

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA AMBIENTAL



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA AMBIENTAL



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Coleção desafios das engenharias: engenharia ambiental

Diagramação: Gabriel Motomu Teshima
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia ambiental /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-799-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.991212112>

1. Engenharia ambiental. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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



Atena
Editora
Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção desafios das engenharias: Engenharia ambiental” apresenta onze capítulos de livros que foram divididos em duas temáticas: *i)* recuperação e preservação do meio ambiente em seus diferentes ecossistemas e *ii)* desenvolvimento e aplicação de diferentes técnicas de tratamento para remoção de diferentes contaminantes nas mais diversas matrizes aquáticas e os riscos à saúde pela poluição atmosférica proveniente da combustão de biocombustíveis, madeira e tabaco.

O primeiro tema é constituído por seis capítulos que apresentam estudos bem diversificados. O capítulo I apresenta um estudo de caso em relação à compensação ambiental proveniente da instalação de barragem de terra. No segundo, foi investigado a proposta de implementar um programa de recuperação ecológica dos manguezais. Já o terceiro apresenta um estudo de revisão em relação ao descarte inadequado de medicamentos e as inúmeras consequências aos diferentes ecossistemas e organismos vivos. O quarto capítulo apresentou um estudo que avaliou a abertura de novas fontes de águas termais com o intuito de atrair turistas e possibilitar a geração de emprego e renda a partir da abertura destas novas fontes de águas termais localizados em uma região de Portugal. Já o quinto capítulo apresenta um estudo que avaliou a implantação de um sistema fotovoltaico com o intuito de utilizar uma fonte de energia inesgotável em substituição às hidrelétricas e as térmicas que são extremamente caras e oferecem um enorme impacto ambiental se comparado a solar. Por fim, o capítulo VI se dedicou a correlacionar as mudanças climáticas com aspectos hidrofísicos em relação a morfologia das inúmeras bacias hidrográficas.

O segundo tema apresenta cinco capítulos que investigaram diferentes formas de tratamento de matrizes aquosas e os riscos provenientes da combustão de matéria orgânica. O capítulo VII avaliou a aplicação do tratamento hidrotérmico para reduzir a podridão peduncular, o que resultaria no maior tempo para estar se consumindo o fruto o que levaria a redução no descarte deste alimento. O capítulo VIII avaliou o tratamento de águas residuárias de um laticínio utilizando um Reator de Leito Móvel com Biofilme (MBBR). Já o capítulo IX apresenta um trabalho que teve como finalidade realizar o tratamento de efluentes provenientes do setor agroindustrial dentro do cenário brasileiro. Por outro lado, o capítulo X aborda o emprego de Processos Oxidativos Avançados (POAs) para realizar a remoção de antibióticos e hormônios detectados em águas superficiais e efluentes domiciliares. Por fim, o capítulo XI que traz à tona a poluição atmosférica provenientes da combustão de biocombustíveis, lenha, tabaco e outros e sua relação com os inúmeros problemas de saúde em especial os respiratórios.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos

com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

COMPENSAÇÃO AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO NA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA BARRAGEM DE TERRA


Eduardo Antonio Maia Lins
Karina Moraes de Albuquerque
Adriane Mendes Vieira Mota
Andréa Cristina Baltar Barros
Maria Clara Pestana Calsa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121121>

CAPÍTULO 2..... 14

RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA DE MANGUEZAIS EM SISTEMA DE CONFINAMENTO CELULAR (GEOCÉLULAS): ESTUDO DE CASO EM ÁREA PORTUÁRIA NO GOLFÃO MARANHENSE, BRASIL


Flávia Rebelo Mochel
Ivanilson Luís Alves Fonsêca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121122>

CAPÍTULO 3..... 27

DESCARTE INCORRETO DE MEDICAMENTOS: MAU HÁBITO SOCIAL, IRRESPONSABILIDADE NA LOGÍSTICA REVERSA, AUSÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO/ LEGISLAÇÃO E OS INÚMEROS DANOS AMBIENTAIS


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Bruno Elias dos Santos Costa
Anelise dos Santos Mendonça Soares
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121123>

CAPÍTULO 4..... 38

ESTUDOS HIDROGEOAMBIENTAIS NUMA REGIÃO DO INTERIOR DE PORTUGAL PARA POTENCIALIZAR O NASCIMENTO DE UMAS NOVAS TERMAS


André Manuel Machado Fonseca
Luís Manuel Ferreira Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121124>

CAPÍTULO 5..... 52

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO – ESTUDO DE CASO


Eduardo Antonio Maia Lins
Juliana Viana Machado de Castro
Adriane Mendes Vieira Mota
Andréa Cristina Baltar Barros
Maria Clara Pestana Calsa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121125>

CAPÍTULO 6.....58

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS NA HIDROFÍSICA DA MORFOLOGIA QUANTITATIVA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Lazaro Nonato Vasconcellos de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121126>

CAPÍTULO 7.....69

TRATAMENTO HIDROTÉRMICO NO CONTROLE DE PRODRIDÃO PEDUNCULAR EM MAMÃO PAPAYA


Gabriela Sales Mangolin

Érica Tiemi Konda

Rafaella Zambelli Baptista

Rosely dos Santos Nascimento

Daniel Terao

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121127>


CAPÍTULO 8.....77

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO EM REATORES DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME (MBBR)

Cíntia Clara Viana

Marcelo Henrique Otenio

Henrique Vieira de Mendonça

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121128>

CAPÍTULO 9.....93


WETLANDS CONSTRUÍDOS COMO SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA APLICADOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS NO BRASIL

Heloísa Dalla Rosa

Gabriel André Tochetto

Gean Delise Leal Pasquali

Adriana Dervanoski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9912121129>

CAPÍTULO 10.....109


TECNOLOGIAS AVANÇADAS PARA A REMOÇÃO DE ANTIBIÓTICOS E HORMÔNIOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E EFLUENTES DOMÉSTICOS

Aline Paula Scussel

Gabriel André Tochetto

Adriana Dervanoski

Gean Delise Leal Pasquali

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99121211210>


CAPÍTULO 11.....126

LA CONTAMINACIÓN INTRAMUROS DEL HUMO DE BIOMASA

Demetrio Soto Carbajal

Andrés Zózimo Ñahui Gaspar

Hipólito Vargas Sacha
Eden Soto Aparco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.99121211211>

SOBRE O ORGANIZADOR:	140
ÍNDICE REMISSIVO	141

CAPÍTULO 1

COMPENSAÇÃO AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO NA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA BARRAGEM DE TERRA

Data de aceite: 01/11/2021

Eduardo Antonio Maia Lins

Universidade Católica de Pernambuco e
Instituto Federal de Pernambuco
Recife, Brasil

Karina Moraes de Albuquerque

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife, Brasil

Adriane Mendes Vieira Mota

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife, Brasil

Andréa Cristina Baltar Barros

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife, Brasil

Maria Clara Pestana Calsa

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife, Brasil

RESUMO: O desenvolvimento sustentável pode ser alcançado através de um equilíbrio entre o social, o econômico e o ambiental. Barragens são estruturas construídas ao longo dos vales e usadas principalmente para o acúmulo de água. Para sua construção é necessário o desmatamento (supressão de plantas) da espécie, e para isso é necessária a autorização de supressão de plantas concedida pelo órgão ambiental competente. Com essa autorização, é necessário escolher um local para compensar os impactos, de acordo com o Licenciamento Ambiental e uma forma de mitigar os impactos

na área de APP e seu entorno. Com o cálculo para o projeto em questão, será feita a conclusão de quantos hectares serão calculados para minimizar os impactos. O presente trabalho teve como objetivo analisar a supressão da vegetação, a escolha da área para a Substituição Florestal e a Compensação Ambiental, para a construção de uma barragem na Lagoa dos Gatos, Pernambuco, Brasil, sugerindo seus impactos positivos e negativos e sociais e ganhos econômicos. Com a verificação da área a ser reprimida, foi escolhida uma área de compensação e compensação, foram montados cronogramas com as ações e atividades planejadas. O número total de mudas que serão utilizadas no Projeto será de aproximadamente 19.297 mudas, a qual será implantada no espaçamento de 2,0 m x 3,0 m.

PALAVRAS-CHAVE: Desmatamento, Reflorestamento, Licença Ambiental.

ABSTRACT: Sustainable development can be achieved through a balance between the social, the economic and the environmental. Dams are structures built across the valleys and used primarily for the accumulation of water. For its construction, it is necessary to deforest (plant suppression) of the species, and for that, the authorization of plant suppression granted by the competent environmental agency is necessary. With this authorization, it is necessary to choose a location for offsetting impacts, according to the Environmental Licensing and a way of mitigating impacts on the APP area and its surroundings. With the calculation for the project in question, the conclusion of how many hectares will be calculated to minimize the impacts. The present

work aimed to analyze the suppression of vegetation, the choice of the area for the Forest Replacement and the Environmental Compensation, for the construction of a dam in Lagoa dos Gatos, Pernambuco, Brazil, suggesting its positive and negative impacts and the social and economic gains. With the verification of the area to be suppressed, an area for compensation and compensation was chosen, schedules were set up with the actions and activities planned. The total number of seedlings that will be used in the Project will be approximately 19,297 seedlings, such as which will be implanted in a spacing of 2.0 m x 3.0 m.

KEYWORDS: Deforestation, Reforestation, Environmental permit.

INTRODUÇÃO

A Agência Nacional de Águas (ANA) (2021), as barragens são as estruturas físicas que represam um curso de água. A lei nº 12.334/2010 distribui a competência pela segurança das barragens conforme o seu uso, sem prejuízo das ações fiscalizatórias dos órgãos ambientais. A importância de minimizar os impactos ambientais negativos se deve principalmente as populações que são atingidas diretamente através do alagamento de suas propriedades, casas, áreas produtivas e até cidades. Existem também os impactos indiretos como perdas de laços comunitários, separação de comunidades e famílias, destruição de igrejas, capelas, inundação de locais sagrados para comunidades indígenas e tradicionais, além da supressão vegetal.

Segundo Carvalho Filho (2008), a autorização ambiental é um ato administrativo pelo qual a Administração consente que o particular exerça atividade ou utilize bem público no seu próprio interesse, sendo um ato discricionário e precário com características idênticas às da permissão. Dessa forma, a autorização de supressão de vegetação pode ser definida como o ato administrativo pelo qual o poder público expressa o seu consentimento quanto ao corte individualizado de árvores ou, até mesmo, a supressão da cobertura vegetal de uma determinada área” (SOUZA, 2015).

No direito brasileiro, a autorização para a supressão de vegetação em área de preservação permanente encontra-se regulamentada, especialmente a nível federal, no art. 4º da Lei 12.651/12 (Novo Código Florestal), na Resolução CONAMA nº369/2006 (Resolução que dispõe sobre as intervenções em Áreas de Preservação Permanente) e na Lei 11.428/2006 (Lei que dispõe sobre a utilização do bioma Mata Atlântica).

Diante do exposto, este trabalho buscou analisar a compensação ambiental necessária após o desmatamento de uma área para a construção de uma barragem no município de Lagoa dos Gatos, no estado de Pernambuco, Brasil.

METODOLOGIA

O município de Lagoa dos Gatos, está localizado na mesorregião do agreste Pernambucano, na microrregião do brejo pernambucano e na região de desenvolvimento do agreste central. A barragem de Gatos será construída nesse Município, no riacho dos

Gatos, afluente do rio Pirangi, um dos principais formadores da Bacia do Rio Una (Figura 1).



Figura 1. Mapa com o indicativo da previsão de inundação das áreas na cidade de Lagoa dos Gatos.

A barragem está sendo implantada à 6,5 quilômetros do centro urbano de lagoa dos gatos e 120 quilômetros da região metropolitana do Recife. Para a realização desse estudo, foram coletados dados, documentos e informações na empresa responsável pelo projeto de supressão e compensação ambiental. Os documentos consultados são de uma empresa pública, portanto, acessível a sociedade. Também foram realizadas visita *in loco* para a análise do bioma, fauna e flora local.

A partir das informações levantadas, foi possível verificar a área autorizada para supressão de vegetação e a medida exigida como compensação para a construção da barragem Gatos. Com isso, foi possível estabelecer a área suprimida e a compensação ambiental e, através dessa apreciação, discutiu-se sobre os atos legais vigentes, que são usados para a determinação da compensação ambiental na Área de Preservação Permanente (APP) e no seu entorno, a Reposição Florestal. Foram criados cronogramas no Excel para a compensação e reposição florestal, e calculados a quantidade de hectares para essas mitigações.

O Valor da Compensação Ambiental - CA foi calculado pelo produto do Grau de

Impacto - GI com o Valor de Referência - VR, de acordo com a equação a seguir:

$$CA = VR \times GI \text{ (Eq. I)}$$

onde:

CA = Valor da Compensação Ambiental;

VR = somatório dos investimentos necessários para implantação do empreendimento, não incluídos os investimentos referentes aos planos, projetos e programas exigidos no procedimento de licenciamento ambiental para mitigação de impactos causados pelo empreendimento, bem como os encargos e custos incidentes sobre o financiamento do empreendimento, inclusive os relativos às garantias, e os custos com apólices e prêmios de seguros pessoais e reais; e

GI = Grau de Impacto nos ecossistemas, podendo atingir valores de 0 a 0,5%.

De acordo com o inciso 3 do decreto 6.848/2009 e artigo 31- a, as informações necessárias ao cálculo do VR deverão ser apresentadas pelo empreendedor ao órgão licenciador antes da emissão da licença de instalação.

No âmbito Estadual tem-se a resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco - CONSEMA/PE nº04/2010, estabelece a metodologia de gradação de impactos ambientais e procedimentos para fixação e aplicação da compensação ambiental. Especificamente no Art. 9º- diz que, caberá ao grupo de trabalho da CPRH que analisar o EIA/RIMA avaliar o valor da compensação ambiental apresentado pelo empreendedor e propor à CTCA o valor que entender devido.

O Artigo 10 indica que o valor de compensação ambiental será calculado a partir do grau do impacto apurado multiplicado pelo valor de referência:

$$CA = GI \times VR \text{ (Eq. II)}$$

Onde,

CA = compensação ambiental

GI = grau de impacto → $GI = \sum FR + FT + \sum FA$ VR = valor de referência FR = fator de relevância FT = fator de temporalidade FA = fator de abrangência Parágrafo

Único - Faculta-se ao empreendedor propor valores superiores ao apurado, conforme disposto nesta Resolução.

Como o empreendimento da Barragem Gatos é de competência estadual, foram seguidas as normas do CONSEMA e CPRH para o cálculo do impacto ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Supressão Vegetal

Segundo a lei nº 4771/65 da CF, A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social. Pôr a obra da barragem de contenção ser um

benefício a sociedade e um projeto de utilidade pública, foi autorizada essa supressão vegetal. Foi realizada uma supressão de 1.763 indivíduos nativos isolados em 1.518,50 st (metro estéreo) de vegetação nativa, assim como a supressão do fragmento florestal existente junto a ombreira direita da Barragem, correspondente a uma área de 0,122 ha, todas encontrada na área da Bacia Hidráulica da Barragem de Gatos. A supressão ocorreu em 41,39 hectares, sendo 29,79 hectares na área de APP e 11,60 hectares em seu entorno. O bioma desmatado foi o da mata atlântica e especificamente em torno da APP encontrava-se a presença de mata ciliar.

A supressão foi realizada na área de intervenção da APP e seu entorno, e, com isso, a medida mitigatória para essas supressões foram: a Compensação e a Reposição Florestal. As Figuras 2 e 3 apresentam a área de intervenção e seu entorno em Lagoa dos Gatos.



Figuras 2a e 2b: Área de Intervenção (APP) e seu entorno, com destaque para o Riacho dos Gatos.

Fonte: Os Autores (2021).

A supressão seguiu as exigências e o período para realização da supressão baseou-se na validade da autorização. O método para a supressão foi executado por operadores com motosserra ou manualmente (quando o diâmetro da árvore ou arbusto não excedesse 10 cm). Apresentaram-se equipados adequadamente com uso de equipamento de proteção individual (EPI), para garantir o direcionamento da queda, de modo que não ocorressem acidentes e queda sobre árvores não cotadas para remoção. Não foram permitidas outras formas para a remoção da vegetação, ficando terminantemente proibido o uso do fogo (conforme Decreto 2.661/1998) e produtos químicos (herbicidas) para tal finalidade.

Compensação Ambiental:

A compensação ambiental não ocorreu na região de lagoa dos gatos pois não foi encontrado um terreno com as características necessárias, porém foi permitido que essa compensação fosse realizada dentro da mesma bacia, no caso Lagoa dos Gatos que pertence a bacia do Una, como apresentado na Figura 3, além da área escolhida em

Palmares, pertencente a mesma bacia.

A Compensação, devido à intervenção e supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP foi em uma área de aproximadamente 29,79 hectares na bacia hidrográfica do Rio Una. O Engenho Vista Alegre está localizado no município de Palmares e apresenta uma área total de 962,10 hectares, sendo 84 hectares destinados as Áreas de Preservação Permanente - APP. Sendo assim, o Projeto de Compensação da Barragem Gatos será implantado nas APP's do referido Engenho.

A compensação ambiental é um instrumento de política pública que, intervindo junto aos agentes econômicos, proporciona a incorporação dos custos sociais e ambientais da degradação gerada por determinados empreendimentos, em seus custos globais. Com a lei 9.985/2000, que se institui o sistema nacional de unidades de conservação da Natureza, através do artigo 36, impondo ao empreendedor a obrigatoriedade de apoiar as unidades de conservação como forma de mitigação pelos seus impactos gerados.

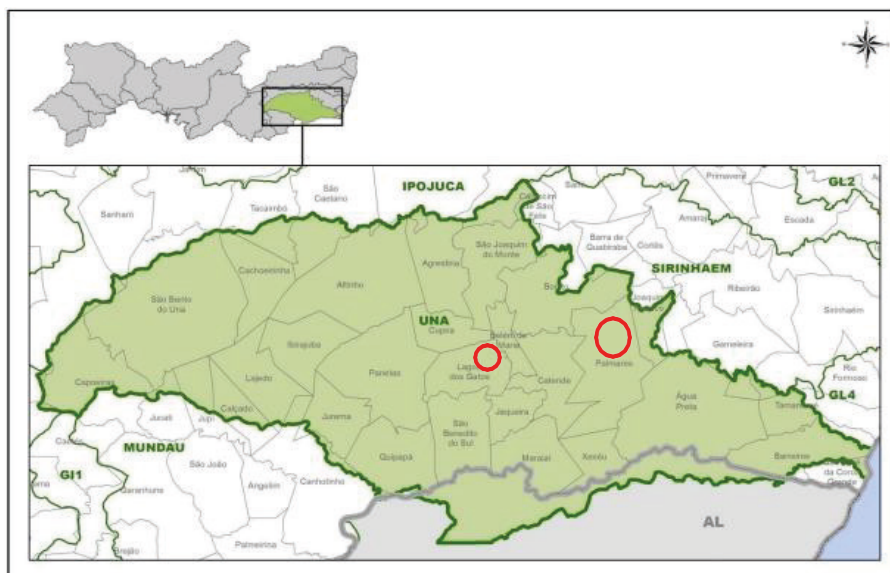


Figura 3. Mapa da Bacia Una.

Fonte: Calado (2014).

O presente trabalho que é de esfera estadual, comparou o valor da sua compensação ambiental que foi no total de R\$58.020,39, referente a 0,5% do valor total da obra da barragem, com o de um trabalho de esfera Federal. Sobre a compensação ambiental um estudo da contabilização e evidenciação dos gastos em uma usina hidrelétrica localizada no Estado do Rio Grande do Sul que foi de no total de R\$ 1.200.000,00, sendo R\$ 1.000.000,00 referente a 0,5% do valor total do empreendimento e R\$ 200.000,00 referente a 0,1%

conforme deliberação da Câmara Estadual de Compensação Ambiental (SILVA, 2012).

A intervenção nas áreas destinadas a Compensação Ambiental está com uma condição de recuperação com um alto grau de reversibilidade, uma vez que a condição do solo e os altos índices de pluviosidade na região beneficiam a restauração florestal.

A maior parte da área destinada ao Projeto de Compensação encontrava-se com vegetação herbácea, pois como na propriedade havia criação de bovinos, esta vegetação servia como pasto para os animais. Na área ainda existem alguns locais que apresentam indivíduos nativos isolados e exóticos, bem como fragmentos florestais em regeneração fazem limite com a área escolhida. Após a implantação total do Projeto (ainda está em andamento a obra) a intenção é formar um grande corredor ecológico entre os fragmentos propiciando o reaparecimento da fauna em outros locais da propriedade.

Foi visto que em alguns locais o simples cercamento da área seria o ideal para que a recuperação das matas ciliares acontecesse. Isto porque os fragmentos próximos induziriam a regeneração natural. O acesso às áreas de Compensação foi considerado bom e dispondo de água próximo ao local do plantio o que facilita na época de estiagem para realizar irrigações.

O cálculo para a determinação da área de Compensação ambiental baseou-se no quantitativo de área de preservação permanente que sofrerá inundação completa, existente na Bacia Hidráulica, da Barragem Gatos. Como serão inundados 29,79 hectares, o mesmo valor foi utilizado para compor o Projeto de Compensação Ambiental.

A área alagada de Lagoa dos Gatos, será de 241,53 hectares quando finalizada a obra. A área de matas nas margens das represas (Área de Preservação Permanente) vai seguir as exigências legais e será de 100 metros a partir do nível máximo de enchimento dos reservatórios.

As áreas de Compensação estão dentro de uma propriedade particular denominada de Engenho Vista Alegre no município de Palmares. Vale ressaltar a ocorrência permanente de bovinos nas áreas escolhidas para a implantação do Projeto, sendo assim será necessário o cercamento e monitoramento da área do Projeto.

De acordo com a Figura 4, em Lagoa dos Gatos, 12% da área alagada será área de intervenção (APP), e 88% restante será a área entorno da APP.

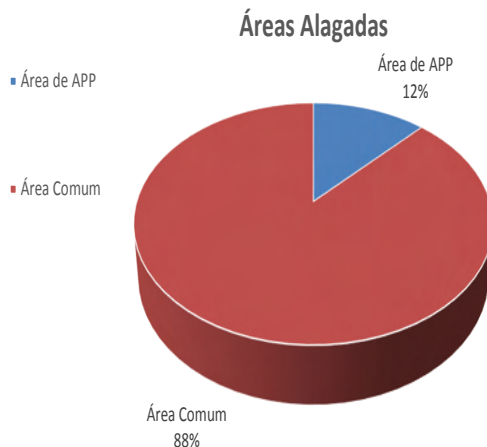


Figura 4 - Gráfico dos percentuais de Alagamentos.

O cronograma para a mitigação na área de preservação permanente pode ser resumido em:

- Mobilização—Preparação do local para receber as equipes para a compensação.
- Cercamento da Área - Como forma de evitar danos ao plantio e consequentemente evitar a entrada de pessoas e animais na área do Projeto, é aconselhado a instalação de cercas de arame farpado em todo o perímetro da APP.
- Limpeza da Área—Retirada de todo entulho que houver no terreno para que a terra possa ser preparada.
- Aquisição das Mudas - As mudas deverão ser adquiridas em viveiros idôneos que apresentem o certificado de origem, e que tenham características ecológicas semelhantes às da área do Projeto.
- Abertura das Covas - As covas terão dimensões de 0,40 x 0,40 x 0,40 m, e no caso de áreas com solos compactados ampliar as medidas para 0,50 x 0,50 x 0,50m.
- Adubação de Fundação - A adubação do plantio será executada de acordo com a necessidade da área, pois podem ser utilizados dois tipos de adubação: a orgânica ou a química.
- Adubação de Cobertura
- Combate a Pragas – Verificar se houve pragas nas plantações e remediá-las para não atrapalhar o crescimento das espécies.
- Plantio - O plantio será realizado no período chuvoso da região entre os meses de maio e agosto. Na operação do plantio deve-se cortar o saco plástico pelas laterais e pelo fundo, tomando-se cuidado de não desfazer o torrão de terra.

- Replântio - O replântio deverá ser executado 60 dias após o plantio e se prolongará pelo tempo que for necessário, nas áreas onde ocorrerem mortalidade igual ou superior a 20%.
- Relatários CPRH – Enviar relatários periodicamente a CPRH com o andamento da Compensação.
- Desmobilização - Após realizada as atividades pelas equipes realizar a desmobilização da estrutura montada para eles.

As espécies florestais para serem utilizadas nas áreas de restauração, foram escolhidas de acordo com o bioma das áreas do Projeto, devido a essas áreas apresentar condições diferentes de umidade de solo. Com esse fator foram selecionadas espécies compatíveis com estes ambientes.

Os modelos de recuperação florestal baseiam-se na combinação de espécies de diferentes grupos ecológicos (Pioneiras ou de preenchimento e secundárias ou de diversidade). A forma de plantio se baseia na tolerância a sombra e velocidade de crescimento, fornecendo assim condições ecológicas favoráveis à sucessão (Pacto pela restauração da mata atlântica, 2015).

De acordo com a normativa 06/2006 do MMA, no art. 13 diz que A indicação das áreas de plantio florestal apresentadas na Declaração de Plantio Florestal deve ser georreferenciada ou indicar pelo menos um ponto de azimuth para áreas com até 20 ha (vinte hectares). No anexo 3 pode ser observado esse georreferenciamento.

O número total de área a ser utilizada como Reposição Florestal para a Barragem de Gatos será de aproximadamente 11,60 hectares, visto que o espaçamento a ser utilizado durante o plantio será de 2,0 m x 3,0 m.

Assim, foram adotadas as seguintes recomendações para a escolha das espécies:

- Plantar espécies adaptadas a cada condição de umidade do solo.
- Plantar espécies nativas com ocorrência na região;
- Implantar espécies pioneiras (grupo de preenchimento) de rápido crescimento junto com espécies não pioneiras (grupo de diversidade);
- Utilizar um maior número de espécies visando gerar diversidade florística;
- Introduzir espécies frutíferas atrativas à fauna.
- Não apresenta maiores problemas de pragas e doenças.

Reposição Florestal

As espécies florestais a serem utilizadas nas áreas de restauração foram escolhidas de acordo com o bioma das áreas do Projeto, devido a essas áreas apresentar condições diferentes de umidade de solo. Com esse fator foram selecionadas espécies compatíveis com estes ambientes.

Os modelos de recuperação florestal basearam-se na combinação de espécies de diferentes grupos ecológicos (Pioneiras ou de preenchimento e secundárias ou de diversidade). A forma de plantio se baseou na tolerância a sombra e velocidade de crescimento, fornecendo assim condições ecológicas favoráveis à sucessão.

De acordo com a normativa 06/2006 do MMA, no art. 13 diz que a indicação das áreas de plantio florestal apresentadas na Declaração de Plantio Florestal deve ser georreferenciada ou indicar pelo menos um ponto de azimute para áreas com até 20 ha (hectares). O número total de área a ser utilizada como Reposição Florestal para a Barragem de Gatos será de aproximadamente 11,60 hectares, visto que o espaçamento a ser utilizado durante o plantio será de 2,0 m x 3,0 m.

Assim, foram adotadas as seguintes recomendações para a escolha das espécies:

- Plantar espécies adaptadas a cada condição de umidade do solo.
- Plantar espécies nativas com ocorrência na região;
- Implantar espécies pioneiras (grupo de preenchimento) de rápido crescimento junto com espécies não pioneiras (grupo de diversidade);
- Utilizar um maior número de espécies visando gerar diversidade florística;
- Introduzir espécies frutíferas atrativas à fauna.
- Não apresenta maiores problemas de pragas e doenças.

Na tabela 1 apresentam-se as espécies para a reposição pela seguinte classificação: nome vulgar, nome científico e sucessão ecológica.

Nome Vulgar	Nome Científico	Grupo de Sucessão Ecológica		
		P	S	C
Amescla de Cheiro	<i>Protiumheptaphyllum</i>	P		
Angelim	<i>AndiraNitida</i>		S	
Angico Branco	<i>Anadenanthera colubrina</i>	P		
Araça da Praia	<i>Psidiumcattleianum</i>	P		
Aroeira da Praia	<i>SchinusTerebinthifolius</i>	P		
Camboatã de Rego	<i>Cupania revoluta</i>	P		
Camboatã de Leite	<i>Thyrsodiumspruceanum</i>		S	
Café do Mato	<i>Casearia sylvestris</i>		S	
Cajá	<i>Spondiasmombim</i>	P		
Cajarana	<i>Cabralea canjerana</i>		S	
Caju	<i>Anacardiumoccidentale</i>		S	
Canafístula	<i>Cassia Ferruginea</i>		S	
Capixingui	<i>Crotonfloribundus</i>	P		
Cedro	<i>Credelafissilis</i>			C

Capiúba	<i>Tapirira guianenses</i>	P		
Embira Vermelha	<i>Xylopiافرutescens</i>	P		
Embiriba	<i>Eschweileraovata</i>			C
Garamundé	<i>Miciniasp</i>	P		
Jenipapo	Genipa americana		S	
Guabiraba	Campomanesiaxanthocarpa		S	
Guapeba	Ecclinusacostata	P		
Ingá	Ingaedulis	P		
Ingá	Ingasessilis	P		
Ingá	Ingatibaudiana	P		
Ingá	Ingablanchetiana		S	
Ipê Amarelo	Tabebuia chrysotricha		S	
Imbaúba	Cecropiaspp	P		
Jacarandá	Swartziapicklii	P		
Jatobá	Hymeneacourbaril		S	
João Mole	Guapiraopposita		S	
Lacre	Vismiaguianensis	P		
Louro	Nectandra rígida		S	
Murta	Myrciariatenella	P		
Mulungú	Erythrina velutina	P		
Oiti da Praia	Licania Tomentosa	P		
Pau Brasil	Caesalpiniaechinata			C
Pau Ferro	Caesalpiniaferrea		S	
Pau de Jangada	Apeibatibourbou		S	
Pau de Oléo	Capaiferalangsdorffii		S	
Quiri	Brosimumdiscolor		S	
Sambaqui	Scheffleramorototonii	P		
Sabonete	Sapindussaponaria		S	
Salgueiro	Aegiphilapernambucensis	P		
Salgueiro Branco	Cytharexylumpernambucensis	P		
Sucupira	Bowdichiavirgilioides		S	
Suruaji	Colubrina glandulosa	P		
Tamboril	Enterolobiumschomburgkii		S	
Visgueiro	Parkia pendula			C

Tabela 1: Grupos de sucessão Ecológica: P- pioneira, S – Secundaria e C- Climax.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após analisar o impacto e supressão vegetal no estudo de caso do projeto de

construção da barragem Gatos em Lagoa dos Gatos/PE, pôde ser observado o cumprimento e atendimento das normas, leis e licenças ambientais vigentes.

A supressão foi necessária para o crescimento econômico e foi realizada de forma sustentável. Após a supressão foram escolhidos métodos mitigatórios para a área de intervenção (APP) e o seu entorno, que foram a Compensação e a Reposição Florestal, atendendo assim as normas ambientais.

Apesar de existir impactos negativos com a implantação da Barragem, como o desmatamento, a perda da flora e fauna, houve ganhos econômicos e sociais, pois, a barragem irá gerar empregos, não causará mais cheias na área, e com isso a população do entorno será beneficiada.

Os impactos positivos encontrados foram, o reflorestamento do bioma da mata atlântica, a criação de corredores ecológicos para a fauna, proteção e enriquecimento do solo e proteção das águas.

A Compensação foi realizada em duas partes, foi calculado o valor de acordo com as legislações e escolhida uma área para mitigar a área de APP e seu entorno em Palmares/PE, deixando assim o projeto totalmente correto para sua Operação.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Siglia Karine de Souza. Áreas Protegidas: Uma Análise do Status das Unidades de Conservação Brasileiras e Pernambucanas. UNINASSAU, Recife/PE 2012.

BRAGA, Benedito. Introdução a Engenharia Ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002a.

BRASIL. Decreto 4.340, de 22 agosto de 2002b. Regulamenta artigos da Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006a.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006b. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 371, de 5 de abril de 2006c.

BRASIL. Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.

CALADO, Tatiane de Oliveira. Gerenciamento Ambiental na Construção Civil: Estudo na construção de Barragens para proposição de instrumento de monitoramento. UNINASSAU, Recife/PE, 2014.

FARIA, Ivan Dutra. Compensação Ambiental: Os fundamentos e as normas; a gestão e os conflitos. Consultoria legislativa do senado federal – Texto para discussão 43, p.70. Brasília, 2008.

LEFF, Enrique. Saber Ambiental: Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder, 2001. Mata Atlântica uma rede pela floresta.

REIS, Helena Vasconcelos Martins. Análise sobre a supressão de vegetação e compensação ambiental no estado de Pernambuco. UNINASSAU, Recife/PE 2013.

SÁNCHEZ, L.E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. São Paulo: Oficinas de Textos, 2008.

SILVA, Camila Coelho. COMPENSAÇÃO AMBIENTAL: um estudo da contabilização e evidenciação dos gastos em uma usina hidrelétrica localizada no Estado do Rio Grande do Sul. UFSC, Florianópolis/SC 2012.

SIRVINKAS, Luís Paulo. Manual de Direito Ambiental. 6º ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

SOUZA, Márcia Virginia Estanislau. Estudo de Caso de destinação de madeira proveniente de supressão vegetal em empresa pública do estado de Pernambuco. UNINASSAU, Recife/PE 2015.

RECUPERAÇÃO ECOLÓGICA DE MANGUEZAIS EM SISTEMA DE CONFINAMENTO CELULAR (GEOCÉLULAS): ESTUDO DE CASO EM ÁREA PORTUÁRIA NO GOLFÃO MARANHENSE, BRASIL

Data de aceite: 01/11/2021

Flávia Rebelo Mochel

Universidade Federal do Maranhão- UFMA
Depto. Oceanografia e Limnologia- DEOLI, Av.
dos Portugueses, 1966
Maranhão, Brasil
ORCID 0000-0001-5911-3171

Ivanilson Luís Alves Fonsêca

UMI SAN Serviços de Apoio à Navegação
Vila Velha – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/8582427423442319>

RESUMO: Para restaurar uma área de manguezal degradada por atividades portuárias e dragagem, foi realizada a supressão de 1,5 ha de manguezais, para estabilização do talude costeiro. Foi executado um Plano de Recuperação de Área Degradada que incluiu um Projeto de Engenharia Ambiental e Atividades Ecológicas e Biológicas que determinou o uso de Sistema de Confinamento Celular (Geocélulas) com plantio de mudas de manguezais sobre ele, para redução de riscos de novos deslizamentos e recuperação do ecossistema atingido. Foram realizadas coletas de propágulos, produção de mudas em viveiro e plantio de mudas dentro das geocélulas. A altura da muda (H) e o diâmetro na base (DAB) foram medidos, os dados de herbivoria, fenologia e mortalidade foram calculadas e monitoradas, bem como pH e salinidade de sedimentos sobre o local de restauração (geoweb) durante 4 anos. O uso de sistema de confinamento celular (geocélulas)

demonstrou ser a alternativa que mais segura para a recuperação do manguezal local. Os estudos hidrodinâmicos solicitados revelaram uma zona de muito baixa energia, confirmando relatórios periciais anteriores que apontaram uma elevada deposição de sedimentos, com tendência a acumulação (assoreamento). As geocélulas tendem a diminuir a energia hidrodinâmica local, fato importante para acelerar a deposição de sedimentos e favorecer o processo de restauração do manguezal. Em 4 anos, as 3 espécies plantadas nas geocélulas se desenvolveram com altura superiores a 10 metros, floresceram, reproduziram e exportaram propágulos ao longo da zona costeira.

PALAVRAS-CHAVE: restauração ecológica, restauração de manguezal, geoweb

ECOLOGICAL RESTORATION OF MANGROVES IN CELLULAR CONFINEMENT SYSTEM (GEOWEB): A CASE STUDY IN A PORT AREA OF GOLFAO MARANHENSE, BRAZIL

ABSTRACT: In order to restore a mangrove area damaged by dredging activities Removal up to 1.5 ha of mangrove trees, for slope stabilization. Environmental Engineering Project and Ecological and Biological activities for Slope stabilization with geoweb for further mangrove plantation were designed and carried out. Propagule collection and nursery grown seedlings for mangrove restoration were accomplished. Plant height (H) and the diameter at the base (DAB) were measured, leaf herbivory, phenology and mortality data were calculated and monitored, as

well sediment pH and salinity over the restoration site (geoweb) during 4 years. The use of cell confinement system (geoweb) proved to be the safest alternative for restoring the local mangrove. The hydrodynamic studies requested revealed a very low energy zone, confirming previous expert reports that indicated a high sediment deposition, with a tendency to accumulation (siltation). The Geoweb system tended to decrease local hydrodynamic energy, an important fact to accelerate sediment deposition and favor the mangrove restoration process. In 4 years, the 3 species planted in the geoweb system developed with height upper than 10 meters, flourished, reproduced and exported propagules along the coastal zone.

KEYWORDS: mangrove restoration, geoweb, ecological restoration

1 | INTRODUÇÃO

A recuperação ecológica é uma atividade intencional para iniciar ou acelerar o restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (SER, 2004). A recuperação de um ecossistema pode se realizar quanto:

- ao seu funcionamento: quando se restabelecem os processos ecossistêmicos,
- a sua integridade: quando se restabelece a composição das espécies, a estrutura das comunidades do ecossistema;
- a sua sustentabilidade: quando se restabelece sua resistência às perturbações e sua resiliência ecossistêmica. (SER, 2004)

A Legislação brasileira exige a recuperação de áreas degradadas, desde a Constituição Federal de 1988, e que orientada por um plano técnico de ações de recuperação, o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD (MOCHEL E FONSÊCA, 2019; ALMEIDA, 2016). Há conceitos diferenciados entre recuperação, restauração, reabilitação sendo que para o MMA (2019) a restauração busca restituir o ecossistema o mais próximo possível de suas condições originais. Para Cairns (1988) e Viana (1990) o termo recuperação ecológica compõe-se das categorias restauração e reabilitação, sendo restauração semelhante ao conceito de MMA (2019) e reabilitação é termo dado aos procedimentos que buscam recuperar uma ou mais as funções, processos do ecossistema.

Este artigo aborda um estudo de caso de recuperação de manguezais sobre sistema de confinamento celular (geocélulas) para contenção de um talude costeiro numa área portuária da Baía de São Marcos.

As geocélulas são estruturas flexíveis, com aparência de favos de colméias, vazadas, permitindo trocas de água e nutrientes, que se estendem sobre um geotêxtil, dispondo-se como uma “manta” sobre a superfície que se pretende estabilizar. Os “favos” podem ser preenchidos com vários tipos de material, e no caso de uso da vegetação, são preenchidos com sedimentos, terra ou outros. Sobre esse sedimento a vegetação é plantada e monitorada. São consideradas até a atualidade a solução de primeira escolha para erosão em corpos hídricos costeiros e continentais, preservando a qualidade de solos (SHEIKH & SHAH, 2021).

No Brasil, as experiências com o uso de geocélulas em áreas de marés são poucas, e não se conhece, ainda, nenhuma utilizada em recuperação de manguezais degradados. No mundo, essa experiência é bastante recente e já tem sido utilizada com sucesso. Destacam-se os trabalhos de Shabica *et. al*, (2010); Jackson *et alii*. (2004; 2005) em ambientes pantanosos, ribeirinhos, recifais, costeiros e marinhos do Golfo Pérsico. Esses autores destacam que o uso de geotêxteis promoveu melhor recomposição da biota do que outros materiais. Outros usos em regiões de manguezais, pântanos e marismas são encontrados no Golfo do México e na Florida (FWS, 2021).

ESTUDO DE CASO

Durante uma operação de dragagem para o aprofundamento do calado portuário em cerca de 13,0 metros de profundidade, após se alcançar uma cota aproximada de 8 metros, ocorreu um afundamento e um deslizamento de aproximadamente 0,3 ha de uma área de manguezal, adjacente às áreas construídas. A distância da draga para o manguezal, no momento da vistoria era de cerca de 50 metros. Essa situação necessitou remover as árvores mortas que colocavam em risco a navegação de embarcações e as atividades de pesca tradicional na região. O Plano de Recuperação de área Degradada – PRAD definiu 3 etapas de trabalho, incluindo a necessidade de estabilização do talude do manguezal remanescente, totalizando 1,5 ha de área.

Etapas do PRAD:

FASE 1- remoção e destinação final do manguezal atingido (0.3 ha).

FASE 2- remoção e destinação final do manguezal para estabilização do talude (~1.2 ha).

FASE 3- estabilização do talude com geotêxtil e recuperação do manguezal (produção de mudas e plantios) em sistema de confinamento celular (geocélulas).

Estudos de geotécnicos e de engenharia para estabilização do talude

O princípio que norteou os estudos geotécnicos e de engenharia para a estabilização do talude na área do manguezal baseou-se na premissa de que as soluções mais adequadas deveriam atender tanto o aspecto ambiental quanto a viabilidade técnica e operacional. Portanto, a melhor alternativa deveria atender as seguintes premissas:

1. Menor impacto geoambiental (com estudos hidrodinâmicos)
2. Garantir estabilidade das estruturas portuárias construídas
3. Minimizar riscos de execução / monitoramento futuro
4. Considerar a necessidade de dragagem até cota – 13m
5. Ser aprovada junto aos órgãos ambientais

Os estudos de geotécnica e engenharia apontaram três alternativas de contenção

do talude:

1. Alternativa de estacas-prancha
2. Alternativa de enrocamento
3. Alternativa de sistema de confinamento celular

A utilização de estruturas rígidas, como a estaca-prancha, foi descartada por motivos principalmente ambientais, com a possibilidade de alterações no padrão de circulação das águas, nas velocidades de correntes de marés e na dinâmica de deposição de sedimentos. Essas alterações trariam dificuldades adicionais à recuperação do manguezal, podendo comprometer seu êxito.

A alternativa do uso de enrocamento também foi descartada por motivos tanto ambientais (alterações hidrodinâmicas e ecológicas) quanto operacionais, no tocante ao difícil fornecimento do material rochoso.

O uso de sistema de confinamento celular (geocélulas) é a alternativa que se apresenta mais segura para a recuperação do manguezal local. Os estudos hidrodinâmicos solicitados revelaram uma zona de muito baixa energia, confirmando relatórios periciais anteriores que apontaram uma elevada deposição de sedimentos, com tendência a acumulação (assoreamento). As geocélulas tendem a diminuir a energia hidrodinâmica local, fato importante para acelerar a deposição de sedimentos e favorecer o processo de restauração do manguezal.

Após análises das alternativas, dos estudos hidrodinâmicos e das experiências na utilização de geocélulas em ambientes e ecossistemas similares, e considerando as dificuldades operacionais e de segurança do ambiente local, indicou-se o uso do sistema de confinamento celular (geocélula) na estabilização e recuperação do manguezal local.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo situou-se em um manguezal na foz do Rio dos Cachorros, nas coordenadas geográficas 020°40'39"S e 440°21'28"W, município de São Luís, e inserida na Baía de São Marcos, pertencente ao Golfão Maranhense (Figura 1).

Nessa área de manguezal ocorreu um deslizamento de uma área de 0,3 hectares de manguezal, após a operação de dragagem local atingir a cota – 8m. Após o deslizamento, o deslocamento das árvores ocasionou o comprometimento de seu sistema radicular e a mortalidade dos indivíduos. Nesse quadro, um novo risco, o de acidentes e obstáculos à navegação, começou a se configurar. Para evitar essa possibilidade e recuperar a área de manguezal se fez necessário traçar um criterioso plano de recuperação para a estabilização do talude com sistema de confinamento celular (geocélulas) e a recuperação

do ecossistema por meio de plantios induzidos, e o monitoramento do sítio de recuperação acompanhando o desenvolvimento das mudas plantadas na área.

Além da vulnerabilidade dessa área às instabilidades geradas por dragagens, transporte de minérios, riscos de acidentes e vazamentos de combustível, etc. o manguezal do estuário do Rio dos Cachorros é ainda atualmente utilizado por pescadores que retiram peixes, camarões e caranguejos desse ecossistema. Da mesma forma, uma variedade de animais (aves, mamíferos, répteis e invertebrados) é observada nessa área, evidenciando a importância desse manguezal também do ponto de vista da biodiversidade e da conservação.

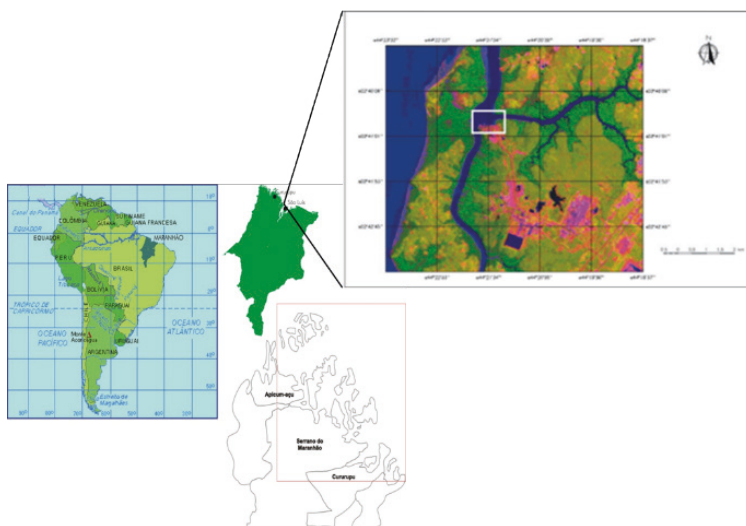


Figura 1. Área de estudo na foz do Rio dos Cachorros na Ilha de São Luís, Maranhão.

2.2 Estudos de Engenharia Ambiental e Atividades Ecológicas e Biológicas de Recuperação do Manguezal

Os estudos, análises geoambientais, executivos e operacionais foram coordenados e realizados pela equipe UFMA (Depto de Oceanografia e Limnologia), LPS Consultoria e Engenharia LTDA, Sempre Verde, Camargo Correa, Âncora, ASA Consultoria, coordenados pelo PRAD estabelecido pela autora Flávia R. Mochel.

Para análise da topografia do manguezal foram realizadas amostragens e análises dos dados topográficos na área do deslizamento do talude que nortearam os estudos de engenharia para a estabilização do talude, o deslocamento das equipes em campo e o planejamento das ações de recuperação. Os pontos de medição do “barra-minas” distaram 20m entre si, formando um “grid” (malha), traçados sobre imagem Ikonos.

Os estudos de Estabilidade do Talude Após a dragagem tiveram como objetivo avaliar as condições de segurança do talude remanescente após os serviços de dragagem

Para a caracterização do subsolo local foram realizadas 10 sondagens a percussão / mista, 37 sondagens com barra mina e 6 ensaios de palheta (Figuras 2 e 3) Usou-se o Programa Computacional de Estudo de Estabilidade: SLIDE (Equilíbrio Limite). (Quadro 1)



Figuras 2 e 3. Trabalhos geotécnicos para caracterização do subsolo.

Solo	g (kN/m ³)	S_u (kPa)	c' (kPa)	f (°)
Argila Orgânica	14,0	7,5	—	—
Areia Siltosa	20,0	—	0	35

Quadro 1 Parâmetros geotécnicos adotados para caracterização do subsolo.



Figuras 4 e 5. Dragagem superficial da área para retirada de troncos e tocos e posterior recobrimento com geotêxtil e sistema de confinamento celular.

A estabilização do talude foi, então, executada após dragagem superficial da área para retirada de troncos e tocos, (Figuras 4 e 5). A instalação de geotêxtil não tecido (200 g/m²-RT 10KN/m) sobre o solo local, de forma a possibilitar o trânsito de operários com segurança, foi seguida do lançamento de um sistema de confinamento celular (também conhecido por geocélulas) e posterior preenchimento com as mudas de manguezal. As *células* eram constituídas de tiras de polietileno de 1,25 mm de espessura, com altura de

7,5cm e dimensões de 30 x 40 cm. (Figura 6). A ancoragem foi feita através de grampos executados com ferro de construção comum (CA-50), com espaçamento a cada metro. Os tensores de ancoragem (corda) eram constituídos de cabos de poliéster com diâmetro de 6,0mm, resistência a tração de 650kgf e peso mínimo de 23,0g/m (Figuras 7 a 12).

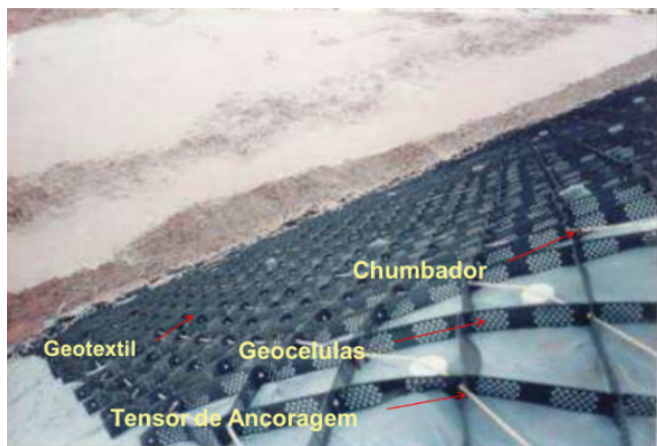


Figura 6. Aspectos técnicos da instalação do sistema de confinamento celular (geotêxtil/geocélulas)



As Figuras 7 a 12. Instalação das geocélulas no manguezal: na expansão e ancoragem firme das seções de geocélula nos taludes e posterior união das diversas seções, através de grampos, para a manutenção da integridade da instalação durante as operações de preenchimento com sedimentos e vegetação nativa.

No interior de cada uma das geocélulas as mudas de manguezal das espécies de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* eram plantadas e seu

desenvolvimento monitorados (Figuras 13 e 14).



Figuras 13 e 14. Plantio de mudas de *Laguncularia racemosa* em sistema de confinamento celular (geocélulas)

Antes de se realizar a supressão do manguezal contíguo à área de deslizamento, foram realizadas coletas e medições em campo para estudos de estrutura, biomassa, função e dinâmica para estabelecer os níveis de base que nortearão a evolução do processo de recuperação

Algumas bases de conhecimento são, por conceito, fundamentais antes de se iniciarem projetos de recuperação. A inobservância dessas bases e dos estudos prévios pode determinar o insucesso da intervenção com prejuízos ainda maiores ao ecossistema e desperdício de recursos humanos, materiais e financeiros. Entre os fatores de insucesso na restauração de manguezais na Baía de Guanabara, Mochel (2002) ressalta a importância de se checar os tensores ambientais antes do estabelecimento da atividade. No Estudo de Caso em questão esses pré-requisitos foram: a biologia das espécies, área cortada, linha-limite (cota) de onde partirá a geocélula (limite do mangue restante), frequência de inundação nessa linha, aporte de sedimentos.

Neste documento, empregamos o conceito de “êxito” na recuperação de manguezal degradado: Como êxito, ou sucesso, estamos nos referindo à estabilização dos propágulos e plântulas na área por mais de 6 (seis) meses e ao desenvolvimento nítido no comprimento do caule, incremento no diâmetro da base e no desenvolvimento de folhas nos exemplares plantados.

3 | RESULTADOS

Análises geoquímicas no sedimento do manguezal atingido.

Os resultados geoquímicos dos teores de salinidade, pH e metais mostram valores compatíveis com ambientes estuarinos e marinhos (Quadro 1). Em relação aos metais, os teores de Alumínio, Ferro, Chumbo, Cádmiu os teores mostraram-se abaixo do limite

deteção (em partes por milhão), bem como os teores de Cromo para 4 (quatro) pontos de amostragem. Os teores de Cobre, Cálcio, Zinco e Magnésio são compatíveis com os encontrados em águas marinhas e estuarinas sendo utilizados em diversos processos fisiológicos animais e vegetais. A análise dos resultados obtidos mostra que o teor de metais no manguezal está abaixo dos níveis de contaminação e, portanto, estão indicadas as atividades de recuperação na área.

Ponto de Amostragem	Parametro analisado										
	pH	Salinidade e (%)	Alumínio (Al)	Ferro (ppm Fe)	Cromo (ppm Cr)	Cobre (ppm Cu)	Cálcio (ppm Ca)	Chumbo (ppm Pb)	Cádmio (ppm Cd)	Zinco (ppm Zn)	Magnésio (ppm Mg)
BM-16	7,12	27,8	<	<	0,004	0,072	345,6	0,0032	0,0001	0,068	989,5
BM-17	7,79	29,4	<	<	0,011	0,079	386,6	0,0032	0,0001	0,073	1068,9
BM-18	7,35	30,8	<	<	0,0002	0,086	524,5	0,0032	0,0001	0,045	1514,2
BM-19	7,64	30,8	<	<	0,0002	0,098	511,5	0,0032	0,0001	0,043	1463,5
BM-22	7,09	25,5	<	<	0,007	0,061	391,5	0,0032	0,0001	0,046	1102,7
BM-23	7,37	30,7	<	<	0,0002	0,058	386,3	0,0032	0,0001	0,077	1124,1
BM-24	7,64	29,3	<	<	0,0002	0,063	432,4	0,0032	0,0001	0,022	1243,4
BM-28	7,56	30,5	<	<	0,028	0,173	461,1	0,0032	0,0001	0,035	1366,7
BM-29	7,54	31,3	<	<	0,003	0,171	1249,5	0,0032	0,0001	0,124	437

Quadro 1 Resultados geoquímicos dos teores de salinidade, pH e metais na área de manguezal degradado a ser recuperada. Fonte: Os autores e equipe, 2021

Análise da topografia do manguezal e Estudos de Estabilidade do Talude Após a Dragagem

Observou-se, na área do deslizamento, um mosaico de cotas baixas e altas, alternando cotas mais baixas e mais altas ora próximos a linha de ruptura e ora próximos ao limite entre o talude e o estuário. Esse mosaico possivelmente reflete o assoreamento, já em curso no local, pela deposição de material sedimentar fino (lama), fato observável no campo. Há uma nova camada de lama fina, muito mole, que recobre parte da planície formada pelo deslizamento.

Os resultados dos estudos de estabilidade do talude após a dragagem mostraram oscilações de Maré: NA nas cotas +0,00m e +6,50m. A busca de superfícies críticas abrangendo todo o perfil mostrou a possibilidade de ruptura nos taludes de areia siltosa e na argila orgânica (Tabela xxx).

Cota do NA (m)	Localização da Superfície Crítica	FS
+ 0,00	Argila Orgânica	2,34

+ 0,00	Areia Siltosa	2,38
+ 6,50	Argila Orgânica	8,23
+ 6,50	Areia Siltosa	2,48

(Tabela xxx) Possibilidade de ruptura nos taludes de areia siltosa e na argila orgânica

Os resultados para o talude estável indicam Fatores de Segurança $\geq 1,50$ (FS $\geq 1,50$) para a inclinação de 1V:10H após a dragagem (Figura 15).

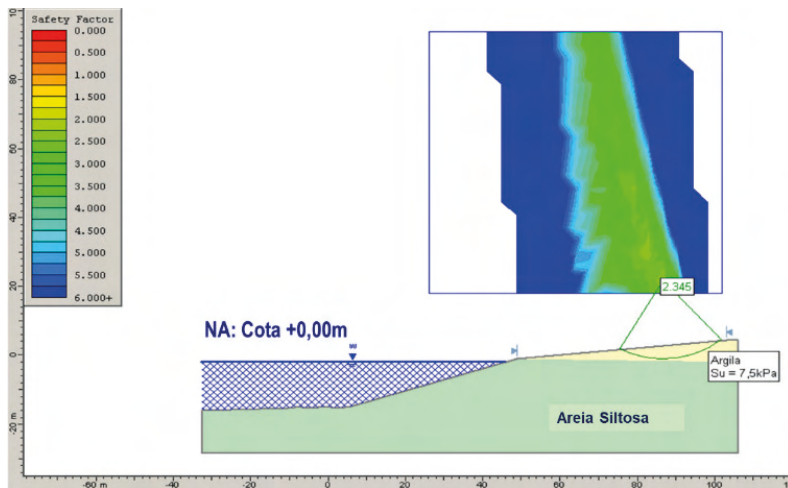


Figura 15 resultados dos estudos de estabilidade do talude após a dragagem e Fator de Segurança na cota de maré baixa (+0,00m)

Desenvolvimento e monitoramento de estrutura das mudas de manguezal em sistema de confinamento celular

O desenvolvimento estrutural das mudas iniciou-se a partir da germinação da planta no interior das geocélulas, sítio de recuperação, com a espécie *Laguncularia racemosa*. Em julho do mesmo ano, plantaram-se, também, mudas de *Avicennia germinans* e *Rhizophora mangle*.

Numa retrospectiva da recuperação em 4 anos, em alguns locais onde foram plantados indivíduos de *R. mangle*, houve grande deposição do sedimento, fato que pode explicar a oscilação no incremento do diâmetro dessa espécie. A partir do momento em que a fase de deposição se estabiliza, nota-se um ganho consistente e ascendente no diâmetro, revelando o incremento da biomassa da população dessa espécie.

Os resultados para a evolução de altura e diâmetro para os indivíduos plantados de *L. racemosa*, em 4 anos de recuperação, observa-se também a influência da deposição de sedimento na base dos caules afetando o ganho do diâmetro durante o mesmo período que em *R. mangle*.

As maiores alturas registradas entre os indivíduos plantados no sítio de recuperação foram: *Rhizophora mangle* com 2,52 metros, *Avicennia germinans* com 6,29 metros e *Laguncularia racemosa* com 6,11 metros.

A densidade de um bosque de manguezal em desenvolvimento é inversamente proporcional a sua idade e ganho de biomassa. Com isso, quanto mais jovem o bosque maior sua densidade e quanto mais indivíduos adultos encontram-se em um bosque, menor sua densidade.

A densidade das árvores plantadas no sítio de recuperação diminui a medida que os indivíduos envelhecem em função da mortalidade por competição por espaço. Os resultados para a mortalidade das espécies no sítio de recuperação, para todo o período de monitoramento, mostram que as porcentagens para as três espécies diferem pouco entre si. A espécie *Laguncularia racemosa* apresentou mortalidade para 14,8% das mudas plantadas, *Avicennia germinans* para 11,1% e *Rhizophora mangle* para 12,5% (Tabela).

Dados de apuração do plantio		Espécies		
		<i>Avicennia germinans</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Rhizophora mangle</i>
Percentual para os <i>quadracts</i>	Sobrevivência	88,9%	84,2%	87,5%
	Mortalidade	11,1%	14,8%	12,5%

Tabela Percentuais de sobrevivência e mortalidade das mudas nos *quadracts* no sítio de recuperação no final do período de recuperação..

As altas salinidades do substrato em área de manguezal, sedimentos ácidos ou muito básicos são condições que devem ser evitadas durante a recuperação de um manguezal degradado (CORREA et. al., 2021). Essas condições limitam o desenvolvimento das mudas e podem causar mortalidade de grandes quantidades de indivíduos. Por outro lado, valores baixos de salinidade não prejudicam o desenvolvimento dos indivíduos, porém tornam os indivíduos suscetíveis a ataques por herbívoros. Portanto, é necessário o monitoramento dessas variáveis acompanhando-se o desenvolvimento das mudas no sítio de recuperação. Os resultados desse monitoramento encontram-se na Tabela XXX

Salinidade no sítio de recuperação		
Dados Estatísticos	Salinidade	pH
Média	29,98	7,58
Max	32,0	7,7
Mín	28,0	7,4
Desvio padrão	1,84	0,10

Tabela XXXX Resultados para salinidade e pH médios, máximos e mínimos para o sítio de recuperação ao final do período de recuperação.

Observa-se, para todos os pontos monitorados no sítio de recuperação, a média de salinidade e do pH, ao final do período, foram equivalentes à salinidade e ao pH de ambientes estuarinos e costeiros que apresentam boa circulação por marés,



Figuras 16, 17 e 18. Evolução da recuperação da área de manguezal ao final de um período de 4 anos.

Proteção do Talude Remanescente Contra Erosão Superficial

Verificou-se o equilíbrio ambiental através do plantio de mudas de manguezal nas geocélulas. Verificou-se reduzido impacto hidrodinâmico no ambiente do manguezal favorecendo a manutenção das mudas plantadas e a deposição natural de sedimentos. Ao final de um período de 4 anos a área de manguezal foi considerada recuperada com sucesso, tendo as espécies apresentado desenvolvimento estrutural (Figuras 16, 17 e 18) com reprodução e exportação de propágulos para a zona costeira, suas inflorescências com polinizadores (abelhas) e o retorno da fauna local de invertebrados e vertebrados.

A principal desvantagem observada da implantação do Sistema de Confinamento Celular (geocélulas) é a necessidade de manutenção periódica no primeiro (1º) ano após a implantação da solução.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de sistema de confinamento celular (geocélulas) demonstrou ser a alternativa que mais segura para a recuperação do manguezal local. Os estudos hidrodinâmicos solicitados revelaram uma zona de muito baixa energia, confirmando relatórios periciais anteriores que apontaram uma elevada deposição de sedimentos, com tendência a acumulação (assoreamento). As geocélulas tendem a diminuir a energia hidrodinâmica local, fato importante para acelerar a deposição de sedimentos e favorecer o processo de restauração do manguezal. Em 4 anos, as 3 espécies plantadas nas geocélulas se desenvolveram com altura superiores a 10 metros, floresceram, reproduziram e exportaram propágulos,

5 | AGRADECIMENTOS

Dulce Soares da Alumar, Luciano da Camargo Correa, Sílio da LPS, Achilles da Âncora, ALREFU2 Team, à equipe operacional da Sempre Verde.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD). In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica .3rd ed., p. 140-158, Ilhéus, BA: Editus, 2016

CORREA, J. N., AZEVEDO, J.W.J., OLIVEIRA, A., MOCHEL, F.R. Salinity assessment in the germination of *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. GAERTN. For selecting mangrove restoring sites In: A pesquisa em ciências biológicas: Desafios atuais e perspectivas futuras 2, Clécio Danilo Dias da Silva; Danyelle Andrade Mota (Orgs.), v.2, 30-44, Ponta Grossa, PR, Atena Ed., 2021

FWS. 456 p. <https://www.fws.gov/verobeach/MSRPPDFs/FlowWaterSwamp.pdf> acesso em 10/11/2021

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/8705-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1reas-degradadas>. 2019 Acesso em 10 de novembro de 2021.

MOCHEL, F.R. Manguezais da Amazônia Maranhense: conservação e recuperação ecológica. In: Tierra, paisajes, suelos y biodiversidad Garcia, M. & Seabra G. (orgs.) , p. 602-618, Ed. Universidad Central de Chile, Santiago de Chile, 2016

MOCHEL, F.R. , FONSECA, I.L.A. Abordagem integrada para a recuperação de manguezais degradados em áreas portuárias com estudo de caso em São Luís, Maranhão. In: Gerenciamento costeiro e gerenciamento portuário 2. Flávia Rebelo Mochel (Org.) Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019

MOCHEL, F. R. Programa Integrado Estudos Ecológicos dos Manguezais do Estado do Maranhão. Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado - para países de língua portuguesa. , v.1, p.30 - 31, 2002.

SER . Society for Ecological Restoration, Report, 52p., Maddison, Wisconsin, 2004

SHABICA, C.W., JENNINGS, J. R., RILEY, M., BOECKLER, J. Stabilization of ravines, adjacent beaches, and bluffs on Lake Michigan. Shore & Beach, Vol. 78, No. 1, 2010

SHEIKH I. R. & SHAH, M. Y. State-of-the-Art Review on the Role of Geocells in Soil Reinforcement Geotechnical and Geological Engineering volume 39, pages1727–1741 (2021)

DESCARTE INCORRETO DE MEDICAMENTOS: MAU HÁBITO SOCIAL, IRRESPONSABILIDADE NA LOGÍSTICA REVERSA, AUSÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO/ LEGISLAÇÃO E OS INÚMEROS DANOS AMBIENTAIS

Data de aceite: 01/11/2021

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Universidade Federal de Uberlândia
Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus*
Uberlândia/MG
<http://lattes.cnpq.br/12970002659897780>
<https://orcid.org/0000-0003-3587-486X>

Bruno Elias dos Santos Costa

Universidade Federal de Uberlândia
Universidade Federal de Catalão/GO
<http://lattes.cnpq.br/9995122149910490>
<https://orcid.org/0000-0002-9306-0939>

Anelise dos Santos Mendonça Soares

Universidade Federal de Uberlândia
Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus*
Uberlândia/MG
<http://lattes.cnpq.br/8591893046454042>
<https://orcid.org/0000-0001-8442-393X>

Valdinei de Oliveira Santos

Instituto de Educação e Ensino Superior de
Samambaia
Escola Estadual Dom Eliseu
Unai/MG
<http://lattes.cnpq.br/5877647086852971>
<http://orcid.org/0000-0002-3400-0143>

RESUMO: O desenvolvimento científico e tecnológico vem proporcionando a humanidade uma maior longevidade e qualidade de vida, com destaque ao desenvolvimento de novos medicamentos para inúmeras propriedades terapêuticas que possibilitam minimizar os efeitos “agressivos” de inúmeras doenças da qual a atual sociedade é enferma. No Brasil,

a instalação de inúmeros pólos de indústria farmacêutica associada ao aumento da importação de medicamentos contribui para o aumento do processo de automedicação por boa parte da população que é mal assistida ou sequer tem acesso a um sistema público de saúde, que associada à escassez e/ou ausência de legislação e fiscalização que atribua a obrigatoriedade pela logística reversa a serem implementadas pelas indústrias, farmácias/drogarias e serviços de saúde da esfera pública e privada. Como resultado, os medicamentos não utilizados ou vencidos são descartados de maneira inadequada em diferentes meios e que resultam na contaminação do solo, dos recursos hídricos e de todas as atividades agropecuárias que impacta diretamente a saúde do meio ambiente, dos organismos vivos e retorna para a sociedade levando-a ao adoecimento que impacta ainda mais no aumento da ineficiência do sistema de saúde. Os inúmeros artigos apresentados e discutidos neste trabalho apontam para uma mesma direção em relação à criação de legislações que restrinjam a venda de medicamentos a estabelecimentos autorizados e fiscalizados por órgãos reguladores; reduza a venda de medicações sem a apresentação da devida prescrição médica; aumento nos investimentos em saneamento básico e programas de educação ambiental e; fortalecimento e incentivo a produção nacional de medicamentos.

PALAVRAS-CHAVE: fármacos, saneamento, educação ambiental, farmácias/drogarias

INCORRECT DISPOSAL OF MEDICINES:

BAD SOCIAL HABIT, IRRESPONSABILITY IN REVERSE LOGISTICS, ABSENCE OF INSPECTION/LEGISLATION AND MANY ENVIRONMENTAL DAMAGES

ABSTRACT: Scientific and technological development has provided humanity with greater longevity and quality of life, with emphasis on the development of new drugs for numerous therapeutic properties that make it possible to minimize the “aggressive” effects of numerous diseases from which today’s society is ill. In Brazil, the installation of numerous pharmaceutical industry poles associated with the increase in drug imports contributes to the increase in the process of self-medication by a large part of the population that is poorly assisted or does not even have access to a public health system, which is associated with scarcity and/or lack of legislation and inspection that assigns the obligation for reverse logistics to be implemented by industries, pharmacies/drugstores and health services in the public and private spheres. As a result, unused or expired medicines are improperly disposed of in different media and result in contamination of soil, water resources and all agricultural activities that directly impact the health of the environment, living organisms and return to the society, leading to illness, which further impacts the inefficiency of the health system. The numerous articles presented and discussed in this work point to the same direction in relation to the creation of legislation that restricts the sale of medicines to authorized establishments supervised by regulatory bodies; reduce the sale of medications without presenting the proper medical prescription; increase in investments in basic sanitation and environmental education programs and; strengthening and encouraging the national production of medicines.

KEYWORDS: pharmaceuticals, sanitation, environmental education, pharmacies/ drugstores.

1 | INTRODUÇÃO

A partir da implementação da Lei Federal nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e que se fundamenta em indicadores: *i)* gastos públicos a nível municipal (coleta de lixo, varrição de ruas e espaços públicos, maquinário e sua manutenção, quadro de trabalhadores envolvidos, disposição final dos resíduos entre outros); *ii)* falta de implementação da política de logística reversa nas indústrias farmacêuticas e farmácias/drogarias; *iii)* a falta de consórcio entre municípios de pequeno e médio porte com o intuito de promoverem a construção e operação de aterros sanitários; *iv)* o aumento da capacidade de reciclar e/ou reutilizar materiais passíveis destes processos; *v)* o incentivo a criação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis e *vi)* incentivos fiscais para a implantação de indústrias que trabalham com reciclagem. Entretanto tais ações não tiveram seus objetivos alcançados e o PNRS pouco contribuiu com a redução na geração de resíduos na fonte (BARCELLOS et al., 2020; BLAKENSTEIN; JUNIOR, 2018; LUNA; VIANA; 2019; SANTOS; van ELK, 2021).

Entretanto, o descarte e o gerenciamento de resíduos não se limita a PNRS, este assunto vem sendo tratado a nível mundial desde 1972 com a Conferência de Estocolmo que foi realizado pela Organização das Nações Unidas (ONU) onde foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Existe uma estimativa de que nos

últimos 50 anos houve um acúmulo de 12,5 milhões de toneladas de resíduos provenientes de medicamentos. Para se ter uma ideia do grau de poluição dos medicamentos presentes nos recursos hídricos, 1 kg de medicamento é capaz de contaminar 450.000 L de águas (BANDEIRAS et al., 2019; CAMPOS et al., 2020; ROCHA et al., 2020). Os princípios ativos (fármacos) presentes nos medicamentos causam impactos ambientais de forma direta ou indireta ao solo, recursos hídricos e contamina quase todos os alimentos e seus derivados da agricultura e pecuária. Os fármacos possuem inúmeras propriedades intrínsecas, entre as quais: lipofilicidade, baixa volatilidade e biodegradabilidade que por sua vez favorecem o processo de bioacumulação destes compostos no ambiente (GOGOI et al., 2018; NADAIS et al., 218, PANIAGUA et al., 2020).

O atual estado da arte no contexto brasileiro em relação às práticas são motivos de estudos que demonstram que a ausência e/ou efetividade de políticas públicas dificultam a concretização de um melhor gerenciamento e disposição final mais adequado de medicamentos, em função: *i*) da falta de uma efetiva educação ambiental e projetos de conscientização coletiva; *ii*) incentivo e estímulo partindo do governo federal e dos estados federativos com vistas a oferecer recursos e suporte técnico para a construção de aterros sanitários em forma de consórcios intermunicipais e; *iii*) incentivos fiscais a fim de estimular a política de logística reversa nas indústrias farmacêuticas e farmácias/drogarias são apenas algumas que poderiam ser adotadas (BUCCI et al., 2021; FERNANDES et al., 2020; RODRIGUES et al., 2020; SOUZA et al., 2021).

Entretanto, não foi identificado nenhum trabalho que correlacionasse: *i*) o descarte inadequado nas residências e comércios; *ii*) a falta de estímulo e efetividade da política de logística reversa tanto pelas indústrias farmacêuticas, quanto pelas farmácia/drogarias e; *iii*) os impactos ambientais provenientes do descarte inadequado no meio ambiente. Diante disso, este trabalho tem por objetivo estabelecer uma correlação entre o aspecto educativo, políticas públicas voltadas ao incentivo à prática da política de logística reversa que afetam diretamente a saúde e a qualidade de vida do meio ambiente e os organismos que neles habitam inclusive a própria espécie humana.

2 | METODOLOGIA

Este trabalho foi elaborado e organizado em função do levantamento bibliográfico realizado nos últimos quatro anos (2018-2021) restrito ao contexto do cenário brasileiro, sendo constituído por 26 artigos e duas legislações de âmbito nacional que foram selecionados mediante a consulta na plataforma *Google Acadêmico* realizado em novembro do presente ano. A opção pela busca exclusiva de trabalhos na forma de artigos ocorreu em função destes possuírem o Identificador de Objeto Digital (do inglês "*Digital Object Identifier*" – DOI) o que facilita a busca em plataformas digitais, garante a legitimidade da publicação e atribui a originalidade dos trabalhos utilizados como referência bibliográfica;

e que se caracterizam por trabalhos completos e publicados em periódicos específicos provenientes de: *i)* revisão da literatura; *ii)* estudos de caso realizados em diferentes contextos da sociedade: residencial, comercial, instituições de ensino e pesquisa; *iii)* estudos que correlacionam o descarte de medicamentos a inúmeros impactos ambientais; *iv)* estudos que evidenciam o mau hábito e uma cultura de auto medicação e descarte inapropriado por parte da população e; *v)* a falta ou precariedade tanto de políticas públicas, quanto de fiscalização por parte dos órgãos regulamentadores.

A fim de se efetuar uma busca por artigos recentes, significativos e que atendessem o objetivo do presente trabalho de revisão, utilizou-se quatro descritores. O primeiro “Descarte incorreto de medicamentos no Brasil” que se constituiu em um descritor mais amplo, com a finalidade de se obter trabalhos que apresentassem uma discussão mais ampla. O segundo descritor “descarte inadequado de medicamentos e implicações ambientais” direcionou a busca por trabalhos que objetivaram estabelecer a relação entre a disposição final inadequada e os inúmeros problemas ambientais decorrentes desta prática que é realizada pelos diferentes segmentos da sociedade. O terceiro “Política Nacional de Resíduos Sólidos e o descarte de medicamentos” que pretendeu avaliar a influência desta legislação em função da inadequada prática de descarte de medicamentos”. Por último “Gerenciamento de descarte de medicamentos e a política de logística reversa” no qual se pretendeu avaliar o quanto os estabelecimentos de venda (farmácias e drogarias), quanto as fabricantes estão interessados em aplicar esta política com vistas a cumprir a legislação vigente sobre resíduos sólidos. Diante disso, o trabalho foi estruturado na análise, apresentação e discussão dos principais resultados.

3 | DESENVOLVIMENTO

Neste tópico serão apresentados e discutidos os principais resultados em relação ao estado da arte para os seguintes temas: *i)* logística reversa aplicada a medicamentos; *ii)* formas inadequadas de descarte em diferentes municípios brasileiros e; *iii)* impactos ambientais provenientes pelo descarte inadequado de resíduos de medicamentos.

3.1 Logística reversa aplicada a medicamentos

O saneamento básico no Brasil ainda não é visto como política pública que visa garantir o bem estar social e o equilíbrio do meio ambiente. A grande maioria dos municípios brasileiros apresenta inúmeras dificuldades em relação à coleta, tratamento e destinação final de todo tipo de resíduo e o tratamento de água e esgoto (SANTOS; van ELK, 2021; SOUZA et al., 2021). Em função do enorme impacto a saúde e bem estar da sociedade e do meio ambiente ao se destinar incorretamente resíduos de medicamentos, o Ministério da Saúde e do Meio Ambiente com fundamento no parágrafo 1º do artigo 33 da Lei 12.305/2010 que estabelece a implementação da logística reversa de medicamentos

descartados pelos consumidores de forma incorreta e mediante a pouca ou ausência de pontos de recolhimentos em estabelecimentos da área de saúde e nas farmácias/drogarias (BRASIL, 2010; LUNA; VIANA, 2021) e o Decreto nº 10.388, de 5 de junho de 2020 que estabelece a implementação da logística reversa de medicamentos descartados pelos consumidores de forma incorreta e mediante a pouca ou ausência de pontos de recolhimentos em estabelecimentos da área de saúde e nas farmácias/drogarias (BRASIL, 2020).

Este Decreto representa um marco em termos de responsabilizar e dividir responsabilidades com as indústrias farmacêuticas, farmácias/drogarias e os consumidores que passam a ter a opção de descartar medicamentos em desuso, reduzindo o lançamento no ambiente que possibilita reduzir o enorme potencial de contaminação do solo, recursos hídricos, ecossistemas e os organismos vivos (BARCELLOS et al., 2020; LUNA; VIANA, 2021). A logística reversa para medicamentos pode ser ilustrada pela Figura 1 abaixo.

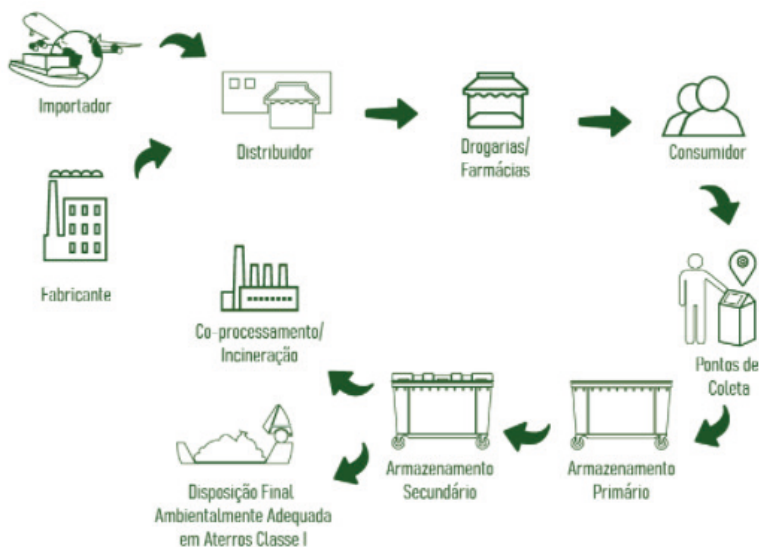


Figura 1: Esquema do ciclo da logística reversa para medicamentos

Fonte: Acervo dos autores (2021)

A adoção da prática da logística reversa combinado com uma forte política pública voltada para educação e conscientização de toda a sociedade, poderá em futuro bem próximo evitar práticas inadequadas de descarte de medicamentos em diferentes municípios presentes nos diferentes estados federativos do país, conforme será apresentado e discutido no próximo tópico.

3.2 Formas inadequadas de descarte em diferentes municípios brasileiros

A facilidade para ter acesso a um grande variedade de medicamentos que dispensam a apresentação e/ou retenção do receituário médico associado a cultura da automedicação, acaba gerando um problema ainda maior que vai além dos riscos associados a esta prática e passa a ser um problema para toda a sociedade e o meio ambiente a qualidade e bem estar destes, uma vez que o descarte incorreto e/ou inadequado pode provocar danos a saúde pública e ao ambiente (BLANKENSTEIN; JUNIOR, 2018; CARVALHO et al., 2021; PAULA; CAMPOS; SOUZA, 2021). Entretanto, a falta de políticas públicas voltadas para promover a conscientização através de um programa de educação ambiental que leve as pessoas a entenderem que a prática de descarte incorreto de medicação gera danos para si e toda a sua família, a sociedade e manutenção de qualidade de vida essencial a sobrevivência das gerações vindouras (BANDEIRA et al., 2019; CARVALHO et al., 2021; MENDES et al., 2021; WALKER et al., 2020).

Em função desta prática, inúmeros estudos (DOMBROVSKI et al., 2021; MORRETO, 2020; SILVA et al., 2020) vem sendo realizados em diferentes municípios e estados brasileiros, que demonstram a urgência da necessidade de políticas públicas tanto para infraestrutura de saneamento básico, quanto para a mudança de uma cultura no qual o ser humano se enxerga superior a natureza e não como simplesmente uma ínfima parte dela. Vários estudos serão apresentados e discutidos a seguir.

Linhares, Carvalho e Frias (2020) avaliaram o nível de conhecimento da população do município de Santa Rita do Araguaia/GO em relação ao descarte de medicamentos. Foram entrevistados 105 pessoas e que 80% destas só utilizam medicamentos prescritos em receituários médicos. Entretanto, 91% dos entrevistados descartam os medicamentos vencidos de forma inadequada, sendo que 63% os descartam no lixo comum e 16% nas pias que chegam ao esgoto doméstico. Do total de participantes, 77% relataram nunca ter recebido em relação ao descarte correto de medicamentos, destacando a ausência de programas educativos.

Morreto e colaboradores (2020) entrevistaram 490 pessoas que trabalhavam em 94 estabelecimentos farmacêuticos na região metropolitana de São Paulo/SP. Os resultados mostraram que 55% dos entrevistados não possuíam o conhecimento sobre o descarte correto; 73% dos estabelecimentos não realizam a coleta de medicamentos em função do alto custo envolvido na logística reversa.

Azevedo e colaboradores (2021) analisaram o grau de conhecimento em relação aos riscos associados ao descarte domiciliar de medicamentos na cidade de Belém/PA. Os resultados demonstraram que 98% das pessoas entrevistadas possuem medicamentos em suas residências e que 83% destas desconhecem os riscos relacionados ao descarte inadequado e incorreto.

Dombrovski e colaboradores (2021) entrevistaram 120 pessoas, na cidade de

Jaraguá do Sul/SC, em relação ao consumo, armazenamento e descarte mais adequado. Os resultados evidenciaram que 92% dos entrevistados realizam a automedicação, 65% nunca receberam orientações em relação ao descarte mais adequado de medicamentos vencidos ou em desuso e 58% realizam o descarte de forma inadequada.

Estes trabalhos apresentados e discutidos se constituem em uma parcela mínima de estudos existentes dentro do cenário brasileiro e que a falta de conhecimento sobre o descarte adequado de medicamentos, podem levar a inúmeros impactos ambientais, conforme será apresentado e discutido no próximo tópico.

3.3 Impactos ambientais provenientes do descarte inadequado de resíduos de medicamentos

A presença de resíduos de medicamentos no ambiente é resultante das quantidades produzidas e usadas de forma intensiva e/ou extensiva no tratamento de doenças em humanos e animais (GOGOI et al., 2018; NADAIS et al., 2018; RODRIGUES et al., 2020). Na composição dos medicamentos, encontram-se os princípios ativos que atuam de forma terapêutica e são denominados de fármacos. Estas substâncias possuem algumas propriedades intrínsecas, tais como: lipofilicidade, baixa volatilidade e biodegradabilidade que favorecem a bioacumulação destes no ambiente (GOGOI et al., 2018; NADAIS et al., 2018). Além disso, a maior parte dos fármacos e seus metabolitos são excretados de forma inalterada (50 a 90% do princípio ativo), permanecendo no ambiente no solo e nos recursos hídricos (PANIAGUA et al., 2020; SOUSA et al., 2020; STARLING et al., 2019).

Os resíduos farmacêuticos chegam aos compartimentos aquáticos por diferentes vias: (i) excreção humana e animal; (ii) descarte doméstico de medicamentos não utilizados ou vencidos no lixo, na pia ou em vaso sanitário; (iii) mistura de efluentes hospitalares, industriais, lixiviados de aterros sanitários a rede de esgoto residencial; (iv) contaminação do solo, pela aplicação de lodos provenientes de estação de tratamento de esgoto – ETE a campos agrícolas, com posterior escoamento para águas superficiais e (v) utilização de esterco como fertilizante e aditivos na alimentação de peixes, introduzindo fármacos de uso veterinário nos ambientes aquáticos (GOGOI et al., 2018; NADAIS et al., 2018; STARLING et al., 2019; VIEIRA, 2021), podendo ser resumidas e apresentadas pelo esquema da Figura 2.

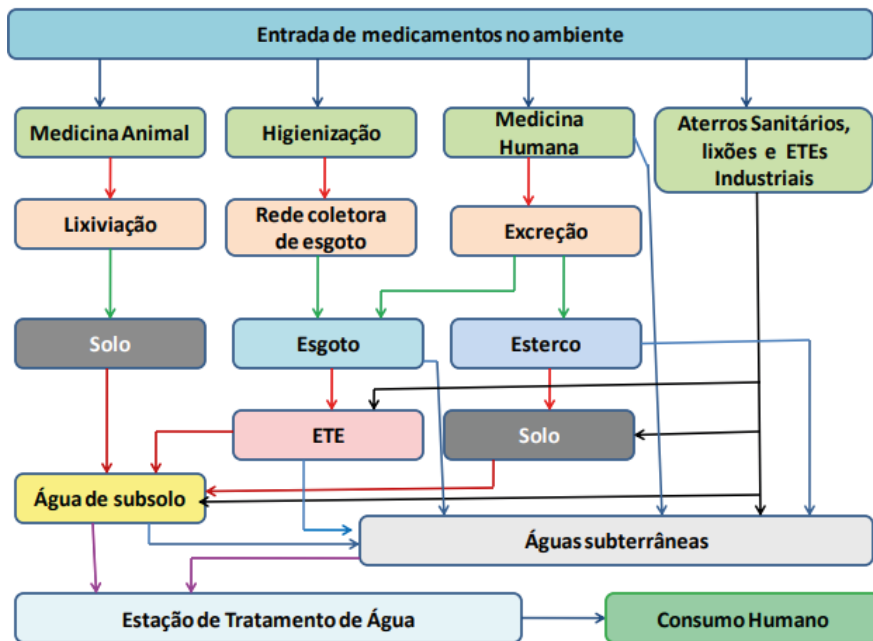


Figura 2 - Rotas de entrada de resíduos de medicamento no ambiente

Fonte: Os autores (2021).

Embora presentes em baixas concentrações, os fármacos têm apresentado o desencadeamento de efeitos colaterais oriundos da exposição de certos organismos a determinadas substâncias, tais como: toxicidade aquática aguda, genotoxicidade, perturbação endócrina em animais selvagens, seleção de bactérias multirresistentes, feminização de peixes masculinos, além daqueles especialmente relacionados a humanos, como aumento da incidência de câncer de mama, testicular e próstata, redução da contagem de espermatozoides, infertilidade, abortos espontâneos, distúrbios metabólicos, incidência de tumores malignos, endometriose e os riscos associados a resistência de bactérias a antibióticos (PANIAGUA et al., 2020; RODRIGUES et al., 2020; STARLING et al., 2019; VIEIRA, 2021).

4 | CONCLUSÕES

Este trabalho possibilitou evidenciar a falta de políticas públicas voltadas a oferecer uma conscientização e educação ambiental tanto no âmbito escolar, quanto fora deste. A falta de recursos orçamentários com o intuito de melhorar toda a infra-estrutura e serviços de saneamento básico é urgente e necessária, que deve partir da instância federal para estados e municípios, uma vez que este último representa o contexto social na qual a sociedade esta inserida e necessita dos serviços que grande parte dos municípios

brasileiros não possuem recursos financeiros para a implementação.

A existência de legislação e decretos que promulgam a obrigatoriedade da realização de logística reversa pela sociedade, estabelecimento comerciais de medicamentos e a indústria farmacêutica nacional, não traz e nem trará o efeito desejado se o governo federal não incentivar tal política e investir recursos financeiros na infra-estrutura necessária para implementar um programa de logística reversa em todo o território nacional.

Diante disso, cabe aos representantes políticos em especial do poder legislativo e executivo colocar em pauta e prioridade a criação de políticas públicas voltadas para a educação ambiental, melhorar os serviços de saneamento e se co-responsabilizar pela implantação de um programa de logística reversa onde: sociedade, estabelecimentos comerciais, indústria farmacêutica e governo se co-responsabilizem pela melhoria e qualidade do ambiente resguardando o direito das gerações vindouras usufruírem de um ambiente ecologicamente saudável e ambientalmente seguro para a manutenção e a sobrevivência da espécie humana, dos diferentes ecossistemas e seus organismos vivos.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, F. T. et al. Descarte domiciliar de medicamentos: uma análise da prática na região metropolitana de Belém/Pará. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v.57, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.25248/reas.e3809.2020>

BANDEIRA, E. O. et al. Descarte de medicamentos: uma questão socioambiental e de saúde. **Revista Fundamental Care Online**, v. 11, n.1, p. 1-10, 2019. <http://dx.doi.org/10.9789/2175-5361.2019.v11i1.1-10>

BARCELLOS, D. S. et al. Logística Reversa de medicamentos em desuso: Avaliação da situação da bacia hidrográfica do Rio Belém, na Região Sul do Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v. 13, n.3, p. 762-772, 2020. <https://doi.org/10.25248/reas.e3809.2020>

BLANKENSTEIN, G. M. P.; JUNIOR, A. P. O descarte de medicamentos e a Política Nacional de Resíduos Sólidos: Uma motivação para a revisão das normas sanitárias. **Revista Direito Sanitário**, v. 19, n.1, p. 50-74, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9044.v19i1p50-74>

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

BRASIL. Decreto nº10.388, de 5 de junho de 2020. Institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 de junho de 2020. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.388-de-5-de-junho-de-2020-260391756>

BUCCI, F. R. et al. Avaliação do conhecimento dos profissionais e estudantes de saúde sobre descarte adequado de medicamentos. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n.3, p.1-8, 2021. <https://doi.org/10.25248/REAS.e6451.2021>

CAMPOS, Y. F. A. et al. Impactos do descarte de medicamentos: olhares sobre o meio ambiente e a saúde. **Revista Interdisciplinar em Saúde**, v.7, n.1, p. 2118-2134, 2020. <https://doi.org/10.35621/23587490.v7.n1.p2118-2134>

CARVALHO, E. A. R. et al. Descarte de resíduos de medicamentos: consciência ambiental na cidade de Catalão/GO. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.2, p. 12704-12714, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-066>

DOMBROVSKI, L. et al. Avaliação do perfil de consumo, armazenamento e descarte de medicamentos por indivíduos que frequentam farmácias privadas em Jaraguá do Sul – SC. **Research, Society and Development**, v. 10, n.9, p. 1-11, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i9.17917>

FERNANDES, M. R. et al. Armazenamento e descarte dos medicamentos vencidos em farmácias caseiras: problemas emergentes para a saúde pública. **Einstein**, v.18, p. 1-6, 2020. <http://dx.doi.org/10.31744/einsteinjournal/2020AO5066>

GOGOI, A. et al., Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: A review. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 6, p.169-180, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.12.009>

LINHARES, E. O. S.; CARVALHO, P. F. G.; FRIAS, D. F. Nível de conhecimento da população de Santa Rita do Araguaia, GO, sobre o descarte de medicamentos e o impacto ambiental produzido. **Revista CEREUS**, v.12, n.4, p. 78-92, 2020. <http://dx.doi.org/10.18605/2175-7275/cereus.v12n4p78-92>

LUNA, R. A.; VIANA, F. L. E. O papel da Política Nacional dos Resíduos Sólidos na logística reversa em empresas farmacêuticas. **RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 40-56, 2019. <http://dx.doi.org/10.24857/rgsa.v13i1.1640>

MENDES, C. S. et al. Farmácia solidária como estratégia para evitar o desperdício de medicamentos. **Brazilian Journal of Health Review**, v.4, n.3, p. 11386-11399, 2021. <http://dx.doi.org/10.34119/bjhrv4n3-136>

MORRETTO, A. C. et al. Descarte de medicamentos: Como a falta de conhecimento da população pode afetar o meio ambiente. **Brazilian Journal of Natural Sciences**, v.3, n.3, p. 442-456, 2020. <https://doi.org/10.31415/bjns.v3i2.121>

NADAIS, H. et al. Bio-electro-Fenton process for the degradation of Non Steroidal Anti-inflammatory Drugs in wastewater. **Chemical Engineering Journal**, v. 338, p. 401-410, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.01.014>

PANIAGUA, C. E. S. et al. Matrix Effects on the Degradation of Gemfibrozil, Hydrochlorothiazide, and Naproxen by Heterogeneous Photocatalysis. **Journal Brazilian Chemical Society**, v. 31, n. 6, p. 1161-1169, 2020. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20200002>

PAULA, C. C. S.; CAMPOS, R. B. F.; SOUZA, M. C. R. F. Uso irracional de medicamentos: uma perspectiva cultural. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.3, p. 21660-21676, 2021. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n3-060>

ROCHA, A. et al. Evolução histórica do uso de medicamentos potencialmente inadequados: critérios de Beers em 10 anos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36178-36191, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-238>

RODRIGUES, I. C. G. et al. Contaminação ambiental decorrente do descarte de medicamentos: participação da sociedade nesse processo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 86701-86714, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-190>

SANTOS, J. E. S.; VAN ELK, A. G. H. P. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Breve Análise do Legado de uma Década. **Revista Internacional de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 229 – 242, 2021. <https://doi.org/10.12957/ric.2021.54052>

SILVA, K. R. et al. Materiais e Medicamentos com validade expirada, gerenciamento e desafios. **Revista de Enfermagem UFPE On line**, v. 15, p. 1-6, 2021. <https://doi.org/10.5205/1981-8963.2021.245045>

SOUZA, B. L. et al. Logística reversa de medicamentos no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.3, p. 21224-21234, 2021. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n3-029>

SOUSA, P. V. A. et al. Efeitos do descarte de medicamentos no meio ambiente. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p.1-11, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3868>

STARLING, M. C. V. M. et al. Occurrence, control and fate of contaminants of emerging concern in environmental compartments in Brazil. **Journal of Hazardous Materials**, v. 372, p. 17-36, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.04.043>

VIEIRA, F. M. Resíduos farmacêuticos: riscos ambientais do descarte inadequado de medicamentos. **Natural Resources**, v.11, n.1, p.74-81, 2021. <http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2021.001.0010>

WALKER, E. P. S. et al. Levantamento de medicamentos descartados pela população de Jaraguá do Sul e Corupá – SC por meio do programa Descarte Consciente. **Infarma Ciências Farmacêuticas**, v. 32, n.3, p. 262-270, 2020. <http://dx.doi.org/10.14450/2318-9312.v32.e3.a2020.pp262-270>

CAPÍTULO 4

ESTUDOS HIDROGEOAMBIENTAIS NUMA REGIÃO DO INTERIOR DE PORTUGAL PARA POTENCIALIZAR O NASCIMENTO DE UMAS NOVAS TERMAS

Data de aceite: 01/11/2021

André Manuel Machado Fonseca

Universidade da Beira Interior
Covilhã – Portugal

Luís Manuel Ferreira Gomes

Universidade da Beira Interior & GeoBioTec
(U.A. – Pólo da UBI)
Covilhã – Portugal

RESUMO: No presente trabalho há o objetivo de mostrar que há potencial para explorar água subterrânea especial, com características para vir a ser classificada como água mineral natural, para o termalismo, numa região do interior-norte de Portugal, região da Vila de Tabuaço. Assim, naquele sentido, após uma breve introdução sobre a importância do termalismo para o desenvolvimento económico local de regiões com baixa densidade populacional, apresentam-se os elementos geomorfológicos, geológicos e hidrogeoambientais daquela região. Com a noção de que são estudos iniciais, devendo os mesmos ser encarados como uma contribuição, salienta-se que, como resultados globais, a região em estudo apresenta dois setores com potencial a explorar água subterrânea do tipo sulfúrea: o setor da Ponte do Fumo e o setor de São Torcato. Por fim, apresentam-se algumas notas finais, no sentido de enfatizar a possibilidade de harmonizar os potenciais novos equipamentos para termalismo, com o potencial turístico da região que é património mundial da UNESCO, o Alto Douro Vinhateiro.

PALAVRAS-CHAVE: água subterrânea, água sulfúrea, termalismo, Tabuaço.

HYDRO-GEOENVIRONMENTAL STUDIES
IN A REGION OF THE INTERIOR OF
PORTUGAL TO POTENTIALIZE THE
BIRTH OF A NEW MEDICAL SPA

ABSTRACT: In the present work, the objective is to show that there is potential to explore special groundwater, with characteristics to be classified as natural mineral water, for thermalism, in a region of the interior-north of Portugal, region of the village of Tabuaço. So, in that sense, after a brief introduction on the importance of thermalism for the local economic development of regions with low population density, the geomorphological, geological and hydrogeo-environmental elements of that region are presented. With the notion that these works are initial studies, and should be seen as a contribution, it is emphasized that, as a global result, the region under study presents two sectors with potential to exploit groundwater of the sulphureous type: the Ponte do Fumo sector and the São Torcato sector. Finally, some final notes are presented, in order to emphasize the possibility of harmonizing the potential new equipment for thermalism, with the tourist potential of the region that is a UNESCO World Heritage Site, the Alto Douro wine region.

KEYWORDS: groundwater, sulphurous water, thermalism, Tabuaço.

1 | INTRODUÇÃO

Portugal é um país com uma área territorial continental muito pequena, de tal modo

que para um cidadão europeu comum, do centro e norte da Europa, em termos correntes, sente que, qualquer lugar de Portugal é considerado próximo do litoral. A realidade não é essa, pois tem havido uma tendência das pessoas se deslocarem para as zonas mesmo muito próximas do mar, e as regiões do interior, têm perdido sucessivamente população, e consequentemente esse despovoamento, tem levado ao abandono de terrenos, e com as mudanças climáticas associadas, têm ocorrido muitos incêndios com consequências cada vez mais catastróficas, numa tendência até, de uma desertificação acelerada. É necessário, dentro do possível, travar tal tendência e até invertê-la. Um dos caminhos possíveis, é criar condições especiais com muita qualidade no interior do país, e em particular onde existam recursos hídricos subterrâneos especiais que possibilitem construir novos equipamentos ligados ao termalismo de saúde e bem-estar, no sentido de, se os mesmos tiverem a qualidade de excelência, com as condições que atualmente há, de facilidade extrema na divulgação e promoção desses espaços, podem esses locais atrair turistas exteriores a essa região, criando dinâmicas de retoma do povoamento, com consequências no sentido de territórios mais equilibrados e economicamente viáveis. Um excelente exemplo em Portugal, é São Pedro do Sul, que atualmente é uma pequena cidade do interior do país, com apenas 3600 habitantes (Wikipedia, 2021a), que, com as suas Termas (TSPS, 2021), já em 2001 a atingir cerca de 25 000 termalistas clássicos (Ferreira Gomes, 2019), sendo de realçar que um termalista clássico está cerca de 15 dias nas Termas, e além de banhos e tratamentos termais, dorme, come, passeia pela região, de entre outros, incrementando os serviços locais e naturalmente a economia local. Naquela época, e ainda hoje, os termalistas daquelas termas, são essencialmente de fora da região, e em especial das maiores cidades portuguesas, nomeadamente de Lisboa, além de se notar já uma procura das mesmas por utentes/turistas estrangeiros. Ora, em termos de futuro, o crescimento em grande ritmo adivinha-se, não só pelas novas capacidades de promoção que em especial a internet e todos os meios de comunicação nos possibilitam, como também pelas capacidades de, em termos político-administrativos, ser possível protocolar com entidades de turismo, sociais, de saúde, de entre muitas outras, permitindo de um modo organizado e sistematizado trazer pessoas de qualquer parte do mundo para esses locais.

Tabuaço é uma vila portuguesa no distrito de Viseu, Região do Norte e sub-região do Douro, localizada no interior de Portugal (Fig.1), com cerca de apenas 1700 habitantes. Tabuaço é a sede do município, com 133,86 km² de área, e 6350 habitantes (registos de 2011) nas suas 13 freguesias (Wikipédia, 2021b).



Figura 1. Enquadramento geográfico da zona de estudo: região da Vila de Tabuaço - Norte de Portugal (a partir de Google Earth, 2021).

O presente artigo, baseia-se no trabalho de Machado Fonseca (2021) que genericamente foi realizado, em termos metodológicos, em três principais partes: i) pesquisas bibliográficas; ii) trabalhos de campo; e iii) estudos de laboratório e gabinete. Dos trabalhos sobre pesquisas bibliográficas, salienta-se a existência do estudo de Almeida e Almeida (1970) que deixou logo em aberto o excelente potencial para a zona de estudo, pois aqueles autores inventariaram um bom conjunto de pontos de água com interesse a captar águas especiais para engarrafamento e/ou termalismo, como se observa na Figura 2. Entretanto, os estudos de campo atuais, vieram a evidenciar duas zonas principais com maior potencial, para alavancar futuras explorações ligadas ao termalismo: o Setor da Ponte do Fumo e o Setor de São Torcato, ambos com potencial de explorar águas sulfúreas. Salienta-se que muitos daqueles pontos, inventariados por Almeida e Almeida (1970), nomeadamente os de águas hipossalinas, não são atualmente identificáveis no terreno, em alguns casos, por ter havido a destruição dos mesmos, devido a obras de movimentação de terras, ou em outras situações, provavelmente pelo seu caudal de ressurgência ter-se anulado devido às mudanças climáticas que têm ocorrido na região, pois tem havido uma tendência global de menor precipitação e maior temperatura ambiental.

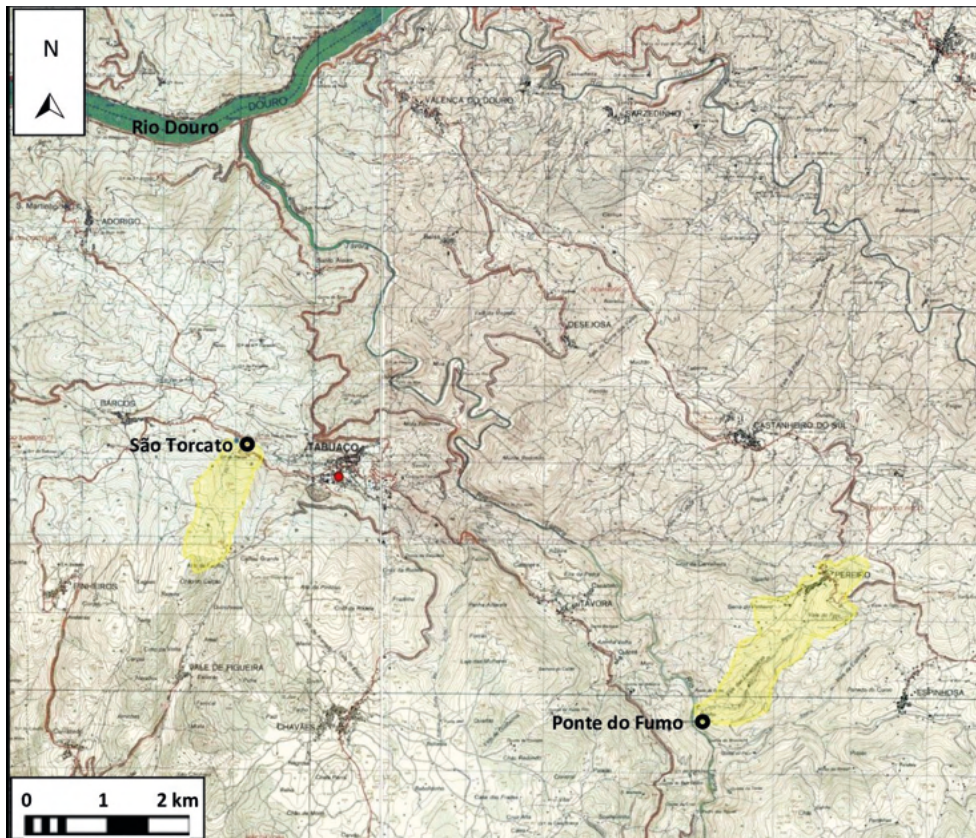


Figura 3. Implantação dos locais de ressurgências em estudo e respetiva sub-bacia topográfica associada, dos dois setores de trabalho: Ponte do Fumo e São Torcato (Excertos das cartas militares de Portugal, Folhas à escala 1/25000: 127, 128, 138 e 139, IGE, 1993).

Sob o ponto de vista geológico, desde já se salienta, que de acordo com o que é comum, as nascentes com potencial a serem classificadas como águas minerais naturais, são essencialmente uma consequência da geologia regional e em particular das grandes fraturas ou falhas que atravessam uma região.

No sentido de apresentar o enquadramento geológico da zona em estudo, apresenta-se na Figura 4 o mapa geológico regional, com a implantação das sub-bacias topográficas dos setores em estudo, além de, no mesmo, se registarem também vários pontos de água clássicos e referenciados na literatura como águas com características especiais que atualmente apresentam a classificação como águas minerais naturais (Carlão, São Lourenço, Moledo, Aregos, Longroiva, Carvalhal e Cavaca). Salienta-se que, genericamente, aquelas águas já classificadas como minerais, afloram em unidades graníticas, e em alguns casos na proximidade de contacto com rochas xistentas, e com tendência de estarem com relativa proximidade de grandes falhas geológicas.

Após a observação da carta geológica, conclui-se que a bacia hidrográfica de São

Torcato, encontra-se assente em granitóides, essencialmente Hercínicos e pré-Hercínicos. Já no caso da bacia hidrográfica da Ponte de Fumo, corresponde na totalidade a rochas xistentas do Complexo Xisto-grauváquico, do Câmbrico.

3 | ELEMENTOS HIDROGEOAMBIENTAIS

No sentido de perseguir o objetivo principal do presente estudo, que é procurar áreas ou locais que ofereçam garantias de explorar um recurso que tenha qualidade e ainda que tenha quantidade adequada e duradoura, ou potencial naqueles sentidos (qualidade e quantidade), de modo a levar a umas termas, e de as tornar economicamente viáveis, ao longo de tempo, o estudo levou, como já se referiu, ao foco em dois setores: o setor da Ponte do Fumo e o setor de São Torcato. A razão principal desta situação, prendeu-se com o facto daquelas zonas terem potencial para captar água subterrânea do tipo sulfúrea, que são um tipo de água com “provas dadas”, no sentido de haver várias termas em laboração ao longo de muito tempo, e por serem águas que ressurgem a partir de sistemas aquíferos associados a rochas graníticas relativamente profundos, com potencial de serem estáveis na qualidade ao longo do tempo e até de possuírem temperaturas elevadas. Este tipo de sistemas aquíferos, não tem uma vulnerabilidade de significado às oscilações climáticas anuais, o que não acontece com a quase generalidade das águas hipossalinas, nomeadamente as inventariadas por Almeida e Almeida em 1970, apresentadas na Figura 2.

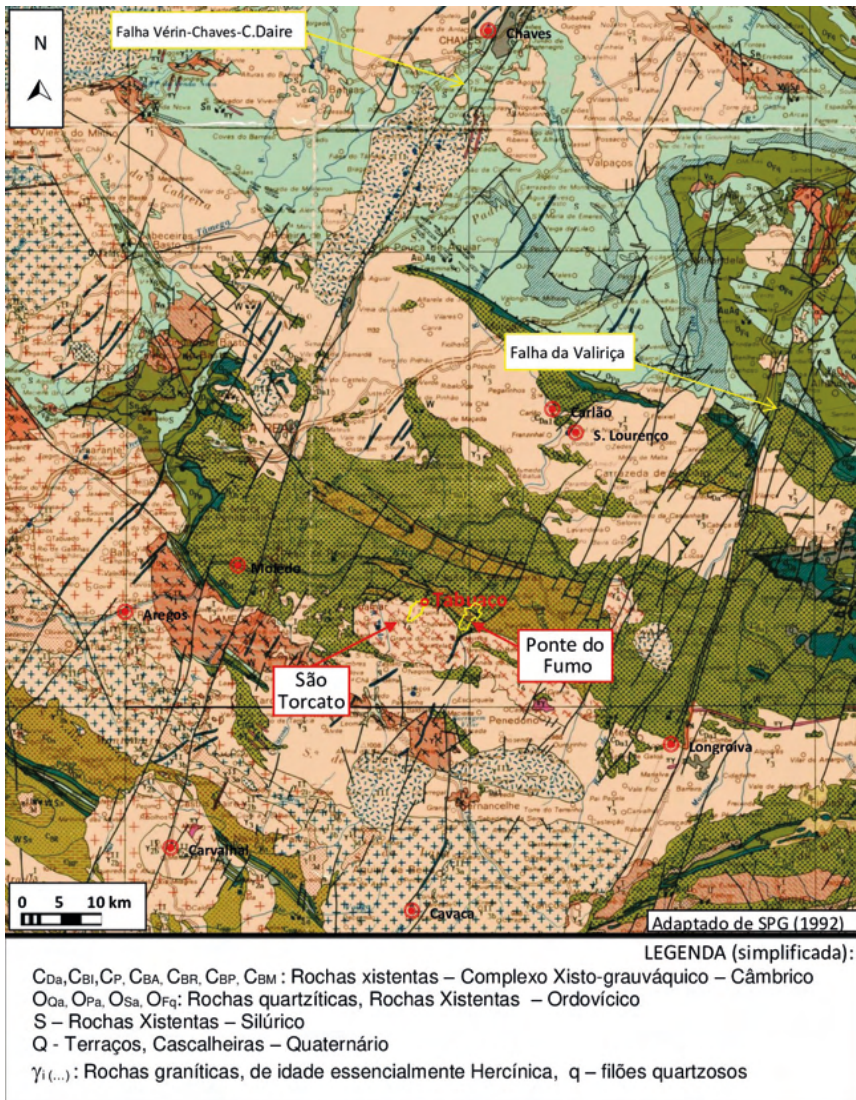


Figura 4. Enquadramento geológico regional da zona de estudo (a partir de SGP,1992)

Assim, realizaram-se estudos de campo, inventariando os principais pontos de água na sub-bacia de cada setor, registando a sua litologia, e medindo nas principais ressurgências, os parâmetros físico-químicos *in situ*: pH, Temperatura (T), condutividade (C), Potencial Redox (Eh) e Total de Sólidos Dissolvidos (TDS).

Sob o ponto de vista de sistemas hidrogeológicos, em termos locais, identificaram-se as seguintes unidades hidrogeológicas:

Unidade 1: Depósitos de cobertura, constituídos essencialmente por aluviões e depósitos de vertente, com espessura geralmente entre 0.5 e 3 m, e constituindo um

Aquífero Livre, do tipo intersticial geralmente com permeabilidade alta.

Unidade 2: Granitóides superficiais, com vários tipos de granitos; constitui um Aquífero Livre, do tipo fissural, nos primeiros cerca de 50 m e por vezes até maior profundidade, até cerca de 100m, com maior produção nas zonas de menores cotas da área de estudo; a permeabilidade é geralmente baixa, podendo ser alta em zonas de fraturas e em particular quando preenchidas com filões quartzosos.

Unidade 3: Granitóides profundos, com vários tipos de granitos; constituem, só localmente em algumas zonas, sistemas aquíferos geralmente do tipo confinado a semi-confinado, do tipo fissural, geralmente abaixo dos 100 m de profundidade, e em particular quando a jusante ocorrem rochas xistentas; a permeabilidade é geralmente baixa, podendo ser alta em zonas de fraturas e em particular quando preenchidas com filões muito extensos; a recarga destes sistemas aquíferos é em zonas distantes da zona de descarga, e em áreas exteriores ao limite da sub-bacia onde ocorrem as principais ressurgências; os registos dos parâmetros físico-químicos apresentados na Tabela 1, têm origem nestes sistemas aquíferos.

Unidade 4: Rochas xistentas do Complexo Xisto-Grauváquico, de permeabilidade do tipo fissural, geralmente muito reduzida, podendo atingir espessuras muito elevadas. Nas zonas de estudo, não se verificou serem produtivas.

Sob o ponto de vista da qualidade enfatiza-se que os sistemas aquíferos superficiais do tipo livre, segundo os registos obtidos em vários pontos de água, apresentam **água** de muito baixa mineralização, sendo os parâmetros obtidos, de acordo com o seguinte:

- Total de Sólidos Dissolvidos (TDS): 28,0 a 39,5 mg/L,
- Condutividade (C) = 30,5 a 42,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- pH = 5,05 a 6,03,
- Eh = 20,1 a 70,9 mV,
- Temperatura (T) = 11,2 a 13,3 °C.

As águas dos aquíferos livres em estudo, sendo eventualmente importantes, para agricultura local, e até para abastecimento de populações, mas sob o ponto de vista de serem usadas em termalismo, não têm qualquer interesse.

Em relação aos sistemas aquíferos dos Granitóides profundos, estes são pouco frequentes e resultam de situações geológicas singulares. Têm tendência a ocorrer nas zonas de menor altitude das áreas em estudo e nas proximidades do contacto com a unidade de rochas xistentas, com estas últimas a jusante, facilitando a acumulação de água subterrânea, por serem de menor permeabilidade do que as rochas graníticas. Por sua vez, a ocorrência de fraturas extensas e/ou filões com raiz profunda, favorece a ressurgência à superfície topográfica de águas destes sistemas aquíferos.

De todos os pontos de água estudados, a ressurgência de maior singularidade,

e claramente de interesse ao termalismo para a região de Tabuaço, foi a nascente da Ponte do Fumo, por apresentar características similares ao que é comum nas águas sulfúreas, nomeadamente, evidenciado pelo facto da sua ressurgência se associar um creme esbranquiçado (Fig.5), com cheiro intenso a sulfídrico, como é típico deste grupo de águas. Na Tabela 1 apresentam-se os parâmetros físico-químicos de campo registados na água desta nascente. Salienta-se que pelos seus valores de condutividade e de TDS, muito superiores ao que é comum nas águas dos sistemas aquíferos livres da zona em estudo, há claramente uma evidência de ser uma água particular. Por outro lado, o baixíssimo valor de eH, sendo negativo, orienta que esta água tenha uma origem muito profunda e com um percurso muito extenso, evidenciando ser oriunda de um meio muito redutor, claramente diferente das águas dos aquíferos livres que apresentam valores de eH positivos típicos de meios com oxigénio.

No Setor de São Torcato, de todos os estudos de campo realizados, considerou-se o Furo F3_{QP} com 190m de profundidade, na Quinta do Plácido, como o mais singular, pelos resultados registados na sua água. Os registos obtidos apresentam-se na Tabela 1, sendo de referir que se entende ser uma água de mistura do aquífero superficial do tipo hipossalina das rochas graníticas, com água sulfúrea do aquífero profundo. É de referir que além de apresentar um cheiro ligeiro a sulfídrico, também apresenta um eH negativo, portanto orientando para a associação a uma água de origem muito profunda.

Setor	Designação	Tipo	T (C)	C (μ S/cm)	pH	Eh (mV)	TDS (mg/L)
Ponte de Fumo	N _{PF}	Presa	15,0	743,5	7,36	-149,6	669,5
São Torcato	F3 _{QP}	Furo, com prof.de 190m	17,7	107,3	6,41	-3,1	98,8

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos *in situ* dos pontos de água principais registados nos setores em estudo, para a região de (Tabuaço).



Figura 5. Fotografias do local onde foi recolhida a amostra de água subterrânea associada à biogeleia típica (creme esbranquiçado) de águas sulfúreas, da nascente da Ponte do Fumo.

A água da Ponte do Fumo foi já estudada por Almeida e Almeida (1970), apresentando-se os resultados obtidos na Tabela 2, tendo a mesma água, já na época, sido classificada por água sulfúrea-sódica e alcalina- sódica, hipotermal. Esta ressurgência, apesar de ocorrer num local que à superfície é de rochas xistentas, e numa sub-bacia de apenas rochas da mesma unidade (Fig.4), apresenta características do que é comum de águas subterrâneas de sistemas aquíferos muito profundos de rochas graníticas. Calado (2001) atribuiu a água da Ponte do Fumo, a granitos alcalinos, sendo ainda de salientar que este mesmo autor, ao fazer estudos sobre a temperatura em profundidade de várias águas sulfúreas a partir de geotermómetros, apresenta a possibilidade da água da Ponte do Fumo, no reservatório, ter cerca de 60°C.

Para comparação com o quimismo de outras águas sulfúreas portuguesas já classificadas como minerais naturais para termalismo, apresentam-se na Tabela 2, os parâmetros físico-químicos principais de algumas águas sulfúreas de Portugal, publicados em documentos da instituição que supervisiona e tutela estes recursos (DGGM, 1992; IGM, 1999). A água da Ponte do Fumo, pelos resultados é a que apresenta menor mineralização, e a menor quantidade de sílica, no entanto, devido às características da atual captação, e

abandono, admite-se, tal como Almeida e Almeida (1970) admitiram, haver alguma mistura com águas da superfície.

Parâmetro	Ponte do Fumo (Almeida e Almeida, 1970)	S.P Sul Nasc. Tradicional 1989 (DGGM, 1992)	Aregos Furo AC1, 1989 (DGGM, 1992)	Moledo Furo AC1, 1988 (DGGM, 1992)	Carvalho Nascente n°1, 1986 (DGGM, 1992)	Carlão Nascente do Banho, 1988 (DGGM, 1992)	São Lourenço Furo AC1, 1998 (IGM, 1999)	Cavaca Fte dos Remédios, 1986 (DGGM, 1992)	Longroiva, Furo AC1A, 1999 (IGM, 1999)	
Temperatura - °C (na emergência)	15,0	67,0	61,8	45,4	23,0	28,9	30,0	27,9	44,2	
pH	7,43	8,90	9,20	9,4	9,30	8,20	8,01	8,30	8,88	
Condutividade (mScm ⁻¹)	n.d.	450	381	320	380	500	393	336	604	
Dureza (p.p. 10 ⁵ CaCO ₃)	4,8	0,80	0,70	0,65	0,60	1,17	1,6	1,58	0,70	
Alcalinidade (HCl 0,1N /L)	19,2	23,7	19,7	18,3	22,6	38,0	32,0	26,8	33,0	
Sulfuração total - I ₂ 0,01N (mL/L)	n.d.	23,1	22,1	17,9	24,9	19,5	2,0	n.d.	43,8	
CO ₂ (mg/L)	8,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	< 5	n.d.	2,55	
Silica (mg/L)	18,0	70,4	53,5	33,6	56,4	60,8	50,9	56,0	58,3	
Resíduo seco a 180°C (mg/L)	192,8	298,4	272,4	219,6	296,0	327,0	266,0	273,0	377,0	
Mineralização total (mg/L)	n.d.	341,1	313,3	247,2	336,4	433,5	360,0	360,0	441,0	
Catiões (mg/L)	Na ⁺	50,6	87,0	83,9	71,3	92,4	103,3	83,9	86,7	122,0
	Ca ²⁺	12,8	3,2	2,8	2,6	1,6	4,4	6,0	5,9	2,6
	K ⁺	-	3,5	2,1	1,13	2,4	3,8	2,8	2,7	4,6
	Mg ²⁺	3,9	0,02	0,02	< l.d.	0,5	0,13	0,29	0,46	< 0,05
	Li ⁺	-	0,55	0,21	0,2	0,38	0,47	0,43	0,40	0,70
	NH ₄ ⁺	-	0,25	0,18	0,24	0,15	0,93	0,49	< 0,10	0,50
	Fe ²⁺	0,06	0,06	0,011	0,087	0,006	0,165	-	0,025	-
Aniões (mg/L)	HCO ₃ ⁻	117,1	103,7	84,8	65,9	87,8	225,7	185	163,5	149,0
	Cl ⁻	14,9	28,8	29,8	21,3	28,4	12,8	13,1	21,0	44,4
	SO ₄ ²⁻	29,6	0,6	8,9	5,6	4,9	1,9	3,9	1,9	10,0
	F ⁻	2,8	17,1	19,2	16,8	21,4	16	12,7	15,0	23,1
	CO ₃ ²⁻	n.d.	8,6	6,0	9,9	10,5	n.d.	n.d.	2,4	6,9
	NO ₃ ⁻	3	< 0,34	< 0,34	< 0,34	< 0,34	< 0,34	0,35	< 0,34	< 0,34
	NO ₂ ⁻	n.d.	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02
	HS ⁻	0,54	3,0	3,4	2,9	3,8	3,2	n.d.	0,05	7,2
	H ₃ SiO ₄ ⁻	n.d.	n.d.	17,2	15,7	23,6	n.d.	n.d.	n.d.	12,4

n.d. – valor não determinado; l.d. – limite de deteção.

Tabela 2: Comparação do quimismo da água da Ponte do Fumo com outras águas sulfúreas já classificadas como minerais naturais para termalismo.

Salienta-se que todas as águas apresentadas na Tabela 2, correspondentes às já classificadas como minerais naturais, são designadas por sulfúreas, bicarbonatadas, sódicas e fluoretadas. Maioritariamente são aplicadas para doenças metabólico-endócrinas, doenças reumáticas e músculo-esqueléticas e ainda doenças do aparelho respiratório.

Em relação à água do Furo F3_{QP}, não se disponibiliza atualmente nenhuma análise físico-química detalhada, no entanto pelo enquadramento hidrogeológico, entende-se que deve ser realizado na área um furo de prospeção mecânica hidrogeológica, com acompanhamento detalhado de caudais e qualidade em perfuração, a obter em contínuo, até pelo menos 250m, pois, pelo conhecimento já adquirido, tudo indica que ao se isolarem os níveis mais superficiais, se obterá uma água subterrânea com qualidade e estabilidade, de modo a permitir que venha a ser, com grande probabilidade, classificada como mineral natural para termalismo. A zona da Quinta do Plácido, no setor do Polo de São Torcato, tem a particularidade de estar muito próxima da zona urbana de Tabuaço, além de ter já uma unidade hoteleira, que facilitaria o desenvolvimento em termos de turismo de saúde.

A zona da Nascente da Ponte do Fumo, também apresenta muito potencial à realização de um furo, com elevado potencial de permitir qualidade e quantidade adequada para levar o seu recurso à classificação como água mineral para termalismo. A zona da Ponte do Fumo, tem a particularidade interessante de se associar nas proximidades (Fig.6) a uma quinta especial, a Quinta do Convento de São Pedro das Águias (Kranemann, 2021), com uma história singular e excelente património, situação, que em harmonia com um projeto de umas termas especiais, poderão resultar num projeto de excelência com interesse mundial, no sentido de atrair turistas de saúde de qualquer parte do mundo.

4 | NOTAS FINAIS

O presente trabalho resultou de um estudo académico associado à dissertação de mestrado do primeiro autor (Machado Fonseca,2021) tendo de entre muitos outros aspetos, despertado o potencial da região de Tabuaço no sentido deste concelho evoluir para o setor do termalismo, como um caminho a trilhar no sentido do turismo de saúde e assim, contribuir para várias situações consequentes, nomeadamente melhorar a economia da região. Selecionaram-se duas áreas com muito interesse para a implantação de umas novas termas: o setor da Ponte do Fumo e o setor de São Torcato. Aqueles setores são importantes, não só pelo potencial em explorar o recurso, água subterrânea com potencial de ser legalizada como água mineral natural para termalismo, como também pelo potencial de património natural e arquitetónico local, sendo de salientar que se enquadram numa região que é património mundial da UNESCO (CCDRN, 2021), por ser o Alto Douro Vinhateiro, que enquadra a região demarcada de vinho, mais antiga do mundo.



Figura 6. Enquadramento da Nascente da Ponte do Fumo em relação à Quinta do Convento de São Pedro das Águias (Google Earth,2021).

Enfatiza-se que apesar de haver potencial à ocorrência de águas subterrâneas especiais, será necessário haver mais estudos, nomeadamente de índole hidrogeológica no sentido de clarificar o modelo geohidráulico de cada setor, para que, com o seu conhecimento detalhado, se quantifiquem as reservas do recurso disponíveis, bem como os locais exatos para realizar a captação de caráter definitivo (sondagem mecânica profunda), de modo a levar ao licenciamento da sua água como mineral termal e assim, resultar um ou dois novos complexos de termalismo. Aqueles novos equipamentos, entende-se que deverão, não só, ser adequados para o termalismo clássico de saúde, como também para o termalismo de bem-estar, com espaços aqua-lúdicos e de lazer, pois desse modo, facilmente complementam o potencial turístico da região em termos de todo o património disponível, desde o património paisagístico, ao património arquitetónico, ao ecoturismo, ao enoturismo, e ao turismo cultural, religioso, de entre outros.

REFERÊNCIAS

Almeida, J. D.; Almeida, A. **Inventário Hidrológico de Portugal - Trás-Os-Montes e Alto Douro**. Lisboa: Instituto de Hidrologia de Portugal, 1970. Vol. 2º Volume, 640p.

Calado, C.M.A. **A Ocorrência de Água Sulfúrea Alcalina no Maciço Hespérico: Quadro Hidrogeológico e Quimiogênese**. 2001. 461p. Tese de Doutoramento em Geologia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2001.

CCDRN - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento da Região Norte. **Alto Douro Vinhateiro**. Portal Diplomático, Comissão Nacional da UNESCO. Disponível em: <https://unescoportugal.mne.gov.pt/pt/temas/proteger-o-nosso-patrimonio-e-promover-a-criatividade/patrimonio-mundial-em-portugal/alto-douro-vinhateiro>, Acesso em 4 de nov. 2021.

DGGM - Direcção Geral de Geologia e Minas. **Termas e Águas Engarrafadas em Portugal**. Lisboa, 1992.

Ferreira Gomes, L.M. Termas de São Pedro do Sul: outros aproveitamentos da água termal que não terapêuticos. **Geonovas**, Vol.32, N°1, pp.3-21, 2019.

Google Earth; **Imagens de Google Earth Pro**, com pesquisa a partir de Tabuaço; Image Lansat/ Copernicus , Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, 2021.

IGE - Instituto Geográfico do Exército. **Carta Militar de Portugal**, Mapas à Escala 1/25000. Folhas nº 127, 128, 138 e 139, 1993.

IGM - Instituto Geológico e Mineiro. **Catálogo de Recursos Geotérmicos**. CD-Room.1999.

Kranemann, C.; **Quinta do Convento de São Pedro das Águias. Uma História fascinante que é Parte do Douro**. Disponível em: <https://www.kranemannestates.com/pt/historia>, Acesso em 4 de nov. 2021

Machado Fonseca, A. M. **Contribuição para o conhecimento dos recursos hidrominerais da região de Tabuaço**. 2021, 94p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Univ. da Beira Interior, Covilhã, 2021.

SGP - Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa. **Carta Geológica de Portugal**. Escala 1/500000, 1992.

TSPS - Termas de São Pedro do Sul. Disponível em: <https://termas-spsul.com/>, Acesso em 4 de nov. 2021.

Wikipedia. **São Pedro do Sul (Portugal)**. Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Pedro_do_Sul_\(Portugal\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A3o_Pedro_do_Sul_(Portugal)), Acesso em 23 de out. 2021, 2021a.

Wikipedia. **Tabuaço (Portugal)**. Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Tabua%C3%A7o>, Acesso em 24 de out. 2021, 2021b.

IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO – ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 01/11/2021

Eduardo Antonio Maia Lins

Universidade Católica de Pernambuco e
Instituto Federal de Pernambuco
Recife, Brasil

Juliana Viana Machado de Castro

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife, Brasil

Adriane Mendes Vieira Mota

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife, Brasil

Andréa Cristina Baltar Barros

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife, Brasil

Maria Clara Pestana Calsa

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife, Brasil

RESUMO: O uso da energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento da sociedade. Atividades simples tornam o dia-a-dia, até as atividades de grandes fontes de energia. No Brasil, a produção de energia elétrica ocorre quase que inteiramente por meio das usinas hidrelétricas que lideram o mercado de energia. Essa fonte de energia é limpa, mas a instalação de usinas é altamente impactante para a sociedade e o meio ambiente, pois ocorre na inundação de grandes áreas, ao contrário de energias menos impactantes como as marés e a solar. Este trabalho teve como estudo de caso a implantação de um sistema

fotovoltaico em um edifício comercial. O uso de energia alternativa e limpa no estabelecimento resultou em uma redução de aproximadamente 25% na conta mensal da distribuidora de energia elétrica no estado do Amazonas, projeto Eletrobrás - Amazonas Energia. modelo SMA, cabos elétricos, hardware e medidor do modelo Smart Grid. A duração da implantação da primeira etapa do projeto foi de 15 dias, e para a segunda etapa foi de 10 dias, trabalhando nas duas etapas, 4 pessoas. O investimento total para implantação do sistema foi de R \$ 75.437,05, e foi verificado que o prazo de amortização será de aproximadamente 4,6 anos. O uso da energia fotovoltaica, além dos benefícios ao meio ambiente por gerar energia de forma limpa, também agrega benefícios ao sistema elétrico por não necessitar de linhas de transmissão, uma vez que é amplamente utilizada no próprio ponto de consumo.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Alternativa, Sustentabilidade, Fontes de Energia, Energia Solar, Eficiência Energética

ABSTRACT: The use of electric energy is essential for the development of society. Simple activities make the day-to-day, even the activities of great sources of energy. In Brazil, the production of electric energy takes place almost entirely through the hydroelectric plants that lead the energy market. This source of energy is clean, but the installation of plants is highly impactful for society and the environment, as it occurs in the flooding of large areas, in contrast to less impacting energies such as tidal and solar. This work had as a case study the implantation of

a fotovoltaic system in a commercial building. The use of alternative and clean energy in the establishment resulted in a decrease of approximately 25% in the monthly bill of the electric energy distributor in the state of Amazonas, Eletrobrás - Amazonas Energia project. model SMA, electrical cables, hardware, and meter of the Smart Grid model. The duration of the implementation of the first stage of the project was 15 days, and for the second stage it was 10 days, working in both stages, 4 people. The total investment for the implementation of the system was R\$ 75,437.05, and it was verified that the amortization period will be approximately 4.6 years. The use of photovoltaic energy, in addition to the benefits to the environment by generating energy in a clean way, it also adds benefits to the electrical system by not requiring transmission lines, since it is widely used at the point of consumption itself.

KEYWORDS: Alternative energy, sustainability, energy sources, solar energy, energy efficiency.

INTRODUÇÃO

A utilização de energia elétrica é de extrema importância para que exista o desenvolvimento e o funcionamento da sociedade e economia. Atividades simples do dia-dia, como trabalhar, se alimentar e dormir necessitam de energia elétrica. No Brasil a produção de energia elétrica através das usinas hidrelétricas está em primeiro lugar (EPE, 2016), porém, a sua implantação é altamente impactante causando a destruição do ecossistema, afetando também a sociedade e a economia da população no entorno. Dutra et al. (2013), destacam também que a utilização de fontes não renováveis provoca preocupantes impactos ambientais que vêm sendo comprovados pelos cientistas e sentidos pelas populações mundiais.

A energia solar, dentre as fontes de energias renováveis, destaca-se por ser autônoma, por não poluir o meio ambiente, por ser uma fonte inesgotável, renovável, porque oferece grande confiabilidade e por reduzir custos de consumo no longo prazo (DUTRA et al., 2013). *É uma fonte de energia com grande potencial e que ainda pode ser muito explorada e aproveitada*, pela população e pelos governantes. Além disso, trata-se de uma fonte de energia com grande potencial de produção, que pode atender toda a necessidade de energia do Brasil. No interior do Estado do Amazonas, por exemplo, ainda existem 62 municípios, dos quais 59 deles utilizam geração térmica a partir do óleo Diesel para atender a população com energia elétrica, apresentando uma grande contradição quando se pensa na região como o “pulmão do mundo”.

O presente trabalho versa sobre os parâmetros de eficiência energética, e as principais fontes de energias renováveis e não renováveis. O estudo de caso mostra a implantação de um sistema fotovoltaico em um prédio comercial no município de Manaus-AM.

Metodología

Os dados apresentados neste trabalho foram coletados em um prédio comercial situado na Avenida Visconde de Porto Alegre, 1680, Praça 14, Manaus - AM, que foi alvo do nosso estudo de caso. O empreendimento, alvo deste estudo de caso, tem 600 m² de área construída, 3 pavimentos, e é ocupado por uma Empresa de que atua no ramo de Engenharia Civil e Elétrica, com montagens elétricas de baixa, média e alta tensão, e está no mercado a cerca de cinco anos, contando com 30 funcionários.

Para iniciar o projeto, inicialmente foi realizado um estudo da demanda de energia elétrica utilizada pelo prédio comercial, através das contas fornecidas pela distribuidora estatal Eletrobrás - Amazonas Energia. Após saber a demanda, foi pesquisada a quantidade de equipamentos elétricos que a empresa utiliza. Com todas as informações coletadas foi realizado um estudo de viabilidade de implantação de sistema fotovoltaico para alimentar a demanda de energia elétrica para o prédio. Os equipamentos utilizados no projeto de geração de energia elétrica através desta fonte renovável foram: painéis fotovoltaicos, inversor dos painéis, Cabos elétricos, ferragens, entre outros;

Para este projeto, foi escolhido o painel de 60 células policristalino. O equipamento possui garantia de 15 anos para 90% de potência nominal, e 25 anos mantendo 85% do desempenho inicial. A escolha por esse tipo de painel se deu por se tratar de uma tecnologia mais utilizada e por possuir um desempenho de eficiência energética bem próxima ao silício monocristalino (SAMPAIO, 2019).

O sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica foi dimensionado para que o empreendimento fosse abastecido de fonte alternativa 24h por dia, de modo que manteria a continuidade da atividade da empresa na falta de energia da concessionária. Tal sistema foi inicialmente composto por 40 placas fotovoltaicas, de 60 células, com capacidade máxima de geração de 245 Wp cada uma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Decorridos 20 dias do início de funcionamento da instalação, verificou-se que a instalação gerou 1.570,6 kWh. Considerando que o custo o kW/h em Manaus é atualmente R\$ 0,43, obtém-se o seguinte retorno do investimento:

$$R_i = 0,43 \times 1570,6 = \text{R\$ } 675,36 \text{ (Eq. 1)}$$

Projetando este valor para um ano de operação, tem-se:

$$\text{R\$ } 675,36 \dots\dots\dots 20 \text{ dias}$$

$$X \dots\dots\dots 365 \text{ dias}$$

$$X = \text{R\$ } 12.325,32$$

Este é o valor reduzido na conta de energia com a utilização do sistema fotovoltaico. O sistema custou para a empresa o valor de R\$ 41.107,25. Dividindo-se este total para valor de retorno anual (X) tem-se:

$$Z = 41.107,25/12.325,32$$

$$Z = 3,33 \text{ anos}$$

O tempo aproximado que a Empresa recupera o valor investido no sistema fotovoltaico é de 3,33 anos. Ressalta-se que na análise econômica, não foram contabilizados juros de capital e nem os aumentos previstos nas tarifas de energia para os próximos anos. Com certeza estas variáveis farão com que o retorno do valor investido seja amortizado em prazo bem menor. Após a amortização do investimento a planta de geração solar continuará funcionando por mais 25 anos sem necessidade de combustível, peças de reposição e mínima manutenção. A única manutenção preventiva exigida pela geração fotovoltaica é a limpeza periódica da superfície dos painéis. O investimento total de equipamentos fotovoltaicos foi de R\$ 75.437,05, incluindo as duas etapas do projeto. Calculando-se a energia produzida por cada módulo tem-se:

$$E_p = E_s \times A_m \times E_m \text{ (Eq. 2), onde:}$$

E_p = Energia produzida por cada módulo

E_s = Radiação diária em Wh/m²/dia = 4,44kW/m²

$$E_s = 4,44 \text{ kW/m}^2$$

A_m = Área da superfície do módulo em m². De acordo com o fabricante é de 1,63 m²

$$A_m = 1,63 \text{ m}^2$$

E_m = Eficiência do módulo

Calculando a eficiência do módulo obteve-se:

$$E_m = 245W / 1.000W / 1,63 = 0,1503 \text{ ou } 15,03\%$$

$$E_m = 0,1503$$

$$E_p = E_s \times A_m \times E_m \text{ (Eq. 4)}$$

$$E_p = 4,44 \times 1,63 \times 0,1503$$

$$E_p = 1,088 \text{ kWh por cada painel}$$

A geração de energia é influenciada pela temperatura e eficiência total definida nos itens abaixo. Todos os dados a seguir, são referidos pela CRESESB (2015).

$$\text{Temperatura} = 0,8758$$

$$\text{Inversor PV} = 0,98$$

$$\text{Queda de tensão barramento CC } 0,50\% = 0,995^*$$

$$\text{Queda de tensão barramento CA } 1\% = 0,99^*$$

$$\text{Eficiência total} = (0,8758 \times 0,98 \times 0,998 \times 0,99) = 0,85$$

Sendo assim: a energia gerada diariamente = Energia gerada por cada painel x eficiência total x quantidade de painéis (Eq. 3)

$$E_g = 1,088 \times 0,85 \times 80$$

$$E_g = 73,98 \text{ kWh}$$

No início da implantação do projeto, a energia elétrica em Manaus custava R\$ 0,43, porém, foi aprovado o aumento de 38,8% na tarifa, passando para R\$ 0,60 o kWh. Se a energia gerada diariamente é de 73,98 kWh, a energia gerada por mês será de:

Emês = 73,98 kWh x 30 dias

Emês = 2219,40 kWh por mês

Assim tem-se que:

- Valor mensal da energia gerada pelo sistema fotovoltaico: R\$ 2219,40 x R\$ 0,60
= R\$ 1.331,64

- Valor reduzido mensalmente na fatura da distribuidora de energia elétrica é de R\$ 1.331,64

Como o valor total de investimento foi de R\$ 75.437,05, e a redução mensal na fatura é de R\$ 1.331,64, o prazo de amortização será em média de:

$PA = R\$75.437,05 / R\$1.331,64$

PA = 56 meses

Conclui-se então que o prazo de amortização é de aproximadamente 4,6 anos. Porém, como supracitado. nos cálculos não foram considerados a capitalização do investimento, e nem os aumentos previstos nas tarifas de energia elétrica, que devem crescer em percentuais acima da inflação, fato este provocado pelos problemas que o setor elétrico vem enfrentando nos últimos anos. Logo, é provável que o retorno do investimento ocorra com o prazo bem menor.

Segundo Pinho & Galdino (2014), um sistema solar fotovoltaico para instalações em residências deve ser constituído de: módulos fotovoltaicos, banco de baterias, inversor para conversão de corrente, e outros equipamentos estruturais. Já no sistema fotovoltaico do prédio do estudo de caso desse trabalho, não houve a necessidade do uso de baterias. Moraes Jr. et al (2012) da Universidade Federal do Pará (UFPA) verificou que os índices de radiação solar em qualquer parte do território brasileiro, é maior do que em países como Alemanha, França e Espanha. Porém, a Europa vem liderando o mercado em relação à utilização da energia solar. Uma grande vantagem de utilização de energia fotovoltaica na região Amazônica, é a baixa variabilidade inter-sazonal, que é decorrente dos parâmetros climáticos da região.

CONCLUSÕES

A inserção da matriz fotovoltaica nas redes urbanas de energia elétrica, é certamente a melhor alternativa sob o ponto de vista ambiental e econômico, além de proporcionar um benefício adicional aos usuários do sistema elétrico por permitir que o sistema se torne menos dependente das usinas térmicas, diferentemente do que ocorre hoje.

Ao final desse estudo, pode-se observar que a implantação de um sistema fotovoltaico é extremamente viável no Brasil, já que existe uma taxa de radiação solar constante durante o ano inteiro, principalmente nas regiões norte e nordeste.

Um projeto de energia alternativa, principalmente de energia solar através de sistemas fotovoltaicos devem ser bem dimensionados, levando-se em conta não só a taxa

de incidência solar do local, mais a oferta e custo dos equipamentos, a energia demandada pelas atividades e equipamentos atuais do prédio e os de futura implantação.

Um sistema fotovoltaico exige manutenção mínima, a limpeza periódica dos módulos garante a eficiência dos equipamentos. A manutenção preventiva periódica do monitoramento da geração, garante perfeito funcionamento por 25 anos, perdendo apenas 15% da sua potência nominal.

Para fazer o cálculo de amortização de investimento foi utilizada a menor taxa de radiação solar na região de Manaus. Concluiu-se que o retorno será em média de 4,6 anos, porém, não foi contabilizado o aumento previsto na tarifa de energia elétrica para os próximos anos, uma vez que isto faria com que o retorno ocorra com o prazo menor do que o previsto.

REFERÊNCIAS

Dutra, J. C. D. N.; Boff, V. Â.; Silveira, J. S. T.; Ávila, L. V. Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia. Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD, v. 34, n. 124, p. 225-243, 2013.

EPE, E. d. P. E. (2016a). Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016: ano base 2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/117AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx>. Acesso em dezembro/2016.

Morais Jr, Hélio de Souza; Cavalcante, Renato Luz; Galhardo, Marcos André Barros; Macedo, Wilson Negrão; Aplicação de Energia Solar Fotovoltaica – Um Estudo de Caso na Região Amazônica, Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.1303 - 1309, 2012.

Pinho, João Tavares; Galdino, Marco Antonio; Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, Rio de Janeiro, 2014.

Sampaio, João Alves (in memoriam) Silício Grau Solar – Uma Revisão das Tecnologias de Produção / João Alves Sampaio (in memoriam) [et al.], Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2019. 101p.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS NA HIDROFÍSICA DA MORFOLOGIA QUANTITATIVA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Data de aceite: 01/11/2021

Lazaro Nonato Vasconcellos de Andrade

Universidade do Estado da Bahia
SALVADOR - BA

<http://lattes.cnpq.br/9463364315702669>

RESUMO: Análises quantitativas de elementos que caracterizam redes hidrográficas em geomorfologia foram estudadas a partir da avaliação das cartas topográficas na escala de 1:100.000 da Divisão do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro pela metodologia de análise proposta por Horton. As técnicas de sensoriamento remoto aplicadas no estudo de imagens de satélites, proporcionam métodos de associação para as componentes de contexto geoambiental e conclusões sobre medidas cartográficas possíveis de identificação da evolução do fluxo de sedimentos e suas consequências em relação aos aspectos morfodinâmicos da paisagem. Em última análise, para as bacias hidrográficas como elemento fundamental da análise hidrológica, os estudos dessa natureza estabelecem uma melhor compreensão de como fortes alterações proporcionadas por eventos extremos alteram a estrutura linear de rios, riachos, arroios e córregos e como esses processos de alteração morfoestrutural contribuem para a escassez/excesso de água das redes de drenagem. Assim, o trabalho estabelece a partir do uso da geomorfologia quantitativa proposta por Horton, em conjunto com as técnicas de análise espacial e temporal em sensoriamento

remoto, como os fenômenos hidrológicos no contexto geoambiental associados a eventos meteorológicos extremos podem refletir as mudanças climáticas e consequentes alterações são estabelecidas a partir do estudo associativo dos parâmetros hidrogeofísicos.

PALAVRAS-CHAVE: Análises de Horton; Sensoriamento remoto; Hidrologia; Meio ambiente.

CLIMATE CHANGE AND ITS EFFECTS ON THE HYDROPHYSICS OF QUANTITATIVE MORPHOLOGY IN WATERSHEDS

ABSTRACT: Quantitative analyzes of elements that characterize hydrographic networks in geomorphology were studied from the assessment of topographic maps at the 1:100,000 scale of the Geographical Service Division of the Brazilian Army using the analysis methodology proposed by Horton. The remote sensing techniques applied in the study of satellite images provide association methods for the geoenvironmental context components and conclusions about possible cartographic measures to identify the evolution of the sediment flow and its consequences concerning the morphodynamic aspects of the landscape. Ultimately, for hydrographic basins as a fundamental element of hydrological analysis, studies of this nature establish a better understanding of how strong changes brought about by extreme events alter the linear structure of rivers, streams, streams, and streams and how these processes of morphostructural change contribute to the scarcity/excess of water from the drainage networks. Thus, the work establishes,

from the use of quantitative geomorphology proposed by Horton, in conjunction with spatial and temporal analysis techniques in remote sensing, how hydrological phenomena in the geoenvironmental context associated with extreme weather events can reflect climate change and consequent changes are established from the associative study of hydrogeophysical parameters.

KEYWORDS: Horton analyses; Remote sensing; Hydrology; Environment.

1 | INTRODUÇÃO

A análise dos parâmetros morfológicos e morfométricos segundo a metodologia de Horton (1945) foi realizada para identificar e quantificar o comportamento das redes hidrográficas no intervalo entre o final do século XX e o início do século XXI.

Para uma avaliação mais precisa da resposta hidrológica das redes de drenagem, foram utilizadas as imagens de satélite do Landsat TM e do CBERS em dois períodos históricos, um relativo ao final do século passado e um segundo relativo ao século atual. As imagens de satélites foram ferramentas essenciais na descrição da evolução do desmatamento e a ampliação das áreas de pastagens e agrícolas cultivadas e/ou abandonadas.

O estudo do uso da terra permite entender como a atividade antrópica tem influência nos aspectos morfoestruturais relacionados à erosão da paisagem e, conseqüentemente, nas alterações morfológicas e morfométricas. No contexto da bacia hidrográfica os processos erosivos contribuem de forma significativa para o assoreamento da rede de drenagem com redução dos comprimentos lineares, menor profundidade com alterações na forma das seções e respostas significativas na produção de água na bacia hidrográfica em termos das vazões máximas, médias e mínimas.

A evolução dos sistemas de sensoriamento remoto imageadores (NOVO, 1992) no final do século XX e início do século XXI, em conjunto com as ferramentas de análise na forma de Sistemas de Informação Geográfica, permitem hoje uma análise mais precisa da evolução da paisagem. Um dos aspectos em termos metodológicos para a consecução de objetivos analíticos geoambientais está na integração de elementos teórico-conceituais, constructos do início e meados do século XX, com esse ferramental mais moderno disponível, essa integração constitui um objetivo desse trabalho.

A proposta estabelece como hipóteses principais, a questão de como as mudanças na ordem morfológica dos rios podem ser verificadas e percebidas na análise temporal do espaço geomambiental em termos morfométricos, a influência das ações antropogênicas nas mudanças morfoestruturais das redes de drenagem e a evolução dos parâmetros de erodibilidade das terras sobre as vazões evidenciado no fluxo hídrico nas últimas décadas a partir das imagens de satélites analisadas, tendo como foco uma região problema da costa semi-árida, especificamente a Barra que forma a Foz do Rio Paraguaçu no Reconcavo Baiano.

2 | METODOLOGIA

A escolha da Barra do Paraguaçu no Recôncavo Baiano, que pode ser visualizada na Figura 1 em destaque, como área objeto desse estudo, tem como elemento de problematização os aspectos transicionais no seu contexto geoambiental que, como pontua Aroldo de Azevedo num trabalho de 1950, deve-se ressaltar nos estudos de mapeamento.

O mapa geológico mostra que é no Reconcavo que os terrenos cristalinos afloram junto ao oceano pela última vez, se caminhamos no rumo sul-norte, do mesmo modo que, a partir dele, as formações terciárias litorâneas passam a ser contínuas e apresentam suas maiores larguras. No ponto de vista topográfico, é também o Recôncavo uma zona de passagem entre as formas arredondadas, típicas do cristalino, e as formas tabulares, que caem em abrupto através das "barreiras". Ali cessa, atualmente, a grande floresta quente e úmida, que é a Mata Atlântica, para iniciar-se o domínio da vegetação mais pobre e menos bela, semi-xerófila, que encobre os "tabuleiros". Além disso, os cursos d'água que *lá* desembocam não mais apresentam o regime torrencial dos rios nordestinos, embora também não possuam o volume e a extensão dos rios típicos do Planalto Atlântico. Sente-se, enfim, que ali se dá a transição entre o Brasil semiárido e o Brasil tropical úmido (AZEVEDO, 1950).

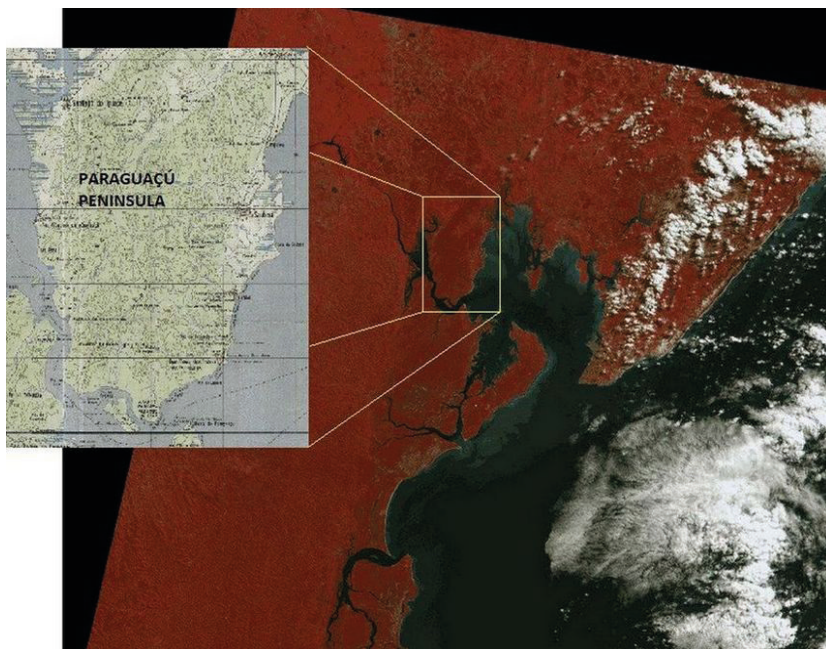


Figura 1: Composição de imagem Landsat de 1973 nas faixas de cores falsas 4B, 5R e 6G da península da foz do rio Paraguaçu.

Fonte: Composição de autoria própria a partir de Imagem Landsat da Divisão de Geração de Imagens do Instituto de Pesquisas Espaciais. Brasil, 2010.

Como característica relevante da área a homogeneidade geográfica das bacias à erosão morfoestrutural. As bacias estão confinadas num delta em forma peninsular, apresentam-se com uma mesma orogênese, formam redes de drenagem de baixa densidade, com poucos tributários de ordens inferiores e todas escoam para o oceano como pequenas bacias independentes, quase como se fossem drenos lineares.

Os elementos de análise das bacias hidrográficas tem como base os escritos do professor Antônio Christofolletti (1980), dado aqui o devido mérito à construção sintética das várias metodologias utilizadas para a análise dos padrões morfométricos da rede de drenagem de bacias hidrográficas e a identificação de padrões a partir dos estudos de Horton (1945), Strahler (1957) e Scheidegger (1968), sendo a análise morfométrica realizada com base nesses estudos e a partir da síntese do professor Christofolletti. Os estudos foram realizados para cinco as bacias hidrográficas costeiras da Barra do Paraguaçu no Recôncavo Baiano dada as condições transicionais já mencionadas, a orogênese e a aspectos geoambientais associados às mudanças climáticas.

Os estudos quantitativos dos elementos fisiográficos da análise linear, análise areal e análise hipsométrica foram realizados para um conjunto de cinco bacias hidrográficas: Bacia do Rio Alemão, Bacia do Rio Dorme, Bacia do Rio Inhaumã, Bacia do Rio Irauã e Bacia do Rio da Fazenda a partir da carta topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia, Folha SD-24-X-A-IV (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA, 1972).

Em relação aos elementos fisiográficos da análise linear foram estudados os índices e relações da rede hidrográfica, cujas medições são efetuadas ao longo das linhas de escoamento: relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, comprimento do rio principal, extensão do percurso superficial, relação do equivalente vetorial e gradiente dos canais.

Na análise areal das bacias hidrográficas foram estudadas a área das bacias, o comprimento, a relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia, a forma da bacia, a densidade de rios, a densidade de drenagem, a densidade de segmentos, a relação entre áreas e o coeficiente de manutenção.

Em termos da análise hipsométrica foram estabelecidas as curvas hipsométricas, os coeficientes de massividade e orográfico, a amplitude altimétrica a relação de relevo e o índice de rugosidade.

Os pressupostos teóricos e metodológicos (CHRISTOFOLLETTI, 1980; HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; SCHEIDEGGER, 1968) das análises anteriormente citadas são objeto de uma composição temática morfométrica das bacias hidrográficas essenciais para o entendimento da resposta hidrológica e fornecimento de parâmetros para estudos de fluxo hídrico, erodibilidade e deposição.

2.1 Sensoriamento remoto de imagens landsat e CBERS

As imagens de satélite disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais, Divisão de Satélites Ambientais - DSA (DSA, 2012), foram usadas para a avaliação da evolução do desmatamento e inferências sobre a erosão superficial. Eventos extremos e críticos foram estudados a partir de dados fornecidos pela National Oceanic Atmospheric Administration – NOAA (NOAA, 2014) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (BRASIL, 2014).

A superposição de *layers* de composição de imagens matriciais/vetoriais com os mapas planialtimétricos formaram uma base para avaliações espaço-temporais de morfometria das bacias hidrográficas em estudo. A análise desses *layers* ofereceram uma estimativa do grau de resposta quantitativa da ação antrópica em conjunção com os eventos extremos, elementos principais no panorama de transformação da paisagem no início do século XXI.

2.2 Sistemas De Informações Geográficas (SIG)

O Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas - SPRING (CÂMARA et al., 1996), Sistema de Informações Geográficas desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens – DPI, do Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE (BRASIL, 2021), possibilitou a criação e análise dos diferentes *layers* de imagens, vetoriais e matriciais necessários aos trabalhos de superposição, interpretação, cálculos e conclusões. Além disso, o SPRING permitiu a determinação dos parâmetros vetoriais lineares, areais e hipsométricos, para as metodologias estabelecidas por Horton (1945), Strahler (1957), Scheidegger, (1968) e sintetizadas por Christofolletti (1980).

Para a análise de natureza comparativa, o SPRING também permitiu a produção dos dados para a estimativa de equações empíricas com base na análise de regressões potenciais dos parâmetros morfométricos. Uma equação foi determinada para a relação comprimento linear do rio principal (L) e a área da bacia (A) e o resultado serviu como uma base para uma avaliação com a equação obtida no trabalho de Hack, (1957). A equação permitiu estabelecer o grau de aproximação entre as diferentes regionalizações, nesse caso, Maryland nos Estados Unidos e Barra do Paraguaçu no Brasil, e concluir para os efeitos das mudanças climáticas na resposta sobre as bacias hidrográficas, uma vez que variações futuras nos aspectos lineares de conformação da bacia vão estabelecer coeficientes diferentes para a equação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a superposição dos planos de informação (*layers*) das cinco bacias hidrográficas da área em estudo sobre um recorte da Barra do Rio Paraguaçu extraída da Folha SD-24-X-A-IV planta topográfica digitalizada e tratada utilizando o SPRING.

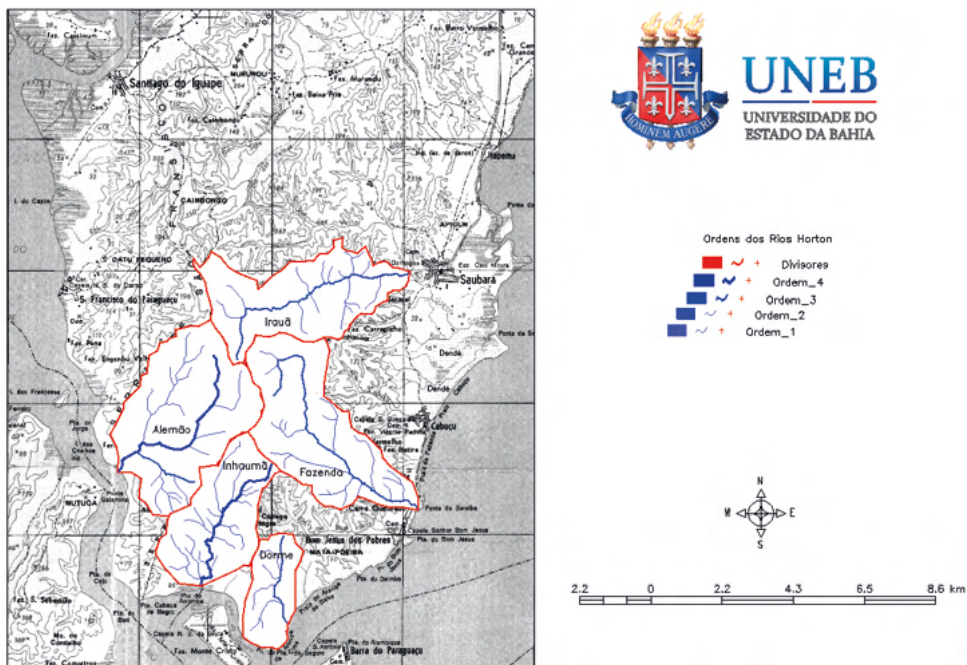


Figura 2: Superposição de dados matriciais lineares de cinco bacias hidrográficas sobre um recorte de plano de informação da carta topográfica SD-24-X-A-IV para a área em estudo.

Fonte: Composição de autoria própria a partir de Sistema de Geoprocessamento de Informações Georeferenciadas – SPRING (CÂMARA et al., 1996).

As bacias foram digitalizadas a partir da carta planialtimétrica com o objetivo de vetorizar e determinar aos parâmetros de análise linear, areal e hipsométrico. A Figura 3 evidencia as classificações de Horton (1945) e Strahler (1957) para a Bacia do Alemão em que podem ser visualizadas as ordens dos rios. Para essa bacia as duas classificações mostram uma bacia de quarta ordem com conformações praticamente de canais lineares em reduzida densidade de drenagem, padrão observado em todas as bacias estudadas. Esse padrão observado para as bacias abre a discussão de que o fluxo hídrico e de sedimentos estão diretamente associados a resposta precipitação/vazão, ou seja, picos rápidos de vazão associados à intensidade de precipitação.

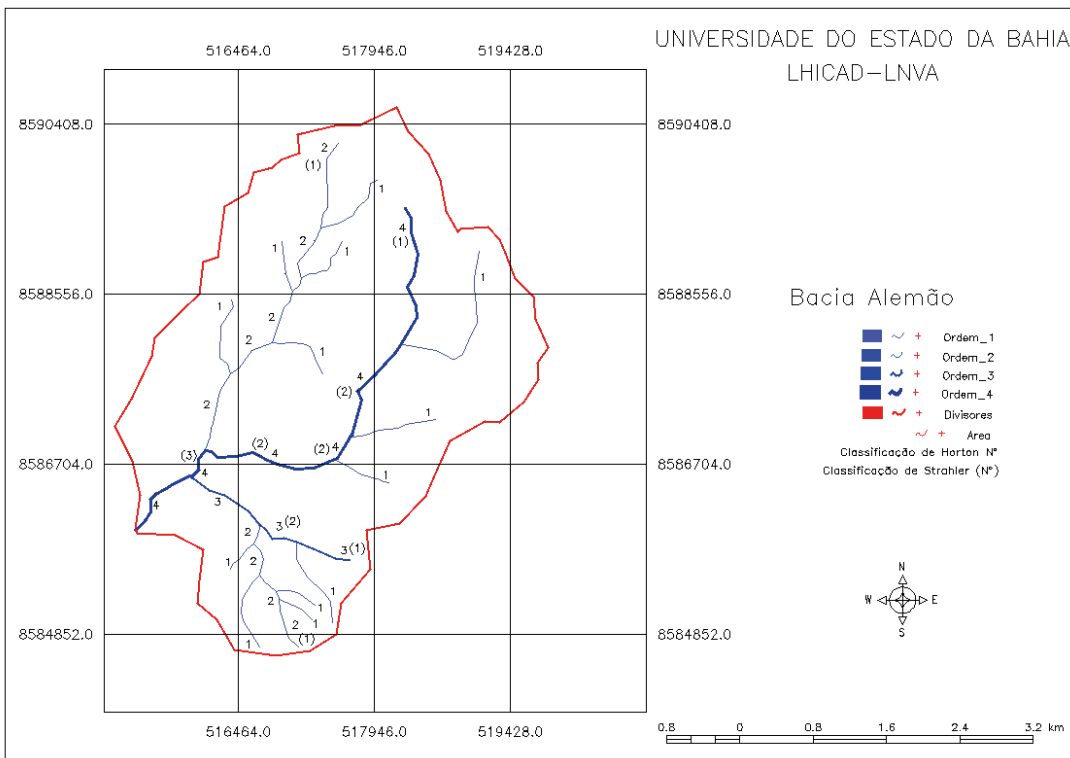


Figura 3: Bacia hidrográfica do Alemão e a classificação dos tributários segundo Horton (1945) e Strahler (1957).

Fonte: Composição de autoria própria a partir de Sistema de Geoprocessamento de Informações Georeferenciadas – SPRING (CÂMARA et al., 1996).

A tabela 1 mostra uma composição de parâmetros morfométricos para cada uma das bacias a partir das sínteses de Christofletti (1980): a ordem do rio principal, a área da bacia, o número total de canais, o número de canais de 1ª ordem, a *stream frequency* (HORTON, 1945) e a densidade de drenagem

Bacia	Ordem dos rios	Área (km ²)	Número de canais	Nº de canais de 1ª ordem	Stream frequency	Densidade de drenagem
Alemão	4	16,2818	17	14	1,0441	1,4616
Dorme	3	4,5942	6	4	1,3060	1,7345
Inhaumã	4	9,5997	19	14	1,9792	2,1794
Irauçá	3	12,4831	16	13	1,2817	1,5252
Fazenda	3	14,4530	18	12	1,2454	1,6809

Tabela 1: Elementos de análise linear e areal para as cinco bacias estudadas.

Fonte: Autoria própria.

A tabela 2 mostra os parâmetros morfométricos de comprimento médio dos canais de 1ª ordem, razão de bifurcação, razão entre comprimentos médios, somatório dos comprimentos dos canais ($\sum Li$), e os parâmetros ρ e s (HORTON, 1945) para cada uma das bacias.

Bacia	Comprimento médio dos canais de 1ª ordem	Razão de bifurcação	Razão entre comprimentos médios	$\sum Li$	ρ	s
Alemão	0,7468	2,7983	1,6325	23,7979	0,5834	3
Dorme	0,8864	2,4496	1,1588	7,9685	0,4731	2
Inhaumã	0,7029	2,4803	1,3753	20,9218	0,5545	3
Irauçã	0,7127	1,9999	0,6120	19,0389	0,3060	4
Fazenda	0,6087	3,4642	4,0759	24,2936	1,1766	2

Tabela 2: Elementos de análise linear para as cinco bacias estudadas.

Fonte: Autoria própria.

A respostas observadas mostram bacias curtas pouco ramificadas e de comprimento médio de canais praticamente igual a 1,5 km, poucas bifurcações e canais de razão linear aproximadamente igual a 1. Todos os fatores são contribuintes para um processo erosivo de elevada magnitude e, por apresentarem áreas inferiores a 20 km², o compartimento como bacias homogêneas e rápidas caracterizam a relação chuva/deflúvio superficial.

Cabe ainda a observação da orogênese do Recôncavo Baiano como áreas de fraturas e de deslizamentos na sua formação. Embora a Barra do Paraguaçu esteja essencialmente assentada em depósitos arenosos, observa-se elevadas amplitudes altimétricas para os fatores hipsométricos que também são contributivos para a relação chuva/deflúvio elevada.

Um exemplo da magnitude da fenomenologia aqui estudada pode ser vista em um documentário exibido pela TV Brasil produzido no Canadá (NA HO, 2015) recentemente. O documentário aqui citado mostra como os processos erosivos e de deposição em ilhas do Ártico na costa canadense sofrem de intensos processos erosivos devido ao aquecimento verificado nas últimas décadas. No Ártico, a magnitude das alterações climáticas são mais drásticas uma vez que as variações das temperaturas atinge as superfícies de forma significativa promovendo o rápido derretimento de elevados volumes de gelo e acelerada erosão e deposição sobre o mar.

Para as nossas condições, entretanto, a proposição para a resposta de processos deposicionais estão diretamente relacionadas à redução final do comprimento dos rios com a consequente redução em sua profundidade. Esses dois fatores produzem de forma concomitante inundações severas como resposta a chuvas críticas extremas. Cabe salientar que também estão sendo verificadas nas últimas décadas, na latitude desse estudo, chuvas intensas associadas a variações extremas de temperatura (ANDRADE, 2021).

Um comparação entre a equação de Maryland (Hack, 1957) e a equação deduzida aqui nesse trabalho para as cinco bacias da Barra do Paraguaçu está posta na Figura 4. As diferenças encontradas entre as duas equações são devidas a orogênese, uma vez que em climas tropicais a magnitude do intemperismo físico produz como resposta comprimentos maiores de rios admitida a mesma área de drenagem.

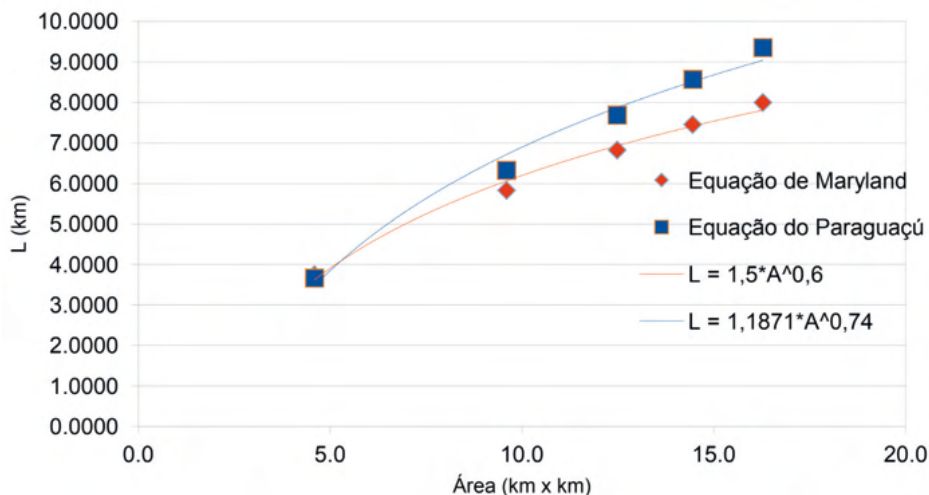


Figura 4: Mostra a resposta da correlação entre o comprimento do rio principal e área para cinco Bacias.

Fonte: Autoria própria.

Uma avaliação da resposta do solo à erosão realizada à luz da análise temporal e da ocupação territorial, mostra a exposição contínua das terras ao impacto dos eventos extremos, quer pela evolução do desmatamento, quer pela transformação dos ecossistemas florestais em pastagens. A ação antrópica é caracterizada por espaços de produção sem controle efetivo de erosão e de baixo nível tecnológico, pela substituição de florestas por pastagens e sem o efetivo controle da superfície à erosão.

Espera-se dessa forma ao longo do tempo, um aumento dos processos erosivos e de deposição que deverão contribuir para a redução do comprimento de rios em todo o ambiente natural de drenagem das bacias hidrográficas. Como conclusão, as bacias e as redes de drenagem devem progressivamente levar a uma expansão dos eventos de inundação associados a essa condição. A preservação das florestas e a supressão do desflorestamento passam a ser soluções técnicas necessárias num futuro próximo, inclusive para a preservação da reserva extrativista que existe na Foz do Rio Paraguaçu que, devido aos processos deposicionais, deverá entrar progressivamente em colapso ecológico.

Como um complemento à metodologia empregada no estudo, cabe salientar

que ao longo dos últimos onze anos esse tema tem sido debatido com os alunos do Departamento de Ciências Exatas e da Terra do Campus I na Universidade do Estado da Bahia, com o objetivo do ensino de morfometria e análise de bacias hidrográficas, além do estudo de imagens de sensoriamento remoto e da estatística aplicada à Hidrologia, disciplina pertencente ao currículo do curso de bacharelado em Engenharia Produção Civil. A parametrização permite aos estudantes um melhor entendimento das equações que fundamentam a Hidrologia enquanto ciência da interpretação da resposta das bacias hidrográficas ao regime de precipitações pluviométricas numa determinada região e, quando associadas aos estudos estatísticos das chuvas extremas de elevada intensidade e curta duração que estão caracterizando os eventos climáticos pelo menos nos últimos 10 anos, permite também uma compreensão desse tema com uma maior propriedade dada a evidência das relações obtidas.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As recentes respostas aos eventos climáticos extremos, visíveis na intensidade das chuvas principalmente nas últimas duas décadas, favorecem a erosão e a deposição, como resultados da resposta da superfície à relação chuva/deflúvio superficial. Sem controle técnico efetivo ao longo das próximas décadas o assoreamento dos rios e a redução dos seus comprimentos lineares, deverão produzir significativo encurtamento em linearidade que para uma mesma área de drenagem produzirá colapso das vertentes, um aumento significativo de deposição de sedimentos na Foz do Rio Paraguaçu com consequências destarosas para os ecossistemas extrativistas em seu entorno.

5 | AGRADECIMENTOS

Um agradecimento póstumo aos meus pais pelos ensinamentos de que a vida somente tem sentido quando lutamos com ardor dia após dia por ela e mesmo padecendo da doença e da proximidade da morte nunca devemos perder a esperança de salvar aqueles que estão próximos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Lazaro N. V. de. The number of storms modeled as a Poisson random variable at northeast coast of South America. In: **A Visão Sistêmica e Integrada das Engenharias e sua Integração com a Sociedade**. Paraná: Atena Editora, 2021. (no prelo).

AZEVEDO, Aroldo. RECÔNCAVO DA BAHIA: estudo de geografia regional. **Revista da Universidade de São Paulo**. Ed. n. 1, 1950. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rusp/article/view/143237>. Acesso em: 01 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2595-2501.rusp.1950.143237>.

BRASIL. Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Divisão de Satélites Ambientais (DSA). Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Disponível em: http://sigma.cptec.inpe.br/prec_sat/. Acesso: 30 mai. 2012.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) . Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf. Acesso: 26 set. 2014.

BRASIL. Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Divisão de Processamento de Imagens (DPI). Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/DPI/>. Acesso: 08 ago. 2021.

CÂMARA, Gilberto; SOUZA, Ricardo C. M.; FREITAS, Ubirajara M.; GARRIDO, Juan. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling" **Computers & Graphics**, 20: (3) 395-403, May-Jun, 1996.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2. ed., 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. **Carta topográfica da Bahia de Todos os Santos**. Folha SD-24-XDSG, 1:100.000, 1972. Disponível em: Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br>. Acesso: 30 mai. 2012.

HACK, John T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. **U. S. Geol. Surv. Prof. Paper** (294-B), 1957. Disponível em: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp294B>. Acesso: 08 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3133/pp294B>.

HORTON, Robert E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Survey of American Bulletin**; 56: 275-370, 1945. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/030913339501900406>. Acesso: 02 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/030913339501900406>.

NA HO. NA HO PRODUCTION WHITE PINE PICTURES. **Artic Secrets**. National Film Board of Canada, 2015. Exibido pela TV Brasil em 01 ago. 2021. Disponível em: <https://play.ebc.com.br/programas/373/segredos-do-artico>. Acesso: 08 ago. 2021.

NOAA. 2014. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Climatic Data Center (NCDC). Daily observation data. Disponível em: <https://gis.ncdc.noaa.gov/map/viewer/#app=cdo>. Acesso: 26 set. 2014.

NOVO, Evelyn M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Sao Paulo: Editora Edgard Blücher, 1992.

SCHEIDEGER, Adrian E. Horton's laws of stream numbers. **Water Resources Research**. v. 38, n. 3, 1968. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/WR004i003p00655>.

STRAHLER, Arthur N. Quantitative analysis of watershed Geomorfology. **American Geophysical Union Transaction**. v. 38, n. 06, 913-920, 1957. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR038i006p00913>. Acesso: 02 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>.

TRATAMENTO HIDROTÉRMICO NO CONTROLE DE PRODRIDÃO PEDUNCULAR EM MAMÃO PAPAYA

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 05/09/2021

Gabriela Sales Mangolin

Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Faculdade de Engenharia Ambiental e Sanitária
Campinas – SP
<http://lattes.cnpq.br/7386226694102301>

Érica Tiemi Konda

Centro Universitário de Jaguariúna (UNIFAJ)
Jaguariúna – SP
<http://lattes.cnpq.br/8148956758809363>

Rafaella Zambelli Baptista

Universidade Federal de São Carlos
São Carlos – SP
<http://lattes.cnpq.br/1225649793130705>

Rosely dos Santos Nascimento

Embrapa Meio Ambiente, Laboratório de
Microbiologia.
Jaguariúna – SP
<http://lattes.cnpq.br/0463215230153807>

Daniel Terao

Embrapa Meio Ambiente, Laboratório de
Microbiologia
Jaguariúna – SP
<http://lattes.cnpq.br/7384519555740937>

RESUMO: Doenças pós-colheita são fatores importantes que reduzem o rendimento e a qualidade do fruto, os quais ocorrem principalmente durante o seu transporte e exportação. O tratamento hidrotérmico visa

controlar doenças e infestações de insetos, manter a qualidade do fruto durante o armazenamento e induzir resistência aos danos externos e lesões na casca. O presente trabalho objetivou avaliar um método alternativo de tratamento pós-colheita de mamão de acordo com a severidade da doença de Podridão Peduncular por meio de tratamento térmico visando ao consumo “in natura”. No tratamento térmico, cada fruto teve a sua região peduncular submersa em torno de aproximadamente 7 cm em água nas temperaturas, 55°C, 60°C, 65°C, 70°C e 75°C, onde permaneceram por 15 segundos, retiradas e submersas novamente em água gelada, por 2 minutos, para o choque térmico. Após o tratamento, os frutos foram avaliados quanto à evolução da severidade de doenças fúngicas em seu pedúnculo de acordo com uma Escala de Podridão Peduncular proposta. Analisando os resultados, fica evidente diferenças estatísticas entre os tratamentos dos frutos nas temperaturas 55°C, 60°C, 65°C, 70°C e 75°C e portanto, os resultados foram altamente significativos e todos os tratamentos foram eficientes. Nota-se, também, que a temperatura que gerou o maior controle de severidade de sintoma da Podridão Peduncular, com o tempo de imersão de 15 segundos, foi de 70°C. Verificou-se que o tratamento hidrotérmico é altamente significativo no controle da Podridão Peduncular em frutos de mamão a partir de 50°C por 15 segundos, sendo que a temperatura mais eficiente é de 70°C por 15 segundos.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento hidrotérmico, podridão peduncular, controle alternativo.

HYDROTHERMAL TREATMENT IN THE CONTROL OF PAPAYA PEDUNCULAR ROT

ABSTRACT: Post-harvest diseases are important factors that reduce fruit yield and quality, which occur mainly during transport and export. The hydrothermal treatment aims to control diseases and insect infestations, maintain fruit quality during storage and induce resistance to external damage and bark lesions. The present work aimed to evaluate an alternative method of post-harvest treatment of papaya according to the severity of Stem-end Rot disease by means of thermal treatment aiming at consumption in natura. In the heat treatment, each fruit had its peduncular region submerged around 7 cm in water at 55°C, 60°C, 65°C, 70°C and 75°C, where they remained for 15 seconds, removed and submerged again in ice water for 2 minutes, for thermal shock. After the treatment, the fruits were evaluated for the evolution of the severity of fungal diseases in their peduncle according to a proposed Stem-end Rot Scale. Analyzing the results, statistical differences between fruit treatments at temperatures of 55°C, 60°C, 65°C, 70°C and 75°C are evident and therefore, the results were highly significant and all the treatments were efficient. It is also noted that the temperature that generated the greatest symptom severity control of Stem-end Rot, with the immersion time of 15 seconds, was 70°C. It was verified that the hydrothermal treatment is highly significant in the control of Peduncle Rot in papaya fruits from 50°C for 15 seconds, with the most efficient temperature being 70°C for 15 seconds.

KEYWORDS: Hydrothermal treatment, stem-end rot, alternative control.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de mamão (*Carica papaya* L.), sendo o Sul da Bahia o maior produtor e o Estado do Espírito Santo como o segundo maior produtor e principal exportador do fruto no país. Em 2016, a produção brasileira dos frutos de mamoeiro contribuiu com uma produção de 1,464 milhões de toneladas, e as exportações resultaram em 37,939 mil toneladas e US\$ 43,088 milhões, de acordo com o Anuário Brasileiro da Fruticultura (2017).

O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto nativo de regiões tropicais e comercializado em todo o mundo (ZILLO, 2017). Se caracteriza por uma vida pós-colheita curta, amadurecendo em poucos dias e, proporcionando assim, perdas quantitativas e, ou, qualitativas nas fases de comercialização. Entretanto, estas perdas podem ser minimizadas com a adoção de práticas pós-colheita, como o tratamento hidrotérmico, o pré-resfriamento, o uso de defensivos, entre outros, sendo que, quanto mais exigente for o mercado consumidor em relação à qualidade do produto, mais importante se tornam essas práticas (BALBINO, 1997). Doenças pós-colheita são fatores importantes que reduzem o rendimento e a qualidade do fruto, os quais ocorrem principalmente durante o seu transporte e exportação, onde as perdas podem variar de 1-93% dependendo dos procedimentos de embalagem e manuseio pós-colheita. Na ausência de medidas de controle, a perda dos frutos atinge cerca de 10-40% do embarque marítimo e 5-30% do embarque aéreo,

causando, assim, prejuízo para o exportador. (ALVAREZ; NISHIJIMA, 1987). Estes valores confirmam a importância econômica do controle de doenças pós-colheita, pois a maioria dos patógenos desqualificam o fruto para a sua comercialização e consumo, independente da sua severidade.

Foi relatado por Dantas (2003), que em frutos de mamões amostrados, 82,53% apresentaram incidência de diferentes doenças fúngicas pós-colheita, sendo que, a podridão peduncular mostrou a maior incidência média, atingindo 39,71%. A podridão peduncular é uma das principais doenças associadas à pós-colheita do mamão (*Carica papaya* L.) e está atribuída a um complexo de agentes etiológicos (NERY-SILVA, 2007). Este complexo de patógenos da podridão peduncular estão envolvidos fungos como *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., *Fusarium* spp., *Phoma caricae-papayae* (Tarr.) Punithalingam, *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maulb., *Phomopsis caricae-papayae* Petr. & Cif., *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb., Fr.) Vuill., *Phytophthora palmivora* Butler e *Pestalotia* sp. Esta doença ocorre no período pós-colheita, quando o fungo invade o pedúnculo cortado ou em aberturas entre o pedúnculo e o fruto ou até mesmo em pequenas feridas que ocorrem durante a colheita (ALVAREZ; NISHIJIMA, 1987).

O tratamento hidrotérmico ou de choque térmico visa controlar doenças e infestações de insetos, modificar as respostas do tecido e manter a qualidade do fruto durante o armazenamento, induzir resistência aos danos externos e lesões na casca (RESENDE, 2016). A termoterapia é um método utilizado há bastante tempo que vem despertando o interesse atualmente por ter a vantagem de ser livre de resíduo e não confere risco à saúde humana e ao meio ambiente, podendo ser uma ferramenta do controle integrado de doenças (PESSOA, 2007).

Em geral, o tratamento pós-colheita consiste na imersão dos frutos em tanque contendo calda de defensivos agrícolas, que reduz sintomas causados por bactérias e fungos e aumenta sua vida útil pós-colheita. Tratamentos quarentenários à base de fumigantes (dibrometo de etileno, brometo de metila e fofina) possuem características indesejáveis como a fitotoxicidade e toxicidade ao homem (VIEIRA, 2004). Além disso, aumento do consumo de agrotóxicos está associado com o aumento de coeficientes médios de indicadores de saúde, como o de intoxicação aguda, subaguda (malformação fetal) e crônica (câncer infante-juvenil). As consequências do uso de fungicidas também são o surgimento de resistência de pragas, aumentando assim, o consumo de outros tipos de agrotóxicos (PIGNATI et al., 2017).

Para Tatagiba (2002), é recomendado que a severidade de doenças pós-colheita seja avaliada de acordo com a incidência e à severidade, por ser rápida e acurada, sendo que uma única lesão é suficiente para impedir a comercialização do fruto. Portanto, no presente trabalho, objetivou avaliar um método alternativo de tratamento pós-colheita de mamão de acordo com a severidade da doença de Podridão Peduncular por meio de tratamento térmico visando ao consumo “in natura”.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar o presente experimento, foram utilizados mamões, sem tratamento pós-colheita prévio, provenientes de Teixeira de Freitas-BA. Posteriormente, os frutos foram encaminhados para o CEASA – Campinas, e, em seguida, transportados ao Laboratório de Microbiologia Ambiental – LMA da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, levando 3 dias da coleta até o início do tratamento. No laboratório, após a seleção e lavagem dos frutos, o experimento foi realizado em 12 repetições por tratamento, sendo 5 tratamentos hidrotérmicos mais testemunha, resultando em um total de 72 mamões avaliados.

No tratamento térmico, realizado no dia 21/11/2017, em um Banho Dubnoff SL – 157, cada fruto teve a sua região peduncular submersa em torno de aproximadamente 7 cm em água nas temperaturas, 55°C, 60°C, 65°C, 70°C e 75°C, onde permaneceram por 15 segundos, retiradas e submersas novamente em água gelada, por 2 minutos, para o choque térmico. Após o tratamento, os frutos foram armazenados por 7 dias em câmara fria e, em seguida, permaneceram por mais 8 dias em ar condicionado, com aproximadamente 22°C. Durante este período, os frutos foram avaliados quanto à evolução da severidade de doenças fúngicas em seu pedúnculo de acordo com a Escala de Podridão Peduncular proposta abaixo.







Nota	Descrição	Figura
0	Sem sintoma	
1	< 25% da área	
2	25 a 50% da área	
3	50 a 75% da área	
4	75 a 100% da área	
5	100% da área avançando para o fruto	

Figura 1 – Escala de Podridão Peduncular

Os dados de severidade de doença fúngica quanto à escala de Podridão Peduncular foram transformados de dados qualitativos para dados quantitativos de acordo com a área abaixo da curva quando analisados em um gráfico Notas x dias. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância, seguido por separação de médias pelo teste de Tukey (0,05%), gerando um novo gráfico de Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) x Temperatura (Figura 3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o gráfico gerado a partir dos valores de Comparação de Médias obtido, Figura 2, fica evidente diferenças estatísticas entre os tratamentos dos frutos nas temperaturas 55°C, 60°C, 65°C, 70°C e 75°C e portanto, os resultados foram altamente significativos e todos os tratamentos foram eficientes. Nota-se, também, que a temperatura que gerou o maior controle de severidade de sintoma da Podridão Peduncular, com o tempo de imersão de 15 segundos, foi de 70°C.

Os mamões não tratados (Testemunha) e tratados à 55°C apresentaram sintoma de podridão peduncular logo no primeiro dia após retirado da câmara fria. Os mamões tratados com água quente à 60°C, 65°C e a 75°C apresentaram os sintomas a partir do 4º dia após retirados da câmara fria e os frutos tratados com água quente à 70°C só foram apresentar sintomas a partir do 7º dia. Assim sendo, os frutos que passaram pelo hidrotreatamento à 70°C só apresentaram sintoma de podridão peduncular 17 dias após a sua colheita.

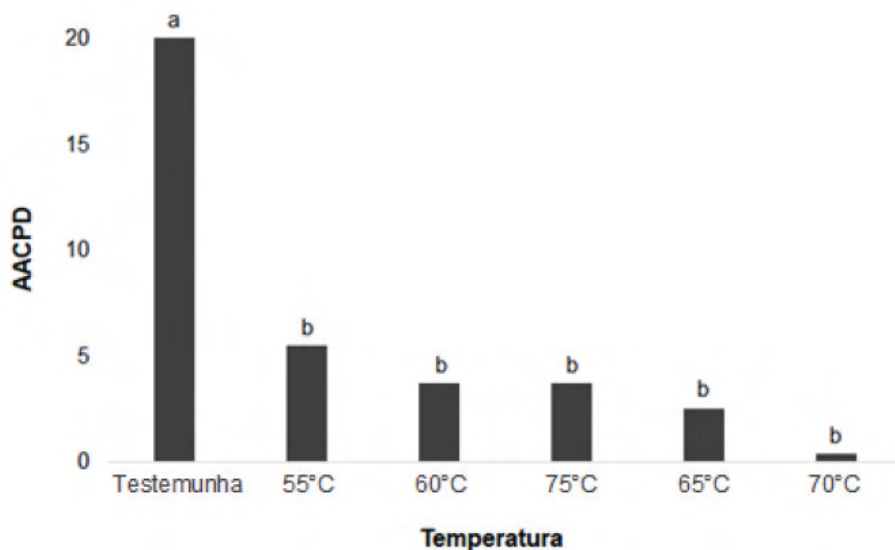


Figura 2 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em relação a cada tratamento, para os valores de escala de Podridão Peduncular em frutos de mamão tratados hidrotérmicamente. Letras distintas representam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey (0,05%).

Os resultados obtidos assemelham-se ao relatado por Couey (1984), que descreve como efetivo o tratamento hidrotérmico utilizado contra Podridão Peduncular no fruto de mamão. Alvarez e Nishijima (1987) mostram que, o tratamento hidrotérmico retarda também o amadurecimento do fruto. Balbino (1997), descreve que a termoterapia mais efetiva na redução da incidência de podridão peduncular e antracnose em frutos de mamão pós-colhidos foi observado com 49°C por 20 minutos. Contudo, no presente estudo foi observado que temperaturas mais elevadas e em tempo curto já são efetivos, sendo uma melhor alternativa ao invés de um longo período de exposição do fruto ao calor e uma menor interferência em suas características físico-químicas. A utilização deste método, que associa altas temperaturas com um curto período de tempo pode ser uma opção de controle em cultivos orgânicos ou convencionais reduzindo, assim, a aplicação de fungicidas e agrotóxicos comerciais e, além do mais, é um método que pode ser realizado em uma larga escala de frutos por colheita, tendo em vista que é um tratamento feito em um curto período de tempo.

Eschionato (2017) verificou o efeito *in vitro* do tratamento térmico nos principais fungos causadores de podridão peduncular na pós-colheita de mamão. Afirma que o fungo mais termoresistente é o *F. solani*, que só alcançou a letalidade nas combinações: 60°C/300s, 65°C/200s, 70°C/100s e 75°C/80s. Afirma também que o uso de água quente por um curto período de tempo é um método de controle alternativo ao uso de fungicidas, e que, tratando-se de uma doença onde o agente causal é uma combinação de diversas espécies fúngicas, o tratamento hidrotérmico recomendado deverá ser aquele qual a combinação de tempo e temperatura seja letal para a espécie mais resistente.

É possível observar que o nível de incidência da doença diminui de acordo com o aumento da temperatura no banho hidrotérmico a 15 segundos, entretanto, isto muda com os frutos tratados a 75°C, mesmo não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

A tolerância da fruta ao calor varia com fatores como espécies, variação fenotípica da espécie, estágio de maturação do fruto, tamanho do fruto, exposição a diferentes fatores ambientais e pré-colheita, tipo de tratamento térmico aplicado e se os frutos foram condicionados a tratamentos pós-colheita antes do tratamento térmico. Submeter o fruto a uma temperatura elevada a induz ao estresse, além de causar danos na pele, incluindo queimaduras e formação de cavidades conforme relata Jacobi et al (2001). Portanto, o banho térmico de 75°C causou ferimentos nos frutos tratados permitindo, assim, a instalação de fitopatógenos e um controle menor na incidência de sintomas da Podridão Peduncular.

Resende (2016), que realizou seu experimento utilizando 318 frutos com imersão em água quente a 47°C por 20 minutos seguida de imersão em água fria a 11 °C por igual período, reforça a importância do tratamento hidrotérmico quarentenário durante a pós-colheita do mamão por possibilitar o transporte dos frutos a longa distância, além de aumentar o tempo para a comercialização, já que, após tratados hidrotérmicamente, os frutos podem suportar longos períodos de aduana nas exportações, tendo em vista a

precariedade da manutenção dos contêineres refrigerados nos portos.

CONCLUSÃO

Neste trabalho verificou-se que o tratamento hidrotérmico é altamente significativo no controle da Podridão Peduncular em frutos de mamão a partir de 50°C por 15 segundos, sendo que a temperatura mais eficiente é de 70°C por 15 segundos.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, A.M.; NISHIJIMA, W.T. Postharvest diseases of papaya. *Plant Dis.*, St. Paul, v. 71, p. 681-686, 1987.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017.

BALBINO, J. M. S. Efeitos de hidrotermia, refrigeração e ethephon na qualidade pós-colheita do mamão (*Carica papaya* L.). 1997. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

COUEY, H. M.; ALVAREZ, A. M.; NELSON, M. G. Comparison of hot-water spray and immersion treatments for control of postharvest decay of papaya. *Plant Disease*, v. 68, p.436-437, 1984.

DANTAS, S.A.F. Doenças fúngicas pós-colheita em frutas de mamão e laranja: ocorrência e indução de resistência com elicitores bióticos e abióticos. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

ESCHIONATO, R. A. Ação da temperatura no controle de fungos causadores de doenças pós-colheita em mamão. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2017, Campinas, SP.

JACOBI, K. K.; MACRAE, E. A.; HETHERINGTON, S. E. Postharvest heat disinfestation treatments of mango fruit. *Scientia Horticulturae*, v. 89, p.171-193. 2001.

NERY-SILVA, F. A. et al. Metodologia de inoculação de fungos causadores da podridão peduncular em mamão. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 13, n.5, p. 1374-1379, 2007.

PESSOA, W. R. L. S. et al. Efeito do tratamento hidrotérmico associado a indutores de resistência no manejo da antracnose da goiaba em pós-colheita. *Revista Caatinga, Mossoró*, v. 20, n. 3, p.129-135, out. 2007.

PIGNATI, W. A. et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, [s.l.], v. 22, n. 10, p.3281-3293, out. 2017.

RESENDE, E. C. O. Efeito do tratamento hidrotérmico quarentenário na pós-colheita de mamão. 2016. 83 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fisiologia e Bioquímica de Plantas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

TATAGIBA, J.S. et al. Controle e condições climáticas favoráveis à antracnose do mamoeiro. *Fitopatologia Brasileira*. v. 27, p. 186–192. 2002.

VIEIRA, S. M. J. Qualidade pós-colheita de goiaba (*Psidium guajava* L.) submetida a tratamento hidrotérmico. 2004. 39 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2004.

ZILLO, R. R.. Óleo essencial associado à película de carboximetilcelulose no controle da antracnose e seu efeito na vida útil de mamão (*Carica papaya* L.). 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

CAPÍTULO 8

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LATICÍNIO EM REATORES DE LEITO MÓVEL COM BIOFILME (MBBR)

Data de aceite: 01/11/2021

Cíntia Clara Viana

Universidade Federal de Juiz de Fora
<http://lattes.cnpq.br/4004860221361021>

Marcelo Henrique Otenio

Embrapa Gado de Leite
<http://lattes.cnpq.br/7429610959671819>

Henrique Vieira de Mendonça

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/8897355054570578>

RESUMO: No presente trabalho foi avaliada a eficiência de um sistema de tratamento de efluentes de um laticínio por meio de sistema biológico composto por Reator de Leito Móvel com Biofilme “*Moving Bed Biofilm Reactor*” (MBBR). O sistema avaliado opera em escala real em um laticínio localizado na região da Zona da Mata no estado de Minas Gerais. O MBBR opera com volume útil de 180 m³, tempo de retenção hidráulica de 14 (±2) horas, recebendo uma vazão de 13,5 (±2,6) m³/hora. Foram realizadas coletas do efluente primário após flutador, antes dos reatores biológicos e na saída do decantador para o monitoramento do sistema. Um estudo de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi realizado em ambos para se conhecer a microbiologia do sistema e supor a qualidade e quantidade dos microrganismos. Os referenciais legais para análise de eficiência foram baseados na Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 que

estabelece padrões para lançamento de efluente em curso de água. O sistema MBBR mostrou ser uma alternativa eficiente para o tratamento do efluente, mantendo o pH com média de 7,6, com eficiência média na remoção de DBO₅ e DQO de 98%. As remoções de óleos e graxas e sólidos também foram adequados. Este estudo em escala real confirma a eficácia de tratamento do sistema MBBR para tratamento de águas residuárias de laticínios após passagem por sistema de flotação.

PALAVRAS-CHAVE: agroindústria, tratamento biológico, controle de poluição.

DAIRY WASTEWATER TREATMENT IN MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR)

ABSTRACT: In present work, the efficiency of a dairy effluent treatment system was evaluated by means of a biological system composed Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). The evaluated system operates on a full scale in a dairy located at Zona da Mata region in the state of Minas Gerais. The MBBR operates with a useful volume of 180 m³, hydraulic retention time of 14 (±2) hours, receiving a flow of 13.5 (±2.6) m³/day. Collections of the primary effluent were carried out after the floater, before the biological reactors and at the exit of the decanter to monitor the system. A Scanning Electron Microscopy (SEM) study was carried out in both to understand the microbiology of the system and assume the quality and quantity of the microorganisms. The legal references for the analysis of efficiency were based on the joint Normative Deliberation COPAM/CERH nº 01/2008 (MG-BR), which

establishes standards for effluent discharge into watercourse. The MBBR system proved to be an efficient alternative for the treatment of effluent, maintaining the pH with an average of 7.6, with an efficiency in the removal of BOD₅ and COD of 98%. Removals of oils and greases and solids were also suitable. This full-scale study confirms the treatment effectiveness of the MBBR system for treatment of dairy wastewater after passing through a flotation system.

KEYWORDS: agroindustry, biological treatment, pollution control.

1 | INTRODUÇÃO

Conforme dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) existem tendência de crescimento na produção de leite no Brasil. As projeções realizadas pelo Governo estimam um aumento entre 2,0 e 2,8% para os próximos 10 anos. Essa tendência refletirá no aumento da atual produção que é de 34,4 bilhões de litros para 42,0 a 46,8 bilhões de litros (BRASIL, 2019).

A cadeia produtiva do leite e derivados possui importante papel social e econômico (CARVALHO; PRAZERES; RIVAS, 2013), pois ofertam trabalho e contribuem para aumento do PIB gerando empregos e renda.

Por outro lado, as indústrias de laticínios exercem uma atividade potencialmente poluidora, podendo impactar negativamente o meio ambiente, principalmente os recursos hídricos (FAGUNDES; VEIGA; SOUZA, 2020). As agroindústrias de laticínios geram de 1 a 3 L de água residuárias para cada litro de leite processado, em média, e este resíduo contém relevantes concentrações de matéria orgânica e nutrientes (MENDONÇA et al., 2015; MENDONÇA et al., 2017).

Sendo assim, a água residuária de laticínios (ARL), requerem tratamentos eficientes para remoção de sólidos, matéria orgânica, nutrientes, óleos e graxas entre outros (LONGARETTI et al., 2016). Em Minas Gerais, estado brasileiro que mais produz leite, os sistemas mais comuns utilizados para tratamento da ARL são: lodos ativados por aeração prolongada, lodos ativados em bateladas, lagoas facultativas aeradas e sistemas conjugados com sistema anaeróbio (lagoa anaeróbia, filtro anaeróbio) seguido de lagoas facultativas (convencionais ou aeradas).

Em 1980, na Noruega, foi desenvolvido o sistema *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Tal tecnologia visa elevar a eficácia do tratamento de águas residuárias pela conjugação do processo de produção de biomassa bacteriana suspensa com aderida, formadora de biofilme (SILVA et al., 2020).

Esse processo de tratamento tem como fundamento o desenvolvimento de biofilme em leito móvel que associado à biomassa em suspensão (que também é típica do sistema de lodos ativados), vão degradar a matéria orgânica (FUJII et al., 2013).

Este trabalho teve como objetivo, a realização de uma análise temporal sobre o tratamento da ARL por meio do sistema *MBBR* em escala real, comparando-se os resultados com a legislação vigente para lançamento de efluentes em curso hídrico no

estado de Minas Gerais.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Parâmetros analisados

Os parâmetros avaliados no presente estudo foram: pH, DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxigênio/5 dias), DQO (Demanda Química de Oxigênio), óleos e graxas, SST (Sólidos Suspensos Totais) e microbiologia por microscopia de varredura.

2.2 Coleta das amostras

O efluente utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho foi coletado em um laticínio localizado na região da Zona da Mata no estado de Minas Gerais pelo período de nove meses consecutivos. A coleta mensal do efluente foi realizada em dois pontos: 1º) depois do flotor, caracterizando-se como afluente do sistema MBBR e 2º) após decantador secundário (após os reatores aeróbios MBBR), caracterizando-se como efluente.

2.3 Procedimentos analíticos

O pH foi analisado em campo através do pHmetro de bancada Simpla PH140 com sonda. A determinação da DBO_5 , DQO, óleos e graxas e SST foi realizada por metodologia colorimétrica 5220 de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). O procedimento utilizado para o estudo de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) seguiu as recomendações de DEDAVID, GOMES e MACHADO, 2007, gerando imagens com aumento de 1000 vezes.

2.4 Descrição dos reatores

Foram operados dois reatores construídos em concreto e em série. As dimensões dos reatores eram de 4,75 metros de largura, 9,5 metros de comprimento e 5,0 metros de altura total, sendo 4,0 metros de nível líquido. O volume útil total era de 180 m³. O tempo de retenção hidráulica (TRH) médio era de 14 h (± 1 h) considerando-se vazão média de entrada de aproximadamente 13,5 m³/hora. A vazão afluente aos reatores era regulada por meio de bomba hidráulica submersa em tanque de equalização. Os reatores MBBR eram aerados por soprador de ar da marca Atlas com vazão de 1.200 Nm³/h. O ar é conduzido por tubulações de aço inox até chegar aos difusores com furos de 4 mm, gerando bolhas de tamanho médio. O sistema foi preenchido com 60% de biomedias que equivale a 108 m³. As biomedias são do tipo BWT-X fornecidas pela Biowater/Noruega e possuem área específica 650m²/m³ de PEAD com peso específico de 0,95 kg/L.



Figura 1. Aspecto dos reatores *MBBR* monitorados e efluente clarificado após o decantador secundário.

2.5 Parâmetros operacionais

A tabela abaixo descreve as faixas dos parâmetros típicos de operação de reatores *MBBR* e os valores utilizados durante o período de avaliação do presente trabalho (adotados).

Parâmetro	Valores típicos	Valores adotados
Tempo de Retenção Hidráulica (h)	4-36	14 (± 1)
Relação F/M - ($kgDBO/kgSSVT$)	0,007 a 0,5	0,1 ($\pm 0,02$)
COV ($kgDBO/m^3 \cdot tanque \cdot d$)	0,35 a 3,0	1,8 ($\pm 0,2$)
Índice Volumétrico de Lodo – IVL	>150	200 (± 50)
Idade do lodo	20 a 40 dias	30 (± 2)
SSTA (mg/L)	1000 a 6000	2000 (± 50)

Tabela 1. Parâmetros típicos de operação dos sistemas *MBBR* para águas residuárias de laticínios e valores adotados na operação avaliada na presente pesquisa.

A partir dos dados sumarizados na Tabela 1, foram obtidos os resultados operacionais de controle e monitoramento do sistema *MBBR*.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 pH

O valor médio de pH para o efluente do sistema *MBR* foi de aproximadamente 5,1 ($\pm 0,67$). A presença de ácidos utilizados para limpeza de equipamentos e tubulações alteram o pH da água residuária, tornando o pH ácido o que pode interferir no crescimento bacteriano (SILVA; SIQUEIRA; NOGUEIRA, 2018). Quando o pH diminui, é aumentada a

concentração de óxidos de nitrogênio, especialmente N_2O , que é tóxico em determinadas concentrações (XIE, WAN e WU, 2020). Conforme Ribeiro, 2017, dentro do sistema de tratamento aeróbio, as emissões de N_2O podem variar e esta variação se relaciona diretamente à dinâmica das condições operacionais (variabilidade da carga orgânica, taxa de aeração e temperatura).

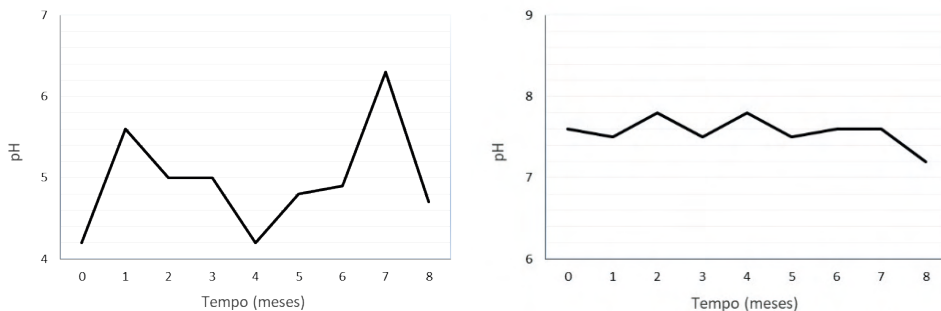


Figura 2. Comportamento temporal do pH ao longo de 9 meses na entrada dos reatores (esquerda) e saída do decantador secundário (direita).

Para o efluente de saída, o valor médio obtido foi de 7,6 ($\pm 0,18$). O valor encontrado atende aos parâmetros estabelecidos pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 (BRASIL, 2008) que está na faixa de 6,0 a 9,0. Notadamente a água residuária com pH baixo na entrada do sistema sofreu tamponamento no interior dos reatores, principalmente pela considerável concentração de matéria orgânica biodegradável contida no afluente.

Um estudo onde foram avaliadas lagoas em série, anaeróbia e aeróbia, o pH atingiu valor médio final de 8,12 (POKRYWIECKI et al., 2013), maior que o da presente pesquisa.

O valor de pH ideal para processos de nitrificação está na faixa de 8,0 a 9,0 (XIE, WAN e WU, 2020). Nitrificação é a expressão utilizada para explicar a primeira fase do processo, que é a remoção biológica do nitrogênio, ao mesmo tempo em que a amônia é biologicamente convertida a nitrito e o nitrito à nitrato.

Valores de pH abaixo de 7,0 afetam o rendimento da desnitrificação (XIE, WAN e WU, 2020), reduzindo a remoção de compostos nitrogenados. A desnitrificação é um processo, executado por bactérias heterotróficas, no qual ocorre a remoção biológica do nitrato que é convertido à óxido nítrico, óxido nitroso e gás nitrogênio (N_2). Nesse processo atuam, principalmente, os gêneros de bactérias *Alcaligenes*, *Paracoccus*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus* e *Thiosphaera* (ZOPPAS; BERNARDES; MENEGUZZI, 2016).

3.2 DBO₅

O valor médio de DBO₅ encontrado para o afluente foi de 1.863,4 mg/L ($\pm 1.050,2$)

e para o efluente foi de 37,2 mg/L ($\pm 24,8$). Conforme Batista e Aguiar (2018), a DBO_5 é um dos principais parâmetro de monitoramento de estações de tratamento de efluentes, por refletir impactos negativos ao meio aquático quando lançada em concentrações suficientes para alterar a classe do curso d'água ou consumir O_2 a ponto causar mortalidade de vida aquática.

Assim como nesse estudo, Pokrywiecki (2013) investigou o tratamento de efluentes de laticínios em tratamentos convencionais compostos por duas lagoas em série (anaeróbia/aeróbia), e registrou concentrações médias de DBO_5 na entrada dos sistemas de 2.267,25 mg/l e 90% de remoção. Bakar et al. (2020) ao investigar o *MBBR* no tratamento de efluentes de uma fábrica de óleo de palma, registrou valores de DBO_5 na entrada do sistema de 3.000 mgL^{-1} e remoção deste parâmetro em até 80%. Os valores de DBO_5 , segundo Calderón et al. (2012) podem ser alterados conforme o volume de enchimento e concentração de substrato.

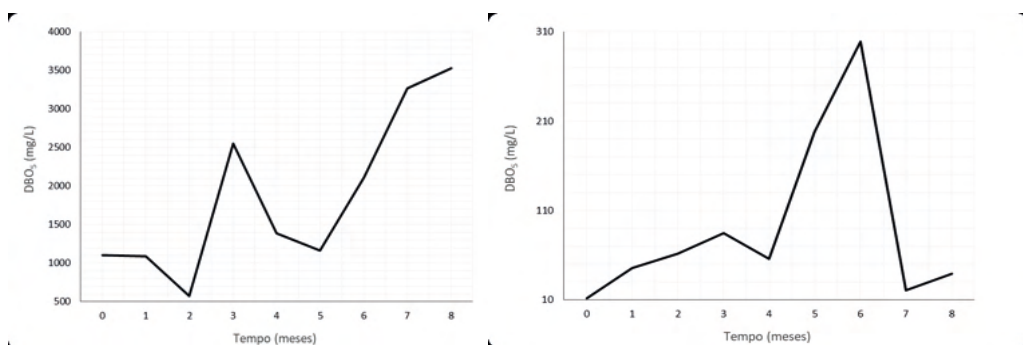


Figura 3. Comportamento temporal da DBO_5 ao longo de 9 meses na entrada dos reatores (esquerda) e saída do decantador secundário (direita).

Para o sistema estudado, observou-se 98% ($\pm 0,02$) de remoção de DBO_5 em média. Nos meses 6 e 7, as remoções foram as menores registradas durante o estudo, com valor de 94%. Mesmo os menores valores na remoção de DBO_5 , atendem aos parâmetros estabelecidos pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH n° 01/2008 (BRASIL, 2008) que é de no mínimo 75%, com média anual de 85%, para fins de lançamento do efluente tratado em curso de água. Os valores encontrados por Boeri (2019) foram similares ao desse estudo, 1.137,50 mg/L com remoção de 95,35% no tratamento biológico de um abatedouro de bovinos utilizando reator do tipo lodos ativados com TRH de 76 horas (microbiologia anóxica/aeróbia).

3.3 DQO

Para DQO, no afluente foi de 4.620,3 mg/L ($\pm 1.854,6$). A DQO pode se apresentar elevada (até 5.000 mg/L) em indústrias de laticínios, devido à grande concentração de

matéria orgânica, proveniente do resíduo característico desta indústria com remanescente de leite, gorduras, carboidratos, proteínas (ROCHA; CARDOSO; VIEIRA, 2018). Valores de DQO maiores que 5.000 mg/L indicam entrada de soro de leite ao sistema, o que pode prejudicar a eficiência dos sistemas de tratamento, além de tornar inviável economicamente a áreação de reatores com valores tão elevados de DQO.

Vale ressaltar que, de acordo com Batista e Aguiar (2018), é por meio do teste de DQO que é medida a quantidade de oxigênio consumida devido a oxidação química da matéria orgânica, ao mesmo tempo em que se mede indiretamente o teor de matéria orgânica presente.

A média encontrada para o efluente de saída foi de 95,1 mg/L \pm 50,2.

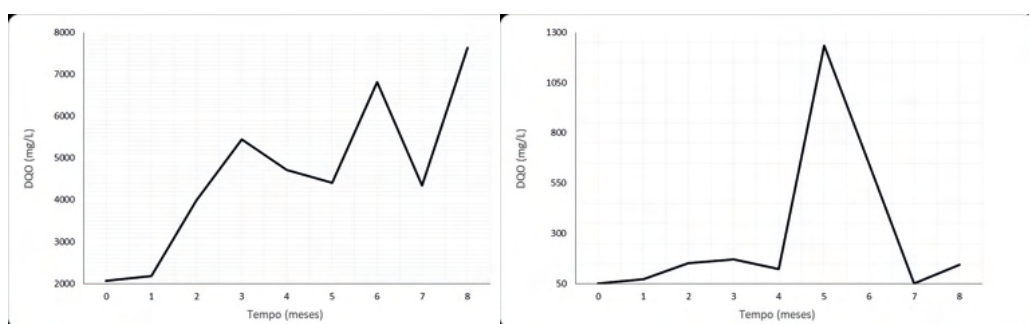


Figura 4. Comportamento temporal ao longo de 9 meses de DQO de entrada (esquerda) e saída (direita) dos reatores.

No mês 6 e 7, ocorreu uma elevação nos teores de DQO devido a mudanças nos processos produtivos do laticínio, que consistiram em maior produção de queijos. Neste período a eficiência caiu da casa dos 90% para 74%, indicando que a microbiologia do reator estava se adaptando a nova situação imposta pela afluente com novas características e composição orgânica.

No estudo em questão, verifica-se 98% (\pm 0,05) de eficiência de remoção. Acima do estabelecido pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 que é de no mínimo 70%, com média anual de 75%.

No estudo de Pokrywiecki, 2013, foram registradas remoções de até 94% em sistemas de lagoas em série anaeróbio/aeróbio. Embora eficiente tal sistema necessita de tempos de retenção hidráulica na casa de dias, enquanto o MBBR proporciona estes resultados de remoção em horas. Boeri (2019) reportaram a eficácia de remoção do sistema de lodo ativado (94,53%) ao tratar águas residuárias de um abatedouro de bovinos indicando eficiência próxima ao sistema de lagoas, mas ainda um pouco menor em comparação ao MBBR.

3.4 Óleos e Graxas

Os resultados para óleos e graxas no afluente e efluente foram de 12,6 mg/L ($\pm 5,60$) e 14,7 mg/L ($\pm 4,40$), respectivamente. Esses valores se encontram dentro do estabelecido pela Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 que é de 50 mg/L.

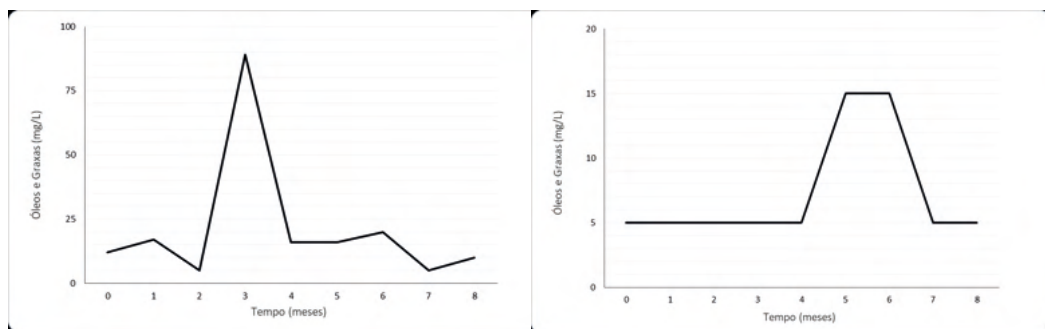


Figura 5. Comportamento temporal ao longo de 9 meses de óleos e graxas de entrada (esquerda) e saída (direita) dos reatores MBBR.

Já Morais et al. (2020) usando um reator aeróbio para avaliar as águas residuárias de agroindústrias inclusive laticínios, encontraram valores de óleos e graxas de 94,6 mg/L. Altos valores de óleos e graxas presentes no afluente podem provocar problemas operacionais, tais como: comprometimento na circulação de líquidos e entupimentos em tubulações.

Na última edição disponível para o segmento laticínios a publicação do SENAI, Senai Cimatec (2019), ressalta que separar óleos e graxas do efluente é essencial para melhorar o funcionamento de fases posteriores do tratamento, pois volumes altos dessas substâncias podem prejudicar o desempenho dos reatores de tratamento biológico.

3.5 SST

Os resultados de SST foram de 239,5 mg/L ($\pm 136,17$) e 15,9 mg/L ($\pm 10,80$) para o afluente e efluente (após decantador), respectivamente.

Morais et al. (2020) e Fujii et al. (2013) ressaltam que os SST interferem na turbidez da amostra, na DQO e na DBO. Neste caso, a diminuição dos SST tende a reduzir também as formas particuladas de matéria orgânica no sistema.

Os resultados desse trabalho evidenciaram que o sistema MBBR em média atende a determinação da Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 (BRASIL, 2008) para remoção de SST, ou seja, até 100 mg/L. Entretanto foi observado que entre o 5º e o 7º mês de operação a quantidade de sólidos esteve acima de 100 mg/L, o que pode ter sido provocado pelo excesso de lodo (sólidos suspensos) nos decantadores. Neste sentido, e comparável aos outros parâmetros analisados, parece ser o controle de sólidos

na saída dos decantadores o principal desafio para controle pleno deste parâmetro na saída dos clarificadores secundários.

Em caso destes sólidos serem formados por flocos leves de lodo (de difícil decantação), muitas vezes é necessária adição de algum coagulante (de preferência orgânico) para melhorar a sua sedimentação, ou dimensionamento de decantadores com taxas de escoamento superficial na casa de 12 a 24 m²/m³ (METCALF & EDDY, 2016).

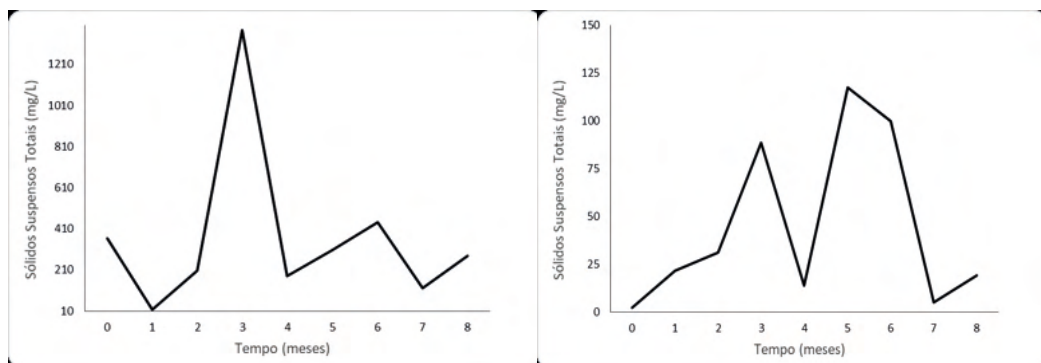


Figura 6. Comportamento temporal ao longo de 9 meses de sólidos suspensos totais de entrada (esquerda) dos reatores e saída do decantador secundário (direita).

Outro fato é, que as biomedias com sua elevada área específicas proporciona formação de biofilme na sua estrutura, convertendo os sólidos dissolvidos em massa de bactérias aderidas, diminuindo a formação de lodo em suspensão.

4 | MICROSCOPIA

Segundo Schlegel, Paul e Jaeger (2016), exames microscópicos da biomassa de um sistema de lodos ativados demonstram sua constituição como comunidade heterogênea de microrganismos. Essa população sofre flutuações de concentração e composição, constantemente em decorrência das variações na composição do afluente e das condições ambientais. O funcionamento adequado do sistema de tratamento requer uma microbiota saudável, o seu acompanhamento é importante no monitoramento do sistema. Assim é possível identificar problemas no processo de tratamento decorrentes da composição microbiológica do lodo.

Tsitouras (2021), em um estudo sobre morfologia do biofilme e microbioma em reatores de biofilme de leito móvel tratando águas residuais da produção de queijos, afirma que há relação significativa entre taxas de remoção de carga orgânica, morfologia do biofilme e microbioma da comunidade em estágios de anaerobiose mais longos.

4.1 Flocos biológicos

Conforme Gossler (2019), a formação dos flocos em lodos ativados depende do metabolismo, crescimento, propriedades físicas das células microbianas presentes e condições ambientais. A fase de crescimento exponencial é considerada como essencial e é caracterizada pela formação de microrganismos com velocidade máxima que pode ser representada por uma função exponencial por utilização exógena de substrato disponível em abundância no meio, além de condições ambientais adequadas para a sobrevivência da população. Neste sentido, ocorre a taxa máxima de remoção de substrato.

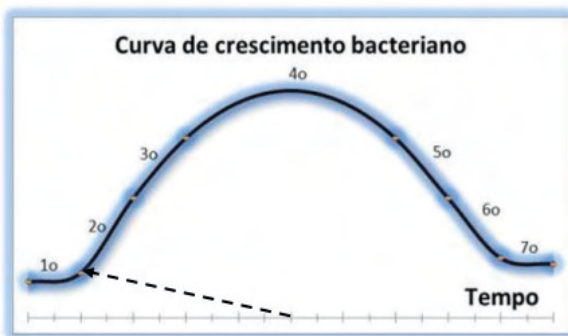


Figura 7. Curva de crescimento bacteriano do sistema

Oliveira (2014) ressaltou que a comunidade biológica presente no reator promove o agrupamento de flocos que proporciona melhor sedimentação do lodo. Além disso, na presença de oxigênio dissolvido, os sólidos em suspensão da água residuária são adsorvidos na superfície do flocos de lodo ativado quando em contato com os microrganismos. Neste sentido, este autor afirma que nos flocos, encontram-se além de microrganismos, matéria inerte e material orgânico. O diagnóstico interno classifica o sistema com baixa qualidade flocular devido ao excesso de lodo e de filamentosas que acabam agrupando os flocos, podendo interferir na sedimentação.

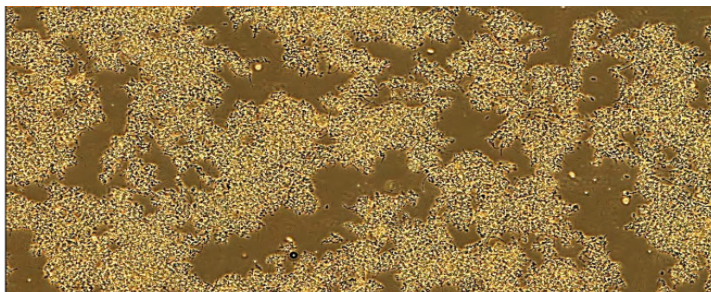


Figura 8. Microfotografia para identificação de flocos biológicos.

Von Sperling, 1996, afirma que em algumas espécies de bactérias, a parede celular é envolvida por uma outra camada externa, formada por um material gelatinoso, chamada cápsula. Acredita-se que a aderência ocorra por exopolissacarídeos (polímeros naturais) presentes nessa camada. Finalmente, há a aderência a protozoários que colonizam o floco e eliminam consomem o muco colaborando na coesão do floco.

4.2 Bactérias Filamentosas

Os principais gêneros de bactérias presentes no lodo ativado são: *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium*, *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, responsáveis pela nitrificação, e formas filamentosas como *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Lecicothrix* e *Geotrichum* (SANTOS, 2014).

No presente estudo, o diagnóstico interno detectou a presença de três tipos predominantes de bactérias filamentosas, são elas: *H. hydrossis*, tipo 0914 e *Thiothrix I*.

Segundo Nicolau et al. (2002), ao identificar bactérias filamentosas que se desenvolvem nas estações de tratamento, pode-se prever e resolver problemas decorrentes do crescimento desenfreado desses microrganismos.

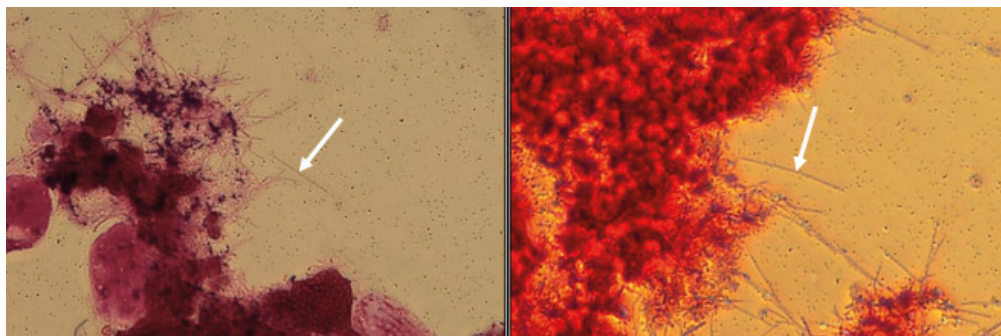


Figura 9. Presença da bactéria filamentosa *H. hydrossis* (aumento 1000x).

As setas indicam presença de bactéria filamentosa *H. hydrossis*.

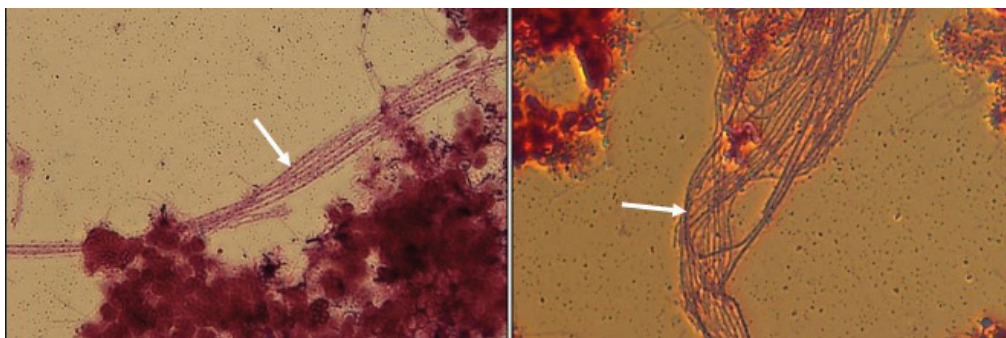


Figura 10. Presença da bactéria filamentosa tipo 0914 (aumento 1000x).

As setas indicam presença de bactéria filamentososa tipo 0914.

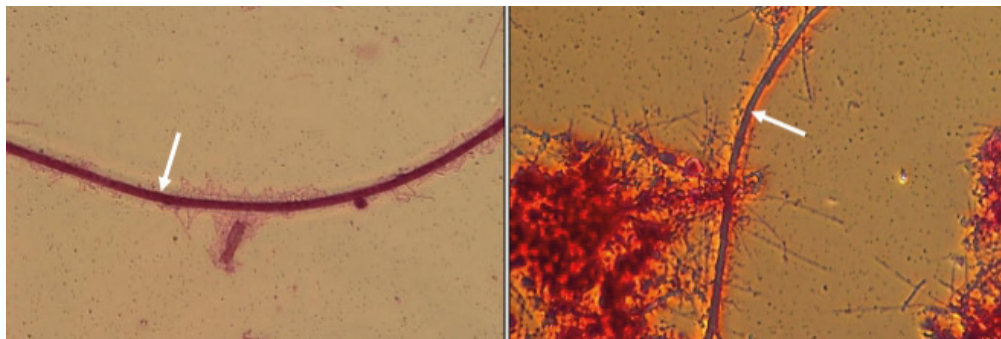


Figura 21. Presença da bactéria filamentososa Thiothrix I (aumento 1000x).

As setas indicam presença de bactéria filamentososa Thiothrix I.

Nossos achados corroboram com o que foi desenvolvido por Eikelboom (1981) que identificou e descreveu os microrganismos filamentosos mais presentes em lodos ativados, conforme Quadro 1 abaixo:

Sphaerotillus natans	Tipo 0092	Tipo 0411
Tipo 1701	Tipo 0961	Tipo 0914
Tipo 021N	Nocardia SP	Tipo 1863
Thiothrix I	Nostocoida limicola I	Tipo 0211
Thiothrix II	Nostocoida limicola II	Fungos
Beggiatoa sp	Nostocoida limicola III	Streptococcus
Tipo 1851	Haliscomenobacter hydrossis	Tipo 0675
Tipo 0803	Tipo 0581	Tipo 1852

Quadro 1 – Principais organismos filamentosos em lodos ativados

Fonte: Adaptação de EIKELBOOM (1981).

4.3 Protozoários Flagelados

Conforme Jenkins et al. (2003), os flagelados representados pelos protozoários, representam cerca de a 5% da biomassa encontrada nos sistemas de lodos ativados e são representados por aproximadamente 200 espécies. Neste nosso estudo também foram encontrados os mesmos gêneros de flagelados encontrados por Figueiredo et al (2008), no caso com identificação do gênero Entosiphon.

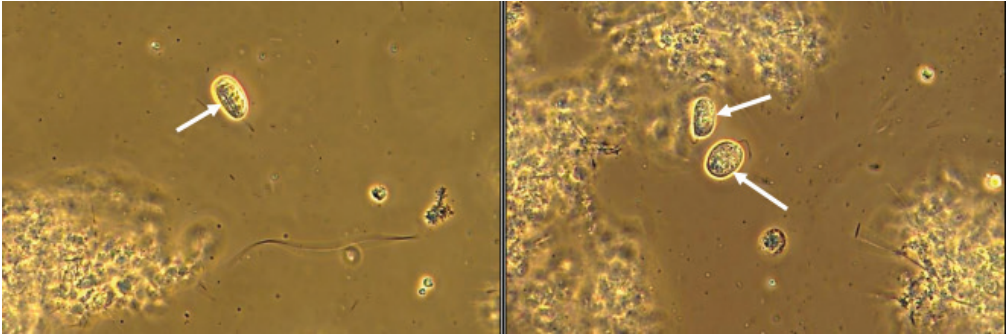


Figura 11. Presença do protozoário do gênero Entosiphon (aumento 400x).

As setas indicam presença de protozoário do gênero Entosiphon.

De acordo com Jenkins et al. (2003), os protozoários promovem a remoção de bactérias dispersas, o que contribui para a qualidade do efluente. Ademais, tais organismos contribuem para a floculação, quando produzem muco. Ainda pela motilidade promovem a quebra de grandes flocos, proporcionando, uma biomassa mais ativa.

5 | CONCLUSÃO

Conclui-se que a partir de uma análise temporal sobre o tratamento de efluentes de uma indústria de laticínio por meio do sistema *MBBR* é adequada e eficiente. Comparando-se os resultados com a legislação vigente para lançamento de efluentes em curso hídrico no estado de Minas Gerais, o reator biológico de leite móvel *MBBR* demonstrou eficiência satisfatória. Os parâmetros de pH, DBO_5 , DQO, óleos e graxas e SST se encontram dentro do estabelecido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01/2008 para lançamento em curso hídrico.

A avaliação microbiológica por microscopia, realizada no sistema de tratamento destaca a estabilidade e vivacidade do lodo e sua essencial atuação na remoção da matéria orgânica do resíduo.

Como perspectivas futuras, sugere-se um período mais longo na análise temporal para que seja possível avaliar uma maior quantidade de dados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12209/2011**. Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

BAKAR, S. N. H. A. et al. **Performance of a laboratory-scale moving bed biofilm reactor (MBBR) and its microbial diversity in palm oil mill effluent (POME) treatment**. Process Safety and Environmental Protection, 142, p. 325-335, 2020.

BATISTA, N. B. S.; AGUIAR, A. **Estudo de parâmetros físico-químicos e suas correlações para efluentes de laticínios do Estado de Minas Gerais**. Anais. XXII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VIII Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba, 23 a 25 de outubro de 2018.

BOERI, T. **Remoção biológica de DQO, DBO₅, fósforo e nitrogênio utilizando um sistema de lodos ativados**. 2019. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari. Lajeado, 2019.

BRASIL. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n. 1**, de 5 de maio de 2008. Disponível em: <http://www.compe.org.br/estadual/deliberacoes/conjunta/1-2008.pdf> Acesso em: 14 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo**. Brasília: MAPA/ACE, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2018-2019-2028-2029> Acesso em: 15 out. 2018.

BROTTO, A. C. et al. **Emissão de óxido nitroso de estação de tratamento de esgoto de lodos ativados por aeração prolongada – estudo preliminar**. Química Nova, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 628-623, 2010.

CALDERÓN, K. et al. **Comparative analysis of the bacterial diversity in a lab-scale moving bed biofilm reactor (MBBR) applied to treat urban wastewater under different operational conditions**. Bioresource Technology, v. 121, p. 119-126, 2012.

CARVALHO, F.; PRAZERES, A. R.; RIVAS, J. **Efluente de soro de queijo: caracterização e tratamento**. The Science of the Total Environment, v. 445-446, p. 385-396, 2013.

CASTRO, R. P. V. **Pré-tratamento físico-químico e enzimático para efluente e abatedouro**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 24, n. 5, p. 975-981, set./out. 2019.

EIKELBOOM, D. H. E VAN BUIJSEN, H. J. J. **Microscopic sludge investigation manual**. Report A94, TNO Research Institute for Environmental Hygiene, Delft, Holanda, 1981.

FAGUNDES, C. M. C.; VEIGA, L. B. E.; SOUZA, S. L. Q. de. **Produção Mais Limpa em uma indústria de laticínios: boas práticas de gestão ambiental**. Alimentos. Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 45-63, 2020.

FIGUEIREDO, M.G., DOMINGUES, V.B.R.(2008). **Microbiologia de Lodos Ativados**. CETESB. São Paulo.

FUJII, F. Y. et al. **Desempenho de reator integrado de lodo ativado com biofilme em leito móvel**. Revista de Engenharia Sanitária Ambiental, v. 18, n. 4, p. 349-358, out./dez. 2013.

GOSSLER, S. C. **Avaliação de metazoários e protozoários como bioindicadores de eficiência em lodos ativados de uma indústria de termoprocessado de proteína animal a base de frango**. 2019. 71 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Química) – Centro Universitário Facvest – Unifacvest. Lages, 2019.

JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. (2003). **Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming, and other solids separation problems**. 3rd ed. Boca Raton: Lewis Publishers.

LENZI, M. R. **Microbiologia**. Uniasselvi: Indaial, 2012.

LONGARETTI, G. et al. **Revisão sobre o tratamento de efluentes industriais contendo alto teor de lipídeos**. Anais. 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves, RS, 5 a 7 de abril de 2016.

METCALF, L.; EDDY, H. P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. Tradução de Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2016.

MENDONÇA, H. V.; RIBEIRO, C. B. M.; BORGES, A. C.; BASTOS, R. R. **Sistemas alagados construídos em bateladas: remoção de demanda bioquímica de oxigênio e regulação de pH no tratamento de efluentes de laticínios**. Revista Ambi-Água, v. 10, n. 2, p. 442-453, 2015.

MENDONÇA, H. V. de et al. **Remoção de matéria orgânica e nutrientes de águas residuais de laticínios em sistemas alagados construídos**. Revista de Ciências Agrárias, v. 40, p. 12-22, 2017.

MORAIS, N. W. S. et al. **Caracterização físico-química e determinação de coeficientes cinéticos aeróbios de remoção da matéria orgânica de águas residuárias agroindustriais**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 489-500, jan./mai. 2020.

NICOLAU, A. et al. **Importância da identificação das espécies responsáveis pelo crescimento filamentosos nas ETARS**. In: ENCONTRO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO; SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2002. [cd-rom]. [s.l.: s.n., 2002].

OLIVEIRA, P. H. S. **Influência da intensidade de aeração na formação do floco de lodo ativado e na eficiência de remoção de matéria orgânica**. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

POKRYWIECKI, T. S. et al. **Avaliação do processo de tratamento de efluentes de laticínios**. Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 11, Supl. 1, p. S155-S161, 2013.

RIBEIRO, R. P. **Emissões de óxido nitroso em diferentes condições operacionais de sistema de tratamento de esgoto por lodos ativados em escala real e de bancada**. Universidade Federal Fluminense – Niterói 2017.

ROCHA, A. C.; CARDOSO, V. L.; VIEIRA, P. A. **Avaliação da Eficiência do coagulante Tanfloc no tratamento de efluente gerado de indústria láctica**. Simpósio de Tecnologia Ambiental e de Biocombustíveis. Ciência & Tecnologia: Fatec-JB, Jaboticabal, v. 10, p. 73-77, 2018

SANTOS, E. V. M. **Estratégias para predominância de organismos acumuladores de fósforo em sistemas de lodo ativado e respirometria aplicada à biodesfocação [manuscrito]**. 2014. 268 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, 2014.

SCHLEGEL, A. E.; PAUL, L. R.; JAEGER, E. V. Análise da eficiência do sistema de lodos ativados por meio de microscopia. **Revista Eletrônica do Alto do Vale do Itajaí – REAVI**, v. 4, n. 5, p. I-F, mar. 2016.

SENAI CIMATEC. **Segmento de laticínios**. 2019. Disponível em: <http://www.senaicimatec.com.br/wp-content/uploads/2019/12/Segmento-de-Laticinios.pdf> Acesso em: 21 jun. 2021.

SILVA, A. S. A. da et al. **Extração de biomassa aderida ao meio-suporte de um reator de leito móvel com biofilme: agitação mecânica e ultrassom**. Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 1-8, nov. 2020.

SILVA, R. R. da; SIQUEIRA, E. Q de; NOGUEIRA, I. de S. **Impactos ambientais de laticínios em curso d'água na Bacia do Rio Pomba**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 2, p. 217-228, mar./abr. 2018.

SPERLING, M. V. **Princípios de tratamento de águas residuárias: Lodos Ativados**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. 4. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: UFMG, 2016.

SPERLING, M. V. (1996). **Princípios Básicos de Tratamento de Esgotos. Série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, Volume 2. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, Brasil, 211 p.

TSITOURAS, A. (2021). **Biofilm morphology and microbiome of sequencing batch moving bed biofilm reactors treating cheese production wastewater**. University of Ottawa, Canadá, 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Produção brasileira de laticínios deve crescer**. Nov. 2019. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br/producao-brasileira-de-laticinios-deve-crescer/> Acesso em: 5 dez. 2019.

VAZOLLER, R.F. **Microbiologia de lodos ativados**. São Paulo. CETESB, 1989. 23p.

XIE, Y.; WAN, A.; WU, Y. **Numerical simulation and experimental investigation on the effect of a new suspended carrier filler on mass transfer in MBBR**. Chem. Eng. Process. Process Intensif. 2020, 156, 108104.

ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, A. M.; MENEGUZZI, Á. **Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea**. Revista de Engenharia Sanitária Ambiental, v. 21, n. 1, 29-42, jan/mar. 2016.

WETLANDS CONSTRUÍDOS COMO SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA APLICADOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS NO BRASIL

Data de aceite: 01/11/2021

Heloísa Dalla Rosa

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Gabriel André Tochetto

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Universidade Federal de Santa Catarina
(UFSC)

<https://orcid.org/0000-0003-1656-505X>

Gean Delise Leal Pasquali

Universidade de Passo Fundo, Universidade

Regional Integrada do Alto Uruguai

Universidade Federal Santa Catarina

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

<https://orcid.org/0000-0001-5110-6532>

Adriana Dervanoski

Universidade Federal de Santa Catarina

(UFSC)

Oregon State University (US)

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

<https://orcid.org/0000-0002-7928-0118>

RESUMO: O aumento da produção em setores primários, principalmente ligados a pecuária, tem acarretado na geração de grandes volumes de águas residuárias agroindustriais. A alta carga orgânica, e a elevada concentração de nutrientes como nitrogênio e fósforo, presente nesse efluente pode causar sérios danos ao ambiente quando lançado sem um tratamento adequado. A eutrofização dos corpos hídricos é apontada como um dos principais problemas associados ao descarte desse efluente em condições inadequadas. Sistemas descentralizados, de baixo custo e fácil operação devem ser projetados para atender esses setores de

produção que também se encontram na zona rural. Os *wetlands* construídos podem ser usados como uma tecnologia para polimento final de efluentes pois conseguem atender com eficiência as necessidades apresentadas, desse modo, uma visão geral acerca das características, princípios e condições operacionais, eficácia e aplicabilidade desse sistema foi discutida.

PALAVRAS-CHAVE: Objetivos do desenvolvimento sustentável. Efluentes pecuários. Remoção de nutrientes. Filtros plantados. Macrófitas.

1 | INTRODUÇÃO

Um recurso natural essencial para a sobrevivência das espécies e do próprio meio ambiente é a água, recurso finito e vulnerável. Contudo, a garantia da sua qualidade está suscetível a diversos tipos de contaminação, com destaque para as ações antrópicas. A geração de águas residuárias é proporcional ao consumo de água, assim com o intensivo aumento de agroindústrias no mundo, o volume deste tipo de efluente também tem crescido (Morais et al., 2020). O tratamento inadequado desses efluentes intensifica a presença de contaminantes nos recursos hídricos naturais (Fatima et al., 2021).

O Brasil possui sua economia fortemente baseada em setores de produção primários, incluindo atividades ligadas a suinocultura, laticínios, avicultura, bovinocultura e o processamento de carne (Morais et al., 2020).

O descarte inadequado dos efluentes agroindustriais nos corpos receptores causam diversas modificações físico-química na água, bem como o aumento do crescimento de algas, organismos patogênicos e o consumo de oxigênio dissolvido, limitando a qualidade dos corpos hídricos (Garcia et al., 2017; Xiao et al., 2018). O nitrogênio e o fósforo, são os nutrientes que, quando encontrados em excesso nos corpos hídricos, podem causar eutrofização, comprometendo a vida aquática (Gerhardt et al., 2018). Portanto, controlar as concentrações desses nutrientes é fundamental para a garantia da qualidade da água.

Altas cargas orgânicas e inorgânicas presente na composição das águas residuárias agroindustriais, tornam a remoção dessas substâncias em níveis aceitáveis pela legislação um grande desafio (Derisio, 2012). No Brasil, os processos convencionais são os mais utilizados nas estações de tratamento de efluentes, contudo, operam com grandes dificuldades para atingir os limites exigidos para o lançamento adequado (Fatima et al., 2021).

Assim, as Soluções Baseadas na Natureza (SBN) surgem como possível solução, principalmente em áreas rurais ou remotas. As SBN são intervenções realizadas com o propósito de melhorar a qualidade do ambiente, entretanto, tem como premissa que as ações sejam inspiradas e estejam de acordo com as dinâmicas ecossistêmicas, que ocorrem no meio ambiente de forma natural (Néto et al., 2020).

Os *wetlands*, por exemplo, ocorrem de forma natural em planícies inundadas, sendo capazes de remover compostos orgânicos e inorgânicos. Pensando nisso, os *wetlands* construídos (WC) surgiram justamente visando simular esse processo natural, mas com maior controle, potencializando o tratamento de águas residuárias. Nas últimas décadas, os WC têm ganhado destaque para o tratamento de efluentes agroindustriais (Bueno et al., 2019).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca do estado da arte em relação a aplicação de *wetlands* construídos para o tratamento deste tipo de água residuária.

2 | ETAPAS DE REMOÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DOS NUTRIENTES

Um dos elementos químicos de maior abundância na natureza é o nitrogênio, podendo ser encontrado no meio aquoso na forma orgânica ou inorgânica. Quando o nitrogênio passa por reação de oxidação e redução, pode ser encontrado em outras formas, o conjunto de reações pela qual ele passa dá origem ao ciclo do nitrogênio. As etapas que ocorrem no ciclo do nitrogênio são conhecidas como processos de nitrificação e desnitrificação (Bothe; Ferguson; Newton, 2007; Correl, 1999).

A nitrificação acontece em duas etapas, primeiro um tipo de bactéria autotrófica conhecida como *Nitrosomonas* oxida a amônia a nitrito (NO_2^-), posteriormente, ocorre a oxidação de nitrito a nitrato (NO_3^-) também por uma bactéria autotrófica, a *Nitrobacter*. Esse

processo ocorre em condições aeróbias, consumindo cerca de 75% de oxigênio durante a oxidação da amônia em nitrito, e 25% de oxigênio na oxidação de nitrito em nitrato (Cao et al., 2019).

A desnitrificação é um processo que ocorre na ausência de oxigênio, no qual o NO_3^- é reduzido a NO_2^- , e posteriormente a óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N_2O) e gás nitrogênio (N_2) (Cao et al., 2019). Cabe ressaltar que o N_2O é um dos gases mais poluentes para o efeito estufa e, portanto, a emissão do mesmo é a mais preocupante. A desnitrificação é uma parte integral dos processos de nitrificação, juntos esses processos são os mais convencionais utilizados no tratamento biológico de efluentes (Bothe; Ferguson; Newton, 2007).

Assim como o nitrogênio, o fósforo é também um elemento essencial para todas as formas de vida, nutriente mineral e pentavalente quando encontrado em meios aquáticos. Pode ser encontrado na forma de ortofostato (PO_4^{3-}), polifostado (PO_4^{3-} tetraédrico) e fosfato orgânico (Bothe; Ferguson; Newton, 2007), mas a forma mais comum de encontrar o fósforo em efluentes é como PO_4^{3-} (Fatima et al., 2021).

Segundo Fia et al. (2020) o ciclo do fósforo é fundamental, nele não há alteração no número de oxidação, diferenciando-se do ciclo do nitrogênio. A causa mais comum da eutrofização no meio aquático é o excesso de fósforo, que quando em excesso esse nutriente pode levar a mortandade de peixes e desequilíbrios na composição das espécies em todos os níveis tróficos (Correl, 1999). Em águas superficiais, com o aumento da concentração de fósforo a produtividade biológica do meio aumenta, conseqüentemente o processo de eutrofização acelera e a qualidade das águas superficiais diminui, aumenta o crescimento de algas e ausência de oxigênio dissolvido na água (Khan, Mohammed, 2014).

Sua remoção pode ser feita por tratamento químico de precipitação, remoção biológica ou até mesmo uma combinação dos dois processos. A remoção biológica envolve processos que incorporam o fósforo na biomassa, oriunda de sistemas de tratamento, após isso, é feita remoção da biomassa a partir do descarte de lodo (Correl, 1999).

As técnicas de remoção biológica de fósforo se baseiam na capacidade, de algumas bactérias heterotróficas presentes na biomassa se acumularem, dentro da célula, fosfato solubilizado na forma de polifosfatos, se houverem condições ótimas para seu crescimento e metabolismo (Wang et al, 2018). Os organismos acumuladores de fósforo no sistema passam por processos com existência de etapas anaeróbias, garantindo um ambiente onde há vantagem competitiva, ou seja, com capacidade de utilizar uma fonte interna de energia (polifosfato acumulado na fase anaeróbia) e reter parte na matéria orgânica rapidamente biodegradável na fase anaeróbia (Bueno et al., 2019).

3 | OS EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS

Com o aumento significativo do número e do porte de agroindústrias há também uma

maior geração de resíduos orgânicos e efluentes. Os efluentes agroindustriais são oriundos de diferentes setores primários de produção, como de abatedouro, suinocultura, avicultura, bovinocultura e frigoríficos (Morais et al., 2020). Dessa forma, não há uma uniformidade nas características físico-químicas, havendo uma grande variabilidade nas concentrações referentes às frações orgânicas, nutrientes e sólidos. Realizar, por tanto, a caracterização dos efluentes é de suma importância antes de escolher o tratamento adequado (Njoya et al., 2019), visto a grande sazonalidade mesmo entre os mesmos tipos de águas residuárias. No Quadro 1, estão sintetizados os principais resultados de caracterização de águas residuárias agroindustriais encontrados em estudos realizados no Brasil.

	pH	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	NT (mg/L)	N-NH ₃ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	P (mg/L)	PO ₄ ⁻³ (mg/L)	Referências
Abatedouro de aves	6,8-7,8	2.133 ±373	4.060 ±687	169 ±71	57±29	0	14,8 ±8,9	-	-	[1]
	7,3-8,2	-	195 ±62	123	139 ±26	-	-	49±11	42±8	[2]
	6,3-7,0	2.025 ±352	3.124 ±594	-	-	-	-	27±5	-	[3]
	7	4.100	11.290	502,9	10,1	0	0	19,6	12,1	[4]
Suinocultura	7,8±0,3	777 ±519	2.492 ±1705	530 ±93	304 ±96	0,032 ±0,035	0,84 ±0,27	161 ±119	-	[5,6]
	7,5±0,1	163 ±11	799 ±50	395 ±8	-	-	0,7 ±0,05	62±3	-	[7]
	6,8	7.979	18.707	723,4	360,6	0	1,6	63	44,2	[4]
Laticínio	6±0,8	1.675 ±938	2.456 ±957	26±7	-	-	-	16±5	-	[8]
	3,8±0,5	2.790 ±633	5.143 ±328	89±17	-	-	-	22±5	-	[9,10]
	5,4	11.875	17.629	168,4	9,4	0	0,4	105,4	52,9	[4]

Quadro 1 – Caracterização físico-química de águas residuárias de origem agroindustrial no Brasil.

Fonte: [1] Nery et al., 2016; [2] Nardi et al., 2011; [3] Nardi et al., 2008; [4] Moraes et al., 2020; [5] Fia et al., 2017; [6] Fia et al., 2020; [7] Sarmento, 2012; [8] Mendonça et al., 2017; [9] Matos et al., 2009; [10] Matos et al., 2012.

O pH dos efluentes advindos do abate de aves e da suinocultura estão mais próximos da neutralidade (6,3-8,2), o que não é comum no caso dos laticínios, onde os valores são mais baixos (3,8-6), o que pode causar problemas de corrosividade nas bombas e tubulações de dispersão da água residuária, podendo ainda afetar o desempenho das macrófitas.

Conforme esperado, os efluentes de suinocultura apresentam maiores concentrações de matéria orgânica carbonácea, podendo chegar a valores da ordem de 18.707 mg/L,

contudo, observa-se que em alguns casos a indústria de laticínio também alcança patamares elevados tanto quanto as demais atividades. Com relação aos nutrientes, dificilmente se encontra nitrito, uma vez que no efluente bruto ele costuma se encontrar na forma de NH_3^+ , sendo a forma amoniacal a condição em que o nitrogênio aparece em maiores concentrações. A maior parcela do fósforo se encontra na forma de PO_4^{3-} .

4 | WETLANDS CONSTRUÍDOS

Os *wetlands* são conhecidos na literatura brasileira como sistemas alagados construídos ou ainda filtros plantados com macrófitas (Ramos et al., 2017; Pelissari et al., 2012). O tratamento de efluente em *wetlands* é basicamente parecido com processos naturais que acontecem em ambientes alagados naturalmente, contudo, o que diferencia são as tecnologias introduzidas no processo, para que possa ser controlada a depuração, trabalhando com taxas mais elevadas (Fia et al., 2020).

São sistemas de tratamento biológico, compostos por compartimentos artificiais, com profundidade baixa (Silveira et al, 2020). Utilizam plantas macrófitas e substratos, os substratos podem ser areia, brita ou solo que servem de suporte para as macrófitas e microrganismos se desenvolverem, configurando a formação de biofilme e variedades de microrganismos. Conseqüentemente essa configuração, através de processos biológicos, físicos e químicos, realizam o tratamento dos efluentes (Sousa et al., 2000). Nestes sistemas, ocorre normalmente o processo aeróbio conseqüente de trocas gasosas com a atmosfera (Andrade et al., 2020).

As espécies vegetais agem na extração de macro e micronutrientes essenciais em seu crescimento, transferem oxigênio para o substrato, possibilitando o desenvolvimento de sítios aeróbios e também contribuem na formação de filmes biológicos ativos que promovem a degradação dos compostos orgânicos (Tanner, 2001; Matos et al, 2009).

Nos sistemas alagados construídos, a demanda de produtos químicos e energia é menor, conseqüentemente é uma tecnologia de baixo custo (Albuquerque et al., 2010). Outra vantagem é o crescimento do habitat para a vida animal (Michael Jr., 2003). Ao comparar os *wetlands* com os sistemas convencionais, além de seu baixo custo, é de fácil operação e manutenção. Como desvantagem, esses sistemas demandam maior área de implantação e instalação e em regiões com temperaturas mais baixas a eficiência diminui (Salati, 2006).

Quanto ao tipo de *wetlands*, variam conforme o tipo de efluente a ser tratado, o substrato, a vegetação e o fluxo do sistema (Sezerino et al., 2015). *Wetlands* construídos de fluxo superficial, *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial (horizontal e vertical) e sistemas híbridos são os três tipos de *wetlands* (Wang et al., 2018).

Os *wetlands* de fluxo superficial são semelhantes às lagoas facultativas por causa da existência de algas ou das macrófitas, e semelhantes às lagoas anaeróbias nas

camadas mais profundas, pela ausência da incidência solar e presença de organismos anaeróbios. Os subsuperficiais (horizontal, vertical) são os mais utilizados, primeiramente foram aplicados para remover demanda bioquímica de oxigênio e sólidos suspensos, e com base nos monitoramentos foi possível observar a eficiência na remoção de fósforo e na oxidação da amônia (Silva, 2017).

4.1 Macrófitas

A escolha adequada da vegetação é um dos primeiros critérios e de extrema relevância. Há diversos estudos na literatura utilizando diferentes espécies de macrófitas para diferentes aplicações. Dessa forma, é necessário considerar aspectos ligados as características das águas residuárias a serem tratadas e o clima da região (temperatura, umidade, precipitação), por exemplo.

Conforme Sultana et al. (2015), as macrófitas *Typha spp.* e *Phragmites spp.* são as mais utilizadas no tratamento de efluentes agroindustriais pelo mundo, porém há mais de 30 espécies também empregadas para a remoção destes contaminantes presentes neste tipo de água residuária. Contudo, cabe ressaltar que não é recomendado a importação de plantas de que não são nativas da região, uma vez que será difícil a sua adaptação.

A partir de uma análise dos trabalhos publicados para o tratamento de efluentes agroindustriais no Brasil, foi possível observar uma predominância de algumas espécies conforme visualizado no Quadro 2.



Typha domingensis

Taboa

[1-9]



Cyperius spp.

Papirus

[10]



[9,11]

Pennisetum purpureum
Capim elefante



[7-9,11]

Cynodon dactylon.
Capim tifton-85



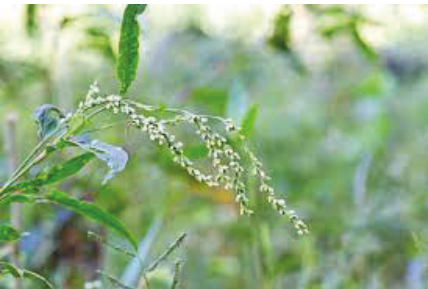
[6]

Hedychium coronarium
Lírio do brejo



[9]

Alternanthera philoxeroides
Perpétua ou erva de jacaré



[12]

Polygonum punctatum
Erva-de-bicho



[12]

Chrysopogon zizanioides
Capim-vetive

Quadro 2 – Principais macrófitas empregadas no tratamento de águas residuárias no Brasil.

Fonte: [1] Pelissari et al., 2012; [2] Pelissari et al., 2013; [3] Pelissari et al., 2014; [4] Pelissari et al., 2015; [5] Pelissari et al., 2019; [6] Mendonça et al., 2017; [7] Fia et al., 2017; [8] Fia et al., 2020; [9] Matos et al., 2009; [10] Sarmiento et al., 2012; [11] Matos et al., 2012; [12] Ramos et al., 2017.

Mendonça et al. (2017) avaliaram a eficiência da remoção de nutrientes, provenientes de águas residuárias de laticínios em WC considerando dois tipos de macrófitas. Os autores observaram que a *Typha domingensis* conseguiu remover percentuais maiores

de nitrogênio (50%) e fósforo (43%) comparado a *Hedychium coronarium* (N - 45% e P - 40%). Dois estudos de Matos et al. (2009) e Matos et al. (2012) verificaram que o *Cynodon spp.* se mostrou mais eficiente na remoção de nitrogênio quando comparado a *Pennisetum purpureum*, entretanto, quando se trata de remoção fósforo, matéria orgânica carbonácea e sólidos não houve diferença significativa.

Aplicando efluentes de suinocultura em WC, Fia et al. (2020) concluiu que em diferentes condições de vazão, taxa de carregamento e tempo de detenção hidráulica não havia diferença estatística entre *Cynodon spp* e *Typha domingensis* na remoção de fósforo. Em outro estudo, Fia et al. (2017) chegaram na mesma conclusão para a remoção de N, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- e P. Segundo Matos et al. (2009) a *Alternanthera philoxeroides* foi a espécie com capacidade de extração de nutrientes, sendo essa a recomendada para o tratamento de efluentes da suinocultura.

O acompanhamento do desenvolvimento e das concentrações de nutrientes, principalmente, nitrogênio e fósforo, no tecido foliar das macrófitas são fundamentais para a compreensão dos mecanismos de remoção desses compostos (Pelissari et al., 2019).

Um estudo reportado por Pelissari et al. (2015), evidenciou que a macrófita *Typha domingensis* apresentou maiores taxas em termos de remoção de nutrientes no qual ocorreram no período de maior crescimento foliar. Assim, Pelissari et al., (2014) evidenciou através de estudos que as macrófitas são responsáveis pela remoção de 0,88% da carga de nitrogênio em WC de fluxo vertical (WCFV) e 5,1% em WC de fluxo horizontal (WCFH), absorvendo no tecido foliar 25,6 g/kg em 150 dias e 27,7 g/kg em 100 dias para os sistemas WCFH e WCFV, respectivamente.

4.2 Influência de condições operacionais e climáticas

A carga inicial de matéria orgânica aplicada em WC é um parâmetro essencial para o bom desempenho do sistema. Conforme reportado por Lin et al. (2002), a carga de nutrientes está diretamente ligada com o percentual de remoção destes. Contudo, as características das águas residuárias variam muito ao longo do tempo, impactando diretamente na eficiência (Mburu et al., 2019).

Fia et al. (2017) usou elevadas cargas orgânicas de nitrogênio, reduzindo a disponibilidade de oxigênio no meio, grande parte do oxigênio se apresentou como amônio e não nitrato, não ocorrendo nitrificação e desnitrificação completa, afetando a remoção de nitrogênio. Já no caso do fósforo foi obtida uma eficiência satisfatória, entre 73% e 78%, por conta de vários fatores, como a capacidade de adsorver e precipitar compostos. Fia et al. (2020) observou maiores remoções de fósforo em sistemas com menores cargas, porém com o aumento da taxa inicial empregada do referido nutriente verificou-se uma sutil diminuição da eficiência.

Segundo Mburu et al. (2019) a temperatura é um parâmetro que pode influenciar significativamente na remoção de contaminantes em WC. Em temperaturas muito baixas

algumas macrófitas podem apresentar dificuldades para o seu crescimento, necessitando de um período maior, assim como os microrganismos que atuam na transformação dos nutrientes, tendem ter uma taxa de crescimento muito mais lenta. A variação da temperatura não é um impedimento para a aplicação dos sistemas de WC, contudo a estabilidade da temperatura é um ponto muito importante (Mburu et al., 2019; Salati, 2006).

A região nordeste do Brasil é favorecida pelas condições climáticas, no qual o semiárido propicia maiores taxas metabólicas dos microrganismos e de fotossíntese das macrófitas (Andrade et al., 2020), assim WC na região do semiárido nordestino se mostram promissores para tratar efluentes agroindustriais.

Para Wang et al. (2018) o desempenho dos WC em climas frios ainda é questionável, entretanto, no Brasil com uma grande diversidade de climática, as regiões com temperatura mais baixa se encontram no sul do país. Os estudos desenvolvidos por Pelissari et al. (2012, 2013, 2014, 2015, 2018) foram conduzidos no Rio Grande do Sul e, apesar de ser verificado uma diminuição da eficiência no inverno, os percentuais de remoção se mostram interessantes.

Pelissari et al. (2012) avaliaram a resposta inicial (primeiros 9 meses) de *wetlands* construídos no pós-tratamento de efluentes da bovinocultura leiteira advindos de um sistema de lagoa de decantação. Aplicando duas configurações distintas, uma de fluxo vertical (WCFV) e outra horizontal (WCFH), verificaram que a macrófita *Typha domingensis* teve melhor resposta no sistema WCFH, uma vez que no sistema vertical foi necessário o replantio da macrófita devido à baixa saturação do maciço filtrante (Pelissari et al., 2012). Em um estudo posterior, Pelissari et al. (2013) explicam que a dificuldade de adaptação da macrófita se deu em virtude de um estresse hídrico no sistema, causando a redução da área foliar, baixa velocidade de crescimento e densidade da planta.

4.3 Influência da configuração do sistema

Pelissari et al. (2012) avaliou diferentes configurações de WCs no tratamento de efluente da bovinocultura leiteira. O WCFH apresentou remoções de 78% de PO_4^{3-} e 29% de NH_4^+ , contudo, verificou-se aumento da concentração de NO_2^- e NO_3^- em ambas as configurações avaliadas (vertical e horizontal), esse resultado pode ser atribuído a oxidação do NH_4^+ formando NO_2^- e NO_3^- . Além disso, Sgroi et al. (2018) sugere que mecanismos de dessorção e hidrólise podem estar ocorrendo, justificando a elevação da concentração dessas substâncias.

Um grande desafio encontrado no tratamento de águas residuárias da bovinocultura leiteira por ação de macrófitas está na remoção de NO_2^- e NO_3^- , independentemente do arranjo construtivo. Após 12 meses de operação de um WCFV, Pelissari et al. (2013) verificou que no efluente bruto não foi detectado NO_2^- , contudo passado algum tempo a concentração chegou a 0,1 mg/L, já no caso do NO_3^- houve um aumento significativo, de 5,2 mg/L para 37,2 mg/L. Comportamento similar foi reportado em WCFH e WCFV com

menores tempos de operação (Pelissari et al., 2012).

Em processos naturais, como os *wetlands* há uma série de possíveis transformações pelo qual o nitrogênio pode passar, seguindo diferentes vias metabólicas (Pelissari et al., 2014). Conforme reportado por Saeed e Sun (2012), esse nutriente pode ser volatilizado, absorvido pelas macrófitas, adsorvido pelo material filtrante, absorvido pela biomassa microbiana ou ainda passar pelos processos de amonificação, nitrificação e desnitrificação. Ainda, destaca-se que a baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido e a falta de carbono orgânico estão associados a eficiência reduzida na remoção de nitrogênio (Platzer, 1999; Zhai et al., 2013).

Diante disso, Pelissari et al. (2014) buscaram entender como se dava a transformação de nitrogênio presente no efluente da produção leiteira em WCFH e WCFV, verificando que cerca de 67% do efluente bruto era composto de NH_4^+ , 26% de N orgânico e 7% de NO_3^- . A análise da água após o tratamento por WCFH demonstrou presença significativa de NH_4^+ (52%) e N orgânico (41%), indicando que havia um ambiente propício para a redução com baixa concentração de oxigênio, o que não foi observado no WCFV, onde a maior parcela do nitrogênio se encontra na forma de NO_3^- (60%), sugerindo boa oxidação do nutriente pelo processo de nitrificação.

A eficiência de remoção de PO_4^{3-} está diretamente ligada ao sistema construtivo, mais especificamente as características hidráulicas do filtro (Stefanakis e Tsihrintzis, 2012). Nos módulos verticais o tempo de detenção hidráulico é menor quando comparado ao sistema horizontal, de modo que o efluente é rapidamente drenado para a saída, como consequência, o tempo para que ocorra a adsorção do PO_4^{3-} no material filtrante é o principal limitador. Essa afirmação pode ser verificada através de ensaios experimentais, em WCFH pode-se alcançar resultados satisfatórios, como 78% (Pelissari et al., 2012), contudo, o WCFV acaba resultando em percentuais da ordem de 15% (Pelissari et al., 2012) e 10% (Pelissari et al., 2013).

A remoção da matéria orgânica carbonácea, em termos de DBO e DQO, tende a apresentar um comportamento similar entre os WCFH e WCFV (Pelissari et al., 2015). Essa conclusão foi verificada experimentalmente por Pelissari et al. (2012), onde os percentuais de remoção para ambas as configurações variaram entre 60% e 69% para a DBO e reafirmada por Pelissari et al. (2015) com remoção de 74% para o WCFV e 62% para o WCFH em termos de DQO.

Outra configuração comumente empregada diz respeito a saturação (WCS) ou insaturação (WCI) dos *wetlands* construídos. Como relatam Sgroi et al. (2018) e Pelissari et al. (2017), nos WCS a predominância é de baixas concentrações de oxigênio dissolvido, tornando propício para que a desnitrificação ocorra, enquanto nos WCI o processo de nitrificação é mais favorecido pelos pulsos de alimentação ao longo do dia que resultam em alta capacidade de transferência de oxigênio.

Sgroi et al. (2018) reportou que há diferenças importantes entre as configurações

de WCS e WCI. O sistema insaturado promoveu maiores percentuais de remoção de matéria orgânica carbonácea, 81% para a DBO, 67% para DQO e cerca de 72% de carbono orgânico total. Já o sistema saturado (WCS) promoveu maior redução da concentração de nitrogênio total, cerca de 52% enquanto no WCI foi de 35%.

Para compreender esse resultado, Pelissari et al. (2017) caracterizou as comunidades de bactérias transformadoras de nitrogênio em meio saturado. No referido estudo, concluiu-se que o WCS cria duas zonas distintas, no fundo do leito não há oxigênio (ambiente anóxico) ou a concentração é baixíssima (ambiente anaeróbio), enquanto na parte superior a oxigenação é maior (condição aeróbia), resultando em uma maior diversidade microbiana.

4.4 Avaliação do desempenho em diferentes efluentes

A aplicabilidade dos *wetlands* no tratamento de águas residuárias originárias da bovinocultura leiteira já é um consenso na comunidade científica, como aponta Pelissari et al. (2012). Entretanto, ainda há lacunas a serem preenchidas, principalmente relacionadas com a ampliação dos sistemas para escalas reais, prontas para uso. Assim, a compreensão do comportamento da microbiota frente a diferentes condições operacionais e climáticas durante o processo de tratamento é de grande interesse.

A suinocultura gera efluentes com cargas orgânicas muito elevadas, que possuem alto potencial poluidor associado. Essa atividade econômica localiza-se na zona rural dos municípios, por tanto, sistemas como WCs são extremamente recomendados para o tratamento dos dejetos líquidos (Fia et al., 2017). A eficiência dos WCs frente a diferentes cargas orgânicas iniciais também foi comprovada por Mendonça et al. (2017), observando remoções relevantes da DBO, DQO, NTK e P-total. Na Tabela 1, são apresentados trabalhos publicados no qual avaliou-se a remoção de nutrientes, apresentando as condições operacionais e os principais resultados.

Efluente	Condições experimentais	Principais resultados	Referências
Suinocultura	$C_{i,P} = 12,4 \pm 6,0$ kg/ha.d $Q = 42$ L/d TDH = 5,9 dias	$C_{f,P} = 38,0 \pm 15$ mg/L $R_p = 71,0$ %	Fia et al. (2020)
	$C_{i,P} = 6,1 - 6,2 \pm 3,0$ kg/ha.d $C_{i,NTK} = 110 - 120 \pm 20$ kg/ha.d $Q = 21 \pm 20$ L/d TDH = 11,8–12 dias	$C_{f,P} = 29 - 37 \pm 17$ mg/L $R_p = 73 - 78$ % $C_{f,NTK} = 340 - 354 \pm 109$ mg/L $R_{NTK} = 37 - 40$ %	Fia et al. (2017)
Abatedouro	$C_{i,NH_4^+} = 285,0 \pm 6,0$ mg/L $C_{i,NH_3} = 105,5 \pm 12,8$ mg/L $C_{i,NO_3^-} = 34,6 \pm 6,8$ mg/L $Q = 16000$ L/d TDH = 3,3 dias	$C_{f,NH_4^+} = 5,0 \pm 1,0$ mg/L $R_{NH_4^+} = 98,2$ % $C_{f,NH_3} = 5,0 \pm 1,0$ mg/L $R_{NH_3} = 95,3$ % $C_{f,NO_3^-} = 7,4 \pm 2,1$ mg/L $R_{NO_3^-} = 78,6$ %	Michael et al. (2020)

Laticínio	$C_{i,NH_4^+} = 40,9 \pm 5,0$ mg/L TDH = 9,4	$R_{NH_4^+} = 98,2$ %	Mohammed, Ismail (2020)
	$C_{i,NTK} = 26,5 \pm 7,5$ mg/L $C_{i,P} = 16,8 \pm 4,9$ mg/L TDH = 3,5 dias	$R_{NTK} = 50$ % $R_P = 43$ %	Mendonça (2017)

Tabela 1 – Síntese de resultados recentes da aplicação *wetlands* construídos na remoção de nitrogênio e fósforo de diferentes efluentes agroindustriais

Legenda: C_i carga inicial; C_f concentração final; C - concentração, R - percentual de remoção; Q - vazão; TDH - tempo de detenção hidráulica. Subscritos: i - inicial; f - final; N - nitrogênio total; P - fósforo total; NH_4^+ - amônio; NH_3 - amônia; NO_3^- - nitrato; NTK - nitrogênio total Kjeldahl.

A partir de uma análise dos resultados de remoção de nutrientes apresentados na Tabela 1, verifica-se que o tempo de detenção hidráulica (TDH) é fortemente dependente da carga orgânica inicial. Em sistemas com alta concentração de nitrogênio e fósforo, como no estudo de Fia et al. (2017) um tempo de até 12 dias é requerido, entretanto quando Fia et al (2020) reduziu a carga, observou-se também um menor TDH. Comportamento similar pode ser verificado nos estudos de Mohammed e Ismail (2020) e Mendonça (2017).

Os WCs se mostram eficazes na remoção de nitrogênio independente do tipo de efluente, apresentando maiores percentuais de remoção do nutriente na forma amoniacal e nitrato, uma vez que a absorção e assimilação do nitrito pelas macrófitas é mais difícil (Bredemeier, Mundstock, 2000). Com relação ao fósforo, a eficiência de remoção tende a ser menor, uma vez que a capacidade dos WCs removerem esse nutriente é limitada pela capacidade da macrófita em absorver o P (Fia et al, 2020).

5 I CONCLUSÃO

O presente estudo apresentou técnicas de remoção de nitrogênio e fósforo aplicado ao polimento final de efluentes agroindustriais a partir de soluções baseadas na natureza, com enfoque nos sistemas de *wetlands* construídos. Verificou-se que os WC são altamente eficientes na remoção de nitrogênio amoniacal, mesmo considerando diferentes tipos de efluentes agroindustriais com cargas orgânicas diversas. A configuração do sistema pode alterar a rota de transformação de nutrientes, sendo assim, fundamental uma análise do tipo de efluente a ser tratado. Condições climáticas e operacionais são importantes principalmente no desenvolvimento das macrófitas. Com relação a vegetação, identificou-se que a *Typha domingensis* e *Cynodon dactylon* são as macrófitas mais empregadas na remoção de nutrientes advindos de agroindústrias por WC no Brasil.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. et al. Evaluation of the effectiveness of horizontal subsurface flow constructed wetlands for different media. **Journal of Environmental Science**, v. 22, p. 820826, 2010.

ANDRADE, S. O. et al. Uso de wetlands construídas para o tratamento de efluentes agroindustriais

no semiárido nordestino. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 5, 2020, Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande, 2020. p. 1-4.

BOTHE, H.; FERGUSON, S. J.; NEWTON, W. E. **Biology of the Nitrogen Cycle**. Elsevier 2007, 427 p.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, p. 365-372, 2000.

BUENO, R. F. et al. Remoção simultânea de material orgânico, nitrogênio e fósforo em um reator em bateladas sequenciais com biofilme de leito móvel operado pelo processo anaeróbio-anóxico-óxico. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 24, p. 747-760, 2019.

CAO, S. et al. Novel two stage parcial denitrificação (PD)-Anammox process for tertiary nitrogen removal from low carbon/nitrogen (C/N) municipal sewage. **Chemical Engineering Journal**, v. 362, p. 107-115, 2019.

CORREL, D. L. Phosphorus: a rate limiting nutrient in surface waters. **Poultry Science**, v. 78, p. 674-682, 1999.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

FATIMA, F et al. Treatment of poultry slaughterhouse wastewater with membrane technologies: A review. **Water**, v.13, p. 1905, 2021.

FIA, F. R. L et al. Dinâmica do fósforo em sistemas alagados construídos tratando água residuária da suinocultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 79-86, 2020.

FIA, F. R. L. et al. Efeito da vegetação em sistemas alagados construídos para tratar águas residuárias da suinocultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 22, p. 303-311, 2017.

GARCIA, A. L. H. et al. Genotoxicity induced by water and sediment samples from a river under the influence of brewery effluent. **Chemosphere**, v. 169, p. 239-248, 2017.

GERHARDT, R. et al. Remoção de nitrogênio e fósforo de efluente industrial através da precipitação de estruvita. **Tecno-Lógica**, v. 22, p. 35-40, 2018.

KHAN, M. N; MOHAMMAD, F. Eutrophication: Challenges and Solutions. *In*: ANSARI, A. A.; GILL, S. S. **Eutrophication: Causes, Consequences and Control**. Berlim: Springer, 2014.

LIN, Y. et al. Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system. **Aquaculture**, v. 209, p. 169-184, 2002.

MATOS, A.T. et al. Capacidade extratora de diferentes espécies vegetais cultivadas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Ambiente e Água**, v. 4, p. 3145, 2009.

MATOS, A.T. et al. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da indústria de laticínios. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 1144-1155, 2012.

MBURU, C. et al. Impact of substrate type, depth and retention time on organic matter removal in vertical subsurface flow constructed wetland mesocosms for treating slaughterhouse wastewater. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 114, p. 102792, 2019.

MENDONÇA, H.V. et al. Remoção de matéria orgânica e nutrientes de águas residuais de laticínios em sistemas alagados construídos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, p. 12-22, 2017.

MICHAEL JR., J. H. Nutrients in salmon hatchery wastewater and its removal through the use of a wetland constructed to treat off-line settling pond effluent. **Aquaculture**, v. 226, p. 213225, 2003.

MORAIS, N. W. S. et al. Caracterização físico-química e determinação de coeficientes cinéticos aeróbios de remoção da matéria orgânica de águas residuárias agroindustriais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, p. 489-500, 2020.

NARDI, I. R. et al. Performance evaluation and operating strategies of dissolved-air flotation system treating poultry slaughterhouse wastewater. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 52, p. 533-544, 2008.

NARDI, I. R. et al. Performances of SBR, chemical-DAF and UV disinfection for poultry slaughterhouse wastewater reclamation. **Desalination**, v. 269, p. 184-189, 2011.

NERY, V. D. et al. Poultry slaughterhouse waste water treatment plant for high quality effluent. **Water Science & Technology**, v. 73, p. 309-316, 2016.

NÉTO, N. C. G. et al. Soluções Baseadas na Natureza aplicadas à conservação e à gestão integrada das águas: um estudo prospectivo à luz da Agenda 2030 da ONU. **Revista Principia**, v. 1, n. 51, p. 30-43, 2020.

NJOYA, M. et al. Analysis of the Characteristics of Poultry Slaughterhouse Wastewater (PSW) and Its Treatability. **Water Practice & Technology**, v. 14, p. 959–970, 2019.

PELLISSARI, C. et al. Comportamento inicial de *wetlands* construídos empregados no tratamento de efluentes de bovinocultura leiteira. **Engenharia Ambiental**, v. 9, p. 190-204, 2012.

PELLISSARI, C. et al. Nitrogen transformation in horizontal and vertical flow constructed wetlands applied for dairy cattle wastewater treatment in southern Brazil. **Ecological Engineering**, v. 73, p. 307-310, 2014.

PELLISSARI, C. et al. Nitrogen transforming bacteria within a full-scale partially saturated vertical subsurface flow constructed wetland treating urban wastewater. **Science of The Total Environment**, v. 574, p. 390-399, 2017.

PELLISSARI, C. et al. *Wetlands* construídos de fluxo vertical empregado no tratamento de efluentes de bovinocultura leiteira. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, p. 223-233, 2013.

PLATZER, C. Design recommendations for subsurface flow constructed wetlands for nitrification and denitrification. **Water Science and Technology**, v. 40, p. 257-263, 1999.

RAMOS, N. F. S. et al. Tratamento de águas residuais de suinocultura em sistemas alagados construídos, com *Chrysopogon zizanioides* e *Polygonum punctatum* cultivadas em leito de argila expandida. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 123-132, 2017.

SAEED, T.; SUN, G. A review on nitrogen and organics removal mechanisms in subsurface flow constructed wetlands: Dependency on environmental parameters, operating conditions and supporting media. **Journal of Environmental Management**, v. 112, p. 429-448, 2012.

SALATI, E. **Controle de qualidade de água através de sistemas de wetlands construídos**. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2006.

SARMENTO, A. P. Evaluation of vertical-flow constructed wetlands for swine wastewater treatment. **Water, Air, & Pollution**, v. 223, p. 1065-1071, 2012.

SEZERINO, P. H. et al. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 151-158, 2015.

SGROI, M. et al. Removal of organic carbon, nitrogen, emerging contaminants and fluorescing organic matter in different constructed wetlands configurations. **Chemical Engineering Journal**, v. 332, p. 619-627, 2018.

SILVA, L. D. D. **Wetlands construídos de fluxo vertical aplicados no pós-tratamento de efluente de abatedouro de ovinos e bovinos**. 2017. 94 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2017.

SILVEIRA, J. R. et al. Tratamento de efluentes sépticos em wetlands construídos de uma unidade universitária. **Tecnia**, v. 6, p. 136-152, 2020.

SOUSA, J.T. et al. Pós-tratamento de efluentes de reator UASB utilizando sistemas “wetlands” construídos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.87-91, 2000.

STEFANAKIS, I. A.; TSIHRINTZIS, V. A. Effects of loading, resting period, temperature, porous media, vegetation and aeration on performance of pilot-scale vertical flow constructed wetlands. **Chemical Engineering Journal**, v. 181-182, p. 416-430, 2012.

SULTANA, M. et al. Constructed wetlands in treatment of agro-industrial wastewater: A review. **Hemijaska Industrija**, v. 69, p. 127-142, 2015.

TANNER, C. C. Plants as ecosystem engineers in subsurface-flow treatment wetlands. **Water Science Technology**, v. 44, p. 9-17, 2001..

WANG, M. et al. Application of constructed wetlands for treating agricultural runoff and agro-industrial wastewater: a review. **Hydrobiologia**, v. 805, p. 1-31, 2018.

XIAO, S. et al. Influence of sewage treatment plant effluent discharge into multipurpose river on its water quality: A quantitative health risk assessment of *Cryptosporidium* and *Giardia*. **Environmental Pollution**, v. 233, p. 797-805, 2018.

ZHAI, X. et al. Can root exudates from emergent wetlands plants fuel denitrification in subsurface flow

constructed wetlands system? **Ecological Engineering**, v. 61, p. 555-563, 2013.

TECNOLOGIAS AVANÇADAS PARA A REMOÇÃO DE ANTIBIÓTICOS E HORMÔNIOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E EFLUENTES DOMÉSTICOS

Data de aceite: 01/11/2021

Aline Paula Scussel

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Gabriel André Tochetto

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Universidade Federal de Santa Catarina

(UFSC)

<https://orcid.org/0000-0003-1656-505X>

Adriana Dervanoski

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Oregon State University (US)

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

<https://orcid.org/0000-0002-7928-0118>

Gean Delise Leal Pasquali

Universidade de Passo Fundo

Universidade Regional Integrada do Alto

Uruguai

Universidade Federal Santa Catarina

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

<https://orcid.org/0000-0001-5110-6532>

RESUMO: Contaminantes emergentes (CEs), como antibióticos e desreguladores endócrinos presentes em águas superficiais e subterrâneas são uma preocupação mundial. São contaminantes que se encontram no ambiente aquático em concentrações traço, não sendo monitorados na saída das estações de tratamento de águas de abastecimento e residuárias. Devido à baixa biodegradabilidade e a capacidade de acumulação no meio ambiente, vêm sendo estudados como causadores

de diversos problemas de saúde, tanto em animais como em seres humanos. Diversos estudos indicam que os antibióticos presentes nas águas têm contribuído para o surgimento de patógenos resistentes a antibióticos. Desreguladores endócrinos são apontados por diferentes estudos como causadores de má formação e feminilização em diversas espécies da biota aquática. Desta forma esse estudo tem por objetivo identificar algumas das principais técnicas de remoção de antibióticos e hormônios estrogênicos de águas e efluentes. Verificou-se que os processos oxidativos avançados (POAs), adsorção e filtração por membranas são tecnologias eficientes na remoção dos CEs.

PALAVRAS-CHAVE: Contaminantes emergentes. Adsorção. Membranas. Processos oxidativos.

1 | INTRODUÇÃO

A contaminação dos recursos hídricos é uma preocupação antiga e tem sido nas últimas décadas foco de intensas pesquisas. Pesquisas voltadas a minimização dos impactos causados por diferentes contaminantes, que podem ser de origem natural, resultado das características do ambiente ou de origem antropogênica, resultados da ação humana (Moraes e Jordão, 2002; Parida et al., 2021). As substâncias de origem antropogênica encontram-se em sua grande maioria nos efluentes sanitários e industriais, sendo lançadas em corpos receptores devido à dificuldade de remoção

desses compostos pelas estações de tratamento convencionais (Bottoni et al., 2010; Melo et al., 2009; Styszko et al., 2020). Além disso, os compostos emergentes (CEs) podem atingir corpos d'água via lançamento de lixiviados de aterro e drenagens superficiais agrícolas (Lima et al., 2007).

Entre os contaminantes que tem tido destaque encontram-se os CEs. Nesta categoria enquadram-se substâncias orgânicas sintéticas e naturais, que se apresentam em baixas concentrações (10^{-3} g a 10^{-12} g), o que fez com que sua presença fosse despercebida até pouco tempo, e por isso não regulamentada pelos órgãos governamentais reguladores (Lima et al., 2017; Montagner; Vidal; Acayaba, 2017).

Segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) os CEs podem ser classificados como: substâncias persistentes bioacumulativas e tóxicas; contaminantes orgânicos globais; produtos de higiene pessoal e produtos farmacêuticos; perturbadores endócrinos e ainda, mais recentemente, foram incluídas as nanopartículas.

Não se sabe ao certo quais os efeitos do acúmulo destes compostos, nem como eles se comportam no meio ambiente em relação aos seres vivos. Alguns deles podem ser de fácil degradação, outros podem ter um grau de permanência maior e não são facilmente removidos dos efluentes e dos corpos d'água pelos métodos de tratamento convencionais, ocorrendo a bioacumulação (Lima et al., 2017).

Segundo Silva et al. (2016), a partir do momento que se tratou como um grupo potencialmente perigoso ao meio ambiente, os contaminantes emergentes estão sendo estudados com mais empenho. O objetivo é entender como se distribuem, seu destino final e quais efeitos causados ao meio ambiente.

De acordo com Montagner, Vidal e Acayaba (2017), os contaminantes poderão ser incluídos na legislação cabível após os resultados obtidos em estudos de ecotoxicidade. Estabelecendo claramente quais são os efeitos à saúde humana, o potencial de bioacumulação, como ocorre o transporte e qual será o destino nos diferentes compartimentos ambientais, e a concentração que está sendo lançado no ambiente.

Já se sabe que os fármacos podem causar diversos efeitos prejudiciais à biota aquática, podendo propiciar diversos danos em seus órgãos e estrutura, em seu metabolismo e até mesmo alterações sexuais (Bergman et al., 2012; Santos, 2011). Diversos estudos realizados expondo microrganismos e animais a fármacos, em laboratório, comprovaram efeitos de toxicidade, genotoxicidade e alterações endócrinas. Além disso, evidências de bactérias patogênicas resistentes foram relatadas (Lima et al., 2007; Parida et al., 2021; Rath et al., 2021).

Devido aos potenciais efeitos tóxicos ao meio ambiente e a saúde humana, destaca-se a necessidade de estudar de forma efetiva quais as principais técnicas que podem minimizar estes efeitos nocivos. Assim, justifica-se estudos voltados ao entendimento desta problemática, a fim de propor soluções efetivas para a remoção destes compostos considerados contaminantes emergentes. Sob este contexto, o presente trabalho buscará

apresentar um estudo de revisão bibliográfica, voltado as técnicas de remoção dos fármacos das categorias antibióticos e desreguladores endócrinos presentes em águas superficiais e efluentes.

2 | OS CONTAMINANTES EMERGENTES

A presença de produtos químicos conhecidos como contaminantes emergentes em águas residuais e superficiais são conhecidas e representam uma ameaça potencial para as funções ecológicas dos corpos receptores (Styszko et al., 2020).

O termo “contaminantes emergentes” é utilizado para definir os riscos ambientais associados à descarga de novos poluentes com consequências imprevisíveis, porém com risco de danos graves (Rathi et al., 2021). Grandes avanços na identificação de contaminantes orgânicos de efluentes industriais incluem a criação de novos métodos analíticos para identificar novos contaminantes encontrados (Rathi et al., 2021).

De acordo com Styzko et al. (2020), os contaminantes são inseridos nos sistemas de água por diversas fontes, como esgoto, indústria, agricultura, lixiviado de aterro, etc. Trabalhos anteriores, mencionados pelo autor, indicaram que o efluente proveniente das estações de tratamento de águas residuais é um dos principais responsáveis pela descarga dos mesmos nos meios aquáticos.

Rathi et al. (2021) mostram que a principal fonte de contaminação por esses contaminantes é proveniente da indústria farmacêutica, produtos usados para higiene pessoal, despejos da produção de fertilizantes, hormônios, antibióticos, pesticidas, produtos de limpeza, cosmético e produtos de beleza, compostos fluorados, entre outros.

A maior preocupação quanto aos contaminantes é o que eles causam no organismo humano e no organismo da fauna aquática. A desregulação endócrina já foi observada e atribuída a essas substâncias, como por exemplo alquilfenóis, pesticidas, ftalatos, policlorados de bifenilas, bisfenol A, substâncias farmacêuticas, substâncias naturais como, estrogênios naturais e fitoestrogênios (Bila e Dezotti, 2007; Parida et al., 2021).

Muitos problemas são relatados na literatura por causa dessas substâncias. Visando um controle das mesmas, a União Européia e a USEPA, que são influências importantes para todo mundo, listaram diversas dessas substâncias para monitoramento, que podem ser consideradas na legislação como parâmetros de potabilidade de água em alguns anos. Assim, existe uma preocupação contínua com relação a presença destes compostos e seus efeitos a longo prazo.

3 | FÁRMACOS

Os fármacos prescritos ou não, podem ser consumidos em casa, como também podem ser medicamentos que são aplicados em clínicas e hospitais (Heberer, 2002). Somente uma parcela das substâncias são absorvidas pelo organismo. Mulroy (2001)

afirma que entre 50% a 90% destas substâncias são excretadas pelo corpo humano, e por estarem presentes no esgoto doméstico ou hospitalar, podem chegar ao meio ambiente e permanecem no mesmo. A degradação de alguns compostos, tanto química como biológica é baixa causando um acúmulo no mesmo.

De acordo com Bila e Dezotti (2003), os fármacos são feitos para manter as propriedades químicas para que se atinja o propósito terapêutico, por isso muitos possuem baixa biodegradabilidade e são lipofílicos, dificultando a sua remoção nas estações de tratamento de efluentes (ETEs) e nas estações de tratamento de água (ETAs).

Os medicamentos administrados em animais também contribuem para a contaminação das águas, principalmente os animais confinados. Seu excremento é muitas vezes utilizado como adubo em lavouras, e após a chuva, os fármacos administrados que não foram degradados, são carreados para dentro dos corpos d'água (Bila; Dezotti, 2007).

Outra fonte de contaminação possível é a disposição de resíduos de medicamentos em aterros sanitários. Sem a devida manutenção, estes acabam por contaminar as águas subterrâneas. Quando o lodo de reatores, resultante do tratamento de efluentes é aplicado como adubo na agricultura, também pode ser considerado como fonte de contaminação, pois as águas da chuva transportam esses contaminantes para as águas (Bila; Dezotti, 2007; Lima et al., 2017).

A Figura 1 demonstra como os contaminantes possivelmente percorrem os caminhos até serem dispostos no meio ambiente.

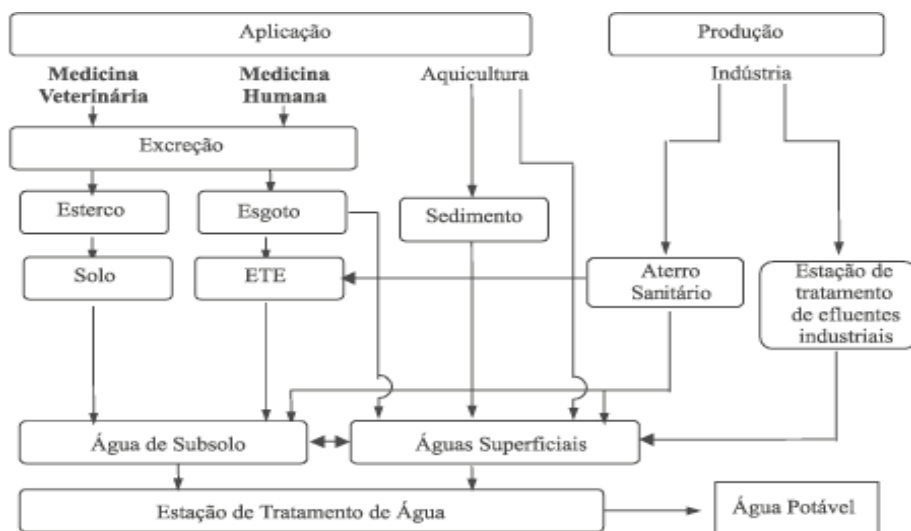


Figura 1 – Rotas de distribuição de fármacos e outros CEs no meio ambiente

Fonte: Bila e Dezotti, 2003.

É interessante notar, a partir da Figura 1, que o destino é majoritariamente percorrido para os ambientes aquáticos superficiais, exceto quando a contaminação percola pelo solo, encontrando as águas subterrâneas. A fauna aquática é a mais atingida pela contaminação. Porém, as águas superficiais que são utilizadas para consumo humano, e passam apenas pelos tratamentos convencionais, também estão sujeitas a contaminação. Com base nestes estudos, surgiu na última década uma preocupação com relação aos efeitos destas substâncias nos organismos vivos a longo prazo.

Fonseca et al. (2021), encontraram nas águas estuárias da região do Tejo em Portugal, 66 resíduos farmacêuticos presentes nas águas superficiais e em algumas espécies da fauna aquática local. Dezesesseis dessas substâncias, de sete classes terapêuticas diferentes, com concentrações ambientais que variaram de 42 a 1762 ng/L, demonstrando que há um elevado risco ambiental de contaminação ecológica, principalmente devido a detecção do antibiótico amoxicilina e dos fármacos losartana e irbesartana.

3.1 Antibióticos

Essa classe terapêutica é uma das mais usadas e conhecidas, levando em consideração que os antimicrobianos são substâncias tanto de origem natural quanto sintética (Mota et al., 2010). Segundo Kümmerer (2009), há mais de 250 substâncias químicas diferentes que estão catalogadas como antibióticos para uso na saúde humana e animal em todo o mundo. A partir da análise de dados da literatura científica e sistemas de vigilância nacionais e regionais de 71 países, o uso de antibióticos está crescendo constantemente em todo o mundo, ressaltando que o aumento se deve, principalmente, ao aumento da demanda em países em desenvolvimento (Gelband et al., 2015).

Bergman et al. (2012) evidenciam que os trabalhos disponíveis na literatura, em sua maioria, estudam os efeitos dos antibióticos presentes nos recursos hídricos. Os mesmos apresentam altos riscos ao ecossistema e a saúde humana, a médio e longo prazos, principalmente contribuindo no aumento dos patógenos resistentes.

O que muito preocupa os estudiosos quanto a falta de controle dessas substâncias no ambiente, é o surgimento de microrganismos patogênicos resistentes a antibióticos, são sabendo ao certo quais as consequências disso para o ecossistema (Lima et al., 2014).

A resistência das bactérias aos antibióticos tornou-se uma preocupação mundial. Pessoas infectadas por bactérias resistentes aos medicamentos são mais propensas a terem quadros clínicos piores e, possivelmente, virem à óbito. Isso acarreta também um problema social, pois serão consumidos mais recursos hospitalares e públicos para o tratamento das mesmas (OPAS, 2021).

Rodriguez-Mozaz et al. (2020) realizaram um amplo estudo de monitoramento de antibióticos presentes em efluentes já tratados, sendo monitoradas 53 substâncias de 10 classes distintas. As amostras foram coletadas em ETEs de 7 países sendo eles: Portugal, Espanha, Chipre, Irlanda, Alemanha, Finlândia e Noruega. De acordo com os autores, as

ETEs operavam em conformidade com os padrões estabelecidos pela União Européia (UE), porém, 17 das 53 substâncias foram detectadas. As concentrações variaram de 3 g/L até 5 ng/L (Rodriguez-Mozaz et al., 2020).

3.2 Desreguladores endócrinos

Os estudos sobre os efeitos dos desreguladores endócrinos, ou perturbadores endócrinos estão cada vez mais presentes na literatura. O efeito dessas substâncias no organismo dos seres vivos pode afetar o crescimento, a saúde e a reprodução dos mesmos. São substâncias que afetam diretamente os órgãos endócrinos, ou seja, que são responsáveis pela produção e secreção de hormônios (Bila e Dezotti, 2007; García et al., 2020).

De acordo com a União Europeia (1991) “um desregulador endócrino é uma substância ou mistura exógena que altera as funções do sistema endócrino e, conseqüentemente, causa efeitos adversos à saúde num organismo intacto, ou na sua descendência, ou (sub) populações”.

Dentre inúmeras substâncias catalogadas, para este trabalho, o foco de interesse são os desreguladores endócrinos que estão presentes em produtos farmacêuticos, como as pílulas anticoncepcionais e os hormônios estrogênicos sintéticos. Serão considerados, também, os hormônios que são produzidos naturalmente pelos corpos de animais e seres humanos, por estarem associados, na maioria das vezes.

Rodgers-Gray et al. (2001), avaliaram uma anomalia nas gônadas da espécie de peixe *Rutilus rutilus*, a qual foi exposta a efluente tratado proveniente de uma ETE do Reino Unido. Foi constatado que houve uma feminilização dos dutos reprodutivos nos peixes masculinos e aumento dos níveis de vitelogenina (VTG), que é uma proteína plasmática dependente de estrogênio específica para fêmeas, relacionado a presença de estrogênios nesse efluente.

Guellard et al. (2020) testaram a exposição da espécie de peixes da espécie Góbio Redondo a uma dose supra-fisiológica de 17β -estradiol, um estrogênio natural, a curto prazo. Os resultados demonstraram que, mesmo sendo a curto prazo, houve alterações na resposta fisiológica nas gônadas dos peixes, nas fases estudadas de pré-desova, desova, desova tardia e não desova, indicando que este estrogênio afeta os peixes na natureza.

Devido a diversos problemas relatados por autores mundialmente, Tang et al. (2021), fizeram uma análise da concentração média de 17α -etinilestradiol, em águas superficiais em todo o mundo, tendo como resultado, a classificação dos países em ordem decrescente: Vietnã (27,7 ng/L), Camboja (22,1 ng/L), China (21,5 ng/L), Laos (21,1 ng/L), Brasil (13,6 ng/L), Argentina (9,6 ng/L), Kuwait (9,5 ng/L), Tailândia (8,8 ng/L), Indonésia (7,6 ng/L) e Portugal (6,6 ng/L). Alguns países da Europa incidiram concentrações de 29 a 187 vezes o padrão de qualidade estabelecido.

4 | TECNOLOGIAS CONVENCIONAIS PARA O TRATAMENTO DE CES

No Brasil, a resolução n° 357 do Conama de 2005 é que delibera sobre os padrões de qualidade e parâmetros ambientais para o enquadramento dos corpos de água em suas respectivas classes, também estabelece condições e padrões de lançamentos de efluentes. Esta resolução foi atualizada pela Resolução Conama m° 430 de 2011, sendo que suas alterações foram basicamente voltadas aos padrões de lançamento de efluentes, no entanto deve-se destacar que nenhum parâmetro relacionado a CEs foi inclusa nas alterações.

As águas superficiais são as mais utilizadas para o despejo de efluentes em todo o mundo, ao mesmo tempo que são as mais utilizadas para abastecimento de água para diversos fins (Masters e Ela, 2008). Problemas causados por fontes pontuais de contaminação por efluente despejado sem tratamento adequado, tanto sanitário quanto industrial, são demasiadamente preocupantes. Porém, as fontes de poluição por cargas difusas de lançamento de efluentes são muito mais difíceis de gerir, muitas vezes sendo desprezadas até mesmo por países mais desenvolvidos, já que nem sempre é possível medir, controlar ou identificar as mesmas (Biswas et al., 2009).

Lima et al. (2014) realizaram uma pesquisa de remoção dos contaminantes sulfametoxazol, diclofenaco, bisfenol-A, etinilestradiol, estrona e estriol, em águas naturais de baixa e alta turbidez, após os processos de coagulação, floculação e sedimentação. Os coagulantes utilizados foram cloreto de polialumínio e sulfato de alumínio, os resultados obtidos foram classificados como de baixa remoção e não eficiente, sendo os melhores: 40% estrona, 39% estradiol e 35% etinilestradiol, utilizando o cloreto de polialumínio, e 71 % de sulfametoxazol utilizando o sulfato de alumínio.

Adams et al. (2002) avaliaram a remoção de sete substâncias antibacterianas: carbadox, sulfacloropiridazina, sulfadimetoxina, sulfamerazina, sulfametazina, sulfatiazol, trimetoprim, de águas naturais do Rio Missouri, por diversos métodos de tratamento de água, inclusive pelo convencional de coagulação, floculação e sedimentação. Os coagulantes utilizados foram sulfato de alumínio e sulfato férrico, porém, os resultados indicaram baixa eficiência (0 a 5%). Choi et al. (2006) testaram diferentes métodos de remoção de bisfenol-A e nonilfenol, inclusive por clarificação, utilizando sulfato de alumínio, cloreto de polialumínio e sulfato de ferro como coagulantes. Os resultados obtidos ficaram entre 0 e 7% de remoção.

Já a pesquisa realizada em Galiza na Espanha, por Carballa et al. (2004), avaliou a eficiência de remoção de várias substâncias, sendo as de maior interesse dois anti-inflamatórios (ibuprofeno e naproxeno), dois hormônios estrogênicos naturais (estrona e 17 β -estradiol) e um antibiótico (sulfametoxazol), pois foram identificadas em quantidades maiores. A remoção final foi de 60% para o sulfametoxazol, de 40-65% para os anti-inflamatórios e em torno de 65% de remoção para o 17 β -estradiol. As concentrações de

estrona aumentaram devido a oxidação causada ao 17 β -estradiol no tanque de aeração.

5 | PROCESSOS AVANÇADOS NA REMOÇÃO DE CES

5.1 POAs

Os processos oxidativos avançados são técnicas utilizadas para a degradação e/ou mineralização de compostos refratários. O princípio do bom funcionamento desses métodos é a geração de radicais livres reativos, principalmente o radical hidroxil (OH^*), que possui características altamente oxidantes, apresentando potencial de oxidação de 2,8 V, sendo muito utilizados para a remoção ou degradação de substâncias não biodegradáveis (Araújo et al., 2016; Nascimento et al., 2017).

A pesquisa realizada por Witte et al. (2009) buscaram avaliar a remoção da substância ciprofloxacina utilizando um reator com colunas de bolhas, com três valores e pH diferentes (3, 7 e 11) pelos processos de ozonização e $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$. O melhor resultado obtido foi a remoção de 95% de ciprofloxacina no pH ajustado em 7, com tempo de contato de 65-70 minutos.

Jung et al. (2012) buscaram avaliar o comportamento do antibiótico ampicilina sob efeito da ozonização. Como resultado, a ampicilina foi removida em todas as condições estabelecidas, 35-42% de COT foi mineralizado em 90 minutos de ozonização e houve 80% de remoção da DQO em pH 9. Em pH 5, houve maior toxicidade dos subprodutos gerados da reação e uma menor biodegradabilidade, sugerindo que são necessárias condições de pH mais altas para a remoção da substância.

Yin et al. (2017) trazem uma proposta de utilização de óxidos de grafeno (OG) como catalizador do processo de remoção do antibiótico sulfametoxazol. Observou 62% de remoção em um processo apenas com O_3 , cerca de 83% combinando O_3 com OG reduzido, 95% quando da utilização combinando o O_3 com OG dopado com nitrogênio e 99% de remoção quando realizou-se o consórcio com OG dopado com fósforo.

Lu et al. (2019) também estudaram a ozonização catalítica, utilizando MgMnO_3 como catalisador bifuncional e radiação UV para desinfecção. Os antibióticos que foram avaliadas nesse estudo foram sulfametoxazol (50 mg/L), tetraciclina (50 mg/L), ciprofloxacina (25 mg/L) e trimetoprima (50 mg/L). Os resultados obtidos foram bastante interessantes, sendo 94,7% para sulfametoxazol, 88,4% para tetraciclina, 97,8% para ciprofloxacina e 76,3% para trimetoprima. O estudo ainda traz que a porcentagem de aumento de eficiência na remoção causada pelo catalisador que variou de 30,3% até 47,6%, para cada tipo de antibiótico.

Bautitz e Nogueira (2007) avaliaram a degradação de tetraciclina pelo processo de foto-Fenton, utilizando luz negra e irradiação solar, buscando entender qual a influência da fonte de ferro, do H_2O_2 e a matriz. Utilizando três diferentes meios, sendo água pura,

água superficial e efluente de ETE. O processo metodológico foi desenvolvido utilizando como fonte de ferro o ferrioxalato de potássio e nitrato de ferro, o meio ácido foi preparado com ácido sulfúrico, e os efluentes foram coletados em cidades brasileiras. Os resultados obtidos foram bem satisfatórios, obtendo a degradação total da tetraciclina em 1 min de irradiação. Sob a luz negra, o nitrato de ferro tem maior eficiência, e na irradiação solar o ferrioxalato foi mais eficiente. As amostras de água pura e água superficial não tiveram diferença nos resultados pelos procedimentos testados, indicando que não houve nenhum tipo de interferência, porém, na amostra de efluente, obtiveram menor resultado utilizando luz negra e $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (Bautitz e Nogueira, 2007).

Frontistis et al. (2011) utilizaram a tecnologia de foto-Fenton para avaliar a remoção do estrogênio 17 α -etinilestradiol de efluente de tratamento secundário. A substância foi completamente oxidada entre 5 e 10 minutos de irradiação, com pH da solução em 3, a concentração de 5 mg/L de Fe^{2+} , entre 4,3 e 15 mg/L de H_2O_2 e concentração de 200 g/L de 17 α -etinilestradiol. Dois hormônios naturais, estrona e 17 β - estradiol, também foram testados e seus valores de reatividade foram quase iguais a 17 α -etinilestradiol.

Yamal-Turbay et al. (2013) investigaram a oxidação de tetraciclina em solução aquosa pelo processo de foto-Fenton, o resultado foi de remoção total da tetraciclina e 77% de mineralização de COT da solução no período de tempo estudado dessa reação.

Novos estudos como o de Wang et al. (2019) trazem uma proposta diferente para os processos de foto-Fenton, que POAs baseados em sulfatos possuem potencial de redução igual ou superior ao método tradicional, há uma melhor seletividade, possui meia vida mais longa e pode-se trabalhar com ampla faixa de pH. Assim, esse estudo realizou a síntese controlável da microesfera porosa de óxido de manganês (MnOx) para ser utilizada como catalisador da reação. Obtendo pelo copolímero tri-bloco anfifílico P123 o direcionamento da estrutura da mesma, resultando em diversos produtos. O H_2O_2 foi substituído pelo peroximonossulfato (PMS) como agente oxidante. Os antibióticos testados nesse estudo são do grupo químico das fluoroquinolonas: Os resultados obtidos indicam que 74,5% da ofloxacina, 79,4% da ciprofloxacina, 72,3% da enrofloxacina e 81,9% da levofloxacina podem ser degradados por P2-Mn $_3$ O $_4$ em 10 minutos, sob radiação solar simulada, e sob radiação UV, 99,5% de ofloxacina, 97,8% de ciprofloxacina, 99,1% de enrofloxacina e 98,5% de levofloxacina (Wang et al., 2019).

5.2 Adsorção

O processo de adsorção é descrito por Ruthven (1984) como sendo uma operação de transferência de massa, onde um ou mais constituintes, que são chamados adsorvatos ou adsorbatos, são transferidos de uma fase fluida para a superfície de uma fase sólida, chamada adsorvente. As moléculas que estão presentes na fase fluida são atraídas para a superfície, ou interior do material adsorvente devido à existência de forças de superfícies não balanceadas, sendo que o adsorbato fica retido no sólido (Vaclavik, 2010).

Li e Zhang (2010) propuseram um estudo, cujos objetivos foram: medir a eficiência de remoção de 11 antibióticos de seis classes. Duas séries de experimentos em lote, utilizando 5 reatores em batelada, foram conduzidos com amostras de efluente de tanques de aeração de duas estações de águas residuais, uma tratando esgoto salino e outra tratando esgoto de água doce, com tempos de retenção hidráulica de 10 e 17 h e tempo de retenção de lodo de 12 e 7 dias, respectivamente. As duas ETEs adotaram o processo de lodo ativado anóxico-aeróbio. A cefalexina e as duas sulfonamidas foram removidas predominantemente por biodegradação nos dois sistemas. Ampicilina, norfloxacin, iprofloxacin, ofloxacin, tetraciclina, roxitromicina e trimetoprima foram removidos principalmente por adsorção. A eritromicina não pode ser removida.

Rivera-Utrilla et al. (2010) estudaram a eficácia da ozonização aliada com carvão ativado granular para a remoção do antibiótico tinidazol. Comparando os resultados com a utilização de CAG, somente, o processo combinado demonstrou maior eficácia, como um menor tempo de contato entre os fluxos de tinidazol e O₃ antes de entrar na coluna de carvão ativado, permitindo que um volume muito maior de solução de tinidazol fosse tratado, reduzindo em 75% a quantidade de carvão ativado necessária por unidade de volume de água tratada. Porém, a matéria orgânica presente nos efluentes diminuiu consideravelmente a adsorção do contaminante no carvão ativado. Além disso, a presença de CAG durante a ozonização do tinidazol, aumentou a taxa de remoção, reduziu a toxicidade do subproduto da oxidação e reduziu a concentração de carbono orgânico total (Rivera-Utrilla, 2010).

Zhang et al. (2016) estudaram a remoção de 28 substâncias antibióticas utilizando carvão ativado em pó (CAP), utilizando água proveniente de uma ETA, adicionando os contaminantes posteriormente, em concentrações de 5000 ng/L. O resultado obtido nesse experimento foi de remoção de até 99,9% na água deionizada e 99,6% na água superficial nas condições ótimas com dosagem de CAP de 20 mg/L e tempo de contato de 120 minutos.

O estudo realizado por Tagliavini et al. (2017), avaliou os mecanismos de remoção e interação de estrona, estradiol, progesterona e testosterona, para diferentes tipos de carvão ativado esférico baseado em polímero (CAEBP). Averiguaram que a proporção entre o tamanho do contaminante (~0,8 nm) e o tamanho médio dos poros (1–2 nm) provou ser ideal para a adsorção do micropoluinte e a remoção de ácido húmico. Como resultado, obtiveram remoção superior a 90% um período de tempo mais rápido do que a utilização de CAG.

De Rezende et al. (2019) desenvolveram um estudo que avaliou a capacidade de remoção de Sulfametoxazol de sistemas aquosos utilizando argila de Pirangi (PIR) do estado de Sergipe (Brasil), em efluente sintético. Amostras de argila de pirangi foram tratadas a 100, 400 e 600 °C e modificadas com surfactante catiônico hexadeciltrimetilamônio (HDTMA). O processo de modificação utilizado baseou-se na organização estratificada da argila mineral, permitindo a intercalação do surfactante catiônico, proporcionando caráter hidrofóbico à argila. A argila de Pirangi tratada a 100 °C e modificada com HDTMA

apresentou capacidade de adsorção de 27,3 mg/g com remoção de 90% do sulfametoxazol em 100 min em pH 6. As moléculas de surfactante foram incorporadas na superfície da argila, demonstrando potencial para uso em filtros de ETA.

Conde-Cid et al. (2021) testaram a eficácia de nanopartículas de ferro verde zero valente (gnZVIs) para a remoção do antibiótico sulfadiazina (SDZ) da água por adsorção e redução, inclusive como catalisador nos processos de Fenton e foto-Fenton. Os gnZVIs foram sintetizados utilizando extratos de dois produtos naturais, folhas de chá preto e resíduos da poda dos vinhedos. Os resultados obtidos indicam que os gnZVIs foram capazes de remover até 58% de SDZ por meio de adsorção e até 69% por meio de adsorção mais redução. Além disso, gnZVIs mostrou forte eficácia como um catalisador para as reações de Fenton e foto-Fenton, com remoção completa em 8 h e 5 min, respectivamente.

5.3 Filtração por membranas

Os processos de separação por membranas funcionam como uma barreira seletiva, buscando sempre aperfeiçoar os métodos de fabricação, para que tenham sempre mais características de membranas naturais ou biológicas. Esse método não gera nenhuma reação química, as partículas simplesmente ficam retidas na membrana (Schneider e Tsutya, 2001).

Existem diversos tipos de membrana disponíveis no mercado e diversas outras são desenvolvidas ao passo que avançam os estudos. Os processos de separação que foram avaliados neste trabalho foram a microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa para a remoção de hormônios estrogênicos e substâncias antibióticas. No caso da microfiltração as partículas com tamanho entre 0,1 e 10 μm ficam retidas como por exemplo as partículas suspensas, bactérias, algas e turbidez (Schneider e Tsutya, 2001). No método de ultrafiltração as partículas que ficam retidas têm entre 0,1 e 0,01 μm , por exemplo os vírus, colóides, macromoléculas, enquanto a nanofiltração retém partículas com tamanho entre 0,01 e 0,001 μm compostos orgânicos e íons bivalentes (Vijya et al., 2013).

Chang et al. (2002) realizaram estudo sobre a adsorção do estrogênio natural estrona em uma membrana de microfiltração de fibra oca. Pode-se perceber, que a membrana reteve uma grande quantidade de estrona, porém, a eficiência de filtração diminuía conforme aumentava a quantidade de estrona acumulada na membrana.

Li, Li e Wang (2004) elaboraram um sistema de osmose reversa e ultrafiltração para tratar um efluente proveniente de uma indústria farmacêutica, contendo o antibiótico oxitetraciclina, investigando também se era possível a recuperação da substância. Inicialmente as amostras do efluente continham oxitetraciclina residual de cerca de 1.000 mg/L e um COD de cerca de 10.000 mg/L. Pelo método de osmose reversa o conteúdo orgânico em seu permeado foi diminuído de 10.000 mg/L para menos de 200 mg/L, enquanto a oxitetraciclina foi reduzido de mais de 1000 mg/L para menos de 80 mg/L (membrana 99%).

Koyuncu et al. (2008) investigaram a remoção de várias substâncias antibióticas e hormônios pelo método de nanofiltração utilizando soluções mistas, buscando a melhor semelhança com um efluente real. Os resultados mais interessantes obtidos com esse experimento: em torno de 80% de adsorção de clorotetraciclina, 50% de adsorção de doxiciclina, já para os hormônios a adsorção foi mais baixa, entre 22 e 46%.

A eficácia dos processos combinados de nanofiltração e desinfecção foi estudada por Ramli et al. (2015), fazendo uma comparação entre a pré-desinfecção e a pós-desinfecção quando utilizadas junto com a nanofiltração. Quatro tipos de sulfonamida (sulfanilamida, sulfadiazina, sulfametoxazol e sulfadimetoxina) foram escolhidos como contaminantes, o hipoclorito de sódio foi utilizado como desinfetante. O sistema de nanofiltração com pré-desinfecção apresentou maior eficiência de remoção de sulfonamida em comparação com o sistema de nanofiltração e pós-cloração, sendo > 99,5% e > 89,5%, respectivamente. Notou-se, também, que o fluxo do sistema de alimentação tratado era consideravelmente maior do que no sistema de alimentação não tratado, o que foi ocasionado por um dano na membrana causado pelo cloro (Ramli, et al., 2015).

Liu et al. (2017) propuseram um estudo avaliando a eficiência de remoção da tetraciclina, utilizando nanomateriais de carbono, por diferentes estruturas e funcionalidades. Os materiais carbônicos demonstraram capacidade de adsorver corantes, antibióticos e íons de metais pesados em um método de adsorção natural, porém, é um processo demorado, necessitando desenvolver um método que acelere o processo de filtração e que a capacidade de adsorção seja melhorada. Assim, foram fabricadas e testadas membranas de carbono híbridas caseiras, incluindo óxido de grafeno espesso e carvão ativado, óxido de grafeno espesso e nanotubo de carbono, e nanotubo de carbono e carvão ativado. Foi constatado, a partir dos resultados obtidos, que uma membrana de óxido de grafeno espesso e carvão ativado com uma espessura de 15 μm removeu efetivamente 98,9% do cloridrato de tetraciclina da água por filtração a vácuo.

De acordo com a pesquisa realizada por Liao et al. (2020), que avaliou a remoção de tetraciclina e 17 β -Estradiol de um efluente sintético por uma membrana de ultrafiltração dual-funcional, que foi fabricada com nanoesferas de carbono mesoporosas ocas, incrustadas nos poros da camada de suporte da membrana de ultrafiltração polimérica. A membrana descrita demonstrou alta seletividade de ultrafiltração que removeu macromoléculas baseada no mecanismo de exclusão de tamanho e excelente capacidade de adsorção de micropoluentes em água. A remoção alcançada foi de 97% para a tetraciclina e 94% para 17 β -Estradiol a uma baixa pressão (inferior a 0,15 bar) e tempo de residência inferior a 6 s.

6 | CONCLUSÃO

Os compostos emergentes, tais como, fármacos, produtos de higiene e agrotóxicos, estão sendo encontrados em águas residuárias e de abastecimento. Os CEs são detectados

em concentrações traço, contudo, os efeitos da exposição prolongada em seres humanos e no ambiente ainda não estão completamente elucidados. Os processos convencionais de tratamento de águas não foram projetados para a remoção dos CEs, se tornando ineficazes para solucionar essa problemática. Tecnologias avançadas, como adsorção, oxidação avançada e filtração por membranas, são processos altamente recomendados para a remover diferentes CEs. Esses processos podem ser empregados em estações de tratamento em uma etapa de polimento final.

REFERÊNCIAS

ADAMS, C. et al. Removal of antibiotics from surface and distilled water in conventional water treatment processes. **Journal of Environmental Engineering**, v. 128, p. 253-260, 2002.

AHAMED, Y. et al. Simultaneous removal of antibiotic resistant bacteria, antibiotic resistance genes, and micropollutants by a modified photoFenton process. **Water Research**, v. 197, p. 117075, 2021.

ARAÚJO, K. S. de. et al. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 2, p. 387-401, 2016.

BAUTITZ, I. R.; NOGUEIRA, R. F. P. Degradation of tetracycline by photo-Fenton process: Solar irradiation and matrix effects. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 187, n. 1, p. 33-39, 2007.

BERGMAN, Å. et al. **State of the science of endocrine disrupting chemicals**, Suíça: United Nations Environment Programme and the World Health Organization. 260p. 2012.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 651-666, 2007.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 523-530, 2003.

BISWAS, A. K.; TORTAJADA, C.; IZQUIERDO, R. **Water management in 2020 and beyond**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.

BOTTONI, P.; CAROLI, S.; CARACCILOLO, A. B. Pharmaceuticals as priority water contaminants. **Toxicological & Environmental Chemistry**, v. 92, n. 3, p. 549-565, 2010.

CARBALLA, M. et al. Behavior of pharmaceuticals, cosmetics, and hormones in a sewage treatment plant. **Water Research**, v. 38, p. 2918-2926, 2004.

CHANG, S. et al. Adsorption of trace steroid estrogens to hydrophobic hollow fibre membranes. **Desalination**, v. 146, n. 1-3, p. 381- 386, 2002.

CHOI, K. J. et al. Removal efficiencies of endocrine disrupting chemicals by coagulation/flocculation, ozonation, powdered/granular activated carbon adsorption, and chlorination. **Korean Journal of Chemical Engineering**, v. 23, p. 399-408, 2006.

- CONDE-CID, M. et al. Sulfadiazine removal using green zero-valent iron nanoparticles: A low-cost and eco-friendly alternative technology for water remediation. **Environmental Research**, v. 198, p. 110451, 2021.
- DE REZENDE, J. C. T. et al. Assessment of sulfamethoxazole adsorption capacity on Pirangi clay from the State of Sergipe, Brazil, modified by heating and addition of organic cation. **Cerâmica**, v. 65, p. 626-634, 2019.
- FONSECA, V. F. et al. Environmental risk assessment and bioaccumulation of pharmaceuticals in a large urbanized estuary. **Science of The Total Environment**, v. 783, p. 147021, 2021.
- FRONTISTIS, Z. et al. Fast degradation of estrogen hormones in environmental matrices by photo-Fenton oxidation under simulated solar radiation. **Chemical Engineering Journal**, v. 178, p. 175-182, 2011.
- GARCÍA, J. et al. A review of emerging organic contaminants (EOCs), antibiotic resistant bacteria (ARB), and antibiotic resistance genes (ARGs) in the environment: Increasing removal with wetlands and reducing environmental impacts. **Bioresource Technology**, v. 307, p. 123228, 2020.
- GELBAND, H. et al. **Executive Summary: The State of the World's Antibiotics**. Center for Disease Dynamics, Economics and Policy, 2015.
- GUELLARD, T.; KALAMARZ-KUBIAK, H.; ARCISZEUSKI, B. Effect of short-term intermittent exposure to waterborne estradiol on the reproductive physiology of the round goby (*Neogobius melanostomus*). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 36799-36815, 2020.
- HEBERER T. Occurrence, Fate, and Removal of Pharmaceutical Residues in the Aquatic Environment: A Review of Recent Research Data. **Toxicology Letters**, v.131, p.5-17, 2002.
- KOYUNCU, I. et al. Removal of hormones and antibiotics by nanofiltration membranes. **Journal of membrane science**, v. 309, n. 1-2, p. 94-101, 2008.
- LI, S. Z.; LI, X. Y.; WANG, D. Z. Membrane (RO-UF) filtration for antibiotic wastewater treatment and recovery of antibiotics. **Separation and Purification Technology**, v. 34, n. 1-3, p. 109-114, 2004.
- LIAO, Z. et al. Low pressure operated ultrafiltration membrane with integration of hollow mesoporous carbon nanospheres for effective removal of micropollutants. **Journal of Hazardous Materials**, v. 397, p. 122779, 2020.
- LIMA, D. R. S. et al. Avaliação da remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em águas de abastecimento por clarificação. **Química Nova**, v. 37, n. 5, p. 783-788, 2014.
- LIMA, D. R. S. et al. Fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1043-1054, 2017.
- LU, J. et al. Efficient mineralization of aqueous antibiotics by simultaneous catalytic ozonation and photocatalysis using MgMnO₃ as a bifunctional catalyst. **Chemical Engineering Journal**, v. 358, p. 48-57, 2019.

LIU, M. K. et al. Effective removal of tetracycline antibiotics from water using hybrid carbon membranes. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.

JUNG, Y. J. et al. pH effect on ozonation of ampicillin: kinetic study and toxicity assessment. **Ozone: Science and Engineering**, v. 34, n. 3, p. 156-162, 2012.

MASTERS, G. M.; ELA., W. P. **Introduction to Environmental Engineering and Science**. Third Edition. USA: Prentice Hall, 2008.

MELO, S.A.S. et al. Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 188-197, 2009.

MONTAGNER, C. C.; VIDAL, C.; ACAYABA, R. D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, p. 1094-1110, 2017.

MORAES, D. S. de L.; JORDAO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MULROY, A. When the cure is the problem. **Water Environment Technology**. v. 13, p. 264-268, 2001.

NASCIMENTO, R. F. do. et al. **Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicações em matrizes ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2017, cap. 1, p. 11-40.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Resistência das bactérias**. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/topicos/resistenciaantimicrobiana>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

PARIDA, V. K. et al. Emerging contaminants in wastewater: A critical review on occurrence, existing legislations, risk assessment, and sustainable treatment alternatives. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, p. 105966, 2021

KÜMMERER, K. Antibiotics in the aquatic environment - a review - part I. **Chemosphere**, v. 75, n. 4, p. 417-434, 2009.

RATHI, B. S.; KUMAR, P. S.; SHOW, P. A review on effective removal of emerging contaminants from aquatic systems: Current trends and scope for further research. **Journal of Hazardous Materials**, v. 409, 2021.

RAMLI, M. R. et al. Performance of chlorination process during nanofiltration of sulfonamide antibiotic. **Water Science and Technology**, v. 72, n. 9, p. 1611-1620, 2015.

RIVERA-UTRILLA, J. et al. Removal of tinidazole from waters by using ozone and activated carbon in dynamic regime. **Journal of hazardous materials**, v. 174, n. 1-3, p. 880-886, 2010.

RODGERS-GRAY, T. P. et al. Exposure of juvenile roach (*Rutilus rutilus*) to treated sewage effluent induces dose-dependent and persistente disruption in gonadal duct development. **Environmental Science Technology**, v. 35, n. 3, p. 462-470, 2001.

RODRIGUEZ-MOZAZ, S. et al. Antibiotic residues in final effluents of European wastewater treatment plants and their impact on the aquatic environment. **Environment International**, v. 140, p. 1–11, 2020.

RUTHVEN, D. M. **Principles of adsorption and adsorption process**. New York: John Wiley & Sons, 1984.

SANTOS, E. P. C. C. **Remoção de etinilestradiol no tratamento de água para consumo humano: estudo em escala piloto**. 2011. 150p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SCHNEIDER, R. P.; TSUTYIA, M. T. **Membranas Filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reúso**. São Paulo: ABES, 2001. 233 p.

SILVA, R. F. et al. Identificação e quantificação de contaminantes emergentes em estações de tratamento de esgoto. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 3, p. 702-715, 2016.

STYSZKO, K. et al. Occurrence of pharmaceutical residues, personal care products, lifestyle chemicals, illicit drugs and metabolites in wastewater and receiving surface waters of Krakow agglomeration in South Poland. **Science of the Total Environment**, v. 768, 2020.

TAGLIAVINI, M. et al. Adsorption of steroid micropollutants on polymer-based spherical activated carbono (PBSAC). **Journal of hazardous materials**, v. 337, p. 126-137, 2017.

TANG, Z. et al. A review of 17 α -ethynylestradiol (EE2) in surface water across 32 countries: Sources, concentrations, and potential estrogenic effects. **Journal of Environmental Management**, v. 292, p. 1-8, 2021.

VACLAVIK, F. D. **Avaliação e otimização do uso de zeólitas no tratamento eciário de efluentes líquidos industriais**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Química Industrial) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010

VIJYA, P. et al. A review on various techniques and parameters signifying purity of water. **Innovare Journal of Food Sciences**, v. 1, n. 1, p. 8-14, 2013.

WANG, A. et al. Controllable synthesis of mesoporous manganese oxide microsphere efficient for photoFenton-like removal of fluoroquinolone antibiotics. **Applied Catalysis B: Environment**, v. 248, p. 298-308, 2019.

WITTE, B. de. et al. Ozonation and advanced oxidation by the peroxone process of ciprofloxacin in water. **Journal of Hazardous Materials**, v. 161, n. 2–3, p. 701-708, 2009.

YAMAL-TURBAY, E. et al. Enhanced photo-Fenton process for tetracycline degradation using eficiente hydrogen peroxide dosage. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 267, p. 11- 16, 2013.

YIN, R. et al. Heteroatoms doped graphene for catalytic ozonation of sulfamethoxazole by metal-free catalysis: performances and mechanisms. **Chemical Engineering Journal**, v. 317, p. 632-639, 2017.

ZHANG, X. et al. Performance evaluation of powdered activated carbon for removing 28 types of antibiotics from water. **Journal of Environmental Management**, v. 172, p. 193-200, 2016.

LA CONTAMINACIÓN INTRAMUROS DEL HUMO DE BIOMASA

Data de aceite: 01/11/2021

Demetrio Soto Carbajal

Universidad Nacional de Huancavelica,
Huancavelica, Perú
<https://orcid.org/0000-0001-8639-2954>

Andrés Zózimo Ñahui Gaspar

Universidad Nacional de Huancavelica,
Huancavelica, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-9038-9632>

Hipólito Vargas Sacha

Universidad Nacional de Huancavelica,
Huancavelica, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-7482-0146>

Eden Soto Aparco

Universidad Nacional de Huancavelica,
Huancavelica, Perú
<https://orcid.org/0000-0001-9109-103X>

RESUMEN: La exposición constante a las partículas de humo provenientes de biocombustibles causa problemas en la salud de la población mundial, las infecciones respiratorias punzantes como, enfermedad pulmonar obstructiva crónica con el humo de leña, tabaco y otros más son, los compuestos orgánicos más nocivos interiormente en las viviendas, afectando a los niños y personas mayores que son las más vulnerables. El objetivo es analizar los efectos de la contaminación intramuros del humo de biomasa acudiendo a una revisión sistemática de la literatura actual, para prevenir este mal, consultando en diferentes revistas científicas

como Revista Médica, Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, Revista NCT, Research Gate, indexadas en bases de datos como SciELO, Elsevier, Science Direct, utilizando descriptores como “Contaminación Intramuros”, “Humo de Biomasa”, “Material Particulado” elaborando el estado del arte en sus fases heurística para la recopilación de manuscritos y hermenéutica para su análisis. Los diferentes autores consultados dan certeza de que llegamos a descubrir que existe una certidumbre epidemiológica consistente que asocia, de manera autónoma, la inhalación crónica de humo de biocombustibles con el crecimiento de tuberculosis pulmonar. Se concluye que, en el marco de parénquima pulmonar, el humo de biocombustibles tiene diferentes efectos en el sistema respiratorio.

PALABRAS CLAVE: Contaminación Intramuros, Humo de Biomasa, Material Particulado.

POLUIÇÃO POR FUMAÇA DE BIOMASSA INTERNA

RESUMO: A exposição constante a partículas de fumaça de biocombustíveis causa problemas de saúde para a população mundial, infecções respiratórias pungentes, como doença pulmonar obstructiva crônica com fumaça de lenha, tabaco e outros são os compostos orgânicos mais nocivos internamente em habitações, afetando crianças e idosos que são os mais vulnerável. O objetivo é analisar os efeitos da contaminação intramural da fumaça de biomassa por meio de uma revisão sistemática da literatura atual, para prevenir esta doença, consultando diferentes periódicos

científicos como Medical Journal, Journal of Contemporary Food and Regional Development, NCT Journal, Research Gate, indexado em bases de dados como SciELO, Elsevier, Science Direct, utilizando descritores como “Intramural Contamination”, “Biomass Smoke”, “Particulate Material” elaborando o estado da arte em suas fases heurísticas para a compilação de manuscritos e hermenêutica para sua análise. Os diferentes autores consultados dão a certeza de que descobrimos que existe uma certeza epidemiológica consistente que associa de forma independente a inalação crônica de fumaça de biocombustível com o crescimento da tuberculose pulmonar. Conclui-se que, no quadro do parênquima pulmonar, a fumaça do biocombustível tem diferentes efeitos no sistema respiratório.

PALAVRAS CHAVE: Poluição interna, fumaça de biomassa, material particulado.

INTRAMURAL POLLUTION FROM BIOMASS SMOKE

ABSTRACT: The constant exposure to smoke particles from biofuels causes problems in the health of the world’s population, stabbing respiratory infections such as chronic obstructive pulmonary disease with wood smoke, tobacco and others are the most harmful organic compounds inside homes, affecting children and the elderly who are the most vulnerable. The objective is to analyze the effects of the intramural contamination of biomass smoke through a systematic review of the current literature, in order to prevent this disease, consulting different scientific journals such as Revista Médica, Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, Revista NCT, Research Gate, indexed in databases such as SciELO, Elsevier, Science Direct, using descriptors such as “Intramural Pollution”, “Biomass Smoke”, “Particulate Matter” elaborating the state of the art in its heuristic phases for the collection of manuscripts and hermeneutics for its analysis. The different authors consulted give certainty that we came to discover that there is a consistent epidemiological certainty that associates, in an autonomous way, the chronic inhalation of biofuel smoke with the growth of pulmonary tuberculosis. It is concluded that, within the framework of pulmonary parenchyma, biofuel smoke has different effects on the respiratory system.

KEYWORDS: Intramural Contamination, Biomass Smoke, Particulate Matter

1 | INTRODUCCIÓN

Cuando se analiza epidemiológicamente de manera independiente, la inhalación crónica de humo de biocombustibles genera el desarrollo de tuberculosis pulmonar, de ahí su importancia del presente estudio. Al respecto FAO (2017) indican. “Las emisiones de la combustión de biomasa en los hogares expone considerablemente a la población. Esta exposición es probablemente mayor que la causada por el uso mundial de combustibles fósiles, y alcanza a las mujeres y los niños de los países en desarrollo, ya que estos sectores de la población son los que están más presentes mientras preparan sus alimentos”.

ANTECEDENTES CONCEPTUALES O HISTÓRICOS DEL TEMA

García (2017). Tesis realizado en el Departamento de Alta Verapaz, Guatemala

sobre “Efectos Socioambientales del uso de la leña en la Comunidad Cocarsa, Municipio de San Miguel Tucurú, Departamento de Alta Verapaz, Guatemala”, cuyo objetivo es Determinar los efectos socioambientales del uso de la leña en la Comunidad Cocarsa, su método es: Caracterizar a los comunitarios, estimar el consumo de leña, reducir los efectos socioambientales negativos. El presente estudio es pertinente a la revisión aquí planteada, ya que el humo de biocombustible tiene diversos efectos nocivos a nivel del parénquima pulmonar y pueden aumentar diversas infecciones respiratorias y la tuberculosis.

Los resultados dan cuenta que según el censo realizado a las 25 familias de la Comunidad Cocarsa, Tucurú, Alta Verapaz, se puede demostrar que el 72 % pertenecen según su origen al departamento de Alta Verapaz en sus diferentes municipios, mientras que el 28 % son emigrantes del departamento de Izabal. Gran parte de la leña consumida en la comunidad Cocarsa proviene en su mayoría de terrenos propios. Se traslada a carga directa sobre la espalda, el material colectado son ramas, troncos secos que sirven como fuente energética.

Las conclusiones a las que arribó son: se determinó que la mayoría de los pobladores de Cocarsa son del departamento de Alta Verapaz entre las edades de 41 a 50 años, con un índice de analfabetismo que solo les permite dedicarse al trabajo agrícola y no acceder a otras actividades laborales que mejoren sus condiciones económicas. El 80% de los comunitarios cuenta con polletón abierto lo que permite la combustión ineficiente de la leña a la inhalación de monóxido de carbono (CO), siendo una de las causas de las enfermedades respiratorias en las familias a nivel local y nacional en niños y mujeres.

Torres et al (2016) Investigación realizada en Colombia sobre “Enfermedad pulmonar Obstructiva crónica por humo de leña: ¿un fenotipo diferente o una entidad distinta?”, el objetivo es diferenciar, significativamente el desarrollo de enfermedad obstructiva crónica (EPOC) entre el desarrollo de la enfermedad obstructiva crónica con leña (EPOC-L). Cuyo método aplicado es de carácter descriptivo, porque enumera las diferencias que tienen los pacientes con EPOC relacionada con humo de biomasa particularmente humo de leña, y con la EPOC relacionada con humo de tabaco. Esto ha llevado a proponer que EPOC por biomasa se constituya en un fenotipo adicional. El presente estudio es pertinente a la revisión aquí planteada, porque el 40% de la población mundial, especialmente en países en vía de desarrollo, siguen utilizando combustibles sólidos, carbón o biomasa (leña y estiércol) para calentar los hogares. En algunos de estos países más del 70% de la población rural los utiliza como principal fuente de energía.

Los resultados son: El riesgo que alcanza EPOC ha sido comprobado para todos los tipos de combustibles sólidos, pero la que mejor lo caracteriza a este tipo de exposición es la EPOC por inhalación de humo de leña. La EPOC-L predomina en mujeres por su dedicación más frecuente al oficio de cocinar, es consistente observar que las mujeres con EPOC-L son de menor estatura y de mayor índice de masa corporal (IMC), existen estudios que demuestran la frecuencia de síntomas respiratorios como (tos, expectoración, disnea,

bronquitis crónica elevada) cuando son expuestos a biomasa.

Conclusiones, las diferencias entre la EPOC-L y EPOC-T han hecho que el causal (humo de leña) y sus características de exposición sean también distintas, y estas pueden determinar que los mecanismos fisiopatológicos o su intensidad se diferencien en algunos puntos y expliquen el mayor compromiso inflamatorio de la vía aérea. Las opciones terapéuticas también serían distintos, con un mayor papel de antiinflamatorios como los esteroides inhalados. Bajo este enfoque, la EPOC-L se entiende mejor como una enfermedad distinta que como un nuevo fenotipo de EPOC.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Palabras introductorias

La exposición al humo de biocombustibles y contaminantes ambientales son causas para las infecciones respiratorias agudas como, enfermedad pulmonar obstructiva crónica asma, cáncer y tuberculosis pulmonar. Mori (2018) Manifiesta “En países subdesarrollados, la contaminación intradomiciliar se debe en mayor parte por actividades cotidianas como la cocina con combustibles que generan contaminantes de alta toxicidad, aún más, que los contaminantes extradomiciliares que pudiesen penetrar al interior del hogar”. Además, Rosero et al (2018) Indican “La presente investigación llevó a cabo para evaluar el riesgo de presentar alteraciones en la presión arterial y la capacidad pulmonar asociadas a la exposición crónica al humo de leña en una población de mujeres”. Teniendo en consideración lo vertido por los anteriores, Cabrera et al (2015) Reafirma “Mundialmente, el empleo de biomasa como combustible no sólo causa efectos adversos a la salud humana, sino también tiene consecuencias negativas para el ambiente, ya que el consumo de leña implica la extracción indiscriminada de forestales, que ocasionan deforestación, erosión, modificación de cuencas hidrográficas y el agotamiento de la capa de ozono o lluvia ácida”

Definir la variable principal

Cuando el aire está contaminado por la quema de basuras, esta se convierte en un factor de riesgo que afecta exclusivamente al aparato respiratorio. Es así que, Concha (2017) Indica que, “El humo de biomasa quemada es una compleja mezcla de sustancias volátiles y materia particulado como (PM10 y PM2.5), siendo la segunda la más peligrosa dado a que cuanto más pequeña sea la partícula, más lejos llegará en el tracto respiratorio y por lo tanto su impacto será mayor en el desarrollo de la neumopatía”. De igual manera, Cabrera et al (2015) Manifiesta, “La presencia de enfermedades respiratorias se debe a la inflamación o irritación de la faringe, rinitis y asma, producida por las partículas inferiores a 10 μ generadas por la combustión de la leña”.

Comentar cómo es el problema a nivel mundial

En México, en el suroeste y centro del país existen aproximadamente 262 puntos

calientes o municipios donde el uso de la leña puede generar un problema de salud respiratoria. Éstos se concentran en Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Quintana Roo y Michoacán; estados en los que también se concentra la población con mayor índice de pobreza y en los cuales la disposición del biocombustible es asequible. Sada et al (2015).

Comentar cómo es el problema a nivel nacional

Cerro de Pasco es una de las ciudades que cuenta con dos hospitales importantes el del Ministerio de Salud “Daniel Alcides Carrión” ubicado en San Juan Pampa y el Hospital del Seguro Social de Cerro de Pasco, aquí se han identificado enfermedades de tipo respiratorios más frecuentes de la zona como: Amigdalitis aguda debida a otros microorganismos especificados, Amigdalitis aguda, no especificada, Amigdalitis estreptocócica, Faringitis aguda debida a otros microorganismos especificados, Faringitis aguda, no especificada, Infección aguda de las vías respiratorias superiores. (Robles 2020).

Comentar cómo es el problema a nivel local

En el distrito de Lircay, provincia de Angaraes, Huancavelica, a menudo se observa en los centros hospitalarios a personas con problemas respiratorios, tuberculosis, producto de la contaminación intramuros humo de biomasa, como se observan en estas fotografías.



Foto (01)



(Foto 02)

Causas del problema.

Casi 3 000 millones de personas en el mundo todavía siguen cocinando y calentando sus hogares con combustibles sólidos como: madera, residuos agrícolas, carbón y excrementos de animales, en fuegos abiertos y son los que viven en países subdesarrollados. Estos combustibles ineficientes para cocinar causan efectos elevados

de contaminación, dado que liberan elementos dañinos para la salud, tales como pequeñas partículas de hollín que penetran profundamente en los pulmones. El humo puede producir concentraciones de partículas finas 100 veces superiores a las aceptables. La exposición afecta particularmente a las mujeres y los niños, porque están más tiempo cerca del hogar (MOS 2021).

Consecuencias del problema.

La situación ambiental que vivimos en los últimos años ha sobrepasado toda probabilidad de restaurar la naturaleza, ya se sienten los síntomas clásicos como: el llorar de los ojos, la tos crónica, deficiencias en la respiración, dolores en la garganta, es algo que vivimos a diario. INEI (2019) Indica “En el mundo en general y en el Perú en particular, el uso de biomasa como combustible para cocinar los alimentos no solo tiene efectos adversos en la salud de las personas, sino que también tiene consecuencias negativas para el medio ambiente, por cuanto el consumo de leña, principalmente, significa la extracción indiscriminada de forestales lo que ocasiona deforestación, erosión, modificación de cuencas hidrográficas, pérdida de biomasa que regenera los suelos”. También, EPA (2021) Afirma “Puede que el humo tenga buen olor, pero para la salud no es bueno. La mayor amenaza del humo proviene de la llamada material particulado (PM_{2,5}). Estas partículas microscópicas entran por los ojos y sistema respiratorio, provocan ardor en los ojos, goteo nasal, y bronquitis. Pueden empeorar los síntomas del asma y desencadenar ataques de asma, infartos de miocardio, ritmo cardíaco irregular e insuficiencia cardíaca, en personas con enfermedades de riesgo”.

Solución del problema.

La madera es uno de los elementos que el hombre ha utilizado como energía desde tiempos muy remotas hasta la actualidad, por lo que la alternativa de solución en la sierra y la selva es reducir la emisión del humo a través de estufas mejoradas o cocinas mejoradas, como lo indica. La (FAO) 2017 “En China se está realizando una competición nacional para encontrar el mejor de una nueva generación de fogones (gasificadores) de biomasa que ahora empiezan a venderse en el país. Estos fogones, que pueden utilizarse con leña y con otros tipos de biomasa, propician la combustión interna secundaria del humo parcialmente quemado y disponen también de chimenea; están concebidos para producir emisiones muy bajas”. Y en la costa se utilizaría, según manifiesta. Escobedo y Castillo (2021) “La necesidad de producir biocombustibles utilizando biomasa microalgal, está alcanzando un mayor auge, siendo la propuesta trascendental, poner en marcha una biorrefinería, principalmente enfocada en la producción óptima de biomasa microalgal como la clave principal de todo el proceso”.

OBJETIVO

Analizar y demostrar que los efectos de la contaminación Intramuros del humo de biomasa, son dañinos para la salud.

2 | LA CONTAMINACIÓN INTRAMUROS DEL HUMO DE BIOMASA

2.1 Contaminación intramuros

Sada et al (2015) Manifiesta. “La contaminación intramuros es aquella contaminación que deriva de la quema de biomasa (madera, residuos orgánicos animales, vegetales y carbón) y esta es utilizada para cocinar o calentar la vivienda, el uso intradomiciliario de biocombustibles es considerado la principal fuente de contaminación medioambiental en áreas rurales y participa a su vez en la contaminación de áreas urbanas. Cerca del 50% de la población mundial aún siguen utilizando algún tipo de biocombustible por su fácil acceso y bajo costo. Estos a la vez producen altos niveles de material particulado (MP-10) y 10 μm de diámetro, rango de concentración de 300 a 3,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y (MP-2.5) de 2.5 μm de diámetro y rango de 256 $\mu\text{g}/\text{m}^3/24$ horas. Las mujeres que utilizan biomasa en ambientes cerrados inhalan 25 millones de litros de aire contaminado durante su vida.

Esta exposición crónica al humo de biomasa duplica el riesgo de contraer alguna infección respiratoria”. También, Reyes et al (2015) Refiere que “El uso de combustibles derivados de la madera (leña) siendo consumidos por el 84% de los hogares para calefacción, con un promedio de 8.3 m³/hogar/año, usan leña, lo cual deja en evidencia que el consumo de estos combustibles no está asociado a la pobreza, sino más bien a una mezcla de factores: Costumbres, disponibilidad, confort, etc.” Escobar y Guamán (2018) Ponen en evidencia al definir que, “Las patologías más comunes para acudir al médico, se han dividido en las infecciones respiratorias superiores que afectan a los órganos de la nariz, faringe y laringe (rinitis, rinosinusitis, resfriado común, faringitis, amigdalitis, laringitis) e infecciones respiratorias bajas (bronquitis aguda, bronquiolitis neumonía)”. Debido a la importancia del tema, Chavarría (2016) Indica. “Las personas con más riesgo de presentar enfermedades causadas por la contaminación intradomiciliaria son las mujeres, personas de la tercera edad y niños menores de cinco años, quienes permanecen dentro del hogar aproximadamente un 80% a 90% del tiempo. También las mujeres embarazadas expuestas al humo de cigarro o leña tienen riesgo de complicaciones durante el embarazo, o de tener un hijo con bajo peso al nacer. Los hombres, al igual que las mujeres expuestas a humo, tienen 3 veces más el riesgo de padecer enfermedad pulmonar obstructiva crónica, y estas son: malformaciones congénitas, cáncer pulmonar, cáncer laríngeo o cáncer nasofaríngeo.”

Este tipo de contaminación del humo de biomasa es sustentado por, Ramírez et al (2020) donde. “Los síntomas del daño a la salud por exposición al humo de leña en las mujeres, es porque han estado expuestas por periodos de tiempo muy prolongados, el 15

% lleva 20 años en esta actividad, el 12.5 % lleva 10 años, el 10 % tiene 15 años y el resto está dividido en pequeños porcentajes desde 1 a 25 años (62.5 %). Las mujeres laboran 5.4 ± 1.1 días a la semana y diariamente le dedican a esta actividad un promedio de 5.9 ± 2.5 horas. Cabe mencionar que el 75.0 % están de 2 a 7 horas frente al fogón y el resto de 8 a 14 horas para terminar su jornada de trabajo. El 31 % de las mujeres manifestaron por lo menos un cambio en su cuerpo, resaltando la boca seca, amarga y resequeza en sus labios, seguido de manchas y abscesos en la cara 3.8 %, así como aspereza y resequeza en sus manos 2.5 %”.

Olaya (2017) resalta, “La contaminación intradomiciliaria (IAP) en inglés (Indoor Air Pollution) o la contaminación del aire de los hogares, HAP (Household Air Pollution) es un problema grave que afecta a más de la mitad de la población mundial. La combustión de biomasa en fogones genera una gran cantidad de (MP) y gases contaminantes. Es responsable del 4% de muertes a nivel mundial, aumenta las EPOC, infecciones respiratorias agudas en la infancia, causa muerte en niños menores de cinco años en países en desarrollo; aumento de la mortalidad infantil y perinatal, tuberculosis pulmonar, o distintos tipos de cáncer como el nasofaríngeo y laríngeo, entre otros.”

2.2 Humo de Biomasa.

Son muchos los conceptos con respecto a biomasa, pero lo manifestado por el INEI (2019) indican que, “La biomasa constituye la materia orgánica que es producto de un proceso biológico, espontáneo o provocado. Estos elementos han sido utilizados desde la antigüedad para calentar el hogar, cocinar los alimentos, elaborar cerámicas, producir metales y ser fuente de energía para otras actividades según el nivel de desarrollo por el que transitaba la humanidad. los principales contaminantes emitidos por la combustión de biomasa son: Monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (NO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), material particulado (PM), hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAPs) y contaminantes orgánicos volátiles (COV), los que pueden producir efectos indeseados en la salud”. Por lo que los problemas en la salud son de consideración. Teniendo en cuenta las versiones de: García (2017) “La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica. Las plantas acumulan la energía del sol. Desde el punto de vista energético podemos dividir a la biomasa en dos grandes grupos: (1) La biomasa seca se obtiene de forma natural con un tenor de humedad menor al 60 %. Ejemplo, leña, paja, etc. En general se utiliza este tipo de biomasa en procesos de conversión termoquímicos, donde se obtiene directamente energía térmica o productos secundarios como combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. (2) Se considera biomasa húmeda a la que contiene un porcentaje mayor al 60 % de humedad, ejemplos, restos vegetales, residuos animales, vegetación acuática, etc. Para procesar este tipo de biomasa se utilizan procesos bioquímicos y físicos”. Gallo (2017) manifiesta, “Las consecuencias del humo de los incendios sobre el organismo humano pueden causar daños agudos o crónicos,

y en muchos casos incluso la muerte. El humo derivado de la combustión, constituye el primer factor de riesgo en los incendios. La vía respiratoria es la principal vía de entrada al organismo de las sustancias tóxicas de los incendios. Los tóxicos se incorporan al torrente sanguíneo a través de los pulmones. Inhalar aire a elevadas temperaturas puede provocar daños a las vías respiratorias como: (edema pulmonar e incluso la muerte por asfixia), hipotensión y complicaciones en el sistema circulatorio”. También Gomero (2015) afirma.

“El combustible de biomasa, se denomina a la materia prima de planta o animal quemado deliberadamente por el hombre. El biocombustible más empleado es la leña, seguido del carbón vegetal, el estiércol y los residuos de cosechas. En los hogares pobres de los países en desarrollo, la leña, el carbón vegetal y otros combustibles sólidos (principalmente residuos agrícolas y carbón) se queman a menudo en fogones abiertos o estufas de mal funcionamiento. En el Perú, la leña se utiliza en, la costa, selva como en la sierra rural lo cual constituye el combustible más importante para cocinar los alimentos. También es utilizado por industrias rurales como la del té, café, producción de carbón, cal, panificación, cocido de ladrillos”.

2.3 Material Particulado

El (MP) llamado también contaminación por partículas, son las que contienen sólidos microscópicos y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico. (EPA 2021). El aire contaminado por material particulado (MP) es un problema de la salud pública. Chile es uno de los países donde se ha estudiado la contaminación atmosférica y (MP-10), y escasamente aire interior y (MP-2.5). Esto en referencia a los recién nacidos y lactantes, porque pasan el mayor tiempo en el hogar y es necesario evaluar la exposición a la contaminación intradomiciliaria de esta población susceptible. (Barría et al 2016). Las altas concentraciones de material particulado (MP) en la ciudad de Madrid, obligaron a la comunidad científica internacional encaminar una investigación tomando como hipótesis la vía potencial para la transmisión del virus. La presencia del virus se estudió en muestras de MP-10), (MP-2,5) y (MP-1), partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 micras, 2,5 micras y 1 micra respectivamente. Estas muestras analizadas se recogieron en mayo del 2020 y se utilizaron genes marcadores para comprobar la presencia de ARN de SARS-CoV-2 siendo necesario poner a punto un método de muestreo y análisis específica para este tipo de muestras, ya que no existía un protocolo normalizado para ello. (Linillos et al 2020).

3 | MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica en distintas bases de datos como: SciELO,

PubMed, ScienceDirect y Web of Science, Latindex y Scientific Search Journal (CIDI), Elsevier, empleando descriptores como “Humo de Biomasa”, “Contaminación intramuros”, “Material Particulado” así mismo se desarrolló un estudio sistemático de artículos científicos publicados en revistas científicas como Guillermo de Ockham, Dilemas Contemporáneos, Airalia, entre otras, desarrollando el estado de arte en sus fases heurística y hermenéutica.

4 | RESULTADOS

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica por humo de leña (EPOC-L) es diferente que la enfermedad pulmonar obstructiva crónica por humo del tabaco (EPOC-T) por mayor compromiso inflamatorio de la vía aérea y mucho menor o ningún grado de enfisema. Los factores etiológicos humo de leña, cigarrillo, aunque agrupables bajo la denominación de partículas o gases nocivos, son también diferentes, la EPOC-L se trata de una enfermedad distinta más que identificarla como un nuevo fenotipo de EPOC. Adicionalmente, el reconocimiento a la exposición al humo de leña puede relacionarse con manifestaciones radiológicas e histopatológicas como filtrados pulmonares, patrones restrictivos y depósito de material particulado (MP) en el pulmón (Torres et al 2016). Los habitantes de los sectores urbano marginales en un 73% no usan protectores ante la inhalación de humo, los que sufren irritaciones en la garganta son un 85% y dificultades para respirar un 36%, además, el 27% sufren expectoraciones con acompañamiento de sangre, provocados por constante exposición al humo. Al analizar el material empleado para cocinar, se determinó que 42.7% de los hogares, combustionan biomasa incluye (leña, carbón de leña y residuos agrícolas) para cocinar, seguidos del 38.1% que combinan la combustión de biomasa y gas. Únicamente el 19.1% reportó no combustionar biomasa para cocinar (Concha 2017). Al indagar la sintomatología respiratoria en niños y niñas el 15, 43% presentan tos y/o fiebre.

De este total de casos afirmativos, 52% refirieron haber tenido tos y/o fiebre durante 5 días o menos, 37% tuvieron de 6 a 10 días y 9% durante un máximo de 15 días. En total, 98% de los niños y niñas tuvieron tos y/o fiebre durante un periodo de tiempo de 1 a 15 días. Lo cual indica que las labores en la cocina incrementan la inhalación del humo, luego partiendo de la premisa, que la definición de infección respiratoria aguda presenta una temporalidad de sintomatología menor a 15 días, entonces se predice que estos niños y niñas tuvieron una infección respiratoria aguda (Mori 2018).

5 | DISCUSIÓN

Analizando los efectos nocivos del humo, Gallo (2017) afirma. “El humo puede producir un gran número de lesiones debido a la afectación sobre la mucosa traqueo-bronquial. Así, puede provocar desde un simple edema con disfunción ciliar, hasta necrosis completa y desprendimiento del epitelio con ulceración y hemorragia”. Apoyando esta versión, Sada

et al (2015) indica. “En Turquía los casos de TB pulmonar oscilan en un 26%, estos están asociados a exposiciones crónicas a humo de leña”. Lo manifestado por los dos anteriores, lleva a la reflexión lo mencionado por: Ramírez et al (2020) “Lamentablemente, el proceso de combustión del humo de leña bajo las condiciones socioeconómicas e infraestructura del fogón y cocinas estudiadas, representa un alto riesgo para la salud de la población joven femenina en edad reproductiva y indica su vulnerabilidad”. El argumento de que la fibrosis y cáncer Pulmonar provienen del uso de las cocinas a leña, y que una madre que cocina a leña, es como si estaría fumando 5 cigarrillos diariamente, nos lleva a mencionar la intervención de los materiales particulados (MP) en la exposición al humo.

Al respecto, Matus y Oyarzún (2019) refiere. “La evidencia del vínculo existente entre el material particulado (MP) y los daños a la salud pública es consistente y muestra sus efectos adversos a exposiciones experimentadas en asentamientos urbanos del mundo, tanto en países desarrollados como subdesarrollados”. A esto agrega: Sandoval et al (2019). “Observando los efectos inflamatorios después de la exposición a (MP-10), también han sido atribuidos al (MP-2,5), el cual, al ser inhalado, puede depositarse directamente en los alvéolos, los cuales provoca una alteración de la fagocitosis alveolar por disminución de la viabilidad de los macrófagos alveolares, lo que explica la mayor susceptibilidad a una situación que presentan los sujetos expuestos a (MP-2,5)”. Teniendo en cuenta lo vertido por los anteriores, Pippo et al (2018) reafirma, “Son más de 7 000 sustancias tóxicas que tiene el humo del tabaco, en las cuales se encuentran cerca de 69 carcinógenos. Estas sustancias son llevadas a través de micropartículas de materia de diámetro menor a 2,5 micras que penetran profundamente en la vía respiratoria llegando a los alvéolos para causar un daño en la salud como: accidente cerebrovascular, enfermedad cardiovascular y síntomas crónicos respiratorios”. Luego, dando una de las tantas soluciones a este problema, Fuente et al (2018) confirma.” Las cocinas mejoradas estiman un 54.55% de beneficios, obteniendo cambios sustanciales en el aspecto económico puesto que se ha reducido el consumo de leña ahorrado en un 66%. Los problemas respiratorios en la salud han disminuido, la cocina se mantiene más aseada y la preparación de los alimentos es mejor en cuanto a su calidad porque las cenizas en el ambiente han desaparecido”.

6 | CONCLUSIONES

La contaminación intramuros por humo de biomasa es un problema global de la salud pública. Actualmente se reconoce a la exposición al humo de biomasa como un factor de riesgo independiente para desarrollar TB. Dicha susceptibilidad para desarrollar TB se debe a la disfunción inmunológica inducida por el humo de biocombustibles. La presencia de vectores contaminantes como el uso de la leña, pueden ocasionar serias enfermedades respiratorias a los más vulnerables en las viviendas como a niños y adultos mayores. La realidad que vive cada familia por causa del inadecuado manejo de desechos

contaminantes es que no solo arrojan sus basuras alrededor de sus viviendas, sino que también los queman en sus corrales predisponiendo a riesgos muy peligrosos a familia. El uso de las cocinas mejoradas respecto a las familias que usan las cocinas tradicionales se observa que se consume menos leña para preparar los alimentos del desayuno y cena. Sin embargo, en el almuerzo ambas cocinas utilizan la misma cantidad de leña

REFERENCIAS

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (2021). El humo de la leña y su Salud. <https://cutt.ly/yRVOqfc>

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (2021). Conceptos básicos sobre el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). <https://n9.cl/sipa>

Gallo, T., (2017). Efectos Nocivos del Humo de la Combustión sobre la salud y el Medio Ambiente. Área de servicios públicas supramunicipales. Sevilla – España.

Barría, R. Calvo, M. Pino, P. (2016). Contaminación Intradomiciliaria por material particulado fino (MP2,5) en hogares de recién nacidos. Elsevier: Revista Chilena de Pediatría, 87(5),343-350. Chile

Cabrera, A. Carrasco, A. Cipriano, J. (2015) Impacto en la salud del uso de biocombustibles en el interior de las viviendas de la comunidad nativa de Lamas, San Martín, Perú: 2013. Rebiol, 35(1), 6 -13. ISSN:2313 – 3171. Trujillo – Perú.

Concha, A., (2017). Inhalación del Humo de Biomasa y su Incidencia en las enfermedades respiratorias Comunidad de parroquia San Juan Cantón pueblo viejo los Ríos Durante el primer semestre 2017 [Tesis: Licenciado en Terapia Respiratoria. Ecuador].

Chavarría, G. (2016). Caracterización de la función pulmonar y niveles de monóxido de carbono intradomiciliaria en viviendas rurales. Revista Médica. ISSN 2074-7004 2016,155(2). 68-75. Guatemala.

Escobar, M., Guamán, B., (2018). Alergias Respiratorias y su relación con la Contaminación Ambiental [Tesis: Licenciada en Terapia Respiratoria. Universidad Estatal de Milagro, Ecuador]. <https://cutt.ly/HEyHOqG>

Fuente, K. Salgado, I. Trujillo, J. Fuentes, L. (20218). Evaluación de proyectos energéticos, biogestores y cocinas mejoradas por asomupro en comunidades de Jícaro y Mozonte, durante el periodo 2018. <https://repositorio.unan.edu.ni/11457/1/19949.pdf>

Gallo, T., (2017). Efectos Nocivos del Humo de la Combustión sobre la salud y el Medio Ambiente. Área de servicios públicas supramunicipales. Sevilla – España.

García, A., (2017). Efectos Socioambientales del uso de la leña en la comunidad Cocarsa, Municipio de San Miguel Turucú, Departamento de Alta Verapaz. [Tesis: Posgrado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Gestión Ambiental]. <https://cutt.ly/UEyFyYU>

Gomero, N., (2015). Efecto del uso de cocinas mejoradas en la salud de los niños del distrito de "Huasmin"-Celendín-Cajamarca. [*Tesis de Maestría en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible*]. <https://cutt.ly/dEyFJNy>

Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2019). Hogares en las que cocinan con combustibles Contaminantes. 1-56. www.inei.gob.pe

Jiménez, M. Castillo, A. (2021). Biomasa microalgal con alto potencial para la producción de biocombustibles. *Scientia Agropecuaria*, ISSN 2077-9917, 12(2). Trujillo- Perú.

Matus, P. Oyarzún, M. (2029). Impacto del Material Particulado aéreo (MP2,5) sobre las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños: Estudio caso-control alterno. *SciELO. Rev. Chil.Pediatr.*90(2). ISSN 0380-4106. Chile.

Mori, Y., (2018). Relación entre la Combustión de Biomasa Intradomiciliaria con la presencia de Sintomatología Respiratoria en niños menores de 5 años. [*Tesis de Maestría en Salud Pública con énfasis en Epidemiología. Guatemala*]. <https://cutt.ly/rEyGtHy>

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 2017.El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud. <https://n9.cl/1pzrh>

Linillos, B. Rancan, L. Diaz, E. Vara, E. Artiñano, B. Arias, J. (2021). Determinación de ARN del SARS-CoV-2 en diferentes fracciones de tamaño de material particulado de muestras de aire exterior en Madrid durante el cierre. *Elsevier*,195(2021) 110863.Madrid.

Olaya, B., (2017). Una aproximación a la Reducción de la Contaminación Intradomiciliaria a través de la mejora de la habitabilidad básica. [*Tesis: Master en estrategias y Tecnologías para el Desarrollo. México*]. <https://cutt.ly/TEyGYB9>

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2021) Contaminación del aire de interiores y salud. <https://n9.cl/2l2y>

Pippo, A. Barros, M. Colomar, M. Cavalleri, F. Goyeneche, J. (2018). Humo de tabaco en vehículos: Medición de partículas de materia 2,5 micras. *Cielo. Rev. Méd. Urug.* 34(4). ISSN 0303-3295. Versión On.line ISSN 1688-0390. Montevideo-Uruguay.

Ramírez, J. Reyes, L. Sánchez, G. Castillo, L. Bernardino, H. (2020). La elaboración de tostadas por mujeres de la costa de Oaxaca. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(56), 1-14. *Revista electrónica ISSN: 2395-9169. México.*

Reyes y Nelson (2015). El Dilema de la leña, ¿Cómo reducir la contaminación del aire sin incrementar el gasto en calefacción? *Research Gate DOI: 1(1) 1-22, Chile.*

Robles, E. (2020). La contaminación del aire por material particulado y su relación con las enfermedades de tipo respiratorio en la población de Cerro de Pasco. [tesis: Maestría en ciencias ambientales. UNMSM] Perú. <https://n9.cl/pbtw>

Rosero, A. Perafán, J. Cajas, N. (2018). Indicadores de Hipertensión y disfunción pulmonar en mujeres expuestas a humo de biomasa en el departamento de Cauca: Efecto de variables de exposición. *Salutem Scientia Spiritus*, 4(2), ISSN: 2463 -1426. Colombia.

Sada, I. Ocaña, R. Torre, L. (2015). Humo de Biomasa, inmunidad innata y Mycobacterium Tuberculosis. Revista NCT, 74(2) 118-126. México.

Sandoval, B, Reyes, T, Oyarzún, M. (2019). Mecanismos de los efectos nocivos de la contaminación del aire por incendios forestales sobre la salud humana. SciELO. Rev. Chil. Enferm. Respir.35(1). ISSN 0717-7348.Chile.

Torres, C. García, M. Gonzales, M. (2016). Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica por humo de leña: ¿Un fenotipo diferente o una entidad distinta? Arch. Bronconeumol, 52(8), 425-431. Colombia. www.archbronconeumol.org

SOBRE O ORGANIZADOR:

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua- Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011) e em Ciências Biológicas pela Faculdade Única (2021). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase em desenvolvimento de bioadsorvente para remoção dos íons metálicos As(V), Sb (III) e Se (IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea (TiO_2 /UV-A e TiO_2 /Solar, H_2O_2 /UV-C) para remoção de contaminantes de interesse emergente (CIE) em diferentes matrizes aquáticas. Realizou o primeiro estágio Pós-Doutoral (de maio de 2019 a junho de 2021) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase em aplicação de novos agentes oxidantes empregando radiação solar para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente realiza seu segundo Estágio Pós- doutoral (julho de 2021 - atual) na UFU na mesma linha de pesquisa. Cursando Licenciatura em Física na Faculdade única (Setembro de 2021 à Novembro de 2022), cursando pós-graduação *lato sensu* em Ensino de Ciências e Matemática (IFTM/Uberlândia), Análise Instrumental Avançada (Faculdade Unileyva). Possui 11 anos de experiência como técnico em química no Instituto Federal de Goiás, tendo atuado como responsável por análises de parâmetros físico-químicos e biológicos de águas e efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) Estudos de monitoramento de CIE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados (H_2O_2 /UV-C, TiO_2 /UV-A e foto-Fenton e outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) processos de alfabetização e letramento científico na área de Ciência da Natureza, em especial biologia e química

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 102, 109, 118, 119, 120, 121

Agência Nacional de Águas - ANA 2

Agroindústria 77

Águas residuárias 4, 7, 77, 78, 80, 83, 84, 91, 92, 93, 94, 96, 98, 99, 100, 101, 103, 105, 106, 107, 121

Águas superficiais 4, 7, 33, 95, 109, 111, 113, 115

Água subterrânea 38, 43, 45, 47, 49

Água sulfúrea 38, 46, 47, 50

Áreas de Preservação Permanente - APP 2, 6

Aterros sanitários 28, 29, 33, 112

Atividades agropecuárias 27

Atividades ecológicas 14, 18

Atividades portuárias 14

Automedicação 27, 32, 33

B

Bacias hidrográficas 4, 7, 58, 61, 62, 63, 66, 67

Barragens 1, 2, 13

Biocombustíveis 126, 127, 129, 131, 132, 136, 137, 138

Biodegradabilidade 29, 33, 109, 112, 116

Bioma 2, 3, 5, 9, 12, 13

Biomassa 7, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

Biota aquática 109, 110

C

Compensação ambiental 4, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13

Conselho Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco - CONSEMA/PE 4

Contaminação 7, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

Corpos hídricos 15, 93, 94

D

Decantador 77, 79, 80, 81, 82, 84, 85

Desenvolvimento sustentável 1, 12, 93, 107

Desreguladores endócrinos 109, 111, 114, 122, 123

E

Ecosistema 14, 15, 18, 21, 53, 114

Educação Ambiental 27, 29, 32, 34, 35, 140

Efluentes domésticos 7, 109

Energia elétrica 52, 53, 54, 55, 56, 57

Energia solar 52, 53, 56, 57

Energias renováveis 53

Erosão 15, 25, 59, 61, 62, 65, 66, 67

Espécie humana 29, 35

Eutrofização 93, 94, 95

F

Fármacos 27, 29, 33, 34, 110, 111, 112, 113, 121, 122, 123

Filtração por membranas 109, 119, 121

Flotação 77

G

Geoambiental 16, 58, 60

Geológicos 38, 41, 51

Geomorfológicos 38, 41

H

Hidrogeoambientais 6, 38, 43

Hidrogeofísicos 58

Hidrologia 50, 58, 67

Hormônios 4, 7, 109, 111, 114, 116, 117, 119, 120

Humo 7, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139

I

Impactos ambientais 2, 4, 29, 30, 33, 53, 92

Indústrias farmacêuticas 28, 29, 31

Infecciones respiratorias 126, 128, 129, 132, 133

L

Logística reversa 6, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37

M

Macrófitas 93, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104

Mamão Papaya 7, 69

Manguezais 4, 6, 14, 15, 16, 21, 26

Medicamentos 4, 6, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 112, 114

Meio ambiente 4, 4, 12, 13, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 36, 37, 52, 53, 58, 69, 71, 72, 78, 90, 91, 93, 94, 109, 110, 111, 112, 113, 122, 124

Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV 77, 79

Mudanças Climáticas 4, 7, 39, 40, 58, 61, 62

P

Patógenos 71, 109, 114

Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD 15, 26

Podridão Peduncular 69, 71, 72, 73, 74, 75

Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS 28, 30, 35, 37

Processos Oxidativos Avançados - POAs 4, 109, 116, 121, 123, 140

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA 28

R

Reatores biológicos 77

Reatores de Leito Móvel com Biofilme - MBBR 7, 77

Reciclagem 28

Recuperação ecológica 4, 6, 14, 15, 26

Recursos hídricos 27, 29, 31, 33, 39, 78, 93, 109, 114, 123, 124

Rede de Drenagem 59, 61

Resolução CONAMA 2

Reutilizar 28

S

Sistema de Confinamento Celular (Geocélulas) 6, 14, 15, 16, 17, 21, 25

Sistema Fotovoltaico 4, 6, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Supressão vegetal 2, 4, 5, 11, 13

T

Tratamento hidrotérmico 4, 7, 69, 70, 71, 74, 75, 76

U

Usinas hidrelétricas 52, 53

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA AMBIENTAL



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA AMBIENTAL

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br