdas.

Neste sentido, ao questionar a forma de utilizar a água no instituto de educação, percebemos a falta de informação sobre o projeto e a instalação da rede de distribuição e o não uso de uma estrutura para reutilização da água da chuva, já instalada na instituição. Essa estrutura, não utilizada, enfatiza a falta de monitoramento desse sistema. Considerando isso, utilizando recursos financeiros fomentados por recursos para pesquisas concedidas pelo instituto, decidiu-se adaptar o sistema já instalado onde, com a integração da tecnologia e os conhecimentos desenvolvidos no curso de Engenharia de Controle e Automação, ministrado na própria instituição, o estudo para fiscalização do sistema foi desenvolvido.

Nesse contexto, este projeto teve como objetivo desenvolver e instalar um sistema de monitoramento hídrico em um instituto de educação por meio da projeção e criação de um módulo eletrônico de baixo custo para transmissão e condicionamento dos dispositivos disponíveis na infraestrutura da instituição.

2 | METODOLOGIA

O estudo é realizado seguindo a metodologia de projeto e produto apresentado por Rozenfeld e Forcellini (2006) onde, adaptado, é implementado em uma linha principal de etapas denominadas como informacionais, conceituais e preliminares.

A partir da abordagem informacional sobre o projeto a ser feito, foram apresentados e listados os requisitos de projeto, passando a escrever uma revisão bibliográfica, verificando o estado da arte sobre o assunto, para fundamentá-lo da maneira mais completa possível. Na sequência, na etapa conceitual, observamos os métodos para alcançar os objetivos propostos e selecionar entre eles, aquele que melhor encaixava e agrupava as realidades do grupo e da instituição. Por fim, na etapa preliminar, desenvolveu-se o projeto na prática, fazendo a prototipagem, construção e desenvolvimento do produto, executando a análise através de testes e apresentando os resultados alcançados.

3 | DESENVOLVIMENTO

Na etapa informacional, definiu-se o escopo do projeto, determinando os locais de aplicação e quais seriam os objetivos específicos a serem alcançados, sendo eles: (a) instalação de um sensor de nível nos reservatórios listados; (b) Desenvolvimento e criação de um módulo para receber e transmitir os dados coletados pelos sensores através de uma rede sem fio; e (c) configuração de um servidor para gerenciamento e controle de dados armazenados.

Encerrando a etapa anterior, passou-se à etapa conceitual, pesquisando os métodos, ferramentas e dispositivos existentes para alcançar os objetivos traçados. Para o sensoriamento do nível da água, verificou-se em testes a coerência do dispositivo ultrassônico visto na Figura 1, que embora possua uma baixa resolução na medição de distância, apresentou resultados satisfatórios por conta dos reservatórios serem em escala de milhares de litros.

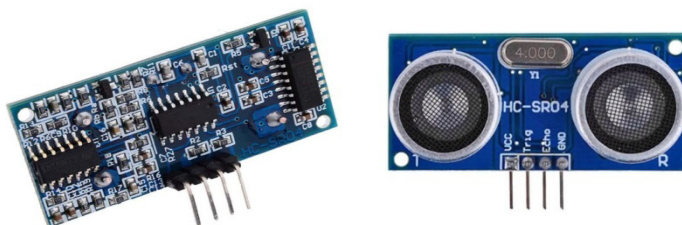


Figura 1 - Sensor ultrassônico.

Fonte: Adaptado de www.curtocircuito.com.br.

Para receber o sinal do sensor e transmiti-lo a um servidor, iniciamos o projeto do circuito eletrônico que fez essa tarefa. Ao projetar o circuito, o layout pode ser gerado para fabricação do circuito impresso como visto na Figura 2.

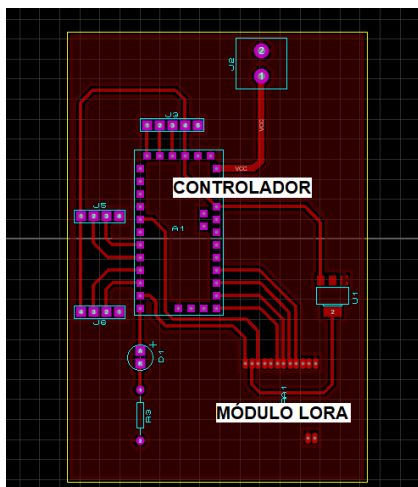


Figura 2 - Layout para fabricação do circuito impresso.

Fonte: Autor.

Uma vez finalizada a elaboração do projeto, juntamente com os componentes eletrônicos necessários, passou-se a montagem da placa vista na Figura 3, e a realização dos testes necessários. Com a configuração básica do servidor feita para a conexão do módulo, condicionou-se os dispositivos nos pontos de coleta de dados para que pudéssemos medir o sinal e, portanto, obter a cobertura total dos pontos a serem monitorados.

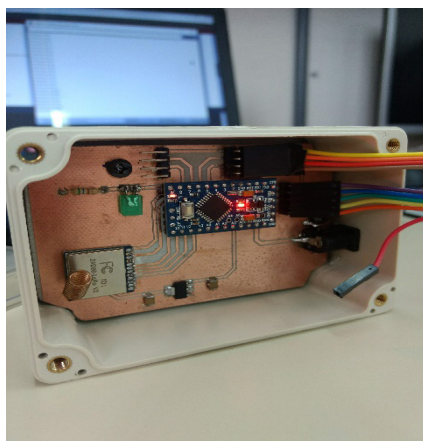


Figura 3 – Módulo de comunicação projetado.

Fonte: Autor.

A seguir, os sensores foram instalados nos respectivos reservatórios e para isso, uma estrutura como suporte para o componente foi desenvolvida, juntamente com um invólucro, uma vez que a umidade poderia causar danos futuros. O dispositivo pode ser visto na Figura 4 e foi instalado em reservatórios feitos de fibra de vidro com capacidade de 10 mil a 15 mil litros.

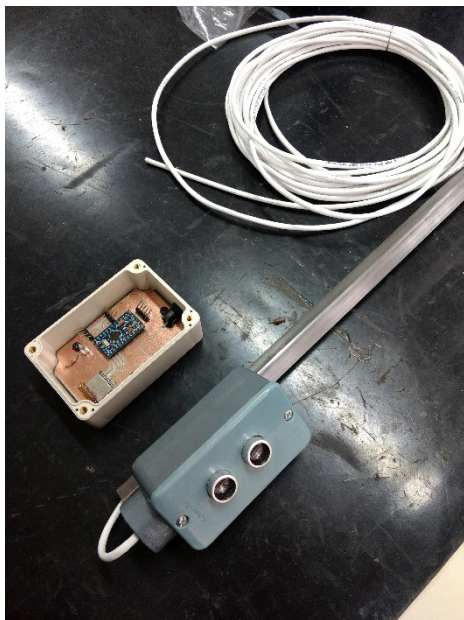


Figura 4 - Módulo de comunicação pronto.

Fonte: Autor.

Uma vez instalados os sensores e o dispositivo de coleta de dados, realizou-se os testes de transmissão. Os reservatórios estão consideravelmente longe dos receptores e obstáculos como as paredes de concreto de muitos andares de edifícios dificultam a passagem do sinal até o local onde o servidor está localizado. No entanto, o sinal transmitido pelo módulo Lora mostrou-se estável, possibilitando receber e analisar os dados no servidor. Portanto, foi extraído um gráfico dinâmico para melhor visualização do nível da água em qualquer reservatório visto em Figura 5 através da plataforma de desenvolvimento SCADABR^(R).

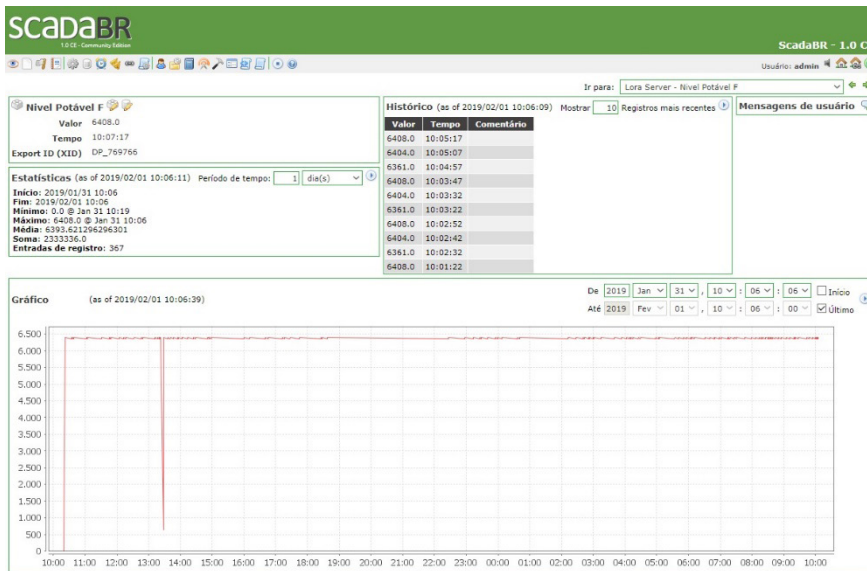


Figura 5 - Tela gráfica do supervisor existente no sistema do servidor.

Fonte: Autor.

Além dos sensores de nível de água instalados nos reservatórios, o módulo desenvolvido também possui portas para adicionar sensores de corrente elétrica e tensão para as bombas responsáveis pelo transporte de água através da rede. Esses sensores também fazem parte do monitoramento, uma vez que detectadas divergências nos dados amostrados, podem alertar para falhas no sistema ou até prever a necessidade de manutenção dos atuadores.

4 | RESULTADOS

O projeto foi dividido em várias etapas com a verificação feita em cada uma delas. Primeiramente, um esboço do projeto foi idealizado, e os componentes necessários foram listados. Com o projeto eletrônico pronto e a aquisição dos componentes realizada, foi possível montar o circuito e realizar testes em cada etapa dele, verificando a coerência com o projeto teórico. Após o término do desenvolvimento do módulo eletrônico e instalação dos sensores nos locais adequados, realizou-se testes para ajustar os sensores e verificar a transmissão de dados.

Uma vez que o sistema estava funcionando perfeitamente, além das funcionalidades de monitoramento e armazenamento de dados, destaca-se a importância da constante verificação dos dados, aplicando alarmes de níveis críticos de água nos reservatórios. Assim, o usuário observando uma discrepância nos dados, pode tomar decisões para normalizar o sistema. Além disso, o comportamento abrupto dos níveis mostrados na

tela através do gráfico, mostra que o sistema pode conter algum ponto da rede hidráulica corrompida, vazamentos ou apresentar falhas no sistema de bombeamento.

5 | CONCLUSÃO

As atividades e objetivos esperados no início do trabalho foram alcançados, sendo desenvolvido um módulo de baixo custo com dispositivos modulares e de fácil aquisição, trazendo uma ferramenta útil para a comunidade acadêmica na instituição.

O projeto encontra-se em pleno funcionamento no Câmpus, também servindo como protótipo para o desenvolvimento de outros projetos relacionados ao monitoramento de dados e conexão de dispositivos sem fio pelos acadêmicos do curso.

Ademais, foram pesquisados pontos para melhorar a relação entre a tecnologia que já existe no instituto e as necessidades de infraestrutura. Indicamos como um trabalho futuro para aperfeiçoar o sistema, a instalação de válvulas solenoides para o controle automático de abertura e fechamento do fluxo de água, criando um sistema realimentado que utiliza as informações já obtidas com o dispositivo fabricado. Além disso, o sistema pode ser instalado em outro Câmpus da instituição, prevendo a criação de uma rede de informações sobre o consumo e utilização do recurso hídrico, bem como os recursos públicos.

REFERÊNCIAS

Júnior, J. F. d. S., 2017. **Detecção de perdas em sistemas de distribuição de água através de redes de sensores sem fio**, Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco.

Neto, J. F. & Santos, L. A. d. A., 2015. **Automação de redes hidráulicas e reuso de água no edifício NZEB com sistemas supervisórios**, Brasília: Universidade de Brasília.

Rozenfeld, H. & Forcellini, F. A., 2006. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. 1º ed. São Paulo: Saraiva.

Santos, U. J. L., Righi, R. d. R. & Costa, C. A. d., 2018. **Modelo baseado em rede de sensores sem fio para predição de disfunções em cultivos agrícolas**. X Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva.

INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA FABRICAÇÃO DE ARGILA EXPANDIDA PARA FINS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 07/05/2020

Caroline Cristina Amaral Oliveira

Engenheira Ambiental e Sanitarista
<http://lattes.cnpq.br/0483345508762500>

Alexandre Saron

Centro Universitário Senac
<http://lattes.cnpq.br/6156062624221162>

RESUMO: Para a transformação de água bruta em água potável, as Estações de Tratamento de Água (ETA's) utilizam processos como coagulação, floculação, decantação e filtração. Estas atividades, produzem uma grande quantidade de resíduo (lodo), que na maioria das vezes, é lançado diretamente nos corpos d'água como forma de destinação final. O lodo gerado em ETA é um resíduo e, portanto, sua destinação deve ser compatível com as diretrizes da Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos). A utilização do lodo de forma benéfica pode ser considerada uma oportunidade de redução de custos e impactos ambientais associados a este resíduo. Entre as alternativas utilizadas para o reaproveitamento do lodo, pode-se destacar o emprego deste material à construção civil. Portanto, o presente projeto de pesquisa tem como objetivo a apresentação de um produto, sendo ele a argila expandida, que será elaborada a partir da mistura de lodo de ETA, argila e os demais insumos necessários para sua fabricação. A metodologia contempla

os processos de análise de sólidos presentes no lodo de ETA, incorporação do lodo na massa cerâmica, secagem, queima e realização do ensaio de resistência à compressão e do teste de absorção de água. A argila expandida elaborada foi analisada levando em consideração as diferentes porcentagens de lodo de ETA incorporadas no processo e seu desempenho quando comparada com a argila expandida disponível no mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo, Destinação de lodo de ETA, Argila expandida, Construção Civil.

INCORPORATION OF SLUDGE FROM WATER TREATMENT STATION IN THE MANUFACTURE OF EXPANDED CLAY FOR CIVIL CONSTRUCTION PURPOSES

ABSTRACT: For the transformation of raw water into drinking water, Water Treatment Plants (WTPs) use processes such as coagulation, flocculation, decantation and filtration. These activities, produce a large amount of residue (sludge), which in most cases is released directly into the bodies of water as a final destination. The sludge generated in WTP is a waste and, therefore, its destination must be compatible with the guidelines of Law 12305/2010 (National Solid Waste Policy). The use of sludge can be considered an opportunity to reduce costs and environmental impacts associated with this residue. Among the alternatives used for the reuse of sludge, it is possible to highlight the use of this material in civil construction. Therefore, the present research project has as its objective the presentation of a product, being it the expanded clay, which will be elaborated from the mixture of

WTP sludge, clay and other components necessary for its manufacture. The methodology considers the processes of analysis of solids present in the WTP sludge, incorporation of the sludge into the ceramic mass, drying, burning and performance of the compressive strength test and the water absorption test. The elaborated expanded clay was analyzed taking into account the different percentages of WTP sludge incorporated in the process and its performance when compared to the commercially available expanded clay.

KEYWORDS: Sludge, Destination of sludge from WTP, Expanded clay, Construction.

1 | INTRODUÇÃO

Para a transformação de água bruta em água potável, as Estações de Tratamento de Água (ETA's) utilizam processos como coagulação, floculação, decantação e filtração (ANDREOLI et al., 2006). Estas atividades, conforme Oliveira et al. (2004), produzem uma grande quantidade de resíduo (lodo), que na maioria das vezes, é lançado diretamente nos corpos d'água como forma de destinação final. A NBR 10.004/2004 classifica este lodo como "resíduo sólido", portando deve ser tratado e disposto conforme exigência dos órgãos reguladores.

Segundo Katayama (2012), no Brasil, são ainda restritas e incipientes as experiências realizadas no equacionamento dos problemas concernentes ao lodo de estações de tratamento de água. Grande parte do lodo gerado ainda é disposta em corpos d'água e poucas estações têm se preocupado com o tratamento e disposição do resíduo. A utilização do lodo de forma benéfica pode ser considerada uma oportunidade de redução de custos e impactos ambientais associados a este resíduo. Segundo Ferreira e Calliari (2008), entre as alternativas utilizadas para o reaproveitamento do lodo, pode-se destacar o emprego deste material à construção civil.

Segundo Andreoli et al. (2006), esta preocupação com o lodo de ETA's tem provocado diversas pesquisas, no que se refere a sua caracterização, desaguamento e destinação final. Oliveira et al. (2004), afirmam que o uso de resíduos como o lodo de ETA na indústria cerâmica é altamente promissor, visto que as massas argilosas utilizadas são de natureza heterogênea, aceitando incorporação de materiais residuais de diversos tipos e origens, mesmo quando adicionados em quantidades significantes.

Tsutiya e Hirata (2001), afirmam que os resíduos das Estações de Tratamento de Água são recomendados para serem incorporados na fabricação de materiais cerâmicos como os agregados leves, já que apresentam características semelhantes à argila natural.

Segundo a Embrapa (2006), a extração de argila para a sua utilização na fabricação de materiais cerâmicos é altamente impactante do ponto de vista ambiental, visto que resulta da completa devastação das áreas, devido à remoção da vegetação e do solo, trazendo impactos muitas vezes irreversíveis para o meio ambiente.

Em vista das afirmações acima, a incorporação do lodo de Estação de Tratamento de Água na fabricação da argila expandida é uma solução para os problemas de destinação

final do lodo gerado nas ETA's e para a redução dos impactos causados pela extração da argila.

2 | OBJETIVO DA PESQUISA

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a argila expandida elaborada por meio do uso de lodo de Estação de Tratamento de Água como forma de utilização deste resíduo na fabricação de argila expandida para fins de construção civil.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a quantidade de sólidos presente no lodo de ETA que será incorporado na fabricação da argila expandida;
- Avaliar qual a concentração ideal de lodo a ser incorporado, visando sua melhor eficiência;
- Avaliar o desempenho da argila expandida contendo lodo em relação à sua resistência à compressão e absorção de água;
- Comparar a argila expandida elaborada com a que está disponível no mercado.

3 | METODOLOGIA

3.1 Coleta do lodo e análise de sólidos

O lodo coletado é proveniente de uma Estação de Tratamento de Água, localizada em Campinas/SP. Este lodo já encontra-se desidratado, possuindo o teor de aproximadamente 30% de sólidos e 70% de umidade, que segundo Saron¹ (com. pess., 2017), é o teor geralmente utilizado pelas ETA's na etapa de desidratação.

O lodo foi transferido para uma bandeja metálica, posicionada sobre uma balança analítica (marca TOLEDO), previamente tarada, determinando a quantidade lodo, para que em seguida fosse realizada a análise de sólidos totais presentes no lodo.

A análise de sólidos totais foi realizada em triplicatas para um resultado mais representativo. Primeiramente foi realizada a taragem de três cadinhos (cápsulas de porcelana) e a homogeneização das amostras de lodo. Em seguida foi adicionado aproximadamente 50g de amostra de lodo em cada cadinho. Os cadinhos, contendo o material, foram introduzidos em uma estufa de secagem (Figura 1) a 105°C por 24 horas. Após este período, os cadinhos foram retirados e esfriados em um dissecador e posteriormente pesados para a determinação de sólido total presente no lodo. O ensaio de

1 Saron, Alexandre. Professor Mestre e Doutor do Centro Universitário SENAC – Santo Amaro.

sólidos totais foi realizado no Laboratório de Química do Centro Universitário Senac.



Figura 1 - Amostras de lodo na estufa de secagem

Fonte: Vinícius Correia, 2017

3.1.1 Preparação da massa cerâmica, conformação, secagem, queima e testes dos corpos de prova

3.2.1.1 Primeiro ensaio - Determinação da composição básica da argila expandida

Em vista da dificuldade em se obter informações sobre as porcentagens exatas da incorporação dos aditivos na fabricação de argila expandida, houve a necessidade de realizar o preparo da massa cerâmica variando a porcentagem de seus aditivos (serragem, talco e bentonita), apresentados na Figura 2, para que assim fosse analisado quais porcentagens podem tornar a argila expandida desenvolvida nesta pesquisa mais semelhante com a argila expandida disponível no mercado. Após esta análise, pôde-se iniciar a incorporação do lodo no processo.



Figura 2 - Aditivos incorporados à massa cerâmica

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

Os aditivos foram obtidos com granulometrias muito finas, que segundo Satoshi² (com. pess., 2017), é ideal para a boa para a boa mistura e aglutinação dos insumos utilizados no preparo da massa cerâmica.

A argila (barro), a bentonita e o talco foram adquiridos através da loja Hobby Cerâmica, já a serragem foi obtida no Laboratório de Design Industrial do Centro Universitário Senac. O talco e a bentonita foram obtidos com granulometrias de 200 mesh ou 0,077 milímetros. Já a serragem foi obtida em uma granulometria de 80 mesh ou 0,177 milímetros.

Dando início, foram elaborados cinco corpos de prova ainda sem nenhuma porcentagem de lodo, e variando a porcentagem dos aditivos utilizados para a fabricação de argila expandida. Os corpos de prova foram realizados em triplicatas para uma melhor representação.

A massa de argila utilizada para a realização dos cinco corpos de prova foi fixada em 25,3 gramas, que foi a quantidade necessária para que a argila expandida elaborada apresentasse o tamanho e formato que normalmente as argilas expandidas disponíveis no mercado apresentam. Durante o processo, para obter uma melhor mistura entre a massa de argila e os aditivos adicionados, foram adicionados um total de 4 mL de água, medidos em uma pipeta.

A relação das porcentagens de serragem, bentonita e talco incorporadas à massa cerâmica dos corpos de prova está apresentada no Quadro 1, ressaltando que essas porcentagens, se somadas, apresentam um valor de até 3% da massa total de argila utilizada, que é a porcentagem de aditivos normalmente encontrada na massa cerâmica para a fabricação de argila expandida.

Porcentagens (%) dos aditivos incorporados à massa cerâmica			
Corpo de Prova (sem lodo)	Serragem	Bentonita	Talco
1	1,0	1,0	1,0
2	1,0	0,5	0,5
3	0,5	1,0	0,5
4	0,5	0,5	1,0
5	3,0	0,0	0,0

Quadro 1 - Porcentagens dos aditivos incorporados à massa cerâmica

Fonte: Elaboração própria

Após a mistura dos insumos e aditivos da massa cerâmica, foi realizada a etapa de conformação, onde manualmente foi dado o formato arredondado aos corpos de prova.

Dando continuidade, os corpos de prova foram secos naturalmente, deixados sobre uma bandeja em local onde não havia incidência solar. Em seguida os corpos de prova foram queimados durante doze horas, no forno industrial do Laboratório de Design Industrial do Centro Universitário Senac a 900° C, para a obtenção das argilas expandidas com as

2 Satoshi, Emília. Professora Mestre e Doutora do Centro Universitário SENAC – Santo Amaro.

diferentes porcentagens de incorporação dos aditivos. Assim foi possível compará-la com a argila expandida disponível no mercado, através dos testes de resistência à compressão e de umidade.

Em seguida foi realizado o teste de absorção de água. Os corpos de prova foram pesados em uma balança analítica (marca TOLEDO) para medir suas massas. Após a pesagem, cada corpo de prova foi submerso em um béquer com água, e posteriormente foram pesados na mesma balança para que se analise o ganho de massa e a quantidade de absorção de água da argila expandida. Este teste foi realizado no Laboratório de Química do Centro Universitário SENAC.

No teste de resistência à compressão, os corpos de prova foram dispostos em uma máquina de ensaio de compressão (marca OSWALDO FLIZOLA, modelo AMW-5kN) onde foi aplicado uma força no material para que fosse possível analisar a sua resistência em relação à compressão. As argilas expandidas elaboradas foram submetidas à pressão aumentada progressivamente até sua ruptura. Juntamente com esta máquina, foi possível verificar a força aplicada nos corpos de prova, através do Software (Dynaview Standard – Pro). Os resultados das forças aplicadas foram dados na unidade de medida Newton. Este teste foi realizado no Laboratório de Metrologia localizado no Laboratório de Design Industrial do Centro Universitário Senac.

Ambos os testes foram realizados também com a argila expandida disponível no mercado, para que a mesma seja comparada com os corpos de prova da argila expandida elaborada no presente trabalho. Após os testes, pôde-se constatar que o corpo de prova com maior porcentagem de serragem foi o que apresentou maior semelhança em relação à argila expandida disponível no mercado.

A partir disso, foram iniciados os preparos dos corpos de prova com a incorporação do lodo de ETA em diferentes concentrações percentuais.

3.2.1.2. Segundo ensaio - Incorporação do lodo de ETA à massa cerâmica

No segundo ensaio, foram realizadas as mesmas etapas (preparação da massa cerâmica, secagem, queima e testes) utilizando a mesma metodologia referente ao primeiro ensaio, com exceção da incorporação do lodo de ETA. As etapas de preparação da massa cerâmica, incorporação do lodo no processo e criação dos corpos de prova foram realizados no Laboratório de Química do Centro Universitário Senac.

Na etapa de elaboração dos corpos de prova com a incorporação do lodo de ETA foi realizada a mistura dos insumos e aditivos necessários (argila, água, serragem, bentonita e talco) e a incorporação do lodo de ETA nas concentrações percentuais de 5, 10, 15, 20 e 50%, para que se encontre a dosagem ideal, tendo em vista a adequação das características da massa cerâmica criada às especificações definidas para o uso da argila expandida. Além disso, a determinação de diferentes concentrações do lodo na massa cerâmica é essencial

para que se analise o desempenho argila expandida realizada quando comparada com a argila expandida disponível no mercado.

Foram elaborados os corpos de prova fixando as porcentagens de bentonita e talco e variando as porcentagens de serragem e de lodo, já que a partir do resultado do primeiro ensaio pôde-se constatar que o corpo de prova com a maior porcentagem de serragem apresentou maior semelhança com a argila expandida disponível no mercado.

Portanto, a massa cerâmica de cada corpo de prova foi preparada de acordo com as porcentagens de insumos e aditivos apresentadas na Tabela 1.

Corpo de Prova	Bentonita (%)	Talco (%)	Serragem (%)	Lodo (%)
CP 1	0,5	0,5	3	5
CP 2	0,5	0,5	3	10
CP 3	0,5	0,5	3	15
CP 4	0,5	0,5	3	20
CP 5	0,5	0,5	3	50
CP 6	0,5	0,5	5	5
CP 7	0,5	0,5	5	10
CP 8	0,5	0,5	5	15
CP 9	0,5	0,5	5	20
CP 10	0,5	0,5	5	50
CP 11	0,5	0,5	7	5
CP 12	0,5	0,5	7	10
CP 13	0,5	0,5	7	15
CP 14	0,5	0,5	7	20
CP 15	0,5	0,5	7	50

Tabela 1 - Porcentagens de insumos e aditivos adicionados à massa cerâmica

Fonte: Elaboração própria

Como o lodo já possui uma quantidade de água relevante, não foi preciso incorporar água no processo. As Figuras 3 e 4, ilustram a incorporação do lodo e dos aditivos no preparo da massa cerâmica. Já as Figuras 5 e 6, ilustram os corpos de provas realizados.

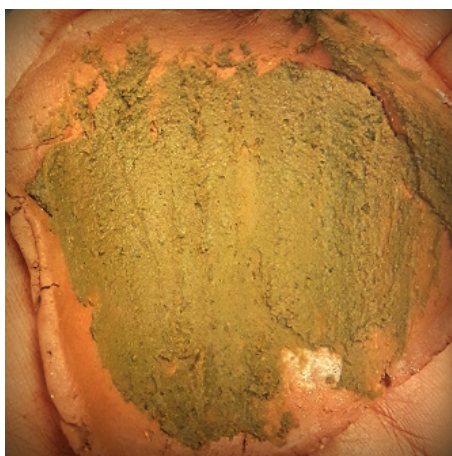


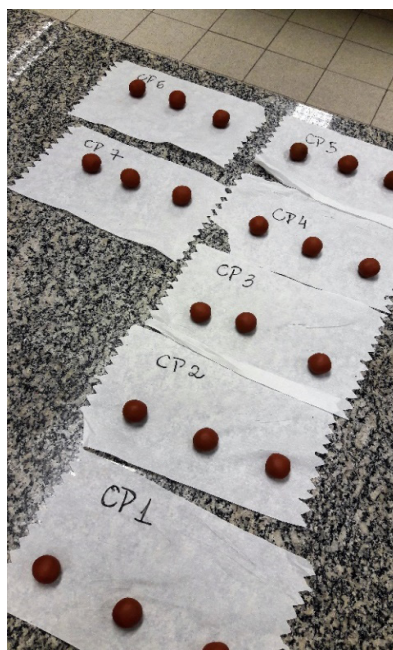
Figura 3 - Incorporação do lodo na preparação da massa cerâmica

Fonte: Caroline Oliveira, 2017



Figura 4 - Insumos e aditivos utilizados na preparação da massa cerâmica

Fonte: Caroline Oliveira, 2017



Figuras 5 e 6 - Corpos de prova elaborados – 1 ao 15

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

Após o preparo da massa cerâmica e a realização dos corpos de prova, os mesmos foram secos naturalmente durante cerca de uma semana e, após este período, foram submetidos à etapa da queima, em um forno industrial à 1.100° C por doze horas. As Figuras 7 e 8 ilustram os corpos de prova antes e após serem queimados.



Figuras 7 e 8 - Corpos de prova pré e pós queima

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

Após a etapa da queima, foram realizados o teste de absorção de água (Figura 9) e o ensaio de resistência à compressão (Figura 10), assim como foram realizados no primeiro ensaio.



Figura 9 - Teste de absorção de água - 2º ensaio

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

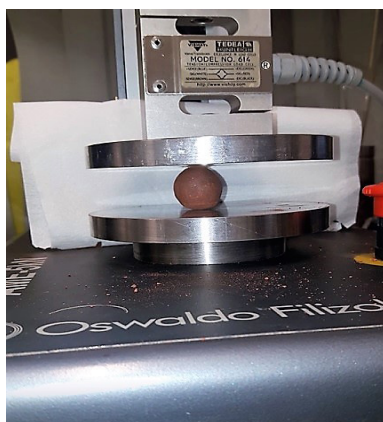


Figura 10 - Ensaio de resistência à compressão - 2º ensaio

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados da análise de sólidos

Para a análise de sólidos realizada para as três amostras de lodo, observa-se no Quadro 2 que, a porcentagem de sólidos apresentou uma média de aproximadamente 20%, enquanto a porcentagem de água foi de aproximadamente 80%. Estas porcentagens estão de acordo quando se trata de lodo de ETA, já que ele compõe, em sua maioria, por volta de 95% de água. A porcentagem de água obtida (80%) na análise de sólidos encontra-se abaixo da porcentagem normalmente encontrada em lodo de ETA (95%), em vista do processo de desidratação que o lodo já havia sofrido na ETA de origem. Como pode-se observar na Figura 11, as amostras após serem secas na estufa de secagem, sofreram uma perda de volume significativa.

Análise de Sólidos (A)			
-	A1 (g)	A2 (g)	A3 (g)
Tara	94,54	86,14	112,18
Amostra	50,26	50,16	50,04
Peso total inicial	144,816	136,315	162,22
Peso total final	104,56	96,18	122,1
Diferença	40,25	40,13	40,12
% Água	80,07	79,99	80,17
% Sólidos	19,92	20	19,82

Quadro 2 - Resultados da Análise de Sólidos do lodo de ETA

Fonte: Elaboração própria



Figura 11 - Amostras de lodo depois da secagem

Fonte: Vinícius Correia, 2017

4.1.1 Resultados do primeiro ensaio - Determinação da composição básica da argila expandida

Em relação ao primeiro ensaio, após a queima dos corpos de prova, foi possível analisar a perda de massa dos mesmos, já que neste processo parte da umidade é evaporada e toda a serragem é queimada. Os resultados das perdas de massa estão contidos no Quadro 3.

Peso (g) dos corpos de prova pré e pós queima						
Corpos de Prova	Triplicatas					
	1^a		2^a		3^a	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
Corpo de Prova 1	25,412	16,032	25,398	16,12	25,396	16,221
Corpo de Prova 2	25,369	16,201	25,388	16,013	25,376	16,34
Corpo de Prova 3	25,344	16,454	25,375	16,578	25,357	16,556
Corpo de Prova 4	25,487	16,698	25,422	16,726	25,355	16,477
Corpo de Prova 5	25,402	15,778	25,376	15,654	25,387	15,987

Quadro 3 - Perda de massa dos corpos de prova após processo de queima – 1º ensaio

Fonte: Elaboração própria

A partir do Quadro 3, foi possível observar que os corpos de prova onde a porcentagem de serragem foi maior, obtiveram uma maior perda de massa, devido a queima da serragem que ocorre durante o processo. Após a queima, foi realizado o teste de absorção de água, onde, a partir dos resultados apresentados no Quadro 4, pôde-se analisar a capacidade de absorção de umidade das argilas expandidas elaboradas, devido a estrutura porosa que a queima da serragem proporciona.

Peso (g) dos corpos de prova pré e pós saturação - Teste de Absorção de Água						
Corpos de Prova	Triplicatas					
	1^a		2^a		3^a	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
Argila expandida disponível no mercado (Branco)	12,545	15,983	9,87	12,745	11,33	14,544
Corpo de Prova 1	16,032	16,998	16,12	17,324	16,221	17,021
Corpo de Prova 2	16,201	17,458	16,013	17,132	16,34	17,054
Corpo de Prova 3	16,454	16,98	16,578	16,876	16,556	16,854
Corpo de Prova 4	16,698	16,996	16,726	17,034	16,477	16,943
Corpo de Prova 5	15,778	17,454	15,654	17,639	15,987	17,498

Legenda: Mi: Massa Inicial; Mf: Massa Final

Quadro 4 - Resultados do ganho de massa das argilas expandidas pós saturação - 1º ensaio

Fonte: Elaboração própria

A partir dos resultados do ganho de massa das argilas expandidas, pôde-se perceber que a argila expandida disponível no mercado possui uma capacidade de absorção maior do que as elaboradas neste primeiro ensaio. Em vista desses resultados, os corpos de prova elaborados no segundo ensaio foram preparados mantendo a porcentagem de 3% e

acrescentando mais porcentagens acima deste valor (5% e 7%).

Em seguida, foi realizado o teste de resistência à compressão, onde todos os corpos de prova apresentaram uma maior resistência em relação à argila expandida disponível no mercado, conforme o Quadro 5. Porém, o corpo de prova que apresentou resultados mais próximos aos resultados da argila expandida disponível no mercado foi o corpo de prova 5, que possuía a maior porcentagem de serragem (3%).

Resultados Teste de Resistência à Compressão (N)			
Corpos de Prova	Triplícatas		
Argila Expandida disponível no mercado (Branco)	560	1100	790
Corpo de Prova 1	2800	3200	3500
Corpo de Prova 2	3800	2500	3100
Corpo de Prova 3	3200	3000	3000
Corpo de Prova 4	3200	3600	3700
Corpo de Prova 5	2100	2100	2400

Quadro 5 - Resultados do teste de resistência à compressão – 1º ensaio

Fonte: Elaboração própria

Após o teste de resistência a compressão (Figura 12), pôde-se observar o interior da argila expandida de cada corpo de prova. Quando a serragem é totalmente queimada formam-se poros no interior da argila expandida, característica que fornece à argila expandida uma alta absorção de umidade.

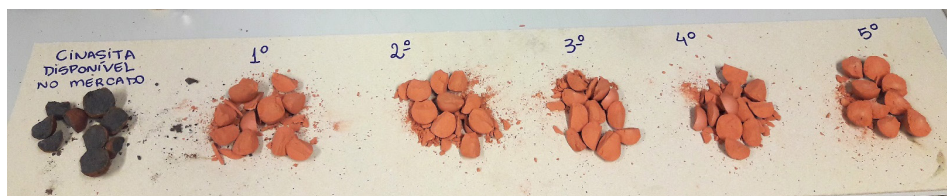


Figura 12 - Corpos de provas após teste de resistência à compressão

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

4.1.2 Resultados do segundo ensaio - Incorporação do lodo de ETA à massa cerâmica

No segundo ensaio, assim como no primeiro, após a queima dos corpos de prova, foi possível analisar a perda de massa dos mesmos, através da diferença entre os pesos pré e pós queima. Os resultados das perdas de massa estão contidos no Quadro 6.

Resultados do peso (g) dos corpos de prova pós queima						
Corpos de Prova	Triplícatas					
	1ª		2ª		3ª	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
Corpo de Prova 1	25,345	14,469	14,239	14,336	25,378	14,396
Corpo de Prova 2	25,265	14,059	25,303	14,112	25,278	14,233
Corpo de Prova 3	25,388	13,976	25,832	13,862	25,763	13,88
Corpo de Prova 4	25,332	14,377	25,355	14,322	25,294	14,143
Corpo de Prova 5	25,324	10,46	25,332	10,387	25,347	10,233
Corpo de Prova 6	25,409	14,827	25,353	14,786	25,386	14,633
Corpo de Prova 7	25,422	14,483	25,431	14,541	25,439	14,622
Corpo de Prova 8	25,32	14, 251	25,45	14,492	25,45	14,281
Corpo de Prova 9	25,112	14,022	25,156	13,912	25,144	13,843
Corpo de Prova 10	25,207	10,301	25,196	10,277	25,254	10,295
Corpo de Prova 11	25,178	14,97	25,183	14,73	25,179	14,749

Corpos de Prova	Triplícatas					
	1ª		2ª		3ª	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
Corpo de Prova 12	25,184	14,476	25,162	14,953	25,189	14,908
Corpo de Prova 13	25,123	14,373	25,145	14,387	25,113	14,322
Corpo de Prova 14	25,206	14,059	25,212	14,032	25,266	14,053
Corpo de Prova 15	25,257	10,095	25,29	10,08	25,271	10,044

Legenda: Mi: Massa Inicial; Mf: Massa Final

Quadro 6 - Perda de massa dos corpos de prova após processo de queima – 2º ensaio

Fonte: Elaboração própria

A partir do Quadro 6, foi possível observar que os corpos de prova 5, 10 e 15, em que foi incorporado a maior porcentagem de lodo, de 50%, obtiveram uma maior perda de massa, devido a evaporação da umidade presente no lodo. As porcentagens de serragem 3%, 5% e 7% dos corpos de prova 5, 10 e 15, respectivamente, quando incorporados 50% de lodo, não influenciaram na perda de massa, em vista que mesmo possuindo diferentes porcentagens de serragem, estes três corpos de prova apresentaram uma média de 10 gramas após o processo de queima, que ilustra a pesagem do corpo de prova 15. Portanto, verificou-se que a adição do lodo também promoveu o aumento na porosidade das peças. Isto se deve à granulometria do lodo que, segundo TARTARI (2008), é principalmente arenosa e siltosa.

Os corpos de prova 5, 10 e 15, obtiveram um peso pós queima muito similar ao peso de uma argila expandida convencional que pesa cerca de 8 a 10 gramas (dependendo do seu tamanho). Quando se trata das características visuais de uma argila expandida, as argilas expandidas elaboradas neste trabalho são muito similares às convencionais, como é ilustrado na Figura 13.



Figura 13 - Argila expandida elaborada

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

Peso (g) dos corpos de prova pré e pós saturação - Teste de Absorção de Água						
Corpos de Prova	Triplicatas					
	1ª		2ª		3ª	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
Argila expandida disponível no mercado (Branco)	12,545	15,983	9,87	12,745	11,33	14,544
Corpo de Prova 1	14,469	15,200	14,336	15,378	14,396	15,111
Corpo de Prova 2	14,059	15,470	14,112	15,243	14,233	15,300
Corpo de Prova 3	13,976	15,478	13,862	15,670	13,88	15,513
Corpo de Prova 4	14,377	15,200	14,322	15,450	14,143	15,332
Corpo de Prova 5	10,46	12,17	10,387	12,345	10,233	12,212
Corpo de Prova 6	14,827	15,067	14,786	15,023	14,633	15,016
Corpo de Prova 7	14,483	15,112	14,541	15,098	14,622	15,137
Corpo de Prova 8	14,251	15,168	14,492	15,294	14,281	15,238
Corpo de Prova 9	14,022	14,570	13,912	15,845	13,843	15,409
Corpo de Prova 10	10,301	14,238	10,277	13,403	10,295	13,254
Corpo de Prova 11	14,97	15,156	14,73	15,110	14,749	15,127
Corpo de Prova 12	14,476	15,233	14,953	15,300	14,908	15,450
Corpo de Prova 13	14,373	15,380	14,387	15,347	14,322	15,321
Corpo de Prova 14	14,059	15,565	14,032	15,498	14,053	15,623
Corpo de Prova 15	10,095	13,876	10,08	14,69	10,044	14,733

Legenda: Mi: Massa Inicial; Mf: Massa Final

Quadro 7 - Resultados do ganho de massa das argilas expandidas pós saturação - 2º ensaio

Fonte: Elaboração própria

Observando o Quadro 7, é possível afirmar que as argilas expandidas referentes aos corpos de prova 10 e 15 foram as que obtiveram uma maior capacidade de absorção, ganhando em média 3 gramas após saturação, assim como as argilas expandidas convencionais, de acordo com o teste de absorção de água realizado. Portanto, e assim

como ressaltado no primeiro ensaio, as argilas expandidas que continham uma maior porcentagem de serragem em sua composição foram as que obtiveram um melhor resultado no teste, absorvendo mais umidade.

O Quadro 8 apresenta os resultados do ensaio de resistência à compressão realizado. Nota-se que os valores obtidos a partir do ensaio de resistência à compressão de todas as argilas expandidas elaboradas variaram de 780 a 3900 N. Como pode-se observar, as argilas expandidas referentes aos corpos de prova 1 e 2 foram as que obtiveram uma maior resistência em relação às demais, tendo seus valores variando entre 3750 e 3900 N, se distanciando muito do valor de resistência da argila expandida convencional que variou de 557 a 1100 N.

Resultados do Teste de Resistência à Compressão (N)			
Corpos de Prova	Triplicatas		
Argila expandida disponível no mercado (Branco)	557	1100	790
Corpo de Prova 1	3800	3900	3860
Corpo de Prova 2	3750	3800	3890
Corpo de Prova 3	3100	3240	3130
Corpo de Prova 4	3000	3050	3000
Corpo de Prova 5	1220	1340	1250
Corpo de Prova 6	2890	2770	2250
Corpo de Prova 7	2700	2600	2600
Corpo de Prova 8	2890	2950	2650
Corpo de Prova 9	2540	2500	2400
Corpo de Prova 10	860	800	820
Corpo de Prova 11	2240	2380	2150
Corpo de Prova 12	2110	2200	2230
Corpo de Prova 13	2020	2020	2040
Corpo de Prova 14	2000	1900	1790
Corpo de Prova 15	800	780	810

Quadro 8 - Resultados do teste de resistência à compressão - 2º ensaio

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que a argila expandida referente aos corpos de prova 10 (contendo em sua composição 0,5% de bentonita 0,5% de talco, 5% de serragem e 50% de lodo) e 15 (contendo em sua composição 0,5% de bentonita 0,5% de talco, 7% de serragem e 50% de lodo) apresentaram valores de resistência à compressão muito semelhantes ao da argila expandida convencional.

As Figuras 14, 15 e 16 ilustram as argilas expandidas após o ensaio de resistência à compressão. Na Figura 17, ressalta-se a característica porosa do interior da argila expandida, proporcionada pela incorporação da serragem no processo.

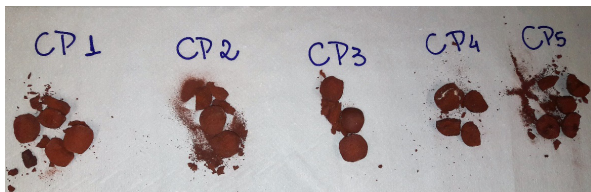


Figura 14 - Teste de resistência à compressão – 2º ensaio – Corpos de prova 1 ao 5

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

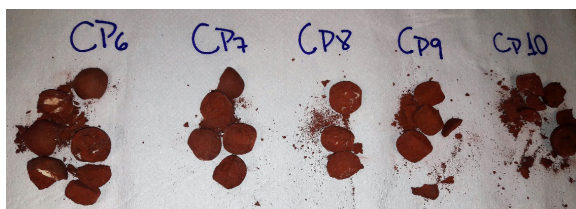


Figura 15 - Teste de resistência à compressão – 2º ensaio – Corpos de prova 6 ao 10

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

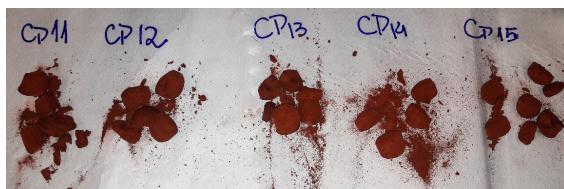


Figura 16 - Teste de resistência à compressão – 2º ensaio – Corpos de prova 11 ao 15

Fonte: Caroline Oliveira, 2017



Figura 17 - Porosidade da argila expandida devido à incorporação de serragem – 2º ensaio

Fonte: Caroline Oliveira, 2017

5 | CONCLUSÕES

Diante das problemáticas apresentadas e também das inúmeras aplicações existentes para argila expandida no setor de construção civil, o desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise da incorporação do lodo de estações de tratamento de água como matéria prima na fabricação de argila expandida, a fim de obter uma redução de extração de argila utilizada para este fim e uma destinação final adequada para o resíduo em questão.

No processo da elaboração da massa cerâmica, a adição da serragem é um processo fundamental para a obtenção dos poros e da leveza do produto final. De acordo com os testes, uma maior quantidade de serragem possibilita uma maior semelhança com as argilas expandidas convencionais.

Ao realizar o ensaio de resistência à compressão nos corpos de prova elaborados, verificou-se que quanto maior a quantidade de serragem adicionada à massa cerâmica, maior seria a porosidade e leveza do produto final. As massas cerâmicas com a porcentagem de serragem de 5% e 7%, apresentaram mais porosidade e leveza, se tornando muito similares às argilas expandidas convencionais.

Em relação ao teste de absorção de água, as amostras com maior porcentagem de serragem apresentaram uma maior capacidade de absorção de umidade, devido sua porosidade ser maior do que as argilas expandidas que continham uma menor porcentagem de serragem em sua composição.

O corpo de prova em que a adição de serragem foi de 7% e a incorporação de lodo foi de 50% (CP 15), foi o que mais se assemelhou à argila expandida convencional, em vista que apresentou resultados muito semelhantes em relação à resistência à compressão, absorção de umidade e peso. As características visuais do CP 15 são muito semelhantes às das argilas expandidas convencionais. O CP 15 foi o mais leve e o que apresentou mais poros, isto deve-se ao fato da quantidade do lodo e serragem incorporados.

Em vista dos resultados apresentados no presente estudo, as argilas expandidas elaboradas com 50% de incorporação de lodo, por terem se assemelhado às argilas expandidas convencionais, podem utilizadas no setor de construção civil. Podem ser utilizadas, por exemplo, como isolamento térmico e acústico, no enchimento de lajes, fabricação de concreto leve estrutural e no paisagismo (decoração e técnica de hidroponia).

Portanto, a partir dos resultados do presente estudo, é possível realizar a substituição parcial da argila por lodo de ETA na massa cerâmica para a produção de argila expandida, reduzindo o consumo de argila e água no processo e destinando adequadamente o lodo de ETA.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; HOPPEN, C.; TAMANINI, C. R.; NEVES, P. S. **Alternativas de Uso de Resíduos de Saneamento – Produção, Composição e Constituição do Lodo de Estação de Tratamento de Água**. PROSAB. Capítulo III. Curitiba, Paraná. 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Documentos 209, ISSN 1517-8498/ fevereiro de 2006. Seropédica – RJ. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/>. Acesso em: 18/02/2017.

FERREIRA, B.S; CALIARI. **Utilização de lodo de ETA na fabricação de tijolos ara construção de casas populares**. Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo. 2008. Disponível em: <http://pse.ifes.edu.br/prppg/pesquisa/jornadas/jornada_2007_2008/PIBIC/Engenharias/PIBIC%20-%20ENG%20-%20Paulo%20Cezar%20Caliari%20-%20Bianca%20-%20116%20117.pdf>. Acesso em: 26/02/2017.

KATAYAMA, V. T. **Quantificação da produção de lodo de estações de tratamento de água de ciclo completo: uma análise crítica**. V.T. Katayama. – São Paulo, 2012.

OLIVEIRA, E. M. S. et al. **Caracterização de resíduo (lodo) proveniente de estação de tratamento de águas visando sua utilização em cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2004.

TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. **Aproveitamento E Disposição Final De Lodos De Estações De Tratamento De Água Do Estado De São Paulo**. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa: ABES, 2001.

LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DOS CONDOMÍNIOS LOCALIZADOS NA ZONA CENTRO - SUL DA CIDADE DE MANAUS

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 05/06/2020

Juciely Leite Costa Cortez

Fundação Centro de Análise, Pesquisa e
Inovação Tecnológica
Instituto de Ensino Superior Fucapi
Manaus – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/4375941992461129>

Ana Lúcia Barros de Andrade

Universidade Federal Do Amazonas - UFAM
Manaus – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/6100707435535916>

Marcos Vinicius Barros de Andrade

Fundação Centro de Análise, Pesquisa e
Inovação Tecnológica
Instituto de Ensino Superior Fucapi
Manaus – Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/1103838761573449>

RESUMO: O Brasil é um país onde o Saneamento básico, e principalmente o esgotamento sanitário das cidades são inexistentes, os sistemas de tratamento de esgoto não recebem a devida avaliação por parte dos órgãos ambientais, quanto a concepção, manutenção e operação, uma vez que o efluente sanitário sem tratamento é lançado bruto nos corpos hídricos. O Estado do Amazonas e sua capital Manaus corroboram do mesmo problema enfrentado pelo país. Manaus é cortada por vastas redes de igarapés, dentre estes, o igarapé do Mindu, passando pela zona Centro-sul e desaguando na Zona Sul

de Manaus. A pesquisa traz uma problemática complexa de cunho socioambiental, legislação ambiental e licenciamento dos sistemas de tratamento de efluentes. Estudamos sete bairros da região Centro-Sul da cidade de Manaus. Os órgãos responsáveis pela gestão da política ambiental na cidade de Manaus, sendo estes o Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMAS) e Instituto Municipal de Planejamento Urbano (IMPLURB). De posse dos dados de aproximadamente 373 condomínios construídos na Zona Centro-Sul de Manaus, sendo que todos estão habitados, do total de condomínios, 71% dos condomínios não possuem licenciamento ambiental para operação da estação de tratamento de esgoto os que estão com o prazo de validade da licença vencida são 7%, os que se encontram com a licença vigente 7% e as licenças que estão em processo de renovação 15%. Verifica-se a importância de uma tomada de gestão dos órgãos ambientais para os sistemas de tratamento de esgoto na área de estudo, afim de que se cumpra a legislação ambiental e para que se tenha embasamento na implantação de novas políticas públicas promovendo a melhoria da qualidade de vida da população e o equilíbrio ambiental dos recursos hídricos da cidade de Manaus.

PALAVRAS - CHAVE: Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), Condomínios, Licenciamento ambiental.

ENVIRONMENTAL LICENSING OF EFFLUENT TREATMENT PLANTS OF CONDOMINIUMS LOCATED IN THE SOUTH-CENTRAL AREA OF THE CITY OF MANAUS

ABSTRACT: Brazil is a country where basic sanitation, especially sanitary sewage in cities, does not exist. Sewage treatment systems do not receive due assessment by environmental agencies, regarding the design, maintenance and operation, since the effluent untreated sewage is thrown raw into water bodies. The State of Amazonas and its capital Manaus corroborate the same problem throughout the country. Manaus is crossed by vast networks of streams, such as the Mindu stream, passing through the Center-South zone and flowing into the South Zone of Manaus. The research brings a complex socio-environmental issue, environmental legislation and licensing of waste treatment systems. We studied seven neighborhoods in the Center-South region of the city of Manaus. The agencies responsible for the management of environmental policy in the city of Manaus are the Institute for Environmental Protection of Amazonas (IPAAM), Municipal Secretariat for the Environment and Sustainability (SEMMAS) and Municipal Institute for Urban Planning (IMPLURB). With the data of approximately 373 condominiums built in the Center-South Zone of Manaus, all of which are inhabited, we found 71% of the condominiums do not have an environmental license for the operation of the sewage treatment plant, 7% with expired license, 7% with current license and 15% with pending licenses that are in the process of renewal. We verified the importance of action towards management of the sewage treatment systems in the study area by environmental agencies, in order to comply with environmental legislation and to establish basis for implementation of new public policies promoting improvement in quality of life of the population and the environmental balance of water resources in the city of Manaus. **KEYWORDS:** Sewage Treatment Station (ETE), Condominiums, Environmental licensing.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um país onde o saneamento, e principalmente o esgotamento sanitário, ainda são privilégios de poucos, passando ao largo das periferias onde vive a maioria da população. No imaginário dos moradores, a manilha, a vala, o córrego e a fossa que transborda constituem o único sistema de esgoto conhecido. O acesso ao saneamento básico no Brasil ainda é problemático. Hoje, segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), mais da metade dos domicílios brasileiros, cerca de 56%, ou 25 milhões de residências, não possuem ligação com a rede coletora de esgoto, e 80% dos resíduos são lançados diretamente nos rios, sem nenhum tipo de tratamento. Esses dados tornam-se ainda mais dramáticos quando se considera que a existência da rede coletora de esgoto, por si só, não assegura o acesso ao serviço para a população mais pobre, que não dispõe, dentro das suas casas, das instalações hidráulicas e sanitárias mínimas para se conectar ao sistema.

Os fatos descritos acima também corroboram com a situação que se encontra o estado do Amazonas sendo classificado como um dos piores, quando se fala de saneamento básico e mais especificamente o tratamento de águas residuais, importante frisar que

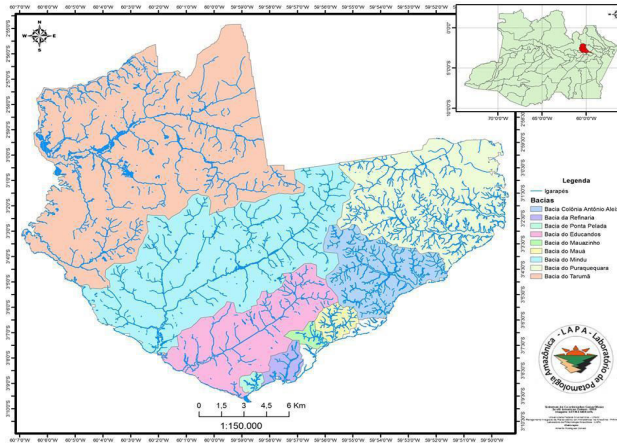
o Estado tem uma peculiaridade tendo em vista que a bacia hidrográfica da Amazônia transcorre o mesmo de ponta a ponta, e que a referida bacia hidrográfica é responsável por 40% de água doce existente no território brasileiro e representa 60% disponível no País, se atribui esta característica ao conjunto de enormes cursos hídricos como Rio Negro e Solimões, e de pequenos igarapés, constituindo-se assim na maior consolidação hidrográfica do mundo. (BRASIL, 2006).

A Bacia Amazônica localiza-se na Região Norte e Nordeste do Brasil percorrendo por diversos Estados da Federação principalmente o Estado do Amazonas, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2014), é um país privilegiado em termos de recursos hídricos, pois possui cerca de 12% de toda a água doce que escorre na superfície do mundo. Porém, a distribuição dessa água no território nacional deixa muito a desejar: 72% desses 12% localizam-se na região norte. Diante dessa característica da região a bacia proporciona os múltiplos usos dos recursos hídricos dentre eles uso para o abastecimento de água das cidades, atividades como pesca, recreação e lazer. A capital Manaus é banhada por um gigantesco curso hídrico denominado de Rio Negro, e dentro da zona urbana da cidade existem quatro sub-bacias hidrográficas e várias micro-bacias e diversos igarapés que as compõem.

Igarapé é o nome genérico de “pequeno curso d’água”, palavra que no Brasil foi adotada do nheengatu, a língua geral, originária do tupi-guarani. O igarapé (igara, que significa “embarcação escavada no tronco de uma só árvore” e pé, que significa “caminho”). Na Amazônia os igarapés são importantes não apenas, como componentes do ecossistema, mas também como vias de locomoção, fontes de alimento e água para uso doméstico, além de servirem de áreas de lazer para os homens da região.

A cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, é cortada por vastas redes de igarapés que drenam grandes volumes de águas pluviais que recaem sobre as áreas consolidadas do município, e que por meio de escoamento superficial ou infiltração recarregam esses recursos hídricos, desta maneira influenciando diretamente nos fluxos e interações ecológicas dos múltiplos habitats. Fato importante de se ressaltar é que a floresta é essencial à manutenção da qualidade da água, do solo e da preservação da biodiversidade aquática.

Manaus está dividida em quatro Bacias urbanas, sendo a Bacia de Educando, cujo principal contribuinte é o igarapé do Quarenta, Bacia do São Raimundo, principal contribuinte é o Igarapé do Mindu; Bacia do Puraquequara e Bacia do Tarumã.



Mapa 1- Rede hidrográfica da cidade de Manaus dividida por sub-bacia.

Fonte: Laboratório de Potamologia Amazônica, 2013.

Segundo Cleto Filho e Walker (2001) que mostra uma elevada preocupação com a degradação do igarapé do Mindu em função do aumentando populacional e desordenamento urbano. Relatando que as alterações da qualidade atual das águas dos igarapés de Manaus, e principalmente do Mindu é ocasionada pelas influências antrópicas que vem crescendo a cada dia, certamente estas alterações acarretam diretamente nos impactos ambientais.

O igarapé que deságua no rio Negro pelo bairro São Raimundo, na zona Oeste, sofreu bastante durante o desenvolvimento da cidade. Com a implantação da Zona Franca a partir da segunda metade da década de 1960 tornou Manaus um enclave industrial localizado em pleno centro da Amazônia Ocidental, esta recebeu forte impacto sobre a estrutura organizacional do seu espaço. A ação humana acabou por poluir o córrego, que hoje encontra-se sem nenhuma condição de uso ou banho.

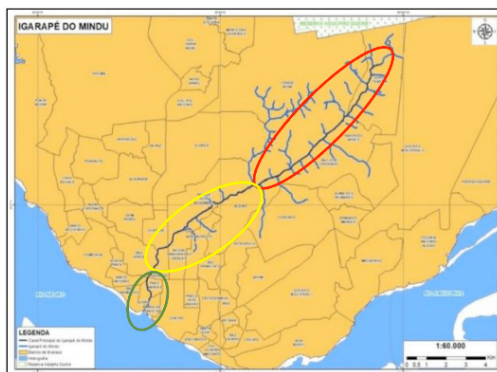


Foto 1- Balneário do parque dez de novembro no ano 1950 à esquerda e pala fitas nas margens do Igarapé do Mindu à direita, uma perspectiva do antes e depois da área do Igarapé.

Fonte: Manaus De Antigamente, 1950.

Fonte: Klevia Da Silva Paes, 2009.

O igarapé do Mindu que corta a cidade tem sua nascente localizada no Bairro Jorge Teixeira, Zona Leste, percorrendo no sentido Nordeste-Sudoeste, apresentando três trechos distintos: curso superior, médio superior, conforme demonstrado no Mapa abaixo.



Mapa 2- Divisão dos trechos do Igarapé do Mindu e seus respectivos bairros ao qual pertencem.

Fonte: Próprio autor, 2019.

CURSO INFERIOR – Nele encontra-se a micro bacia do São Raimundo (no Igarapé de São Raimundo) e abrange os bairros de Aparecida, Glória e o próprio São Raimundo, na Zona Sul da cidade. Neste, encontramos os campos de várzeas, produção da natureza, do homem e da cidade (Cor verde na figura 1).

CURSO MÉDIO – Área de estudo que envolve os bairros da Chapada, Parque 10 e São Geraldo. Neste espaço foram estudadas populações que freqüentam o Parque do Mindu, Passeio do Mindu e Parque dos Bilhares. Está 23 inserido na zona Centro-sul de Manaus tendo como vias importantes a Rua Recife (atualmente Avenida Mário Ypiranga), Avenidas Constantino Nery e Djalma Batista onde se encontra um centro de entretenimento, de lazer e comércio, o Millennium Shopping Center (Cor amarela na figura 1).

CURSO SUPERIOR – Localiza-se na Zona Leste, engloba os bairros de Cidade de Deus e Monte Sião. Foram verificados a produção de dois campos: um de areia no bairro Cidade de Deus e um de barro no bairro Monte Sião. Neste curso também foi notada a presença de parques infantis itinerantes no momento das visitas. Ou seja, neste ponto também existe a prática da atividade física e do lazer (cor vermelha na figura 1).

Fazendo uma caracterização das margens desse igarapé são encontradas centenas de moradias, espaços sem infraestruturas e saneamento básico e diversos pontos da cidade que possuem um espaço propício para esse tipo de construção inapropriadas, o igarapé terminou sendo associado ao saneamento básico, seguindo a lógica da água levar, mesmo que temporariamente, os resíduos das casas que não possuem coleta de lixo ou sistema de esgoto.

A promoção de níveis de habitação implica em assumir a realidade da produção

doméstica e da cidade real, buscando recuperar ou investir no melhoramento de áreas já ocupadas, proporcionando o conforto da coletividade, mantendo o equilíbrio entre o ser humano e o meio ambiente bem como entre o espaço, os habitantes e os equipamentos urbanos, visando assim, organizar os espaços habitáveis e propiciar melhores condições de vida ao homem e o meio ambiente natural, artificial ou construído (ALFONSIN FERNANDES, 2004).

O Parcelamento do Solo Urbano (loteamento) de áreas é uma atividade que tem sido responsável pelo comprometimento da qualidade ambiental e segurança da qualidade de vida da população. Tendo conseqüências como: desabamentos de moradias, enchentes, assoreamento e poluição de cursos d'água, destruição de cobertura vegetal nativa, desenvolvimento de processos erosivos, dificuldade de acessos a serviços, equipamentos e infraestrutura básica, são conhecidos e evidenciados pela mídia e constatados através de estudos.

A aprovação de loteamentos é de responsabilidade do Município e muitas vezes, sem considerar seus impactos potenciais ao ambiente. São necessários esforços em todos os níveis de governo, com a participação da sociedade, para eliminar superposições de atribuições e competências, para melhor aplicação de planejamento e controle ambientais desejáveis. Esse meio, ao ser apropriado por edificações, apresenta problemas tanto para o meio físico como para os moradores. O plano diretor de Manaus (PDM) define uma distância entre as edificações e as margens, de duas vezes e meia a largura do igarapé, a contar da margem do leito (MANAUS, 2002, Cap. II, Art. 10).

Além de um problema estrutural de políticas públicas, outra preocupação que a poluição da água causa é o surgimento de doenças de veiculação hídrica, resultado do desenvolvimento de bactérias, fungos e protozoários, micro-organismos que surgem do acúmulo de excremento e resíduos. Em Manaus, somente 10% da população tem acesso ao tratamento de esgoto, e além da poluição nos igarapés, são lançados resíduos sólidos e esgoto na orla da cidade, como se as águas da cidade estivessem reféns da poluição. (IBGE, 2010).

A falta de uma rede coletora de esgotos sanitários e a perfilagem ilegal de poços de água em virtude da falta de abastecimento de água em algumas localidades são fatores essenciais para a poluição dos igarapés. A cidade possui um sistema precário para o esgotamento sanitário. Sem informação adequada sobre as conseqüências de tal atividade, e sem a disponibilidade de terras, a população constrói suas casas às margens dos igarapés, destruindo completamente suas matas ciliares (SANTOS; WAICHMAN e BORGES, 2003).

A prefeitura municipal de Manaus por meio da Lei ordinária (1.816/2013), que institui o Código Ambiental do município, e no Art. 32, declara que as nascentes, matas ciliares e as faixas marginais dos corpos d'água existentes na cidade, como os igarapés, são áreas de preservação permanente, sendo consideradas infrações graves: o lançamento de

quaisquer efluente líquido em seus leitos, o despejo de esgoto “in natura”, bem como, entre outros, os Art. 137 e 138 tratam-se da destruição ou dano das formações vegetais de porte arbóreo nas margens.

Com base nessas informações e visando alcançar o que se propõe, esse Trabalho apresentará um levantamento de condomínios localizados na zona Centro-Sul de Manaus, que possuem licenciamento ambiental, licenciamento vencido e sem o licenciamento ambiental para funcionamento de estação de tratamento de esgoto como fonte de dados por meio de órgãos ambientais, Instituto de Proteção Ambiental da Amazônia – IPAAM e Secretária Municipal do Meio Ambiente e sustentabilidade – SEMMAS.

1.1 Setor do saneamento básico no Brasil

A realidade da maioria das cidades brasileiras, o esgoto não recebe qualquer tipo de tratamento e acaba contaminando solos, rios, oceanos e mananciais que são responsáveis muitas vezes pelo abastecimento das cidades, segundo a (ONU, 2009) cerca de 1,1 bilhão de pessoas não tem acesso à água potável e 2,4 bilhões não dispõem de condições sanitárias básicas e em boa parte destes números o Brasil está inteiramente inserido.

A superfície terrestre é coberta por 1,3 bilhão de quilômetros cúbicos de água, sendo que a quantidade de água doce líquida que se torna disponível naturalmente equivale a 8,2 milhões de km³ (0.6%). Desse valor, somente 1,2% se apresentam sob a forma de rios e lagos, sendo o restante (98,8 %) constituído de água subterrânea (MOTA, 1997).

No Brasil, são produzidos 32 milhões de metros cúbicos de águas residuais por dia. Deste total, apenas 14 milhões são coletados e somente 4,8 milhões de metros cúbicos de esgoto são tratados, volume que corresponde a apenas 15% do total produzido; o serviço é estendido a apenas 44% das famílias brasileiras. O restante é descartado de forma indiscriminada nos rios. Ainda assim, o investimento do Governo Federal é de apenas 0.04% do PIB. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2010).

Cerca de 100 milhões de brasileiros vivem diariamente sem coleta de esgoto, tal fato é responsável por cerca de 30% do total da mortalidade nacional.

Segundo o estudo Saneamento Básico: Uma agenda regulatória e institucional, da confederação nacional da indústria – CNI, para reverter esse quadro e atingir as metas do Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab, o Brasil precisa ampliar 62% dos recursos financeiros como meio de investimentos no setor, o que significa aumentar a média anual de recursos para o setor dos atuais R\$ 13,6 bilhões para R\$ 21,6 bilhões.

1.2 As principais bacias hidrográficas de Manaus

São quatro as bacias hidrográficas de Manaus: São Raimundo, Tarumã, Puraquequara e Educandos. Estas são compostas pelos igarapés principais e centenas de afluentes. A bacia do São Raimundo, por exemplo, é a que possui o maior curso d’água em extensão, e é formada pelo igarapé do Mindu (com 22 quilômetros, nascendo na Zona Norte da cidade, mais precisamente na Reserva Duque, atravessando a Zona Leste, e vindo

desaguar no Igarapé do São Jorge), além dos igarapés dos Franceses, Bindá e Franco, onde se encontram algumas das áreas críticas de alagamento da cidade (MANAUS, 2007).

A Bacia do Tarumã, formada pelos igarapés do Gigante, Tabatinga e o próprio Tarumã, é a mais preservada por ter a maior parte localizada na zona de expansão urbana (que ainda registra um pequeno adensamento populacional).

A Bacia do Puraquequara, que é composta do Rio Puraquequara e seus afluentes, também tem grande parte de sua extensão localizada na área de expansão urbana da cidade. A Bacia do Lago do Aleixo também não tem registra grande adensamento.

Por fim, a do Educandos, onde estão situados o Igarapé do Quarenta e seus afluentes, alguns dos quais já canalizados pelo Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus (Prosamim).

1.3 A importância do tratamento de esgoto e do licenciamento ambiental

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que por meio da Resolução N.º 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes, alterado pela Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) a Resolução em seu Capítulo IV, Artigos 24, e 34 e respectivos incisos, determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água (rios, lagos, etc) depois do devido tratamento e desde que obedeçam às condições, aos padrões e às exigências dispostos na referida Resolução.

No projeto de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), normalmente não há interesse em se determinar os diversos compostos do qual a água é constituída, pois esses dados não são diretamente utilizáveis como elementos de projeto e operação, segundo Sperling (2005).

O esgoto doméstico é composto por toda a água e resíduos que ela carrega pelos encanamentos de casas, escritórios e estabelecimentos comerciais, ou seja, pode-se dizer que todo lixo que produzimos utilizando a água, proveniente das pias e vasos sanitários, além do chuveiro e ralos espalhados pela casa e em muitos casos as águas das chuvas que corre pelas calçadas e sarjetas se misturam nas redes de esgoto.

A água é um bem essencial na natureza, sendo necessário a todos os processos básicos da vida. Apesar de ser um recurso natural encontrado em grande quantidade na superfície da Terra, o uso desordenado e a ação poluidora do homem está provocando o seu esgotamento, havendo crescente necessidade de sua preservação (VITERBO, 1998).

A licença ambiental acaba tendo um importante papel na preservação do meio ambiente e da qualidade de vida dos indivíduos, uma vez que, vem regular a exploração de recursos naturais, com o licenciamento de construção, ampliação e modificações gerando atividades que venham utilizar recursos naturais, ou gerar um potencial poluidor que causam impactos e degradação ambiental (REIS, 2009).

O licenciamento ambiental brasileiro baseado no princípio do poluidor pagador do direito francês, que nada mais é do que uma obrigação legal prévia à instalação de qualquer empreendimento ou atividade potencialmente poluidora ou degradadora do meio ambiente, revestindo-se num instrumento fundamental para os organismos responsáveis pela tomada de decisão, podendo associar as preocupações ambientais, junto com as estratégias de desenvolvimento social e econômico, seja numa perspectiva de curto, médio e longos prazos. (REIS, 2009).

O Licenciamento é fundamental para o correto gerenciamento dos recursos naturais, além disso, os órgãos de fiscalização procuram certificar que as ações causadoras de danos ao meio ambiente sejam conduzidas nos termos da legislação vigente (MILARÉ, 2013).

Portanto, pode-se entender que, licenciamento ambiental é a autorização expedida pelo órgão público competente, concedida a entidades para que a mesma exerça o seu direito, desde que sejam atendidos os requerimentos da lei, a fim de defender o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (MILARÉ, 2013).

Para que uma empresa ou atividades potencialmente poluidoras venham a adquirir licenciamento, o interessado deverá realizar solicitação ao órgão ambiental competente para emitir a licença, podendo ser o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), os órgãos de meio ambiente dos Estados e do Distrito Federal (Oemas), ou os órgãos municipais de meio ambiente (Ommas), (MILARÉ, 2013).

O embasamento teórico das leis de políticas ambientais. O art. 1º, § I, da Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997 (BRASIL, 1997), traz o seguinte conceito quanto ao licenciamento ambiental:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras; ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as Disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

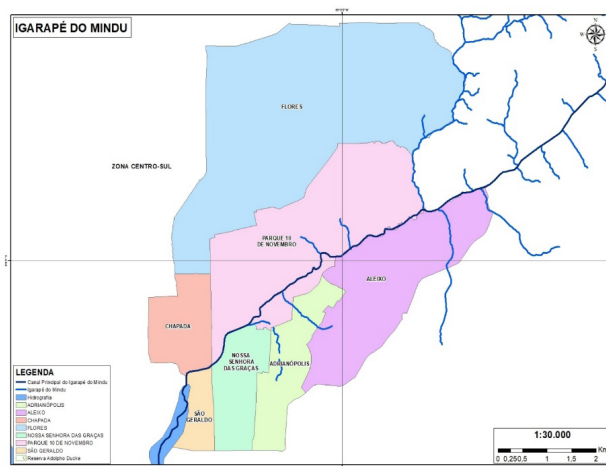
Verifica-se que o licenciamento está apoiado na Constituição Federal, e está devidamente regulada pela legislação ordinária, tendo como objetivo fim a autorização pelo Poder Público para realização de atividades potencialmente poluidoras.

2 | METODOLOGIA

2.1 A área do estudo

A área de estudo centro-sul é uma zona de destaque por acolher diferentes instituições públicas, parques municipais, o segundo maior pronto socorro da cidade, e com o maior crescimento de moradia verticalizado da cidade de Manaus (maiores empreendimentos), os 4 maiores shoppings da cidade. A área de estudo abrange um total

de 7 bairros com uma área de aproximadamente 1.000 quilômetros quadrados, moradores com a maior renda per capita da cidade. O estudo constará uma área nobre da cidade e sua responsabilidade ambiental dos seus investidores e moradores.



Mapa 3- Zona Centro-Sul da cidade de Manaus com seus respectivos bairros e a hidrografia.

Fonte: Próprio autor, 2019.

2.2 Procedimentos metodológicos

A pesquisa adotada foi documental de caráter quantitativo e qualitativo, para esse estudo foi realizada uma pesquisa na base de dados dos seguintes órgãos: Instituto de Proteção Ambiental da Amazônia (IPAAM), Secretária Municipal do Meio Ambiente (SEMMAS) e Instituto Municipal de Planejamento Urbano (IMPLURB), considerando que são órgãos gestores da política ambiental na área de estudo.

Considera a pesquisa documental “aquela realizada em documentos conservados no interior de órgãos públicos e privados de qualquer natureza ou com pessoas.” Quanto aos fins, na classificação de Vergara (2013) considera-se como aplicada. Segundo Vergara (2013), a pesquisa aplicada tem como finalidade quantificar por meio de levantamento documental os condomínios que possuem estação de tratamento de esgoto e licença ambiental na zona centro sul de Manaus.

A coleta de dados, que segundo Vergara (2009, p. 51), é como se pretende obter os dados da pesquisa, foi realizada através da base de dados dos órgãos públicos do estado e município que trata a real situação desses condomínios e aplicabilidade da legislação ambiental.

De posse das informações foi analisado e copilado em planilhas de Excel com os

seguintes dados, em coluna, unidade de empreendimento, nome do empreendimento, localização do empreendimento, quantidades de pessoas no empreendimento, status da licença ambiental, tipos de estação de tratamento. Observando os dados quantitativos e qualitativos, nas tabelas de Excel quais os condomínios na zona centro sul de Manaus possui estação de tratamento de esgoto, quantos estão com licenças validas, com licenças vencidas e os que não possuem licenças.

Posterior à compilação dos dados foi feito uma análise criteriosa da legislação para evidenciar os motivos pelos quais tais empreendimentos encontram-se nas situações de regularidades, irregularidades e inexistência das licenças ambientais.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante dos ofícios encaminhados como resposta dos órgãos consultados foram obtidas planilhas com diversas informações (Excel.xls). O IMPLURB disponibilizou informações dos condomínios como: o bairro, o nome, o endereço e o interessado, sendo que todos estão localizados na Zona Centro-Sul, e ressalta-se que todos estão efetivamente construídos e que nos mesmos residem pessoas. A SEMMAS informou na planilha o nome dos condomínios, o endereço, o bairro, que possuem Licenciamento Ambiental para a Operação de Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs e suas devidas validades. E na planilha disposta pelo IPAAM continham o nome do condomínio, porte, tipo de licença ambiental e validade da mesma.

De posse dos dados compilou-se todos em uma única planilha, constatando-se desta maneira que existem aproximadamente 373 condomínios construídos na Zona Centro-Sul de Manaus, sendo que todos estão habitados. E ainda se destaca que o foco principal da análise dos dados é conhecer se os condomínios da referida zona possuem ou não licenciamento das suas respectivas Estações de Tratamento de Efluentes.

Diante dos dados, observou-se que do total de condomínios, 71% dos condomínios não possuem licenciamento ambiental para operação da estação de tratamento, os que estão com o prazo de validade da licença vencida são 7%, os que se encontram com a licença vigente 7% e as licenças que estão em processo de renovação 15%, conforme gráfico abaixo.

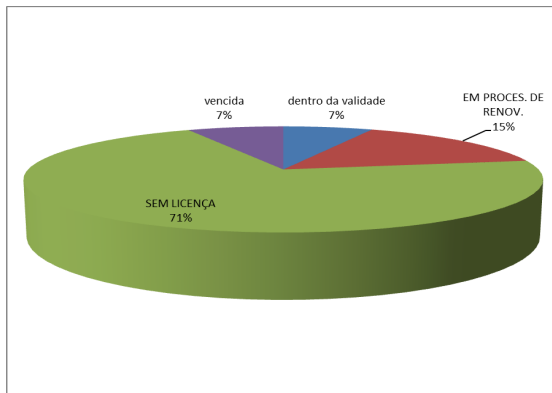


Gráfico 1- Demonstração da porcentagem dos condomínios e suas respectivas regularidades quanto ao licenciamento ambiental.

Fonte: Próprio autor, 2019.

A partir de uma análise minuciosa dos dados também foi possível quantificar os condomínios por bairros da Zona Centro Sul, e ainda os status das licenças dos mesmos. De maneira que a situação de cada bairro esta da seguinte forma:

No bairro Adrianópolis, há 10.102 habitantes com o perímetro de 248,45 ha (IBGE, 2010) constatou-se a seguinte situação, no total temos 76 condomínios sendo que 1 está com o licenciamento vigente e dentro do prazo de validade, 74 estão sem licenças ambiental para operar a ETE e 1 com o prazo de validade expirado.

Já no bairro Aleixo, há 23.586 habitantes com o perímetro 618,34 ha (IBGE, 2010). Foi identificado que há 55 condomínios no total, sendo 2 dentro do prazo de validade e que 53 não possuem licenciamento ambiental para as suas Estações.

Na Chapada há 12.769 habitantes com o perímetro 241,27 ha (IBGE, 2010). Dos 28 condomínios encontram-se sem licença e o único registrado possui licença com o prazo de validade vencido.

No bairro de Flores há 54.923 habitantes com o perímetro 1311,57 ha (IBGE, 2010). Há 83 condomínios sem registro de licença ambiental e apenas 1 possui licença vigente e dentro do prazo de validade.

70 Bairro de Nossa senhora das graças há 12.261 habitantes com o perímetro 211,72 ha (IBGE, 2010). Possui um total de 63 condomínios, sendo 2 com a licença da ETE vigentes e dentro da validade, 4 em processo de renovação, 52 sem licenciamento e 5 vencidas.

O bairro do Parque dez de novembro há 47,110 habitantes com o perímetro 821,12 ha (IBGE, 2010). Possui no total 67 condomínios, sendo que 19 deles estão com as licenças vigentes e dentro do prazo de validade, e 48 estão em processo de renovação das licenças.

Em São Geraldo há 8.677 habitantes com o perímetro 104,50 ha (IBGE, 2010). Não foi encontrado nenhum condomínio residencial.

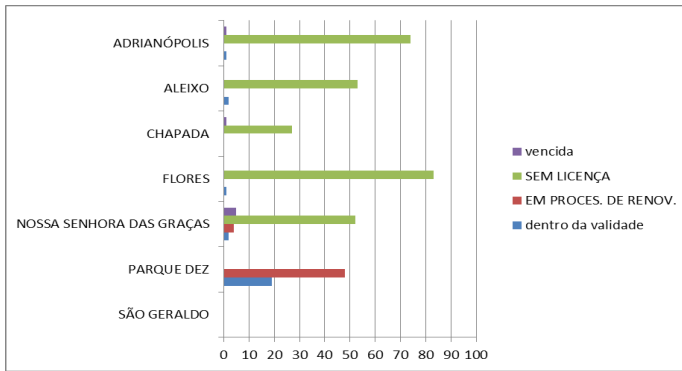


Gráfico 2- Quantidade de condomínios por bairro da zona Centro-Sul e a regularidade ambiental dos mesmos.

Fonte: Próprio autor, 2019.

Considerando a situação de licenciamento obtidos, decidiu-se avaliar se existe uma correlação entre o valor do terreno, a classe econômica da população e as preocupações ambientais. O resultado dessa análise indica que não há correlação significativa entre o valor do imóvel e a regularização da ETE. Este fato confirma que mesmo a área sendo habitada em sua maior porção por pessoas que pertencem à classe econômica média e alta, não há nenhuma relação direta com a quantidade de condomínios ambientalmente regulares conforme o (gráfico 3).

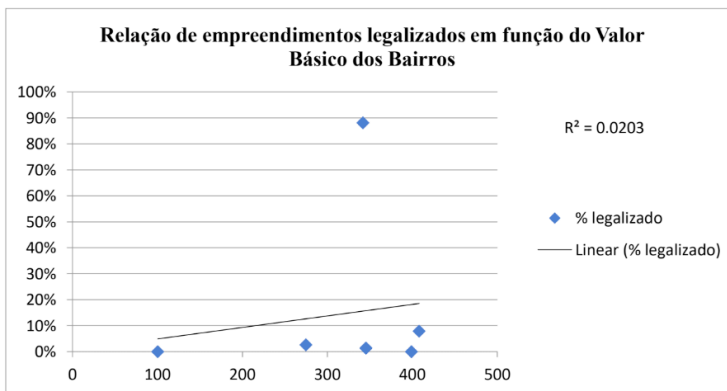
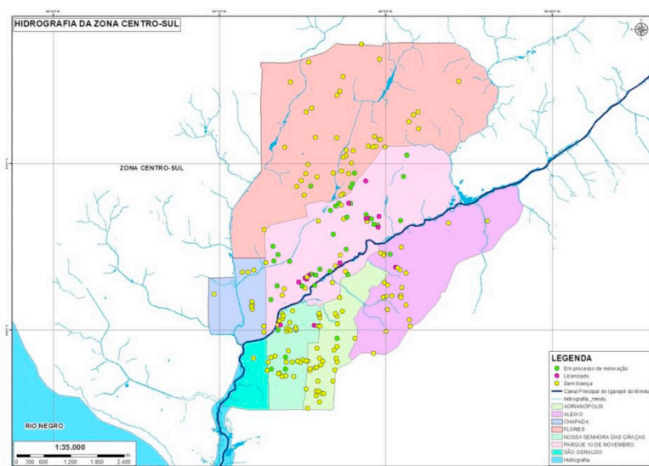


Gráfico 3- Relação de empreendimentos legalizados em função do Valor básico dos Bairros.

Fonte: Próprio autor, 2019.

A imagem abaixo mostra a dispersão dos condomínios na Zona Centro-Sul de Manaus, demonstrando a situação das licenças dos condôminos identificados por cores. É possível evidenciar que a maioria dos condomínios estão localizados limítrofe a corpos

hídricos, o que se torna uma preocupação maior para os condomínios que não possuem licenciamento pois este não tem um controle ambiental dos efluentes gerados e muitas vezes são lançados nos corpos hídricos sem padrões de tratamento adequado degradando as características física, química e biológica.



Mapa 4- Demonstração da dispersão dos condomínios, com a respectiva coloração da regularidade do licenciamento ambiental.

Fonte: Próprio autor, 2019.

O desenvolvimento urbano com o passar do tempo envolve duas atividades conflitantes que é o crescente aumento da demanda de água para atividades diversas com a devida qualidade e a degradação dos mananciais que abastecem as cidades, com lançamentos de esgotos “in natura” e contaminações por resíduos industriais e domésticos.

A contaminação da água associada à precariedade do sistema de esgotamento sanitário, além de contrariar as diretrizes postas pela Lei nº 11.445/2007, Lei das Diretrizes Básicas Nacionais de Saneamento Básico (LDNSB), não atende ao próprio Plano Diretor do Município de Manaus (MANAUS, 2006). A promoção da qualidade de vida e do meio ambiente encontram-se ameaçados frente à ausência e ou ineficiência de fiscalizações dos órgãos ambientais esgotamento sanitário, principalmente.

Como apontam os dados da pesquisa, a área possui crescimento verticalizado, acomodando uma população com perfil de classe média e alta, mas com um comprometimento da qualidade ambiental no lançamento dos esgotos produzidos por esta população. Mesmo com a legislação normatizando a ocupação dos espaços onde estes condomínios estão instalados, observa-se a limitação por parte dos órgãos ambientais responsáveis pelo controle e gestão das ETEs desses condomínios.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos dados obtidos pela pesquisa documental fornecida pelos órgãos gestores da política ambiental e habitacional da cidade de Manaus foi evidenciada a importância de se adequar os Sistemas de Tratamento de Esgoto na área de estudo Zona centro- sul de Manaus, uma vez que os 376 condomínios 71% dos condomínios não possuem licenciamento ambiental para operação da estação de tratamento, os que estão com o prazo de validade da licença vencida são 7%, os que encontram-se com a licença vigente 7% e as licenças que estão em processo de renovação 15%. 71% sem licença de empreendimento potencialmente poluidores induz a conclusão da ausência do poder público, que tem o dispositivo da fiscalização. O que se evidencia pela pesquisa é que se não há um sistema de tratamento de efluentes eficiente nestes condomínios é provável que os efluentes produzidos não possuem um controle de qualidade, e sem isso os efluentes gerados são lançados nos igarapés próximos, alterando as características físicas, químicas e biológicas do curso hídricos.

Os órgãos ambientais de posse dos resultados obtidos e diante do comprometimento do Igarapé do Mindu, deveriam tomar essas informações para si, para utilizar como indicativo de que a área estuda por este trabalho necessita de uma atenção, principalmente no que diz a respeito do atendimento das legislações vigentes, fazendo valer com o devido rigor o texto das leis, com a aplicação de autos de infrações e multas, com relação ao uso e a poluição dos recursos hídricos.

Para uma medida à longo prazo poderia estabelecer parcerias entre instituições superiores educação, pesquisa e laboratórios credenciados para divulgação de laudos à população, esclarecendo sobre as análises desses efluentes líquidos, visando garantir a qualidade dos recursos hídricos e evitar possíveis contaminações dos mesmos, bem como instituir parcerias com a rede de ensino públicos e privados para que possamos construir diálogos com a comunidade local, visando à conscientização sobre a proteção do Igarapé do Mindu e de outros igarapés.

REFERÊNCIAS

ALFONSIN, Betânia de Moraes; Fernandes, Edésio. **Direito à moradia e segurança da posse no estatuto das cidades**: diretrizes, instrumentos e processos de gestão. Belo Horizonte: Fórum, 2004. Disponível em <http://conteudo.pucrs.br/wp-content/uploads/sites/11/2017/05/24383-04-24384-%E2%80%9304-e-24385-04-Direito-urbanistico.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2018.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Alterado pela Resolução CONAMA 397/2008. Disponível em: <<https://goo.gl/u0793k>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em: <<https://goo.gl/VZRISu>>. Acesso em: 11 set. 2018.

Brasil. **Lei 9.433, 8 de Jan. 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.html> acesso em 20 mar 2019.

CLETO, S.E.N.; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus /AM - Amazônia Central. **Acta Amazônica**, 31 (1); 69:89. 2001.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. CNI. Normalização, metrologia e avaliação da conformidade: ferramentas de competitividade. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/1/agenda-para-o-brasil-sair-da-crise-2016-2018/#agenda-para-o-brasil-sair-da-crise-2016-2018-balanco-final-das-propostas%20> . Acesso em: jun 2018 (CNI). Disponível em acesso em 15 nov 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico**- PNSB: Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html> Acesso em 25 de set. De 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional por amostras em domicílio** PNAD: 2008. Rio de Janeiro, 2010: Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html> Acesso em: 29 set. 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Esgotamento Sanitário Inadequado e seus Impactos na saúde da População**. Nov. 2010. Disponível em:< <http://www.tratabrasil.org.br/> > Acessado em 15 de jun de 2018.

JORGE LUIZ BRITTO CUNHA REIS. **Licenciamento Ambiental**. Disponível em <<http://rodoviasverdes.ufsc.br/files/2010/04/Licenciamento-ambiental.pdf>>. acesso em: 15 nov. 2018.

_____. Lei nº 605, de 24 de julho de 2013. **Regulamenta o Código Ambiental do Município de Manaus**, regula a ação do Poder Público Municipal e sua relação com os cidadãos e instituições públicas e privadas, Diário Oficial do município de Manaus. Manaus, 13 ago. 2013.

_____. Lei nº 671, de 04 de novembro de 2002. **Regulamenta o Plano Diretor Urbano e Ambiental**, estabelece diretrizes para o desenvolvimento da cidade de Habitabilidade na cidade sobre as águas. Diário Oficial do município de Manaus. Manaus, 05 nov. 2002.

_____. Lei nº 1.192, de 31 de dezembro de 2007. Cria, no município de Manaus, o **Programa de Tratamento e Uso Racional das águas nas edificações – PRÓ-AGUAS**. Disponível em <http://semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2010/10/lei_pro_aguas.pdf> . acesso em 15 nov.2018.

MILARÉ, Édís. **Direito do Ambiente**. 8. ed. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2013. 776-832 p.

MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Progress on Sanitation and Drinking Water**: 2010. Disponível <https://www.who.int/whr/2010/whr10_pt.pdf> Geneva: OMS, 2010. acesso em mar. 2019.

Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), UNESCO Etxea – Centro UNESCO do País Basco. Resultados da Reunião Internacional de Peritos sobre o Direito à Água. Paris, 7 e 8 de Julho de 2009. Disponível <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001854/185432e.pdf>. acesso em mar. 2019.

SANTOS, L.A.; WAICHMAN, A.V.; BORGES, J.T. Interface entre Saúde, Saneamento e Recursos Hídricos em Manaus – AM, no ano de 2000. CD-ROM. **Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos da Amazônia**. Manaus, AM, 27 a 29 de agosto de 2003.

SPERLING, Marcos Von. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Introdução à qualidade da água se ao tratamento de esgotos. 3.ed. [Belo Horizonte]: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. v. Disponível <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/12/%C3%81guas-residu%C3%A1rias-fontes-con-e-tecnologias-de-tratamento.pdf>. > acesso mar 2018.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2009. Cap. 5, p. 51-68.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**.12. Ed. São Paulo: Atlas, 2013.

VITERBO JR, Ênio. **Sistema Integrado de Gestão Ambiental**: Como implementar um Sistema de Gestão que atenda à norma ISO 14001 a partir de um sistema baseado na norma ISO 9000. São Paulo: Aquariana, 1998.

MODELAGEM DE REATOR TIPO UASB PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 02/05/2020

Martina Tamires Lins Cezano

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental –
UFPE/CAA
Caruaru/PE
<http://lattes.cnpq.br/2286024628712963>

Eduardo Cleto Pires

Universidade de São Paulo – USP/EESC
São Carlos/SP
<https://orcid.org/0000-0001-6943-3988>

Karina Querne de Carvalho

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
UTFPR
Curitiba/PR
<https://orcid.org/0000-0003-4577-7537>

Sávia Gavazza

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Recife/PE
<https://orcid.org/0000-0002-4433-7735>

RESUMO: Os efluentes têxteis gerados nas lavanderias de jeans geralmente exibem altos teores de matéria orgânica e corantes. A aplicação da digestão anaeróbica no tratamento de efluentes têxteis está crescendo em interesse devido às aplicações serem bem-sucedidas. Um modelo matemático simplificado é proposto neste trabalho para prever o comportamento da remoção da matéria em reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) usado

para o tratamento de efluentes têxteis. O método Runge-Kutta de quarta ordem foi programado no software Matlab®. Dados experimentais da operação de um reator UASB de escala piloto, tratando águas residuais têxteis, foram utilizados para calibração do modelo. As simulações foram feitas em três fases (FI, FII e FIII) diferenciadas pela vazão e tempo de detenção hidráulica aplicados ao reator. Para cada fase simulada, comportamento cinético de primeira ordem foi ajustado para os dados de degradação de matéria orgânica. Os resultados simulados para remoção de matéria orgânica resultaram em eficiência média de 38%; 46% e 41% para cada uma das respectivas fases. A discrepância entre os dados experimentais e os simulados foi de apenas 2%.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem matemática, degradação da matéria orgânica, efluente têxtil, reator tipo UASB.

MODELLING UASB REACTOR FOR THE TREATMENT OF TEXTILE WASTEWATER

ABSTRACT: Textile effluents generated in laundry jeans industries usually exhibit high contents of organic matter and dyes. The application of anaerobic digestion for the treatment of textile effluents is increasing in interest due to reports of successful applications. A simplified mathematical model is proposed in this work to predict the behavior of organic matter removal in an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor used for the treatment of textile effluent. The classic fourth-order Runge-Kutta method was programmed in Matlab® software.

Experimental data from the operation of a pilot scale UASB reactor treating textile wastewater were used for model calibration. The simulation was made for three operational phases (PI, PII, and PIII), distinguished by flow rate and hydraulic retention time applied to the reactor. The first order kinetic model was fitted to the organic matter removal data. The simulated results for organic matter removal resulted in average removal efficiencies of 38%, 46%, and 41% for each respective phase applied. The discrepancy between the experimental and simulated data was only 2%.

KEYWORDS: Mathematic modeling, organic matter removal, textile effluent, UASB reactor.

1 | INTRODUÇÃO

A matéria orgânica (MO) é um dos principais problemas de poluição nos corpos d'água, que, devido aos processos metabólicos de utilização e estabilização aeróbia, gera consumo de oxigênio dissolvido, prejudicando a vida aquática do meio. Assim, a remoção da MO é o objetivo principal dos sistemas de tratamento de esgotos domésticos no Brasil.

Além do esgoto doméstico, os efluentes industriais são objetos de preocupação. A indústria têxtil no Brasil possui a quinta maior produção do mundo e é o segundo setor que mais gera empregos no país. Em 2015, o faturamento da produção têxtil brasileira foi de US\$ 36,2 bilhões (ABIT, 2015). Ano após ano, a indústria têxtil vem poluindo as reservas superficiais de água doce a nível global. Os principais impactos desta atividade são o consumo excessivo de água e o lançamento de efluentes do tingimento nos recursos hídricos. Indústrias têxteis geram efluente com alta concentração de MO, corantes e muitos outros compostos químicos. Em estudo realizado por Ferraz *et al.* (2011) utilizando efluente têxtil de uma lavanderia de jeans, indicam valor médio da demanda química de oxigênio (DQO) igual a $763 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$, enquanto Amaral *et al.* (2014) indicam valor médio de $1.082 \text{ mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$.

O tratamento anaeróbio é indicado como tecnologia alternativa ao tratamento físico químico empregado no tratamento de efluentes têxteis em escala global. A mudança de tecnologia resulta do alto custo dos produtos químicos, da elevada geração de lodo químico, e baixa eficiência de remoção de matéria orgânica observada em processos físico-químicos como coagulação/floculação/filtração (SARATALE *et al.*, 2011), que são os mais empregados no Brasil.

O reator tipo UASB vem sendo utilizado para tratamento de águas residuárias domésticas e industriais com resultados satisfatórios na remoção da MO (FORESTI, 2002). Os reatores UASB também têm mostrado boa aplicabilidade no tratamento de efluente têxtil. Tunussi e Além Sobrinho (2003) obtiveram eficiência de remoção de matéria orgânica que variou entre 69 e 78%, com a carga orgânica entre 1,3 e 4,6 $\text{kg DQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$, durante tratamento anaeróbio de efluente de uma indústria de tinturaria têxtil.

O comportamento do processo digestão anaeróbia que ocorre no reator UASB pode ser previsto através de modelagem matemática. Isto é de grande importância, porque

permite prever o comportamento das reações no interior do reator sem precisar operá-lo, e após a previsão pode auxiliar o operador a tomar decisões.

Na literatura estão disponíveis modelos matemáticos complexos para que seja possível fazer essas previsões. Um dos modelos mais conhecidos e utilizado para processos de digestão anaeróbia é o ADM1 – *Anaerobic Digestion Model No 1*, proposto por Batstone *et al.* (2002), que é um modelo complexo, com muitas variáveis, mas que pode ser aplicado a diversos tipos de sistemas.

Para aplicação do modelo ADM1 há necessidade de levantamento de uma série de dados, como por exemplo, temperatura, carga orgânica, parâmetros cinéticos de crescimento celular e de consumo de substrato, composição detalhada do esgoto (monossacarídeos, aminoácidos e ácidos graxos de cadeia longa), constante de inibição, dentre outros. Na prática, a obtenção dessas informações é uma limitação para o uso do modelo complexo, principalmente quando o reator não foi instalado e se deseja apenas fazer uma previsão de comportamento quanto à eficiência global do processo. Com isto, é interessante buscar modelos simplificados que demandem menos informações e que possam fornecer esse resultado geral.

Existem modelos simplificados disponíveis como o MMS – Modelo Matemático Simplificado, proposto por Carvalho e Pires (2002), que avalia a influência da taxa cíclica de variação de vazão diária do afluente sobre a remoção da matéria orgânica em reatores UASB utilizados para tratamento de esgoto doméstico. Já no modelo MMSA – Modelo Matemático Simplificado Aprimorado (MMSA), Carvalho (2006) analisa também a influência da variação cíclica do efluente sobre a degradação da matéria orgânica, mas a partir da otimização da constante cinética de primeira ordem.

No presente trabalho o MMSA foi adaptado para descrever o comportamento da remoção da MO em reator tipo UASB aplicado ao tratamento de efluente da indústria têxtil. As equações cinéticas simplificadas de remoção da matéria orgânica foram baseadas no modelo MMSA, ajustadas para vazão constante com adição da parcela do decaimento endógeno. Para calibrar o modelo foram utilizados os dados experimentais provenientes do trabalho de Ferraz Jr. *et al.* (2011).

2 | METODOLOGIA

Com a finalidade de modelar o comportamento da remoção da matéria orgânica (MO) em reatores tipo UASB tratando efluente têxtil, este trabalho baseou-se no Modelo Matemático Simplificado Aprimorado (MMSA) de Carvalho (2006). As equações cinéticas simplificadas nas quais se considera o modelo cinético de primeira ordem e o balanço de massa simplificado de duas componentes (o substrato e a biomassa), foram utilizadas. O processo envolvido quantifica a remoção da MO pela conversão do substrato em biomassa ativa. O substrato nas equações é expresso como demanda química de oxigênio (DQO) e

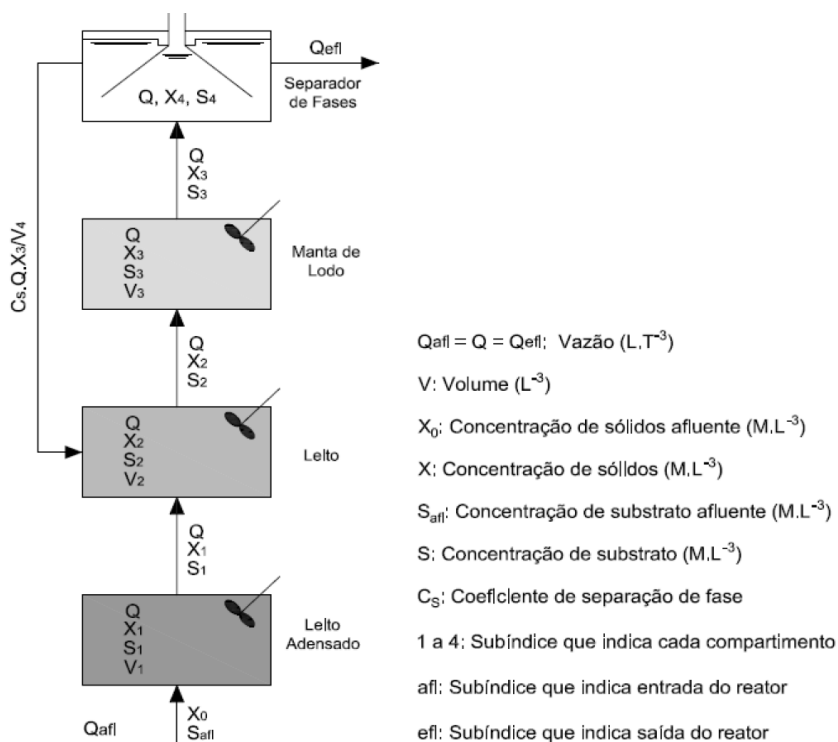
a biomassa, como sólidos suspensos voláteis (SSV).

O reator UASB permaneceu com a divisão em quatro compartimentos (leito de lodo, leito de lodo, manta de lodo e o separador de fases). Para cada compartimento foram aplicadas equações diferenciais diferentes, já que as reações ao longo do reator ocorrem de forma sequencial e de maneira distinta.

Diferentemente do modelo MMSA, não foi considerada a variação cíclica da vazão ao longo do tempo. A vazão permaneceu constante, pois foram utilizados resultados experimentais de operação de reator em escala piloto para calibração, cujas vazões afluentes são constantes.

A modelagem foi feita considerando o retorno do lodo no interior do reator, com o intuito de representar os sólidos que retornam ao leito após separação no separador trifásico. O retorno de lodo é feito no segundo compartimento (Figura 1), conservando a ideia do modelo MMSA, em que o lodo sedimentava no leito de lodo, e que dificilmente chega a atingir a primeira camada (leito adensado), pelo fato desta ser bastante adensada.

Para a modelagem do reator UASB os quatro compartimentos previamente definidos foram considerados como reatores de mistura completa em série e de fluxo contínuo.



Fonte: a autora

Figura 1. Esquema conceitual dos compartimentos do reator tipo UASB utilizados para modelagem.

Fonte: próprio autor

Nos três primeiros compartimentos (de baixo para cima – Figura 1) ocorrem às reações biológicas, e o quarto compartimento serve somente como separador das fases, em que não há produção de biomassa, nem consumo de substrato. As equações que representam o comportamento de cada compartimento estão expostas na Tabela 1.

Substrato	Biomassa
Compartimento 1 – Leito Adensado	
$\frac{dS_1}{dt} = \frac{Q}{V_1}(S_{int} - S_1) - K_1X_1$	$\frac{dX_1}{dt} = -\frac{Q}{V_1}X_1 + YK_1X_1 - K_dX_1$
Compartimento 2 – Leito	
$\frac{dS_2}{dt} = \frac{Q}{V_2}(S_1 - S_2) - K_1X_2$	$\frac{dX_2}{dt} = \frac{Q}{V_1}(X_1 - X_2) + C_s\frac{Q}{V_4}X_3 + YK_1X_2 - K_dX_2$
Compartimento 3 – Manta de Lodo	
$\frac{dS_3}{dt} = \frac{Q}{V_3}(S_2 - S_3) - K_1X_3$	$\frac{dX_3}{dt} = \frac{Q}{V_1}(X_2 - X_3) + YK_1X_3 - K_dX_3$
Compartimento 4 – Separador Trifásico	
$S_{efl} = S_4 = S_3$	$X_4 = X_3(1 - C_s)$

Tabela 1. Equações de balanço de massa nos compartimentos do reator UASB, considerando cinética de 1ª ordem para remoção de matéria orgânica.

A concentração do substrato (S_{afl}) na entrada do reator foi definida através de um polinômio, que pode ser de grau 3, 4, 5 ou 6. A escolha do polinômio é baseada no comportamento do substrato (DQO) no afluente. Os símbolos empregados, seus significados e as unidades consideradas no modelo estão apresentados na Tabela 2.

Símbolo	Significado	Unidade
Q	Vazão	$L \cdot T^{-1}$
V	Volume	L^3
X	Concentração de biomassa (SSV)	$M \cdot L^{-3}$
S	Concentração do substrato (DQO)	$M \cdot L^{-3}$
Y	Coeficiente de produção celular	$M(SSV)/M(DQO)$
K_d	Coeficiente de respiração endógena	T^{-1}
K_1	Constante de primeira ordem	$M \cdot L^{-3}$
C_s	Constante de separação do separador de fase	–
l a 4	Subíndices que indica o compartimento do reator	–
afl	Subíndice que indica a entrada no reator	–
efl	Subíndice que indica a saída no reator	–

Tabela 2. Símbolos empregados nas equações do modelo e suas respectivas dimensões

Como parâmetro de calibração do modelo matemático utilizou-se o valor de K_1 , por observar que este parâmetro resultou em maior influência no comportamento dos dados simulados.

As equações diferenciais ordinárias do balanço de massa foram incorporadas num *script* do MATLAB®, e para resolução foi aplicado o método numérico de Runge-Kutta de 4ª ordem utilizando a função *edo45* da própria da biblioteca do MATLAB®.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dados experimentais cedidos por Ferraz Jr. *et al.* (2011) foram utilizados para avaliar o comportamento do modelo quando adaptado para tratamento anaeróbio de efluente têxtil. O comportamento da DQO foi analisado para três fases distintas de operação do reator UASB, aplicada pelos autores (FI, FII e FIII). As fases operacionais FI, FII e FIII foram diferenciadas pelo tempo de detenção hidráulico (TDH) de 24 h, 16 h e 12 h, respectivamente, que resultou em correspondentes vazões aplicadas de $250 \text{ L}\cdot\text{d}^{-1}$, $375 \text{ L}\cdot\text{d}^{-1}$ e $500 \text{ L}\cdot\text{d}^{-1}$, e cargas orgânicas volumétricas aplicadas de $1,3 \text{ kg DQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$, $1,2 \text{ kg DQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ e $3,2 \text{ kg DQO}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$.

O reator UASB operado por Ferraz Jr. *et al.* (2011) foi, no presente trabalho, dividido em quatro partes, seguindo os compartimentos do modelo (Figura 1), considerando para a simulação, o volume de 63 L para cada um dos compartimentos: leito adensado, leito e manta de lodo, e 61 L para o separador trifásico. O coeficiente de produção celular (Y) utilizado foi de $0,0125 \text{ kg SSV}\cdot\text{kg DQO}_{\text{removida}}^{-1}$ apresentado por Amaral *et al.* (2014) para reator UASB tratando efluente têxtil. O coeficiente de decaimento endógeno (K_d) de $0,002 \text{ d}^{-1}$ utilizado foi o apresentado por Metcalf & Eddy (2003) para lodo anaeróbio tratando esgoto doméstico ($K_d = 0,02 \text{ d}^{-1}$), sendo reduzido em dez vezes do indicado como referência, em decorrência da natureza mais recalcitrante do efluente têxtil em comparação ao esgoto doméstico. O coeficiente de redução em dez vezes acompanhou a redução observada para Y obtido para reator UASB tratando esgoto doméstico ($Y = 0,10$ a $0,18 \text{ kg SSV}\cdot\text{kg DQO}_{\text{removida}}^{-1}$ – Barros *et al.*, 2015) e o utilizado no presente trabalho, igual a $0,0125 \text{ kg SSV}\cdot\text{kg DQO}_{\text{removida}}^{-1}$. Em relação ao coeficiente de retorno de lodo (C_s) foi feita uma análise considerando três valores diferentes: sem retorno de lodo (0%), retorno de 40% e 80% do lodo que é arrastado com o biogás. Os resultados das análises demonstraram que o retorno do lodo não influenciou o comportamento de degradação da MO. No entanto, quando o retorno do lodo foi de 80%, que na prática representa um separador trifásico bastante eficiente, os teores de sólidos no efluente foram 3,7; 4,8 e 5,2 vezes superiores aos obtidos para retorno de 40% nas fases FI, FII e FIII, respectivamente. Deste modo, foi considerado o C_s igual a 80% nas simulações.

As equações polinomiais de entrada, com a variação da DQO bruta afluente em função do tempo, estão expostas na Tabela 3, bem como o coeficiente de correlação,

para cada uma das fases. Baixa correlação da variação da DQO em função do tempo experimental foi obtida para os dados experimentais da fase FII. Os autores (Ferraz Jr. *et al.*, 2011) reportam que a DQO afluente diminuiu significativamente em FII em decorrência de mudança das conduções de produção na indústria e que a salinidade dobrou de FI para FII, interferindo no comportamento regular da DQO.

Fase	Equação da variação de DQO (mg.L ⁻¹) em função do tempo (dias)
FI	$DQO_{afl} = 1,3168 \cdot 10^{-5}t^5 - 0,0027t^4 + 0,1731t^3 - 2,8816t^2 - 5,0839t + 1018,3425$ (R ² = 0,73)
FII	$DQO_{afl} = 1,3464 \cdot 10^{-4}t^4 - 0,0074t^3 - 0,1088t^2 + 12,5339t + 716,5190$ (R ² = 0,17)
FIII	$DQO_{afl} = -0,0031t^4 + 0,4079t^3 - 28,2068t^2 + 290,5806t + 732,3920$ (R ² = 0,82)

Tabela 3. Equações da variação da DQO bruta afluente ao reator UASB ao longo do tempo de operação e o coeficiente de correlação (R2)

Para cada fase simulada foi ajustado um coeficiente cinético de primeira ordem, com valores de 0,7 d⁻¹, 1,4 d⁻¹ e 1,5 d⁻¹, para as fases FI, FII e FIII, respectivamente. Os resultados obtidos para o comportamento da DQO efluente ao reator UASB (dados experimentais e modelo matemático) e suas respectivas eficiências de remoção estão apresentadas nas Figuras 2a e 2b, para FI, Figuras 3a e 3b, para FII, e Figuras 4a e 4b, para FIII.

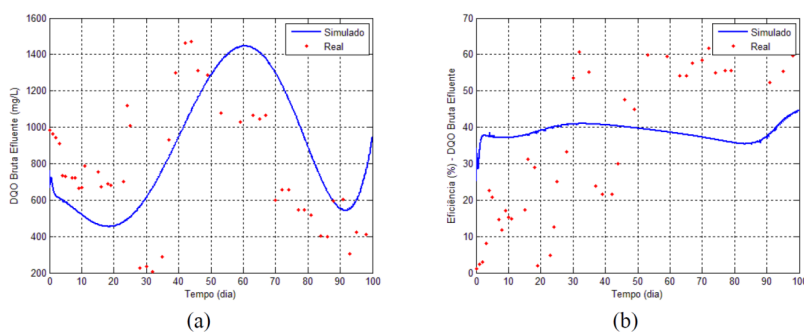


Figura 2. Simulação da fase FI: (a) DQO bruta efluente ao reator UASB e (b) eficiência de remoção da DQO bruta no efluente.

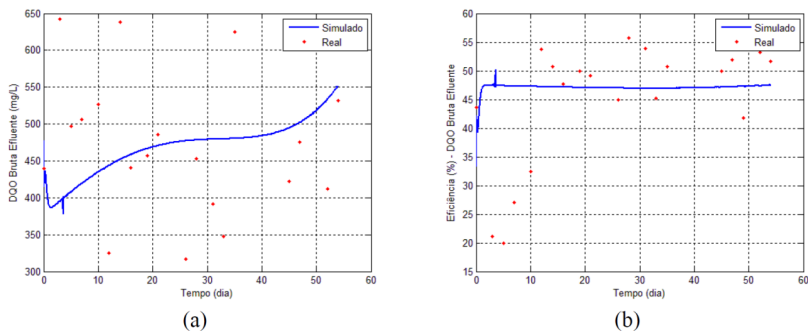


Figura 3. Simulação da fase FII: (a) DQO bruta e (b) eficiência da DQO bruta

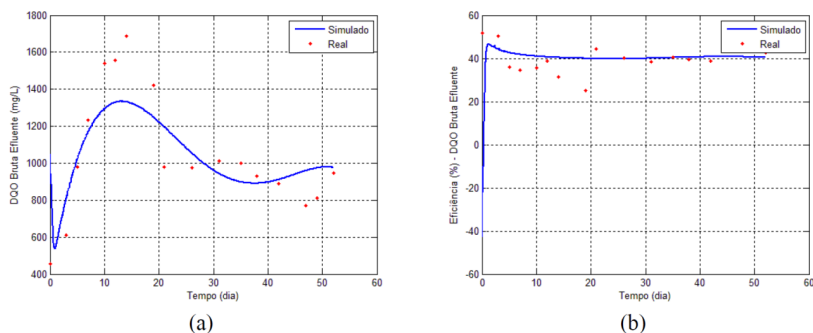


Figura 4. Simulação da fase FIII: (a) DQO bruta e (b) eficiência da DQO bruta

Considerando o comportamento da DQO efluente ao reator UASB nas fases FI (Figura 2a) e FIII (Figura 4a) os resultados simulados pelo modelo apresentaram comportamento semelhante aos dados reais do efluente têxtil. A exceção foi para os dados provenientes da fase FII (Figura 3a), em que os resultados do efluente real foram muitos dispersos e a equação polinomial da DQO não representou de forma adequada o comportamento da DQO no afluente, discutido anteriormente.

Em relação à eficiência de remoção de DQO, o modelo representou melhor os dados experimentais das fases FII (Figura 3b) e FIII (Figura 4b). No caso da FI (Figura 2b), o reator UASB estava no início de operação, com o comportamento ainda não estabilizado; os dados experimentais indicam baixa eficiência de remoção de DQO no início de operação, sendo praticamente nula, atingindo cerca de 60% e estabilização ao longo da operação do reator. Para este caso, o modelo não conseguiu representar bem os dados experimentais obtidos durante a fase de adaptação dos microrganismos à degradação do efluente têxtil.

Os valores médios de eficiência de remoção de DQO dos dados experimentais (reais) foram 37,1%, 44,7% e 40,6%, para as fases FI, FII e FIII, respectivamente. Os dados simulados para as mesmas fases de operação resultaram em eficiências médias de 38,1%,

46,5% e 40,9%. Esses resultados indicam desvio de aproximadamente 2% entre os dados experimentais reais e os simulados para a eficiência média de remoção de DQO, o que indica boa aplicabilidade do modelo matemático ajustado no presente trabalho.

4 | CONCLUSÕES

As adaptações feitas ao conjunto de equações cinéticas simplificadas, de vazão variável para constante e inclusão da parcela referente ao decaimento endógeno, para representar o comportamento da remoção da matéria orgânica de efluente têxtil em reator UASB indicaram boa aplicabilidade do modelo para as fases FI e FIII, entre os valores simulados pelo modelo desenvolvido e os dados experimentais analisados (correlação de 73 e 82%, respectivamente para FI e FIII). No caso da fase FII, o comportamento da DQO afluente foi extremamente variável em função de alterações nos processos de lavagem de jeans realizados na indústria têxtil. Isso fez com que a curva de entrada do modelo não representasse bem os valores reais (correlação de 17%). Apesar disso, o comportamento da eficiência média de remoção de DQO não refletiu esse problema, com desvio máximo de 2% entre os dados experimentais e os simulados, para todas as fases operacionais testadas. Dessa forma, o modelo simplificado pode ser aplicado para estimar o comportamento de reatores UASB utilizados para tratamento de efluente têxtil.

REFERÊNCIAS

ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecções. **Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira**. Disponível em: <http://www.abit.org.br/conteudo/links/cartilha_rtcc/cartilha.pdf>. Acesso em: 17 de novembro de 2015.

AMARAL, F. M.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. **Color, organic matter and sulfate removal from textile effluents by anaerobic and aerobic processes**. *Bioresource Technology*, 163:364-369, 2014.

BARROS, K. K.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; KATO, M. T. **The influence of excess sludge discharge on the performance of a full-scale UASB reactor**. *Water Practice & Technology*, 10(2):1-9, 2015.

BATSTONE, D. J.; KELLER, J.; ANGELIDAKI, I.; KALYUZHNYI, S. V.; PAVLOSTATHIS, S. G.; ROZZI, A.; SANDERS, W. T. M.; SIEGRIST, H.; VAVILIN, V. A. **Anaerobic Digestion Model no 1**. IWA Publishing. *Lodon*. 45(10):65-73, 2002.

CARVALHO, K. Q.; PIRES, E. C. **Dynamic response of UASB reactors submitted to diurnal cyclical flow: simplified mathematical model**. In: VII LATIN AMERICAN WORKSHOP AND SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DIGESTION, Mérida, México, 1:189-196, 2002.

CARVALHO, K. Q. **de. Resposta Dinâmica de Reator UASB em Escala Piloto Submetido a Cargas Orgânicas e Hidráulicas Cíclicas: Modelos Matemáticos e Resultados Experimentais**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

FERRAZ JUNIOR, A. D. N. **Tratamento de efluente têxtil por reatores sequenciais anaeróbio/aeróbio**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife-PE, 2010.

FERRAZ JR, A. D. N.; KATO, M. T; FLORENCO, L; GAVAZZA, S. **Textile effluent treatment in a UASB reactor followed by submerged aerated biofiltration**. *Water Science and Technology*, 64(8):1581-1589, 2011.

FORESTI, E. **Anaerobic treatment of domestic sewage: established Technologies and perspectives**. *Water Science and Technology*, 45(10):181-186, 2002.

MATCALF & EDDY. **Wastewater Engineering – Treatment, Disposal, Reuse**. 4. ed. Nova York, 2003.

SARATALE, R. G.; SARATALE, G.D.; CHANG, J. S.; GOVINDWAR, S. P. **Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: A review**. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 42 (2011) 138–157.

TUNUSSI, J. L; ALÉM SOBRINHO, P. **Remoção de cor e nitrificação de efluentes de tinturaria têxtil através de processos biológicos anaeróbio-aeróbio**. In: XXVIII Congresso da Associação Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS), Cancún, México, 2003.

QUALIDADE DO AR NA AVENIDA VISCONDE DE SOUZA FRANCO E A FORMA COMO PODE AFETAR A SAÚDE DA POPULAÇÃO

Data de aceite: 03/08/2020

Luiz Fernando Aguiar Junior

Universidade do Estado do Pará – UEPA
Belém-PA
<http://lattes.cnpq.br/5938395640027432>

Jaqueline Araújo da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia –
UFRA
Belém-PA
<http://lattes.cnpq.br/8637073722532283>

Afonso Luís Segtowitz Sarmanho Beltrão

Belém-PA
<http://lattes.cnpq.br/9931875986728989>

Arthur Batista de Brito

Universidade do Estado do Pará – UEPA
Belém-PA
<http://lattes.cnpq.br/1030544429509273>

Francisco Marconi Ribeiro Filho

Universidade do Estado do Pará – UEPA
Belém-PA
<http://lattes.cnpq.br/5661814742686718>

Daniely Alves Almada

Universidade Nove de Julho – UNINOVE
São Paulo-SP
<http://lattes.cnpq.br/4302436870635531>

Gabriela Marina Silva Trindade

Universidade Federal do Pará
Belém-PA
<http://lattes.cnpq.br/6684888293610254>

e industrialização, trouxe benefícios e também malefícios a população, como aumento da poluição do ar. Nas grandes cidades, mais precisamente em Belém do Pará, é notório encontrar pessoas realizando atividades físicas em locais com grande fluxo de veículos automotores. Visto que existe maiores volumes de ar contaminado, trazendo assim, risco a saúde humana. Por este motivo, encontra-se pesquisas que propõe planos que favorecem o controle de poluição veicular. Portanto, o objetivo deste trabalho foi examinar a relação entre a poluição atmosférica e a saúde das pessoas que realizam exercícios físicos na Avenida Visconde de Souza Franco (Belém-PA). A metodologia aplicada foi analisar a relação entre qualidade de vida e as doenças provenientes do alto índice de poluição do ar no local de estudo, caracterizando como uma abordagem qualitativa e quantitativa, a pesquisa obteve dados de aplicação de questionário estruturado com perguntas de múltiplas escolhas, que mostraram o comportamento do grupo de amostragem. Após a aplicação dos questionários, realizou-se a análise e a identificação dos principais fatores importantes que interligam o baixo rendimento da saúde com os efeitos da contaminação de o ar. O questionário foi aplicado com 40 pessoas, destas, verificou-se um equilíbrio quanto ao gênero sendo 22 pessoas do gênero feminino e 18 sendo homens. A idade média dos participantes ficou na casa de 37 anos de idade, tendo o entrevistado mais novo 16 anos e o mais velho 74. Mediante a esse resultado, conclui-se que o ideal é buscar alternativas menos tóxicas para a saúde e o rendimento. Recorrer a

RESUMO: O desenvolvimento de civilizações

ambientes afastados do tráfego veicular e a redução da intensidade do treinamento aeróbico em dias em que a concentração de poluente está elevada são opções que protegem mais a saúde e oferecem menos riscos ao condicionamento físico.

PALAVRAS-CHAVE: Condicionamento físico, Poluição atmosférica, Urbanização.

AIR QUALITY ON THE AVENUE VISCONDE DE SOUZA FRANCO AND HOW IT CAN AFFECT THE HEALTH OF THE POPULATION

ABSTRACT: The development of civilizations and industrialization has brought benefits and also harm to the population, such as increased air pollution. In big cities, more precisely in Belém do Pará, it is notorious to find people performing physical activities in places with great flow of motor vehicles. Since there are larger volumes of contaminated air, thus bringing a risk to human health. For this reason, there is research that proposes plans that favor the control of vehicular pollution. Therefore, the objective of this work was to examine the relationship between air pollution and the health of people who exercise at Avenida Visconde de Souza Franco (Belém-PA). The methodology applied was to analyze the relationship between quality of life and diseases from the high rate of air pollution in the study site, characterizing a qualitative and quantitative approach, the research obtained data from the application of a structured questionnaire with questions of multiple choices, which showed the behavior of the sample group. After the application of the questionnaires, the analysis and identification of the main important factors that link the low health performance with the effects of air contamination were performed. The questionnaire was applied with 40 people, of which 22 were female and 18 were male. The average age of the participants was 37 years old, with the youngest being 16 years old and the oldest 74. With this result, it is concluded that the ideal is to seek less toxic alternatives for health and income. Using environments away from vehicular traffic and reducing the intensity of aerobic training on days when the concentration of pollutant is high are options that protect more health and offer less risk to physical conditioning.

KEYWORDS: Physical conditioning, Atmospheric pollution, Urbanization.

1 | INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que o desenvolvimento de civilizações e industrialização, trouxe benefícios e também malefícios a população, como aumento da poluição do ar, por exemplo. Nas grandes cidades, mais precisamente em Belém do Pará, é notório encontrar pessoas realizando atividades físicas em locais com grande fluxo de veículos automotores. Visto que existe maiores volumes de ar contaminado, trazendo assim, risco a saúde humana, principalmente os praticantes de atividades físicas, que buscam uma melhor qualidade de vida (TEOBALDO & FERREIRA, 2018).

Vale ressaltar que há necessidade aprimorar e promover tecnologias e conhecimento científico abrangendo o campo de proteção, prevenção, diagnóstico e tratamento na saúde pública. Destacando que existem diversas doenças causadas devido a esta exposição frente a contaminação. Nesse sentido, é necessário ações e estratégias para a intensificação de tratamentos preventivos em relação aos sintomas das enfermidades (UNITED NATIONS,

2015; SILVA & BESSA, 2008).

A poluição atmosférica, causada pela queima incompleta dos combustíveis fósseis usando em tanques automotivos particulares, como taxis, ônibus e motos, é um problema atual de urbanização no mundo (BRABO & MIYAGAWA, 2014).

A modernização vem provocando aumento de quantidades de veículos no Pará, segundo dados disponibilizados pelo Denatran no mapa da motorização individual no Brasil (2019), houve um aumento considerável comparado aos anos anteriores, apresentando 1 milhão de automóveis para mais de 2,3 milhão, representando um crescimento de 116% entre 2008 e 2018. Dessa forma, a crescente circulação desses veículos contribui na crise de mobilidade, afetando bases de infraestrutura, congestionamentos, acidentes, poluição do ar e sonoros.

Por este motivo, encontra-se pesquisas com ações e estratégias positivas que propõe planos que favorecem o controle de poluição veicular, reduzindo os impactos provocados pela propagação de gases poluidores, com objetivo de auxiliar medidas da área da saúde pública (NETA, 2019).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi examinar a relação entre a poluição atmosférica e a saúde das pessoas que realizam exercícios físicos na Avenida Visconde de Souza Franco (Belém-PA), tendo como público alvo os corredores do local que frequentam no intermédio do final da tarde e o início da noite que buscam melhor qualidade de vida através dessa pratica e vendo como a exposição afeta-os.

1.1 Histórico da avenida visconde de souza franco

A Avenida Visconde de Souza é uma das mais movimentadas da cidade de Belém, localizada na área central de Belém, é dividida em dois bairros: Umarizal e Reduto (Imagem 1), sendo considerada um dos metros quadrados mais caro e com maior crescimento vertical da cidade (TOBIAS & LIMA, 2012).

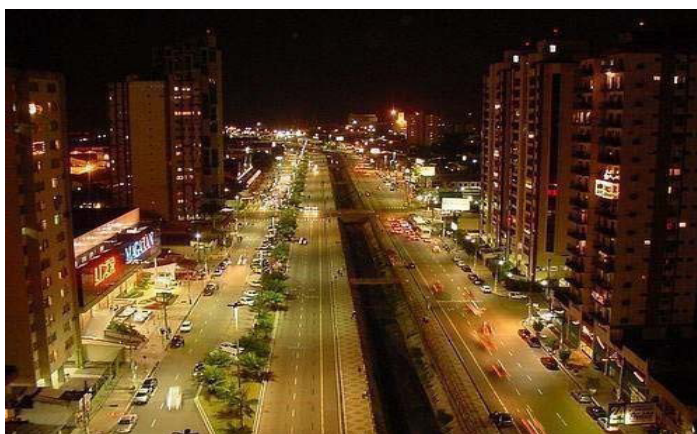


Imagem 1: Avenida Visconde de Souza Franco

Fonte: <http://blogdoimovel.blogspot.com/2007/11/vo-fechar-o-canal-da-doca-se-souza> (2007)

Observa-se o quanto está via evoluiu, em que o canal que hoje corta inteira, antes era apenas um igarapé. A importância dessa avenida possuindo seu espaço cada vez mais disputado entre empresas, supermercados, Shopping Center, faculdades e serviços dos mais diversos ramos, deambulantes e entretenimento, ficando difícil destacar qual tem sua maior relevância em sua realidade atual. A Doca de Souza Franco como também é conhecida, exibe luxuosidade, trazendo consigo um valor histórico e cultural (TOBIAS E LIMA, 2012).

2 | METODOLOGIA

A metodologia aplicada foi analisar a relação entre qualidade de vida e as doenças provenientes do alto índice de poluição do ar no local de estudo, caracterizando como uma abordagem qualitativa e quantitativa. A pesquisa obteve dados de aplicação de questionário estruturado com perguntas de múltiplas escolhas, que mostraram o comportamento do grupo de amostragem. Após a aplicação dos questionários, realizou-se a análise e a identificação dos principais fatores importantes que interligam o baixo rendimento da saúde com os efeitos da contaminação do ar.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O questionário foi aplicado com 40 pessoas nas quais circulam diariamente no local, sobretudo os que praticam exercícios físicos. Segundo os resultados, foram detectados alguns aspectos relevantes que serão destacados nessa sessão.

Dos 40 entrevistados, verificou-se um equilíbrio quanto ao gênero (Gráfico 1), sendo 22 pessoas do gênero feminino (55% do total), os outros 18 são homens (45%). A idade média dos participantes ficou na casa de 37 anos de idade, tendo o entrevistado mais novo 16 anos e o mais velho 74.

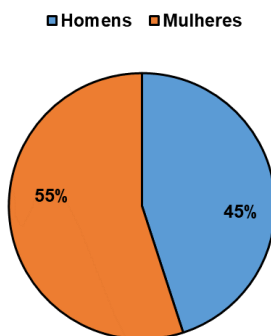


Figura 1: Caracterização da amostra segundo o gênero.

Fonte: Autores (2020).

Estes resultados sugerem que o canal da doca é frequentado, predominantemente, por adultos com mais de 35 anos. Indivíduos na faixa etária entre 30 e 50 anos de idade encontram-se em um momento de transição onde a perspectiva de perda de qualidade de vida e de proximidade com a morte torna-se mais aparente e, portanto, acabam priorizando e reordenando suas atividades cotidianas. Os indivíduos acima de 50 anos experimentam uma mudança gradativa da dedicação do tempo do trabalho para o lazer, especialmente com a proximidade da aposentadoria (ROCHA & CESAR, 2007).

A proximidade foi o motivo mais citado por indivíduos residentes no entorno da Avenida (72%), e para a questão do conforto e segurança (28%) devido ao fato da via ser bem movimentada, por haver prédios comerciais de grande fluxo de pessoas como um shopping Center, fornecendo uma sensação de segurança aos frequentadores do local.

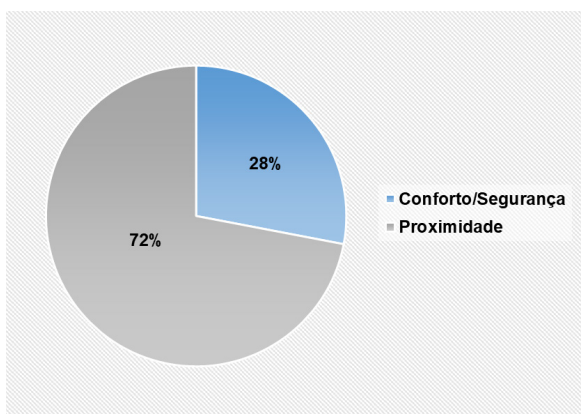


Figura 2 - Distribuição de frequências segundo o motivo de utilização.

Fonte: Autores (2020)

Entre os entrevistados 54% afirmaram ter notado algum tipo de alteração do trato respiratório, como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, no nariz e na garganta, influenciado pela alta carga de poluentes, por consequência de a avenida possuir um grande fluxo de automotores. Por outro lado, 46% afirmaram não ter notado qualquer alteração, porém avaliando a avenida, quanto à questão da qualidade do ar, como ruim.

Sintomas a longo prazo como dor de cabeça e/ou estresse foram relatados por 71% dos frequentadores devido ao local ser uma zona de tráfego intensa, apresentando vários cruzamentos onde a incidência de ruídos é reforçada, classificando os veículos que circulam na via como um dos principais causadores dos problemas acusados.

4 | CONCLUSÃO

Nas grandes cidades, a concentração de Dióxido de carbono (CO₂), Dióxido de Nitrogênio (NO₂), Ozônio Troposférico (O₃), Material Particulado (MP), Amônia (NH₃), Dióxido de Enxofre (SO₂) e por fontes naturais, que são fumaças e metano emitido por digestão animal, e antropogênicas que são por exemplo as usinas e veículos, sendo geralmente elevada devido a intensa utilização de combustíveis fosseis pelos veículos automotores e também pelas indústrias. Portanto, cabe saber os efeitos clínicos da exposição pessoal a estes poluentes durante o exercício físico. A exposição, que pode ser aguda ou crônica, aos diversos poluentes encontrados no ar das áreas urbanas vem provocando diversos problemas a saúde da população, como dores de cabeça, estresse, tosse seca, ardores nos olhos, entre outros.

Apesar da dificuldade de se encontrar materiais que tratassem da relação entre o exercício físico e a poluição atmosférica, a parti de que foi analisado, afirmar que as exposições aos diversos poluentes encontrados no ar urbano comprometem a saúde e o desempenho físico. Portanto, as pessoas que vivem nas cidades e optam pelo exercício físico na rua correm mais risco de ter a saúde e o rendimento prejudicado pela ação de um ou mais poluentes atmosféricos. Por isso, o ideal é buscar alternativas menos tóxicas para a saúde e o rendimento. Recorrer a ambientes afastados do tráfego veicular e a redução da intensidade do treinamento aeróbico em dias em que a concentração de poluente está elevada são opções que protegem mais a saúde e oferecem menos riscos ao condicionamento físico.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.M., Da prevenção primordial à prevenção quaternária. **Rev. Prevenção em Saúde**, vol.23, nº 1. 2005.

BRABO, L. D. M.; MIYAGAWA, L. T. Avaliação da poluição e qualidade do ar, e seus possíveis efeitos sobre a saúde humana na cidade de Belém. In: **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Belo Horizonte. 2014.

COSTA, M.C.L; LOBO, M.A.A. Esse rio é minha avenida: transformações socioespaciais, elitização e exclusão em Belém (PA). **TOBIAS, MSG; LIMA, ACM Urbanização & meio ambiente**. Belém: Editora UNAMA, p. 141-165, 2012.

NETA, H. et al. **Potencial de redução de emissões atmosféricas a partir da implantação do BRT: estudo de caso em Belém-PA**. 2019.

ROCHA, A.A & CÉSAR, C.L.G. Saúde Pública- Bases Conceituais. **Ed. Atheneu, São Paulo**, 2008.

SILVA, M.J, BESSA, M.A.P., Conceitos de Saúde e Doença Segundo a Óptica dos Idosos de Baixa Renda, ver. **Ciencia y Enfermaria XIV (1): 23-31**, 2008.

TEOBALDO, F. M.; FERREIRA, R. C. B. Fatores de Impedância ao uso do transporte público em Belém na visão dos usuários. **Revista científica Semana Acadêmica**, 2018.

United Nations (2015) Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development. Disponível em <<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>>. Acessado em janeiro de 2015.

TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA O REUSO E REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 01/06/2020

Mariana Veloso Nollys Braga

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro – RJ

<http://lattes.cnpq.br/5183027586483642>

seja economicamente viável. Este trabalho tem como objetivo fomentar as técnicas e normas para a implantação dele, visando à minimização do consumo de água e à sustentabilidade dos recursos hídricos, através do uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e o seu reaproveitamento.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de águas, águas cinza, água de chuva, sustentabilidade.

SUSTAINABLE TECHNIQUES FOR THE REUSE AND WATER REPRODUCTION

ABSTRACT: In view of the need to find a solution to ensure an enough supply of quality to the population, population growth, industrialization and the urbanization process have increasingly contributed to the increase in water scarcity in Brazil and in the world. Although Brazil has one of the largest water resources in the world, the reuse of gray water and rainwater harvesting emerges as an alternative in the construction of a shelter, which houses 20 children about Vila Isabel, located in the city of Rio de Janeiro. The sustainable construction seeks the interaction between the human being and the environment, causing considerable diminution in the degradation of both. Thus, the possibility of replacing part of the drinking water of a building with a lower quality for non-noble purposes reduces the demand on water sources. However, it is important to institutionalize, regulate and promote the reuse of water in Brazil, so that this practice develops according to adequate technical principles, as well as being economically viable. The objective of this work is to promote

RESUMO: Diante da necessidade da busca de solução que visa à garantia de um abastecimento de qualidade e em quantidade suficiente à população, o crescimento populacional, a industrialização e o processo de urbanização têm cada vez mais contribuído com o aumento da escassez de água no Brasil e no mundo. Embora o Brasil possua um dos maiores patrimônios hídricos do planeta, o reuso de águas cinzas e captação de água de chuvas desponta como alternativa na edificação de um abrigo, ao qual residem 20 crianças no bairro de Vila Isabel, localizado na cidade do Rio de Janeiro. A construção sustentável procura a interação entre o ser humano e o meio ambiente, provocando considerável diminuição na degradação de ambos. Assim, a possibilidade de substituição de parte da água potável de uma edificação por uma de qualidade inferior para fins não nobres, reduz a demanda sobre os mananciais de água. No entanto, cabe institucionalizar, regulamentar e promover o reuso de água no Brasil, fazendo com que essa prática se desenvolva de acordo com princípios técnicos adequados, como também

the techniques and standards for its implementation, aiming to minimize water consumption and the sustainability of water resources through the rational or efficient use of water, which also includes the control of losses and wastes, and its reuse.

KEYWORDS: Water reuse, grey waters, rainwater, sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

De acordo com dados obtidos pela ANA (2018), o Brasil é um país rico em recursos naturais, contando com uma das maiores disponibilidades de água doce do mundo, que, porém, não está igualmente distribuída no território nacional. Enquanto 80% dos recursos hídricos se concentram na Amazônia, que ocupa 45% do território brasileiro, em outros 13% da área do País existem regiões semiáridas, com rios intermitentes, e sujeitas a longos períodos de secas.

Também é desigual a distribuição da população no País, havendo áreas intensamente antropizadas, em que a quantidade e a qualidade da água se mostram comprometidas, contrapondo-se a áreas com baixa densidade demográfica e farta disponibilidade hídrica. Esse cenário de desigualdades regionais se reflete no uso da água, exigindo ações específicas no território brasileiro para gestão da oferta e da demanda por recursos hídricos (ANA, 2018).

A água sempre foi um recurso valioso, mas sua relativa abundância no Brasil faz com que a sociedade nem sempre lhe atribua valor. As recentes crises de abastecimento no Brasil e no mundo, estão levando a sociedade a compreender que a gestão da água se tornou uma prioridade global chave. Estima-se que a captação de água aumente globalmente em 50% até 2050 (ONU, 2014). Questões relacionadas ao risco hídrico, gestão de perdas, reutilização de água e novas legislações estão surgindo e exigem novas soluções para a gestão dos recursos hídricos.

Ademais, o conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificado, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo atenção maior às necessidades de uso de água para as mais diversas finalidades. Uma das alternativas que se têm apontado para o enfrentamento do problema é o reuso de água, importante instrumento de gestão ambiental do recurso água e detentor de tecnologias já consagradas para a sua adequada utilização (PHILIPPI, 2007).

A aceitação pública é o mais crucial dos elementos na determinação do sucesso ou do insucesso de um programa de reuso de água. A experiência internacional tem mostrado que projetos dessa natureza podem ser tecnicamente viáveis. A água produzida comprovadamente segura, atestada pelos melhores procedimentos científicos disponíveis, podem ser aceitos pelas agências oficiais de meio ambiente e de saúde pública e, ainda assim, não ser aceitos pelo público.

Segundo GHISI (2006), existe um interesse global apresentar melhoria no

desempenho dos edifícios, através da redução do uso de recursos escassos e dos custos de operação e manutenção, levando-se em consideração os hábitos culturais e climáticos e as exigências funcionais de cada edifício. Várias medidas de conservação de água têm sido adotadas visando minimizar o consumo deste insumo nas edificações.

A conservação e reuso de água em edifícios multifamiliares apresenta vários benefícios, dentre os quais se destacam, o aumento do número de usuários atendidos com a mesma oferta de água; preservação dos recursos hídricos disponíveis; redução do pico de demanda através da otimização de equipamentos e tubulações; diminuição do volume de águas residuárias. A reciclagem da água apresenta algumas vantagens, tais como, a diminuição do descarte no sistema de esgoto sanitário e a economia de água potável.

Desta forma, o presente trabalho apresentará um estudo de caso referente a um abrigo para crianças localizado no bairro de Vila Isabel, na cidade do Rio de Janeiro, ao qual foi implantando técnicas de reuso de água das máquinas de lavar roupa, com a finalidade de serem utilizadas para lavagem da calçada, pátio e irrigação do jardim, assim como também foi implantado a técnica de reaproveitamento de água de chuva com a mesma finalidade, com intuito de ser utilizada também nas bacias sanitárias.

2 | DESENVOLVIMENTO

Em 1993, quando a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu a data de 22 de março como o Dia Mundial da Água, já eram esperados desafios relacionados à proteção desse bem finito e essencial à vida humana. Cerca de 75% do Planeta é formado por água, mas 97% de toda a água é salgada e apenas 3% pode ser utilizada para consumo. Conforme dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), desta parcela de água para consumo, pelo menos 69,9% estão em áreas de geleiras ou neve permanente, 29,9% está depositado em áreas subterrâneas, 0,9% em pântanos e geleiras flutuantes e apenas 0,3% em rios e lagos. E somente esse pequeno percentual é realmente acessível para o consumo humano, dividindo-se em: 67,2% para a irrigação, 9,5% para as indústrias, enquanto o abastecimento urbano representa 8,8%, o abastecimento animal 11,1% e o abastecimento rural 2,4%, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1 – Diferentes Usos de Água no Brasil

Fonte: ANA, 2017

Para agravar a situação, observa-se que o consumo de água potável vem aumentando de forma desenfreada, sendo que o principal problema não é o aumento do consumo de água, mas sim o mau uso desse recurso natural. As pessoas ao utilizarem a água, muitas das vezes, acaba destruindo e desperdiçando-a.

A indústria, que consome 9,5% da água disponível, tem contribuído de forma negativa. Muitos processos industriais utilizam a água como matéria-prima, ou como recursos para o resfriamento e limpeza de maquinários. A situação se agrava quando ocorre lançamento de efluentes e resíduos industriais em rios sem tratamento adequado, trazendo impactos ambientais.

O consumo humano é composto por 1 bilhão de pessoas com acesso a água potável, sendo que 40% da população mundial não têm acesso ao saneamento básico. O problema não é ligado somente pelo aumento do consumo e crescimento da população, mas principalmente pelo uso inadequado, tornando este fator o maior contribuinte para a redução da água disponível (ANA, 2005).

Hoje, 250 milhões de pessoas em 26 países sofrem escassez crônica de água, e prevê-se que em 2025 serão 3,5 bilhões de pessoas em 52 países nessa situação, ou seja, conforme a escassez da água avança, passa a ser uma questão de segurança e de defesa da Nação. A responsabilidade é ainda maior para os países considerados fontes hídricas, como o Brasil, que detém 53% da água doce da América Latina e 12% do total mundial (ANA, 2017).

O Brasil é um dos países com maior disponibilidade hídrica do mundo, sendo que a precipitação média anual é de 1.797mm e as vazões dos rios em território brasileiro correspondem a 12% de todos os recursos hídricos mundiais (ANA, 2007).

No entanto, a variação da disponibilidade de água no país é muito grande, com 80% dos recursos hídricos superficiais presentes na bacia Amazônica, onde habita apenas 8% da população brasileira. Em outras regiões, como o semiárido nordestino, há secas prolongadas, e a disponibilidade de água é considerada um recurso crítico. Na Figura 2, verifica-se a distribuição do território, da disponibilidade hídrica e da população nas regiões do Brasil (ANA, 2017).

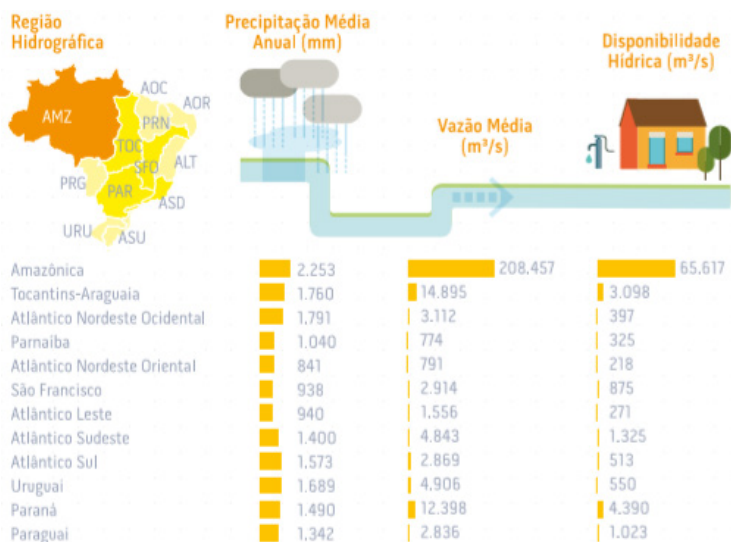


Figura 2 – Disponibilidade Hídrica das Regiões Hidrográficas

Fonte: ANA, 2017

Os dados analisados de acordo com o crescimento populacional no Brasil foram comparados com dados de disponibilidade de água, obtendo-se que em 2100 as regiões Nordeste e Sudeste terão menos que 1000m³ de água disponível per capita por ano, valor considerado catastróficamente baixo pela UNEP – *United Nation Environment Programme*. Na região Sul, a partir de 2075, o volume será menor que 5000m³ de água disponível per capita por ano, que é considerado baixo. Estes dados mostram que mesmo o Brasil, que atualmente tem as maiores reservas de água doce do mundo, pode, em poucas décadas, enfrentar sérios problemas com a escassez de água (GHISI, 2006).

Entretanto, no mesmo estudo, pode-se concluir que a utilização em larga escala de água pluvial para fins não-potáveis no setor residencial aumentaria a disponibilidade hídrica ao longo dos anos. Nas regiões nordeste e sudeste, por exemplo, o valor anteriormente calculado de 1000m³ per capita/ano passaria para 3000m³ per capita/ano ao se utilizar água da chuva.

A necessidade de preservar os recursos hídricos e evitar desperdícios no uso da água pela população e pelas atividades econômicas se mostrou mais evidente durante a crise hídrica que incidiu severamente no país entre 2013 e 2016, quando 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens, principalmente na região Nordeste e também nas regiões Sudeste e Centro Oeste, que não eram comumente afetadas por escassez hídrica (ANA, 2018).

Desde 1997 o Ministério do Interior estabeleceu, para atendimento de forma

gradativa, normas e limites máximos de utilização de água para ser usado em bacias sanitárias, através do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat - PBQP-H.

Em 1998 foi estabelecido o Programa Setorial da Qualidade de Louças Sanitárias para Sistemas Prediais vinculado ao PBQP-H que fixou os objetivos de qualidade evolutiva, referentes ao desempenho das louças sanitárias, para poder atender as normas e diretrizes para o uso racional de água. Assim, aos poucos, as bacias sanitárias foram sendo aperfeiçoadas e redesenhadas para se adequar as normas e que consumissem menos volumes de água sem deixar de ser eficiente. Para a contribuição da redução do consumo de água, foi realizado a troca das torneiras por torneiras com temporizador e arejador e as descargas com duplo acionamento.

Durante esse período, diante do risco de desabastecimento, a população passou a adotar procedimentos para evitar o desperdício de água em suas atividades cotidianas, e inúmeras cidades ficaram sujeitas a cortes e sistemas de rodízio de fornecimento de água.

As possíveis razões da melhoria da eficiência do uso da água no Brasil estariam associadas principalmente a ações de gestão das demandas hídricas, tais como a redução progressiva do uso da água para irrigação, promovida pela substituição de métodos ineficientes por tecnologias que minimizam os desperdícios, implantação de processos de reuso da água pelas indústrias e de tecnologias mais eficientes, implementação do instrumento de cobrança pelo uso da água em algumas regiões do País, escassez hídrica e a mudança de hábitos da população, além dos núcleos mais dinâmicos da economia, entre outras.

O desafio, no entanto, é encontrar soluções céleres e econômicas para superar as dificuldades em relação a este cenário, que preocupa a sociedade como um todo e influencia o desenvolvimento econômico do país.

A construção civil apresenta atualmente dados significativos de impactos socioambientais, sendo as edificações responsáveis por cerca de 21% do consumo de toda água tratada no Brasil, número alarmante se identificarmos como principais razões para o alto consumo a ineficiência as edificações do país que apresentam mau planejamento, erros de projetos, falta de manutenção, falta de capacitação em operação predial, falta de políticas de fomento e informação frente a inúmeras oportunidades com desdobramentos econômicos, sociais e ambientais (SODRÉ, 2015).

Através da mobilização de organizações e associações, que vem crescendo cada vez mais no país, a busca por incentivos a práticas sustentáveis tem sido medidas prioritárias que visam o uso racional da água bem como outras ações importantes para redução do impacto ambiental.

Dentre as principais medidas adotadas para que se atinja um resultado positivo na gestão e consumo de água, está a criação de ações inovadoras e utilização de materiais eficientes pelas organizações envolvidas neste setor.

Para SODRÉ (2015), a indústria brasileira evoluiu muito nos últimos anos em relação a infraestrutura e materiais eficientes disponíveis no mercado. Com relação aos metais, o mercado possui hoje produtos tão eficientes quanto os disponíveis nos países desenvolvidos como a Alemanha e os Estados Unidos, e as tecnologias estão cada vez mais acessíveis, tanto na parte de tratamento de água quanto na disponibilidade de produtos eficientes com preços bem menores se comparados há oito anos.

Com o foco em economizar água em pias, chuveiro, rega de jardins e entre outros, as descargas sanitárias passam por despercebido, e são elas que consomem uma grande porcentagem de água nas residências. Segundo HAMZO (2005) apud OLIVEIRA (1999) “as bacias sanitárias são responsáveis por aproximadamente 30% do volume diário consumido em um domicílio.”

Os modelos mais antigos de bacias sanitárias necessitam de grandes volumes de água, chegando a gastar de 12 a 15 litros de água por descarga. Devido a esse motivo é importante otimizar a utilização da água através de equipamentos mais modernos, o reuso de águas cinzas para as bacias sanitárias e/ou até mesmo o reaproveitamento da água de chuva.

Ao iniciar a concepção de um empreendimento, é importante verificar o regime de chuvas da região e a sua periodicidade. Deve-se levar em consideração se a região apresenta falta de água ou enchentes; problemas de erosão decorrentes das chuvas; e/ou carência de saneamento ou abastecimento na região.

Esses dados ajudarão a alinhar as estratégias de projeto – para implantação e operação – e definir a agenda do empreendimento, resultando na seleção de estratégias a serem utilizadas, contribuindo assim com sua sustentabilidade, alinhada à redução de custos em toda a vida útil do empreendimento.

Qualquer iniciativa no sentido de se fazer o uso eficiente da água reverte-se em benefícios para a edificação ao longo de sua vida útil, especialmente na fase de ocupação, na qual ocorre o maior consumo.

O uso racional consiste no desenvolvimento de sistemas hidráulicos com consumo eficiente de água durante toda a vida útil do empreendimento, isto é:

- redução da quantidade de água extraída em fontes de suprimento;
- redução do consumo e do desperdício de água;
- aumento da eficiência do uso de água;
- aumento da reciclagem e do reuso de água.

A adoção deste princípio leva aos benefícios que vão desde a redução dos impactos socioambientais e redução de custos na fase de uso e operação até a divulgação da ação com objetivos comerciais. Um exemplo de um esquema básico de um sistema de aproveitamento de água de chuva é apresentado na Figura 3 abaixo.

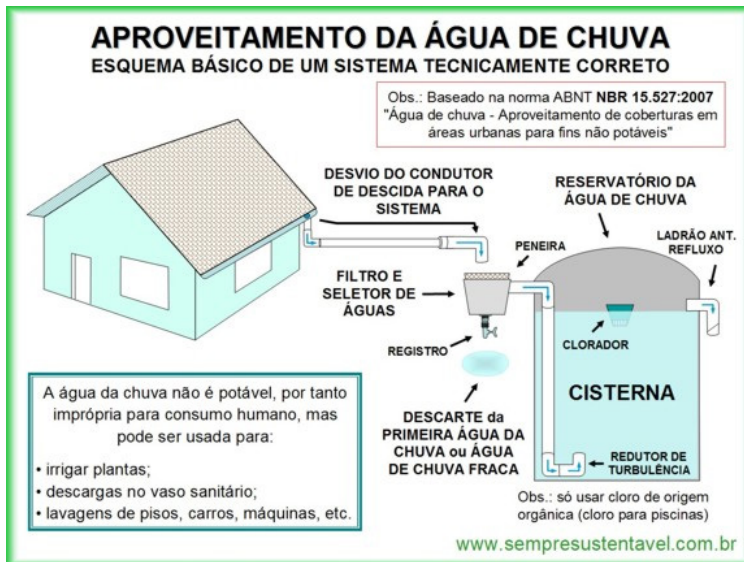


Figura 3 – Esquema de sistema de aproveitamento de água de chuva

Fonte: Sempre sustentável, 2018

2.1 Revisão de literatura

2.1.1 Aspectos Gerais da Lei das Águas 9.433/1997

A Lei de nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, a Secretaria de Recursos Hídricos e a Agência Nacional de Águas, são fortes instrumentos e instituições de defesa dos Recursos Hídricos (SENRA, 2008), tendo como destaque a Lei de nº 9.433/97.

A Lei nº 9.433/97 conhecida como a Lei das Águas, institui a Política de Recursos Hídricos cujos fundamentos são: a água é um bem de domínio público de uso do povo; usos prioritários e múltiplos da água, tais como, consumo humano, dessedentação de animais, diluição de esgotos, transporte, lazer, paisagística, potencial hidrelétrico, e entre outros.

Sobre águas pluviais, o Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, em seu Capítulo V, artigo 103, estabelece que: “As Águas Pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo ele dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário”.

Para o reuso da água é necessário observar a resolução do CONAMA nº 357/2005 em que o uso é dividido em classes com seus respectivos usos permitidos. No estudo em questão os usos permitidos se enquadram melhor na Classe 2, de acordo com o Quadro 1.

Classe	Usos Permitidos
Especial	Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; A preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; A preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
1	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; A proteção das comunidades aquáticas; A recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; A irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; A proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
2	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; A proteção das comunidades aquáticas; A recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; A irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; A aquicultura e atividade de pesca.
3	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; A irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; A pesca amadora; A recreação de contato secundário; A dessedentação de animais
4	A navegação; A harmonia paisagística

Quadro 1 - Classificação das Águas Doces Segundo Seus Usos Preponderantes

Fonte: Adaptado Resolução CONAMA nº357/2005

2.1.2 Lei do Saneamento Básico 11.445/07

A Lei 11.445/07 – Lei Federal do Saneamento Básico aborda o conjunto de serviços de abastecimento público de água potável; coleta, tratamento e disposição final adequada dos esgotos sanitários; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, além da limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos.

Saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de Abastecimento de água potável; Esgotamento sanitário; Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; Drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas.

2.2 Programa nacional para o uso racional da água

O Programa Nacional para o Uso Racional da Água tem em vista a sustentabilidade na utilização da água, seja no modo qualitativo quanto no quantitativo, envolvendo o meio agrícola, urbano, industrial e manutenção da biodiversidade. Este plano foi elaborado de acordo com as diretrizes da Agenda 21 e as Metas de Desenvolvimento do Milênio, e sua estrutura está separada em componentes, programas e subprogramas. O uso racional da água está baseado no Componente de Articulação Inter setorial, Interinstitucional e

Interinstitucional da Gestão Integrada de Recursos Hídricos, especialmente Programa VI: Programa de Usos Múltiplos e Gestão Integrada de Recursos Hídricos.

Dentre os 6 subprogramas deste programa, apenas 3 são utilizados como base para o Programa Nacional de Usos Racional da Água, sendo estes:

- Subprograma VI.2 – Gestão da Oferta, Ampliação, Racionalização e Reuso das Disponibilidades Hídricas;
- Subprograma VI.3 – Gestão de Demandas Resolução de Conflitos, Uso Múltiplo e Integrado de Recursos Hídricos;
- Subprograma VI.4 – Intervenções Integradas de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos no Meio Urbano.

Este plano tem como objetivo promover uma oferta maior de água, sem a necessidade de novas captações em mananciais, racionalizar o uso da água, reduzir investimentos na captação de água que ficam distantes do centro urbanos, reduzir a utilização da água tratada para fins secundários, reduzir o consumo de energia nacional no fornecimento de água encanada, reduzir o volume de água a ser captada e tratada. Uma prova de que o aproveitamento de água da chuva é um fator positivo, é o fato de que minimiza o perigo de enchentes e contaminação de córregos.

2.3 Reuso da água

O objetivo proposto é a gestão e conservação das águas dentro de uma edificação de 2 andares, com a finalidade de ser um abrigo para 20 crianças no bairro de Vila Isabel, no estado do Rio de Janeiro, ao qual são realizados a incorporação de dispositivos economizadores de água e reaproveitamento das águas pluviais e o reuso das águas cinza.

Analisando os despejos domésticos dentro da visão de proteção da água, há que se considerar a hipótese de reaproveitamento das águas pluviais e das águas cinzas – aquelas oriundas de ralos, chuveiros, tanques e lavatórios. Nesse caso, ao invés da edificação contar com apenas um reservatório, ela passaria a contar com dois sendo um de água limpa e outro com as águas a serem reaproveitadas. Nessa hipótese, o abastecimento de água das bacias sanitárias passaria a ocorrer através do segundo reservatório superior. Há que se considerar, ainda, a hipótese de, por alguma falha no sistema, não existir água suficiente no reservatório para alimentar as bacias sanitárias. Nesse caso, seria necessária uma alimentação suplementar do reservatório de água limpa como medida de segurança.

De acordo com a avaliação, pode-se constar num país com altos índices pluviométricos como o Brasil, o reaproveitamento das águas pluviais para higiene e até consumo deveria ser considerado. Uma alternativa para a reutilização das águas cinza, o mais indicado seria a redução do consumo da água, adotando, por exemplo, a coleta e compostagem dos efluentes sanitários.

2.3.1 Riscos do Reuso

O contato humano com água de reuso pode ocorrer de diversas maneiras (BLUM, 2007):

- Contato por ingestão direta de água;
- Contato por ingestão de alimentos crus e verduras irrigadas e consumidas cruas;
- Contato por ingestão de alimentos processados (caso dos vegetais enlatados que foram irrigados com água de reuso);
- Contato por inalação de aerossóis formados, por exemplo, em sistemas de irrigação por aspersão ou em aeração superficial de lagoas;
- Contato por meio da visão e do olfato, como no caso das descargas sanitárias.

Segundo BLUM et. al (2007) há 05 critérios gerais de qualidade no planejamento de sistemas de reuso:

- O reuso não deve resultar em riscos sanitários à população;
- O reuso não deve causar nenhum tipo de objeção por parte dos usuários;
- O reuso não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente;
- A fonte de água que será submetida a tratamento para posterior reuso deve ser quantitativa e qualitativamente segura;
- A qualidade da água deve atender às exigências relativas aos usos a que ela se destina.

Segundo NARDOCCI (2007) os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, associado ao reuso de água, preocupam a sociedade por dois motivos principais: a poluição dos recursos hídricos e as limitações das técnicas de tratamento de água que, apesar dos avanços obtidos nos últimos anos, não removem completamente todas as substâncias indesejadas da água. Assim sendo, é necessário equilibrar as relações risco/benefício e custo/eficácia das tecnologias de tratamento, tendo em vista que quanto mais nobre o uso pretendido, mais alto o custo dos investimentos necessários.

O gerenciamento dos riscos é o conjunto de procedimentos, normas e regras, tendo como objetivo controlar e minimizar riscos, sendo abrangente de todas as atividades técnicas, legais, decisórias, de escolhas sociais, políticas e culturais que se encontrem associadas, diretamente ou indiretamente, com as questões de risco em nossa sociedade (NARDOCCI, 2007).

2.3.2 *Vantagens do Reuso*

A captação de água da chuva é uma prática muito difundida em países como a Austrália e a Alemanha, onde novos sistemas vêm sendo desenvolvidos, permitindo a captação de água de boa qualidade de maneira simples e bastante efetiva em termos de custo benefício. A utilização de água de chuva traz várias vantagens (AQUASTOCK, 2005):

- Redução do consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento dela;
- Evita a utilização de água potável onde esta não é necessária, como por exemplo, na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos, entre outros;
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adotar a captação de água pluvial na grande maioria dos telhados, e o retorno do investimento é sempre positivo;
- Faz sentido ecológica e financeiramente não desperdiçar um recurso natural escasso em toda a cidade, e disponível em abundância no nosso telhado;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios.
- Encoraja a conservação de água, a autossuficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade.

2.3.3 *Sistema de Tratamento*

As medidas de segurança necessárias para implementação de um programa de reuso incluem (BLUM, 2002):

- Aplicação de tratamento compatível com a qualidade dos efluentes brutos;
- Garantia de que o sistema de tratamento produzirá água com qualidade e quantidade exigidas;
- Adequabilidade do projeto, instalação e operação do sistema de distribuição.

Portanto, para se implantar um sistema de tratamento de água de reuso deve-se identificar a qualidade mínima exigida para os tipos de usos pretendidos.

Cabe ressaltar que no Brasil ainda não existem diretrizes ou normas para caracterização de águas cinzas. Porém, a Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997) que institui a política nacional de recursos hídricos, cita em seus objetivos a garantia de disponibilizar água para à atual e às futuras gerações, em padrões adequados aos respectivos usos.

A Resolução nº 54 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005) estabelece modalidade, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água em todo o território nacional. A referida resolução adota algumas definições importantes como:

- Produtor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reuso;
- Distribuidor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reuso;
- Usuário de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reuso.

A referida resolução cita também a utilização de reuso de água em edificações, porém não estabelece as diretrizes, os critérios e os parâmetros específicos.

Além disso, também ficou estabelecido que a atividade de reuso de água seja informada ao órgão gestor de recursos hídricos, para fins cadastrais, devendo conter:

- Identificação do produtor, distribuidor ou usuário;
- Localização geográfica da origem e destinação da água de reuso;
- Especificação da finalidade da produção e do reuso de água; e,
- Vazão e volume diário de água de reuso produzida, distribuída ou utilizada.

A NBR 13.969 (ABNT,1997) aborda a utilização de efluentes tratados com qualidade não potável em atividades como irrigação dos jardins, lavagens de pisos e de veículos, descarga de bacias sanitárias, entre outros. Além disso, a norma cita que o sistema de reuso deve ser planejado definindo-se os usos previstos do esgoto tratado, o volume a ser reutilizado, o grau de tratamento necessário, o sistema de preservação e distribuição, bem como, o manual de operação e treinamento dos responsáveis.

A água cinza é potencialmente perigosa, por isso, deve-se ter bastante cuidado quando o sistema estiver instalado. Um dos maiores perigos é a possibilidade de a água cinza ser utilizada para fins inadequados ou ser realizada uma ligação inadvertidamente com o sistema de água potável.

2.4 Estudo de caso

É sabido que vivemos uma situação de crise hídrica no país, agravada pelo mau uso e desperdício recorrentes. Projetos que resultem em uma otimização do aproveitamento da água pela sociedade, portanto, surgem como ferramentas essenciais para contornar este cenário. O objetivo do projeto realizado no ano de 2015, foi a implementação da captação de água de chuva no abrigo AMAR, localizado no bairro de Vila Isabel, na cidade do Rio de Janeiro, que abriga cerca de 20 crianças. A água coletada foi reutilizada para a irrigação de plantas, lavagem de calçadas e em descargas das bacias sanitárias. O intuito do projeto é proporcionar benefícios diretos de caráter social e econômico às crianças residentes no abrigo. O Brasil hoje sofre os efeitos resultantes das anomalias climáticas que vêm ocorrendo no planeta; portanto, o projeto tem o objetivo de promover a conscientização da importância da água e capacitar voluntários para que possam construir um sistema de

captação de água de chuva de baixo custo.

A chuva é uma fonte de água muito importante e sua captação pode ser essencial, principalmente porque é uma fonte finita. O aproveitamento das águas pluviais está vinculado ao reuso da água, e por não ter sido utilizada anteriormente, esta possui uma boa qualidade.

Esta prática de reaproveitamento de águas pluviais não é de hoje, de acordo com TOMAZ (2003) há reservatórios escavados há 3.000 A.C., em média. A mais antiga instalação de captação dessas águas, no Brasil, foi feita em 1943, na Ilha de Fernando de Noronha (AZEVEDO NETTO, 1991 apud CARLON, 2005).

Este reaproveitamento traz grandes benefícios tanto para a sociedade como para o meio ambiente, como:

- acréscimo da segurança hídrica;
- redução dos investimentos na captação da água de rios distantes das cidades;
- redução do volume de água que seria captada e tratada;
- redução dos riscos de enchentes e erosão de margens de rios;
- redução de custos ocasionados por inundações; etc.

Um problema desse sistema é que haverá diminuição do volume coletado em períodos de estiagem, sendo necessário unir captação e grandes reservatórios para suprir nessas épocas em que não haverá chuva.

Segundo o art. 102 do Código das Águas, “consideram-se águas pluviais as que procedem imediatamente de chuvas”, sendo que estas águas conforme art. 103, “pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo ele dispor delas à vontade, salvo existindo direito contrário”. Continuando o art. 103, são encontradas algumas limitações de uso, inseridas nos incisos I e II do parágrafo único, onde é visto que não é permitido desperdiçar essas águas em prejuízo de outros que poderiam aproveitá-las, sofrendo pena de indenização, e também, não é permitido desviar essas águas do curso natural tornando-as para outro, sem consentimento dos donos que poderiam recebê-las. De acordo com o art. 104, é constatado que após transpor o nível do terreno, a água é sujeita ao regime das águas públicas. O art. 105 dispõe de que as águas que caem do beiral, não podem atingir o imóvel do vizinho. Pelo que está descrito nos artigos 107 e 108, as águas que caírem em terrenos público de uso comum, fica livre a captação, porém não é permitido construir reservatório nesses lugares, a não ser por licença da Administração Pública.

O modelo de cisterna que serve como base para a implementação do projeto é o modelo proposto pelo “Movimento Cisterna Já”, iniciativa independente que possui como objetivo passar para interessados meios simples e eficientes de melhor aproveitamento dos recursos hídricos, sendo um deles a captação de água da chuva.

A minicisterna, desenvolvida por Edison Urbano, idealizador deste movimento, é de baixo custo e fácil reprodução. Todos os elementos necessários para a construção desta cisterna podem ser encontrados em qualquer loja de construção. Apresentado na Figura 4, podemos entender melhor o esquema do projeto da tecnologia básica da minicisterna.

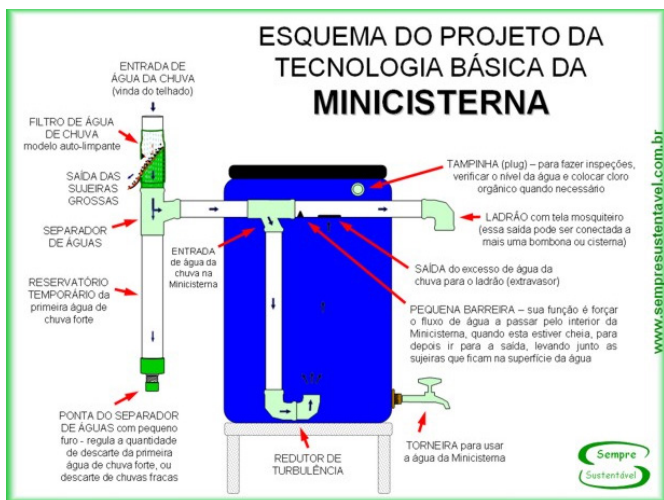


Figura 4 - Modelo de Minicisterna

Fonte: www.sempresustentavel.com.br

O Quadro 2 apresenta a lista dos elementos (materiais) necessários para a construção de uma minicisterna e seus respectivos preços atualizados no mercado.

Material	Quantidade necessária	Preço médio (valor unitário)	Preço médio (valor total)
Tubo de 75 mm (3 m)	04	R\$ 35,90	R\$143,60
Cap de 75 mm	01	R\$ 6,99	R\$ 6,99
Cap de 40 mm	01	R\$ 4,59	R\$ 4,59
Joelho de 90° p/ esgoto de 75 mm	03	R\$ 7,90	R\$ 23,70
Tê de 75 mm	01	R\$ 17,90	R\$ 17,90
Joelho de 45° p/ esgoto de 75 mm	01	R\$ 5,59	R\$ 5,99
Anel de borracha de 75 mm	03	R\$ 3,99	R\$ 11,97
Tela Mosquiteiro	01	R\$ 34,90	R\$ 34,90
Torneira para tanque 3/4"	01	R\$ 49,00	R\$ 49,00
Bombona de 200L (medida 90 cm altura x 60 cm. diâmetro)	03	R\$ 160,00	R\$ 480,00

Quadro 2 – Lista de elementos para construção do projeto

Fonte: Autora

Diante do exposto acima, o custo final do projeto foi de aproximadamente R\$778,64. Os materiais mencionados acima são utilizados para construir os três componentes principais do modelo de minicisterna:

- Filtro de Água de Chuva
- Separador de Águas
- Minicisterna

2.4.1 Funcionamento do Equipamento de Captação

- Telhado – Funciona como captador de água de chuva;
- Calha ou coletor – Um modelo de coletor ou calha deve existir ou ser instalado para reunir a água que vem do telhado;
- Filtro grosseiro – Um filtro de tela para reter galhos, folhas, e outras impurezas grosseiras;
- Separador de Primeiras Águas – O início de uma chuva lava o telhado e a atmosfera, arrastando impurezas finas que precisam ser separadas e descartadas;
- Reservatório – Para acumular a água de chuva é necessário um reservatório. A determinação correta desse volume é da máxima importância, e depende da área do telhado, do consumo, da existência ou não de outras fontes supridoras de água de qualidade confiável, a quantos meses de seca está sujeito, entre outros. O reservatório deve ser fechado para evitar entrada de sujeiras e da luz solar, para evitar propagação de algas;
- Sistema de Recalque – Bombas e sistema de segurança e automação para envio da água estocada para caixas de alimentação;
- Caixas de alimentação Secundárias – Reservatórios intermediários;
- Rede de reuso – rede exclusiva e independente de água para reaproveitamento da água reservada. Não pode se misturar com água potável.

2.4.2 Filtro de Água da Chuva

O filtro tem como função separar os sedimentos maiores, como folhas e gravetos, de modo que estes não entrem na cisterna. A montagem é feita com dois pedaços de tubo de PVC, um encaixado no outro, com uma tela (tela mosquiteiro) entre os dois.

Esse filtro de água de chuva auto limpante e de baixo custo foi desenvolvido para ser instalado na tubulação de descida de água da calha do telhado. Ele é feito com tubo de 75mm e serve para telhados de até 50m². Para projetos maiores é utilizado um filtro para

cada 50m² de telhado, ou seja, para cada 50m² de telhado faça uma descida com tubo de 75mm e instalar um filtro.

$$QF = 37 \text{ m}^2 / 50 \text{ m}^2$$

$$QF = 0,74$$

2.4.3 Separador de Águas

Este componente é responsável por separar as primeiras águas da chuva, carregadas com o excesso de poluição presente na atmosfera, assim como a sujeira presente nos telhados das residências. Após o descarte inicial, as águas (mais limpas) são encaminhadas para a cisterna, representado na Figura 5.

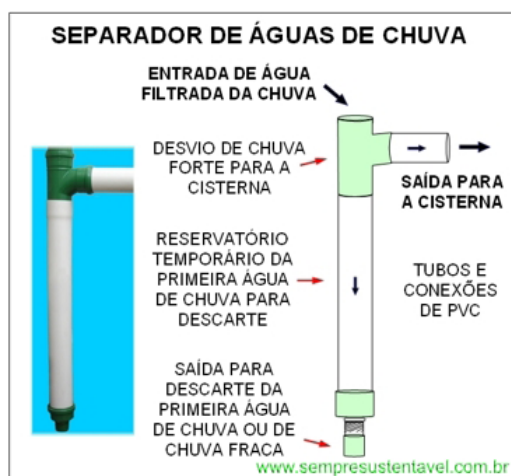


Figura 5 - Separador das primeiras águas

Fonte: www.sempresustentavel.com.br

A princípio, a cisterna irá captar a água proveniente do teto da construção principal, onde se encontram a cozinha e os dormitórios. O levantamento do potencial de captação nesta área do abrigo nos indicou que um conjunto de 3 a 4 bombonas seria o ideal, resultando em uma quantidade total de água acumulada de 740 L, de acordo com os cálculos.

$$V = (A \cdot h) \cdot 1000 \text{ (litros)}$$

V = Volume em litros

A = área em m²

h = altura de chuva em metros

$$QB = V/C$$

C = Volume da bombona

Considerar chuva de altura $h = 20\text{mm}$ em um telhado de 37m^2 e a capacidade de volume armazenado de cada bombona a ser utilizada de 200 litros.

$$V = 37\text{m}^2 * 0,020\text{m} * 1000$$

$$V = 740 \text{ litros}$$

$$QB = 740/200$$

$$QB = 3,7 \approx 4 \text{ Bombonas}$$

2.4.4 Aproveitamento da Água de Máquinas de Lavar

As máquinas de lavar com 8 kg de roupas sujas consomem uma média de 120L para realizar todo o seu ciclo de lavagem. Levando em consideração a quantidade de crianças e roupas sujas produzidas constantemente, faz-se necessária a implementação de um sistema que possa reutilizar toda essa quantidade de água atualmente desperdiçada.

Existem inúmeros projetos para reutilização dessa água. Porém, é necessário levar em consideração que a água resultante do 1º ciclo de lavagem é bastante suja, chegando a apresentar um índice elevado de sais e coliformes. A partir do 2º ciclo, a água se torna própria para lavagem de pisos e irrigação de plantas.

Assim sendo, o projeto ideal para reutilização dessas águas seria capaz de captar em recipientes separados as águas do 1º e 2º ciclo. A primeira água poderia ser utilizada em descargas de vasos sanitários, enquanto as águas dos outros ciclos apresentariam um uso mais diversificado e menos restritivo.

2.4.5 Estimativa de Economia Proporcionada

Através dos dados meteorológicos disponibilizados desde o ano 2000 pela Agência Nacional de Águas (ANA) para a região do abrigo no Rio de Janeiro, foi possível fazer uma estimativa da precipitação mensal na região do abrigo, representado no Quadro 3.

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2000	-	215,5	150,6	29,6	9,4	0	35,7	47,8	106,9	34,8	156,7	237,2
2001	116	162,4	182,9	18,5	44,5	0	19,8	39,1	24,7	106,3	201	263,4
2002	218,5	200,5	73,9	40,1	81,4	4	26,4	38,9	101,6	120,7	191,1	245,4
2003	498,9	59,6	201,1	59,4	35,4	2,9	21	31,4	45,3	200,7	167	132,5
2004	161,9	366,3	103,7	194,5	66,7	63	49,8	19,2	6,8	135,2	177,3	257,7
2005	278	112,9	208,3	151,3	69,8	14,1	35,5	3,2	49	61,6	136,8	136,5
2006	214,5	325,1	76	24,2	44,3	3,4	25,5	31,5	38,5	133,4	198,4	-
2007	215,4	129,5	62,6	36,6	55,3	5,6	37,7	2,1	11	81,0	174	-
2008	232,9	288,3	-	27,7	-	10,2	2,8	60,6	44,4	125,1	229,9	364
2009	449,2	330,6	123,4	51,5	76,6	30,4	47,6	33,9	104	186,6	245	382,9
2010	328,5	123	248,1	64,3	30,5	10,4	52,8	1	60,1	87,8	150,2	257,7
2011	184,1	82,2	142,8	62,7	17,6	27,9	2,2	5,3	0,9	31,8	33,7	202,4

2012	549,7	82,5	105	79,9	80	65,7	17	20,6	49,5	43,4	107,8	161,1
2013	397,9	241,2	106,5	75	62,1	35,3	127,3	17,3	53,9	119,9	181,3	192,1
2014	113,5	30,7	212,8	55,3	45,5	36,2	18,5	14,2	33,2	55,1	142,6	244,5
2015	136,3	187	267,6	124	26,5	31,3	2,8	22,9	106,6	29,4	245	193,4
2016	260,4	140,8	254,5	12,1	5,3	95,7	0,3	16,7	71,1	70,9	282,7	188,3
2017	420,6	52,7	159,7	92,1	16,1	15,9	0	-	10,3	120,3	-	188,3
2018	331,3	153,7	171,2	62,1	42,8	5,5	14,3	54,2	-	-	-	100,3

Quadro 3 - Precipitação Média Mensal na região do abrigo (mm/mês)

Fonte: Autora

Através destes dados, foi traçar o Gráfico 1 no qual foi possível verificar que o período de chuvas na região se concentra de janeiro a abril e de setembro a dezembro, enquanto o período de seca é de maio a agosto. Este gráfico reforça que esta região apresenta historicamente um extenso período de chuvas ao longo, sendo, portanto, um ótimo local para instalação de captação de água de chuvas.

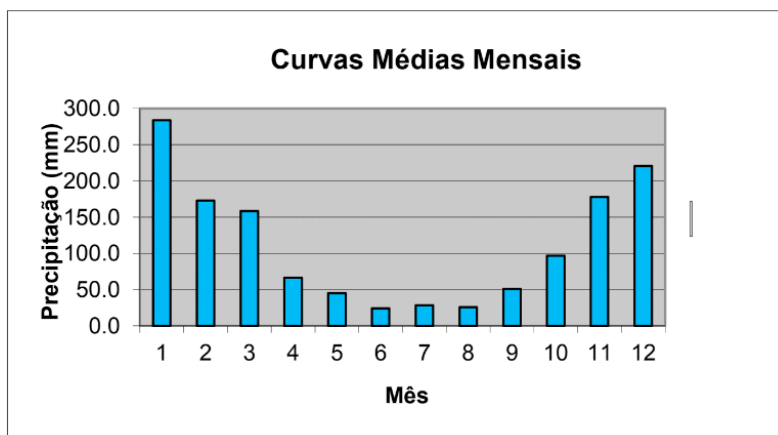


Gráfico 1 – Curvas Médias Mensais no Rio de Janeiro

Fonte: Autora

Ademais, neste Gráfico 2, é possível observar que o índice pluviométrico nesta região é bem alto, apresentando uma média de 1300mm de chuva por ano, média superior à média nacional de 800mm. Desta forma, a pluviosidade anual reforça a viabilidade de instalação de sistema de captação de água de chuva no local de estudo.

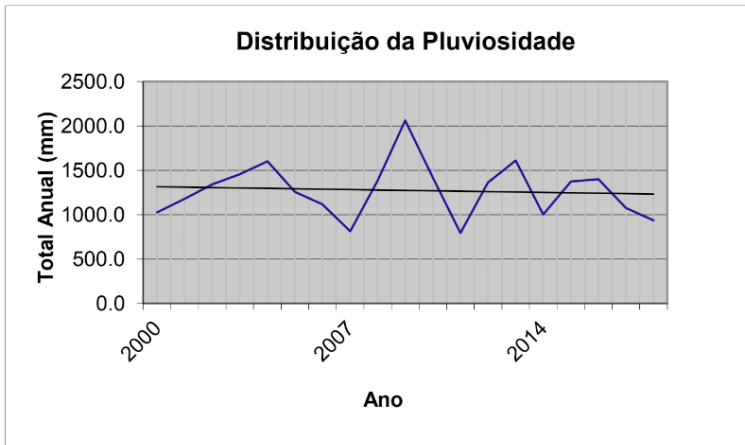


Gráfico 2 – Distribuição da Pluviosidade no Rio de Janeiro

Fonte: Autora

Como a área do sistema de coleta é de aproximadamente 37 m², a estimativa é de que o sistema colete em média 51 m³ por ano. De acordo com os cálculos, pode-se obter uma redução do consumo de água equivalente a 4.250L/mês e uma redução R\$18,09/mês na conta de água, totalizando em uma economia de R\$217,08/ano, conforme pode-se verificar nos cálculos.

$$51.000\text{L/ano} \div 12 \text{ (meses)} = 4.250\text{L/mês}$$

$$4.250\text{L/mês} \div 1000 = 4,25\text{m}^3$$

$$\text{R\$ } 3,791 \text{ (tarifa da concessionária em m}^3\text{)} * 4,25\text{m}^3 = \text{R\$16,11/mês}$$

$$\text{R\$16,11} + \text{R\$1,42 (rec. hídricos)} + \text{R\$0,56 (tx. regularização)} = \text{R\$ } 18,09\text{/mês}$$

$$\text{R\$18,09} * 12 \text{ (meses)} = \text{R\$217,08}$$

$$\text{Total} = \text{R\$217,08/ano}$$

Além disso, o uso médio da máquina de lavar é de cerca de 120L diários, resultando em uma quantidade anual de 44 m³. Conforme os cálculos, pode-se obter uma redução do consumo e água equivalente a 3.667L/mês e uma redução de R\$15,89/mês na conta de água totalizando em uma economia de R\$190,68/ano.

$$44.000\text{L/ano} \div 12 \text{ (meses)} = 3.667 \text{ L/mês}$$

$$3667\text{L/mês} \div 1000 = 3,67\text{m}^3$$

$$\text{R\$ } 3,791 \text{ (tarifa da concessionária em m}^3\text{)} * 3,67\text{m}^3 = \text{R\$13,91/mês}$$

$$\text{R\$13,91} + \text{R\$1,42 (rec. hídricos)} + \text{R\$0,56 (tx. regularização)} = \text{R\$15,89}$$

$$\text{R\$15,89} * 12 \text{ (meses)} = \text{R\$190,68}$$

$$\text{Total} = \text{R\$190,68/ano}$$

Por fim, levando em consideração que o custo cobrado pela distribuidora é de R\$3,79/m³ mais a taxa de recursos hídricos e taxa de regularização, o sistema de captação

gera uma economia anual de aproximadamente R\$407,76 somando os dois projetos de reaproveitamento e reuso de água. Sendo assim, o retorno do sistema de captação, referente ao custo inicial de implementação, se daria logo no 2º ano.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recente crise hídrica se destaca como um alerta para todos, fazendo-nos lembrar do quão suscetíveis somos às consequências da mudança climática, que infelizmente ocorrerão de forma cada vez mais frequente. O sistema de captação proposto tem como objetivo não somente o impacto econômico referente à coleta direta desta substância preciosa, mas acima de tudo fomentar a responsabilidade socioambiental e o potencial que cada um de nós tem para engrandecer a nossa sociedade.

Contudo é preciso se atentar algumas limitações referentes à instalação deste sistema de captação, uma vez que é necessário dispor de uma área considerável, como por exemplo neste caso uma área de 37m² desde que passou a comportar este sistema, passou a ser inutilizada para outros fins.

Adicionalmente, é importante verificar se a estrutura desta área comporta o peso do sistema, principalmente os tambores de água de 200 litros. Desta forma, é essencial que seja conduzido um estudo estrutural, para analisar se a estrutura suporta o peso que o sistema agrega na área.

REFERÊNCIAS

ANA – **Agência Nacional de Águas** – Disponível em: < <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/acesso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6>> Acesso em: mar.2019 às 03:12

AQUASTOCK – **Água da Chuva. Sistema de Reaproveitamento da Água da Chuva.** Disponível em: <<http://www.engeplasonline.com.br>> Acesso em: mar.2019 às 2:55

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Tanques Sépticos – Acquasana Tratamento de Efluentes: NBR-13.969.** Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.

BLUM, J. R. C. **Critérios e padrões de qualidade da água.** NARDOCCI, A. C; FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, G. J; PADULA, H.F; BLUM, J. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.S; HESPANHOL, I; PHILIPPI, A. J; BREGA, D. F; MANCUSO. P. C. S. Reuso de Água. São Paulo. Ed. Manole: 2007. P. 125-173.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, mar. 2005.

Conjuntura de Recursos Hídricos Brasil, 2017 – Disponível em: < <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf>> Acesso em: mar.2019 às 03:00

EDISSON URBANO. **Sempre Sustentável**. Disponível em: <http://www.sempresustentavel.com.br/>. Acesso em: jun. 2019 às 03:20

Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – o estudo de caso da cidade do samba. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/heitorv.pdf>. Acesso em: mai. 2019 às 23:34.

Gestão das águas pluviais no meio urbano. Disponível em: http://www.cbcs.org.br/sushi/images/sura_pdf/sem%20agua%2012-08-2010%20-%20Rodolfo%20Scarati.pdf. Acesso em: mai 2019 às 1:50.

GHISI, E. **Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil**. *Building and Environment*, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

HAMZO, Samir Tanios. **Avaliação da Economia de água obtida pelo uso de dispositivo seletivo de descarga em bacias sanitárias com caixa acoplada**. 2005. Dissertação (Mestre em Habitação: Planejamento e Tecnologia), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.

NARDOCCI, A. C. **Avaliação de riscos em reuso de água**. FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, G. J; PADULA, H.F; BLUM, J. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.S; HESPANHOL, I; PHILIPPI, A. J; BREGA, D. F; MANCUSO. P. C. S. Reuso de Água. São Paulo. Ed. Manole: 2007. p.403-430

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Core set of indicators for environmental performance reviews: a synthesis report by the group on the environment**. Paris: OECD, 1993. ONU – ORGANIZAÇÃO

OLIVEIRA, Carla Montefusco de. **Desenvolvimento sustentável: uma discussão ambiental e social**. 2007. Dissertação (Pós-graduação em Políticas Públicas) – III Jornada Internacional de Políticas Públicas, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão.

PHILIPPI A. J. Introdução. NARDOCCI, A. C; FINK, D. R; GRULL, D; SANTOS, G. J; PADULA, H.F; BLUM, J. R. C; EIGER, S; PAGANINI, W.S; HESPANHOL, I; PHILIPPI, J; BREGA, D. F; MANCUSO. P. C. S. **Reuso de Água**. São Paulo. Ed. Manole: 2007. p. 13-17.

Programa Nacional para Uso Racional da Água. Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1350. Acesso em: mai. 2019 às 12:45.

SENRA, J. B. **Cuidando das águas por um Brasil melhor**. Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br>. Acesso em: mar. 2019 às 16:36

SODRÉ, Virginia. **Água: preservar para conservar**. Revista Green Building Council, ano 1, n. 1, p. 30–35, ago. 2014

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIA FRIGORÍFICA ATRAVÉS DE REATORES BIOLÓGICOS DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME

Data de aceite: 03/08/2020

Data de submissão: 06/05/2020

Lorran Marré Parlotte

Universidade Federal de Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/5558948069068517>

Henrique Silva de Oliveira

Engenheiro Ambiental e Sanitarista
<http://lattes.cnpq.br/6025322270292161>

Pedro Bizerra Moura

Engenharia Ambiental - UFLA
<http://lattes.cnpq.br/3556160167559003>

Edimar Noiman Gonçalves Filho

Engenheiro Ambiental e Sanitarista
<http://lattes.cnpq.br/2973368366996964>

Nicolý Dal Santo Svierzski

Doutorando – COPPE/UFRJ
<http://lattes.cnpq.br/7503029261419766>

Jheiny Oliveira da Silva

Universidade Federal de Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/6167499380610125>

Alberto Dresch Webler

Universidade Federal de Rondônia
<http://lattes.cnpq.br/2636465000898348>

Dados já publicado na revista **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**. V.6, Suplemento n.7, p. 336 – 347, 2019.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi o de avaliar a eficiência do tratamento de efluente frigorífico por meio de sistema biológico composto por reatores MBBR para a remoção de matéria orgânica e nitrogênio. O efluente utilizado foi coletado em um frigorífico localizado no estado de Rondônia. O experimento foi conduzido em escala de bancada e foram utilizados dois reatores, um anóxico e um aeróbio, onde foram mantidas a vazão e a taxa de reciclo constantes, em um sistema com taxa de reciclo em 500%, e TRH de 1,7 dias. No estudo foi necessária a utilização de diferentes concentrações de metanol e carbonato de sódio, como fonte externa de carbono e para a correção da alcalinidade, nos processos de nitrificação e desnitrificação, respectivamente. O tratamento biológico por MBBR se mostrou ser uma alternativa muito eficiente para o tratamento de efluente, obtendo 99% de remoção de nitrogênio amoniacal e DQO e 89% de nitrogênio inorgânico total.

PALAVRAS-CHAVE: Frigorífico, nitrificação, desnitrificação, fonte externa de carbono.

SLAUGHTERHOUSE WASTEWATER TREATMENT WITH MOVING BED BIOFILM REACTORS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the efficiency of the slaughterhouse wastewater treatment by a biological system composed of MBBR reactors for the removal of organic matter and nitrogen. The effluent was collected in a slaughterhouse located in the state of Rondônia. The experiment was conducted on a bench scale and two reactors were used, one anoxic and one aerobic, where the flow rate and

the recycling rate were kept constant, with an input rate of 1 liter/day, in a system with a recycling rate of 500%, which generates a HRT of 1.7 days. In the study it was necessary to use different concentrations of the components methanol and sodium carbonate as external carbon source and for the correction of alkalinity in the processes of nitrification and denitrification, respectively. The biological treatment by MBBR proved to be a very efficient alternative for the effluent treatment, obtaining 99% of ammoniacal nitrogen and COD removal and 89% of total inorganic nitrogen.

KEYWORDS: Slaughterhouse, nitrification, denitrification, external carbon source.

11 INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento gradativo das indústrias de frigorífico no Brasil, este se tornou um ramo de suma importância no cenário econômico e social do país. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO, o Brasil está entre os países com maior produção de carne bovina, o qual no ano de 2018 a produção foi estimada em 72,2 milhões de toneladas, indicando um crescimento de 2% com relação ao ano anterior (FAO, 2018).

O crescimento desse mercado dá-se pelo aumento populacional, expandindo as escalas de produção das indústrias frigoríficas para suprir a demanda de alimentos (RODRIGUES; HARTWIG; GERBER, 2016).

Um dos impactos gerados por esse aumento da produção de carne é referente a geração de efluentes nas indústrias da carne. Os frigoríficos possuem uma alta taxa de consumo de água no seu processo produtivo, sendo que cerca de 80 a 95% da água consumida é retornada como efluente (UNEP, 2018). O volume de água consumido em frigoríficos é direcionado para: consumo animal, lavagem dos animais, lavagem dos veículos, lavagem das carcaças, vísceras e intestinos, limpeza e esterilização de facas e equipamentos, movimentação de subprodutos e resíduos, limpeza de pisos, paredes e bancadas, geração de vapor e resfriamentos de compressores (VON SPERLING, 2005).

O efluente da indústria de frigoríficos possui alta carga poluidora, com elevados valores de demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e nutrientes, como fósforo e nitrogênio, em uma pesquisa envolvendo efluente de abatedouro bovino após tratamento anaeróbico foram encontradas concentrações de nitrogênio amoniacal de 238 mg.L⁻¹ e DQO com 420 mg.L⁻¹ (LIMA, 2012). Alguns autores utilizaram efluente bruto de abatedouro com concentrações de 229 mg.L⁻¹ de NH₄⁺-N, e para DQO igual a 1168 mg.L⁻¹. Os efluentes de frigorífico geralmente apresentam DQO com valores de 2.035 a 4.200 mg.L⁻¹ (AGUILAR et al, 2012)

Devido as suas características é necessário que haja correto tratamento do efluente, pois quando lançado de forma inadequada pode acarretar danos ao meio, como a eutrofização do corpo receptor. Interferindo no equilíbrio da vida aquática, causando o desaparecimento de peixes, além de produzir odores e sabores desagradáveis a água (MC

CABE et al, 2014; PACHECO, 2006).

Existem diversos métodos para o tratamento do efluente, que envolvem processos físicos, químicos e/ou biológicos. O processo biológico replica de forma acelerada os processos que ocorrem pela ação dos microrganismos (bactérias, protozoários, rotíferos, algas) em meio natural. Pela necessidade de proliferação e crescimento dos microrganismos, estes consomem carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e fósforo, acarretando a remoção destes compostos poluentes do efluente (DIONISI, 2017; METCALF e EDDY, 2003).

Dentre os processos biológicos, o reator de leito móvel com biofilme (MBBR), que consiste em reatores com suportes onde as bactérias encontram meios adequados que proporcionam situações favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento. Tais suportes são produzidos de polietileno ou polipropileno possuindo densidade próxima a densidade da água. Elas precisam estar em constante movimento seja por aeradores ou agitadores (RUELA e LONGO, 2012). Esta tecnologia tem como vantagem a baixíssima produção de lodo, sendo que foi desenvolvida com o intuito de unir em único sistema as melhores características do sistema de lodos ativados e de processos com biofilme, eliminando as zonas indesejáveis (MCQUARRIE e BOLTZ, 2011; FERRARI; GUGLIELMI; ANDREOTTOLA, 2010; RUSTEN, 2006).

Os sistemas MBBR, vem sendo muito utilizados devido suas inúmeras vantagens, dentre elas, alta eficiência de remoção de poluentes em reatores de baixo volume, resistência a choques na carga de alimentação, maior área de contato para o crescimento microbiano, utilização da biomassa suspensa e aderida para remoção de poluentes, capacidade de adaptação em sistemas já instalados, baixa perda de carga comparada a reatores de leito fixo. Devido a estas e outras vantagens este tipo de reator vem sendo utilizado para o tratamento de diversos tipos de efluentes sejam eles domésticos ou industriais, sendo capaz de atender às mais exigentes legislações existentes quanto ao cumprimento de padrões de lançamento de efluentes em corpos receptores (BAKKE, 2017; CHEN; SUN; CHUNG, 2008; MCQUARRIE e BOLTZ; GAPES e KELLER, 2009; SALVETTI et al, 2006).

Com base nisso o objetivo deste estudo foi o de avaliar a eficiência do tratamento de efluente frigorífico por meio de sistema biológico composto por reatores MBBR para a remoção de matéria orgânica e nitrogênio.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coletas das amostras

O efluente utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho foi coletado em um frigorífico localizado no estado de Rondônia. A coleta do efluente foi realizada seguindo-se a metodologia proposta no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [19], sendo armazenado em um freezer a 4°C em recipiente fechado

no Laboratório de Saneamento Ambiental (SANEAM) do departamento de Engenharia Ambiental, Universidade de Rondônia – *campus* de Ji-Paraná.

2.2 Procedimentos analíticos

Todas as análises e procedimentos aplicados neste trabalho foram realizadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (SANEAM) e Laboratório físico-químico (LABFIQ) do Departamento de Engenharia Ambiental *Campus* de Ji-Paraná – UNIR.

O pH, a temperatura e a condutividade elétrica foram analisados pelo método potenciométrico, por meio da sonda multiparamétrica de bancada da marca Hanna modelo HI 3512.

A determinação da DQO foi realizada pela metodologia colorimétrica 5220 do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). O método consiste na adição de soluções digestoras e catalíticas nas amostras, na solução digestora contém dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), ácido sulfúrico (H_2SO_4) e sulfato de mercúrio (Hg_2SO_4), e a catalítica é composta de sulfato de prata (Ag_2SO_4) e H_2SO_4 . As amostras, já com as soluções, são oxidadas em uma placa digestora a uma temperatura de $150^\circ C$ por um período de 2 horas, após esse tempo é necessário aguardar o resfriamento das amostras a temperatura ambiente. A leitura é realizada em espectrofotômetro em 600 nm da marca BEL Engineering s.r.l. Modelo V-M5 Visible Spectrophotometer.

As análises de nitrogênio amoniacal foram realizadas pelo método colorimétrico de Nessler, 4500 C (APHA, 2005). As amostras são diluídas de acordo com a curva de calibração e então é adicionado o reagente Nessler, composto de iodeto de mercúrio (HgI_2) e iodeto de potássio (KI), logo após as amostras são agitadas em um vortex e aguarda-se 10 minutos para realizar a leitura no espectrofotômetro em um comprimento de onda de 425 nm.

Para realizar as análises do íon nitrito as amostras foram diluídas conforme a curva de calibração. As amostras são preparadas com a adição do reagente sulfanilamida em proporção de 25 ml de amostra para 0,5 ml do reagente, seguido da sua homogeneização da solução e após 2 minutos adiciona-se 0,5 ml de solução de N-Naftil-etilenodiamina, agita-se a amostra e após 10 minutos realiza-se a leitura no espectrofotômetro a um comprimento de onda de 543 nm.

Para determinação do íon nitrato, fora utilizado o método da brucina em meio ácido, com a amostra diluída conforme a curva de calibração, resultando em uma cor amarelada. Para preparação da amostra de análise, adiciona-se na proporção de 5 ml de amostra para 1 ml de brucina e 10 ml de solução de ácido sulfúrico (500 ml de água/ 75 ml de ácido sulfúrico 98%), após a reação agir por 10 minutos no escuro, adiciona-se 10 ml de água destilada e novamente reage no escuro por mais 20 minutos para ser lido no espectrofotômetro a um comprimento de onda de 410 nm.

Parâmetros	Método	Unidade	Referências
Temperatura	Sonda YSI - EC 300	°C	-
pH	Sonda LUTRON - PH-221	Escala	-
DQO	Método Colorimétrico – 5220B	mg.L ⁻¹	APHA, 2005
DBO	Titulometria por Tiosulfato	mg.L ⁻¹	APHA, 2005
Nitrogênio Amônia (NH ₄)	Nesslerização	mg.L ⁻¹	APHA, 2005
Nitrito (NO ₂)	Sufanilamida e N-naftil	mg.L ⁻¹	APHA, 2005
Nitrato (NO ₃)	Brucina	mg.L ⁻¹	

Tabela 1 - Parâmetros, métodos e referências que serão utilizados.

Semanalmente eram coletadas amostras de quatro fases de tratamento, sendo elas, efluente de entrada, ou seja, bruto sem nenhum prévio tratamento realizado após a coleta no frigorífico, efluente do reator anóxico, efluente do reator aeróbio, e efluente de saída, após todo o tratamento sugerido ao mesmo. Por fim se realizava semanalmente todas as análises.

2.3 Descrição dos reatores

Foram utilizados dois reatores, um anóxico e um aeróbio, produzidos em vidro de 4mm de espessura. A dimensão do reator anóxico é de 20 cm de altura, 9 cm de largura e 10 cm de comprimento, com um volume útil de 1,8 litros, e o reator aeróbio 30 cm de altura, 9 cm de largura e 10 cm de comprimento com volume útil de 2,7 litros (Figura 1).

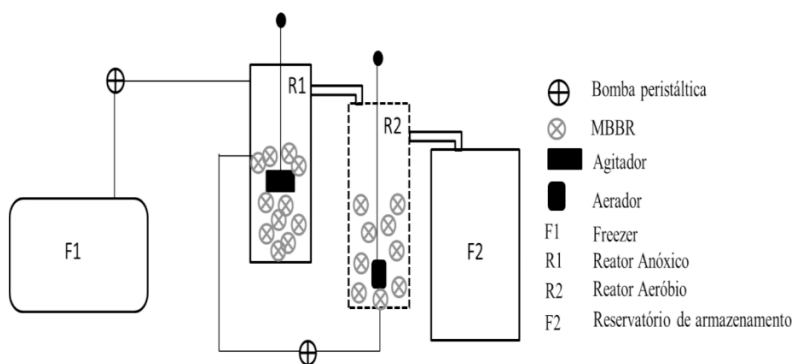


Figura 1- Esquema dos reatores R1 e R2.

A atuação das bombas é controlada por meio de temporizadores e reguladores de tensão, para possibilitar um sistema próximo ao contínuo, podendo assim ter um controle das vazões de entrada e as taxas de reciclo do reator. Foram mantidas vazão e taxa de

reciclo constantes, com uma vazão de entrada de 1 litro/dia, em um sistema com taxa de reciclo em 500%, o que gera um TRH de 1,7 dias.

Para a movimentação do efluente e dos suportes, no reator anóxico (R1), foi utilizado um agitador movido por um motor 12 V, com velocidade constante, e no reator aeróbio (R2), a aeração foi promovida por um compressor de ar e dissipada no reator por meio de pedra porosa.

A biomassa existente no trabalho foi adquirida através de um processo de tratamento de efluentes de laticínio, assim se fez necessário um processo de aclimação do sistema com a inserção de uma menor quantidade de efluente frigorífica sendo alternado com o efluente de laticínio anteriormente, assim está alimentação nos reatores durou cerca de duas semanas, para que houvesse a adaptação do mesmo com as novas características do efluente em pesquisa.

O meio de suporte utilizado na pesquisa foi adquirido pelo SANEAM em Portugal, ele foi empregado para o crescimento da biomassa e é da marca Anox Kaldnes do tipo K1, esses suportes denominados *biomedias*, são em formatos cilíndricos e tem as seguintes dimensões: 7,2 mm de comprimento e 9,1 mm diâmetro. A taxa de recheio que foi empregada em ambos os reatores, foi de 30%. Ou seja, foram inseridos 30% de *biomedias* do volume útil de cada reator.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização do efluente bruto

Inicialmente foi realizada a caracterização do efluente bruto presente na Tabela 2.

Parâmetros	Valores
Temperatura (°C)	29,9
pH	7,94
DQO (mg.L ⁻¹)	435,91
N-NH ₄ ⁺ (mg.L ⁻¹)	203
N-NO ₂ ⁻ (mg.L ⁻¹)	0,175
N-NO ₃ ⁻ (mg.L ⁻¹)	1,02
NT inorgânico (mg.L ⁻¹)*	204,19

Tabela 2 – Caracterização do efluente bruto.

* NT inorgânico: somatório de N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻.

Dentre as normativas, a Conama 430/2011 determina valores para o pH em intervalo de 5 a 9 e temperatura com valor máximo de 40°C. O efluente analisado apresentou estas

características em consonância a normativa.

A mesma normativa estipula valores máximos de nitrogênio amoniacal em 20 mgN.L⁻¹. Com relação a esse parâmetro o efluente apresentou desconformidade, com concentração de 203 mgN.L⁻¹. Esta resolução não estipula limite de concentração da DQO. Mas, quando comparada a legislações estaduais como a do Rio Grande do Sul (COSEMA 355/2017), que estipula concentração máxima de DQO de 330 mg.L⁻¹ para vazão de até 500 m³.dia⁻¹, a DQO do efluente estudado estava em desconformidade, com 435,91 mg.L⁻¹.

3.2 Reatores

Com o objetivo de verificar a remoção dos poluentes, em especial nitrogênio amoniacal, DQO e nitrogênio inorgânico, foram realizadas análises semanais, para verificar as condições de tratabilidade e a eficiência de remoção de tais poluentes sob diversas condições. Ao realizar as primeiras análises do sistema, verificou-se uma boa remoção de nitrogênio amoniacal, porém aquém do buscado (<20mg.L⁻¹). Fato que pode ser explicado pela falta de carbono inorgânico. Com isso, passou-se a inserir concentrações de carbonato de sódio.

A Figura 2, apresenta a taxa de remoção de nitrogênio amoniacal quando comparado à diferentes quantidades de carbonato de sódio inserido ao efluente.

A inserção do carbonato de sódio ao sistema se deve ao fato de que no processo de nitrificação, que é a conversão do nitrogênio amoniacal a nitrito e posteriormente a nitrato, ocorre a liberação de H⁺ que faz com que haja um consumo da alcalinidade presente no meio, acarretando assim a uma queda brusca do pH e conseqüentemente a falta de alcalinidade para a nitrificação. A faixa ótima de pH para que se proceda a nitrificação é de 7,2 à 8,6, quando os valores são menores que 6,3 a nitrificação é cessada (JORDÃO e PESSOA, 2011).

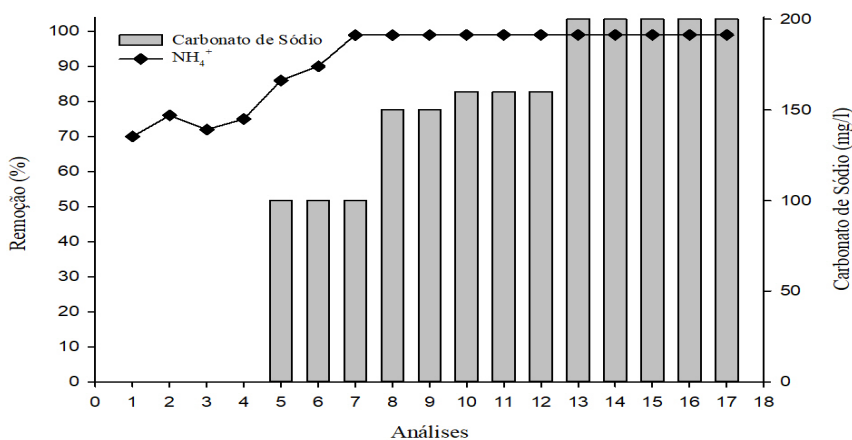


Figura 2: Remoção de nitrogênio amoniacal relacionada com a adição de carbonato de sódio.

Na Figura 2, percebe-se que a taxa de remoção de nitrogênio amoniacal teve um aumento conforme foi adicionado carbonato de sódio no sistema. Num primeiro momento, sem a inserção do composto, o sistema apresentou funcionamento com eficiência média de 73,3% de remoção de nitrogênio amoniacal, ao ministrar diferentes concentrações de Na_2CO_3 é possível notar um aumento na taxa de remoção para cerca de 99%.

A maior eficiência de remoção do poluente foi obtida com a utilização de 150 mg.L^{-1} de carbonato de sódio, a concentração foi capaz atender a demanda de alcalinidade do efluente e manter o pH, aproximadamente, em 8,2, possibilitando a ocorrência dos processos de nitrificação, necessários à remoção do nitrogênio amoniacal da água residuária.

Em relação à DQO foi adicionado o composto metanol (CH_3OH) como fonte externa de carbono orgânico, com a finalidade de manter a relação C:N ou DQO:N, necessária a manutenção da atividade microbiana na remoção dos poluentes nos processos de desnitrificação. A figura 3, relaciona a remoção de NT inorgânico e DQO com a inserção de metanol ao efluente.

Em um estudo foi observado um aumento considerável nos processos de desnitrificação quando a relação carbono:nitrogênio é maior que 3,5, verifica-se um baixo rendimento no processo quando esta relação é menor que 2,4. Neste sentido, foi necessária a adição da fonte externa de carbono, uma vez que a relação do efluente em questão se encontrou em torno de 2,1 (BORTOLI, 2012).

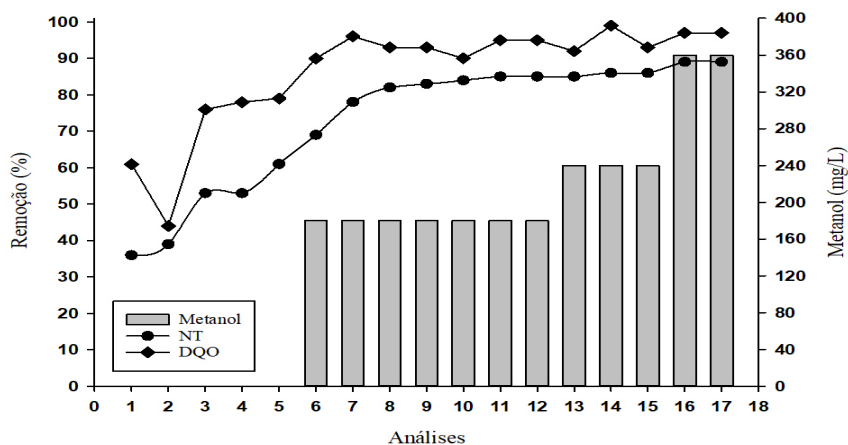


Figura 3: Remoção de nitrogênio inorgânico e DQO relacionado com adição de metanol (CH_3OH).

Inicialmente, com uma menor carga orgânica presente e sem a utilização da fonte externa de carbono, o sistema apresentou eficiência média na remoção de nitrogênio inorgânico total e DQO de 48,4% e 67,6%, respectivamente. Após a utilização de diferentes concentrações de CH_3OH como fonte carbonácea, é possível observar o aumento na

remoção dos poluentes, sendo a eficiência de remoção chegou a atingir 99% para DQO e 89% para o nitrogênio inorgânico.

Como observado na figura 3, foram utilizadas três diferentes dosagens do composto: 180, 240 e 360 mg.L⁻¹ COD (carbono orgânico dissolvido). Nota-se que a fonte externa de carbono foi essencial à efetiva remoção do nitrato formado pelo processo de nitrificação, funcionando como aceptor final de elétrons ao processo de desnitrificação, apresentando resultados logo na primeira dosagem (180 mg.L⁻¹), também foi verificado relativo aumento no percentual de remoção de nitrogênio inorgânico total com a variação de dosagens de metanol.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento biológico por MBBR se mostrou ser uma alternativa muito eficiente para o tratamento de efluente, pois apresentou alta taxa de remoção de nutrientes e carga orgânica.

Quanto ao nitrogênio amoniacal, o sistema atingiu 99% de remoção atendendo a legislação brasileira que determina 20 mgN-NH₄.L⁻¹. O nitrogênio inorgânico total teve uma remoção de até 89%.

Com relação a DQO o sistema chegou a apresentar uma taxa de remoção de 99%, deixando o efluente de saída dentro das legislações mais restritivas estaduais como a COSEMA 355/2017 – RS, que traz que para efluente industriais com vazão até 500 m³.dia⁻¹ a concentração máxima permitida deve ser de 330 mg.L⁻¹.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, M. I.; SÁEZ, J.; LLORÉNS, M.; SOLER, A.; ORTUÑO, J. F. Nutrient removal and sludge production in the coagulation-flocculation process. *WaterResearch*, Murcia, [online], v.36, p. 2910-2919, 2002. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135401005085>. Acesso em: 26 agosto 2019.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION (APHA; AWWA; WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 th ed. Washington: APHA-AWWA-WEF, 2005.

BAKKE, I. et al. Microbial community dynamics in semi-commercial RAS for production of Atlantic salmon post-smolts at different salinities. **Aquacultural Engineering**, v.78, part. A p. 42-49, 2017.

BORTOLI, M. et al. Emissão de óxido nitroso nos processos de remoção biológica de nitrogênio de efluentes. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 1–6, 2012.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011**. Condições e padrões de lançamento de efluentes complementam e alteram a Resolução nos 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicada no DOU nº 092, de 16 de maio de 2011, p. 89, 2011.

CHEN, S.; SUN, D.; CHUNG, J. S. "Simultaneous removal of COD and ammonium from landfill leachate using an anaerobic-aerobic moving-bed biofilm reactor system" *Waste Management*, v. 28, pp. 339–346, 2008.

DIONISI, D. **Biological Wastewater Treatment Processes: Mass and Heat Balances**. CRC Press: p. 467, 2017.

FAO. **Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets**. Rome. 104 p, novembro, 2018.

FERRARI, M.; GUGLIELMI, G.; ANDREOTTOLA, G. "Modelling respirometric tests for the assessment of kinetic and stoichiometric parameters on MBBR 117 biofilm for municipal wastewater treatment", *Environmental Modelling & Software*, v. 25, pp. 626–632, 2010.

GAPES, D. J.; KELLER, J. Impact of oxygen mass transfer on nitrification reactions in suspended carrier reactor biofilms. *Process Biochemistry*, v. 44, pp. 43–53, 2009.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

LIMA, N. A. **Remoção biológica de nitrogênio de efluentes de abatedouros bovino em reator em batelada sequencial**. (Dissertação) Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavél, 2012.

MC CABE, B. K.; HAMAWAND, I.; HARRIS, P.; BAILLIE, C.; YUSAF, T. A case study for biogas generation from covered anaerobic ponds treating abattoir wastewater: Investigation of pond performance and potential biogas production. *Applied Energy*, v. 114, p. 798–808, fev. 2014.

MCQUARRIE, J. P.; BOLTZ, J. P. Moving Bed Biofilm Reactor Technology: Process Applications, Design, and Performance. *Water Environment Research*, v. 83, n. 6, p. 560–575, 2011.

METCALF, EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4ªed, McGraw-Hill Companies, 2003.

PACHECO, J. W. **Guia técnico ambiental de frigoríficos industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo: CETESB, 2006.

RIO GRANDE DO SUL. **Resolução CONSEMA nº 355 de 2017**. Critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Publicada no DOE no dia 19 de julho de 2017.

RODRIGUES, D. L. C.; HARTWIG, M. P.; GERBER, M. D. Avaliação de nitrogênio e fósforo dos efluentes tratados dos abatedouros na cidade de Pelotas/RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, jan. -abr. p. 389–397, 2016.

RUELA, O. C.; LONGO, R. R. **Remoção de matéria orgânica e nitrogenada de efluentes provenientes de abatedouros de bovinos por meio de reator aeróbio operando em bateladas sequenciais com adição de coagulante químico**. (Monografia) Graduando em Engenharia Ambiental. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

RUSTEN, B. et al. Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. **Aquacultural Engineering**, v. 34, n. 3, p. 322–331, 2006.

SALVETTI, R.; AZZELLINO, A.; CANZIANI, R.; BONOMO, L. “Effects of temperature on tertiary nitrification in moving-bed biofilm reactors”, **Water Research**, v. 40, pp. 2981-2993, 2006.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME; DEPA – DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; COWI Consulting Engineers and Planners AS, Denmark. **Cleaner production assessment in meat processing**. Paris: UNEP, 2000.

VON SPERLING, M. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte, ed: 3, p. 452, UFMG, 2005.

SOBRE O ORGANIZADOR

HELENTON CARLOS DA SILVA - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual De Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: instalações elétricas, instalações prediais, construção civil, energia, sustentabilidade na construção civil, planejamento urbano, desenho técnico, construções rurais, mecânica dos solos, gestão ambiental e ergonomia e segurança do trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 16, 18, 19, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 72, 75, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 90, 91, 93, 95, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 140

Água de chuva 111, 113, 117, 118, 122, 123, 124, 126, 129

Água mineral 1, 3, 6

Águas cinza 111, 120

Allium cepa 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Ambiente 1, 2, 8, 18, 28, 32, 37, 39, 45, 60, 77, 82, 83, 84, 85, 86, 90, 91, 92, 109, 111, 112, 121, 122, 124, 131, 136, 141, 144

Amostragem 11, 37, 42, 45, 47, 104, 107

Amostras 4, 7, 19, 21, 23, 25, 29, 31, 32, 36, 40, 41, 48, 49, 61, 62, 68, 75, 92, 135, 136, 137

Antioxidante 9

Argila expandida 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75

B

Baixo custo 11, 52, 53, 58, 124, 125, 126

C

Carotenoide 9, 10, 11, 12, 14

Citotoxicidade 1, 5, 7

Condicionamento físico 105, 109

Condomínios 77, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 91

Construção civil 59, 60, 61, 75, 116, 144

Consumo humano 2, 7, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 46, 49, 50, 113, 114, 118, 119

D

Degradação da matéria orgânica 94, 96

Desnitrificação 133, 140, 141

Digestão anaeróbia 16, 20, 94, 95, 96

E

Economia 113, 116, 128, 130, 131, 132

Efluentes 16, 18, 21, 22, 26, 27, 28, 31, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 77, 84, 87, 90, 91, 92, 94, 95, 103, 114, 120, 122, 123, 131, 134, 135, 138, 141, 142

Efluentes industriais 16, 95

Efluente têxtil 94, 95, 96, 99, 101, 102, 103

F

Frigorífico 28, 133, 134, 135

Frigoríficos de pescado 16

I

Instituições educacionais 52

L

Legislação ambiental 38, 77, 86

Licenciamento ambiental 77, 83, 84, 85, 87, 88, 90, 91, 92

Lodo 16, 18, 19, 27, 28, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 70, 71, 73, 75, 76, 94, 95, 97, 99, 135

M

Matéria orgânica 18, 19, 24, 26, 27, 94, 95, 96, 98, 102, 133, 135, 142

Meio ambiente 2, 18, 28, 39, 45, 60, 77, 82, 83, 84, 85, 86, 90, 91, 92, 109, 111, 112, 121, 122, 124, 131, 141, 144

Modelagem matemática 94, 95

Mutagenicidade 1, 3, 5, 6, 7

N

Nitrificação 103, 133, 139, 140, 141

Nutrição 9

P

Pigmentação 9, 11, 12, 13, 14

Poluição atmosférica 104, 105, 106, 109

Potabilidade 7, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 40, 49

Propriedades rurais 29, 30, 31, 35, 36, 37

Q

Qualidade ambiental 82, 90

Qualidade da água 1, 2, 7, 16, 18, 31, 33, 36, 37, 45, 46, 48, 79, 93, 112, 121, 131

Qualidade do efluente 39, 42

R

Reator tipo uasb 94

Reciclagem 113, 117

Recursos hídricos 30, 37, 77, 79, 91, 92, 93, 95, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 130

Reuso 58, 111, 112, 113, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 131, 132

Reuso de águas 111, 117

Reutilização 53, 112, 120, 128

S

Sensoriamento 52, 53, 54

Sustentabilidade 77, 83, 111, 117, 119, 144

Sustentável 8, 111, 118, 132, 144

U

Urbanização 105, 106, 109, 111

Uso racional 52, 92, 111, 116, 117, 119, 132

Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários

2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

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

Avaliação, Diagnóstico e Solução de Problemas Ambientais e Sanitários

2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

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