

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 4

Alan Mario Zuffo
(Organizador)



Alan Mario Zuffo

(Organizador)

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

E57 Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade 4 / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia Sanitária e Ambiental; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-252-4

DOI 10.22533/at.ed.524191104

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária.
3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario.

CDD 628

Elaborado por Maurício Amormino Júnior I CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu IV volume, apresenta, em seus 19 capítulos, os conhecimentos tecnológicos da engenharia sanitária e ambiental.

As Ciências estão globalizadas, englobam, atualmente, diversos campos em termos de pesquisas tecnológicas. Com o crescimento populacional e a demanda por alimentos tem contribuído para o aumento da poluição, por meio de problemas como assoreamento, drenagem, erosão e, a contaminação das águas pelos defensivos agrícolas. Tais fatos, podem ser minimizados por meio de estudos e tecnologias que visem acompanhar as alterações do meio ambiente pela ação antrópica. Portanto, para garantir a sustentabilidade do planeta é imprescindível o cuidado com o meio ambiente.

Este volume dedicado à diversas áreas de conhecimento trazem artigos alinhados com a Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade. A sustentabilidade do planeta é possível devido o aprimoramento constante, com base em novos conhecimentos científicos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a Engenharia Sanitária e Ambiental, assim, garantir perspectivas de solução de problemas de poluição dos solos, rios, entre outros e, assim garantir para as atuais e futuras gerações a sustentabilidade.

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
O BANHEIRO SECO COMO MEDIDA MITIGADORA PARA O CONTROLE DE DOENÇAS ASSOCIADAS À FALTA DE SANEAMENTO EM CACHOEIRA DO ARARI, SALVATERRA E SOURE, NA ILHA DO MARAJÓ-PA	
Fernando Felipe Soares Almeida Aline Martinho Trindade Ferreira Evelyn Wagemacher Cunha Gabriel Almeida Silva Larissa Delfino Santana Rocha Loreno da Costa Francez	
DOI 10.22533/at.ed.5241911041	
CAPÍTULO 2	19
PESQUISA DA QUALIDADE HIGIÊNICO-SANITÁRIA DE ÁGUA DE CULTIVOS E PEIXES PROVENIENTES DE 10 PESQUE-PAGUES LOCALIZADOS NO RECÔNCAVO BAIANO	
Adriana Santos Silva Danuza das Virgens Lima Daniela Simões Velame Crisnanda da Silva e Silva Ludmilla Santana Soares e Barros	
DOI 10.22533/at.ed.5241911042	
CAPÍTULO 3	28
PESQUISA PARTICIPATIVA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BAIRRO SÁ VIANA, SÃO LUÍS, MA, BRASIL	
Letícia Fernanda Brito Moraes Juliana de Faria Lima Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5241911043	
CAPÍTULO 4	37
PROPOSTA DE ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS ORIUNDAS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO SETOR BÁSICO DA UFPA/BELÉM	
Adenilson Campos Diniz André Luiz da Silva Salgado Coelho Hélio da Silva Almeida Amanda Queiroz Mitozo Yuri Bahia de Vasconcelos Neyson Martins Mendonça	
DOI 10.22533/at.ed.5241911044	
CAPÍTULO 5	51
PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAPAS DE CORTE E PLAINAGEM DO SETOR MOVELEIRO QUE UTILIZA MDF NO MUNICÍPIO DE MARABÁ – PA	
Elysson Filipe de Sousa Silva Raíza Pereira Bandeira Antônio Pereira Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.5241911045	

CAPÍTULO 6	77
QUANTIFICAÇÃO DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL NO PROCESSO DE DESTILAÇÃO E ALTERNATIVAS DE REUSO	
Mariane Santana Silva	
Jaira Michele Santana Silva	
Micaelle Almeida Santos	
Joseane Oliveira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5241911046	
CAPÍTULO 7	84
QUANTUM DOTS FROM RENEWABLE PRECURSORS INCORPORATED AT ZINC OXIDE BY SONOCHEMICAL METHOD FOR PHOTOCATALYTIC PROPERTIES	
Mayara Feliciano Gomes	
Yara Feliciano Gomes	
André Luis Lopes Moriyama	
Eduardo Lins de Barros Neto	
Carlson Pereira de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.5241911047	
CAPÍTULO 8	100
REGIONALIZAÇÃO DE CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÃO PARA A SUB- BACIA DO RIO MADEIRA	
Letícia dos Santos Costa	
DOI 10.22533/at.ed.5241911048	
CAPÍTULO 9	114
REÚSO DE ÁGUA EM EMPREENDIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS	
Antonio de Freitas Coelho	
Ailton Braz da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5241911049	
CAPÍTULO 10	126
SANEAMENTO: INTERFERÊNCIA NA SAÚDE PÚBLICA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO	
Francisco Das Chagas Sa Cabedo Junior;	
Keven Barbosa da Silva Cunha;	
Anderson Luiz da Silva Aguiar	
Francisco Daniel Nunes Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.52419110410	
CAPÍTULO 11	135
TiO ₂ SUPORTADO EM VIDRO COMO FOTOCATALISADOR PARA DEGRADAÇÃO DE LARANJADO DE METILA	
Siara Silvestri	
Fernanda C. Drumm	
Patrícia Grassi	
Jivago S. de Oliveira	
Edson L. Foletto	
DOI 10.22533/at.ed.52419110411	

CAPÍTULO 12	145
USO DA ÁGUA DOS APARELHOS DE AR CONDICIONADO NO CAMPUS PARALELA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO JORGE AMADO – UNIJORGE	
Alex dos Santos Queiroz Laís Lage dos Santos José Arthur Matos Carneiro	
DOI 10.22533/at.ed.52419110412	
CAPÍTULO 13	151
USO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA NA REMOÇÃO DO CORANTE VIOLETA	
Jordana Georjin Paola Rosiane Teixeira Hernandes Letícia de Fátima Cabral de Miranda Daniel Allasia Guilherme Luiz Dotto	
DOI 10.22533/at.ed.52419110413	
CAPÍTULO 14	158
UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA MÁQUINA DE LAVAR ROUPA PARA IRRIGAÇÃO DE GRAMA	
Lucas Oliveira de Souza Sandra Zago Falone	
DOI 10.22533/at.ed.52419110414	
CAPÍTULO 15	169
UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS CATIONICOS ORGÂNICOS NO TRATAMENTO DA ÁGUA: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL TANÍFERO DE PLANTAS DO SEMIÁRIDO BAIANO	
Thailany de Almeida Magalhães Aura Lacerda Crepaldi Yuji Nascimento Watanabe Floricea Magalhães Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.52419110415	
CAPÍTULO 16	179
UTILIZAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA PARA IDENTIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS PRESENTES EM CINCO PONTOS DO RIO BUCANHA LOCALIZADO NA CIDADE DE TRACUATEUA, NORDESTE PARAENSE	
Renata Conceição Silveira Sousa Sávio Costa de Carvalho Mauro André Damasceno de Melo Cristovam Guerreiro Diniz	
DOI 10.22533/at.ed.52419110416	
CAPÍTULO 17	186
UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DE AÇAÍ COMO LEITO FILTRANTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E RESIDUÁRIA	
Letícia dos Santos Costa Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves	
DOI 10.22533/at.ed.52419110417	
CAPÍTULO 18	199
VARIABILIDADE DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PARÁ	
Jakeline Oliveira Evangelista Samira Alves Silva	

Phaloma Aparecida
Tathiane Santos da Silva
Glauber Epifânio Loureiro

DOI 10.22533/at.ed.52419110418

CAPÍTULO 19 209

WETLAND CONSTRUÍDO DE FLUXO SUBSUPERFICIAL NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS
LÍQUIDOS DE BOVINOCULTURA DE LEITE

Kiane Cristina Leal Visconcin

Henrique Moreira Dutra

Liniker Rafael Rodrigues

Edu Max da Silva

DOI 10.22533/at.ed.52419110419

SOBRE O ORGANIZADOR..... 214

O BANHEIRO SECO COMO MEDIDA MITIGADORA PARA O CONTROLE DE DOENÇAS ASSOCIADAS À FALTA DE SANEAMENTO EM CACHOEIRA DO ARARI, SALVATERRA E SOURE, NA ILHA DO MARAJÓ-PA

Fernando Felipe Soares Almeida

Universidade da Amazônia

Belém - PA

Aline Martinho Trindade Ferreira

Universidade da Amazônia

Belém - PA

Evelyn Wagemacher Cunha

Universidade da Amazônia

Belém - PA

Gabriel Almeida Silva

Universidade da Amazônia

Belém - PA

Larissa Delfino Santana Rocha

Universidade da Amazônia

Belém - PA

Loreno da Costa Francez

Universidade da Amazônia

Belém - PA

RESUMO: A Lei 11.445/2007 norteou as diretrizes para o desenvolvimento do saneamento, porém, ainda hoje, a maioria dos municípios do Estado do Pará enfrentam condições sanitárias precárias, seja por falta de investimentos, ou de Leis municipais efetivas. Os municípios alvos deste estudo, Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure, na Ilha do Marajó-PA, possuem indicadores sanitários insuficientes quando comparados aos demais municípios

brasileiros. Em virtude disso, inúmeros problemas de saúde decorrentes da água contaminada com dejetos humanos tornam-se presentes na população, a qual acaba por adquirir doenças infecciosas. A mitigação deste problema passa pela implantação de banheiros secos, os quais transformam excretas em adubo para a agricultura, ao mesmo tempo em que reduzem a transmissão de agentes patológicos de veiculação hídrica. A metodologia utilizada é de natureza aplicada de caráter quantitativo e descritivo, com pesquisa de campo, objetivando a obtenção de informações sobre saneamento, abrangendo questões como: água de consumo, infecção por doenças de ciclo fecal, e por fim, a aceitação do banheiro seco pela população. Após a aplicação de questionários à população dos três municípios de estudo, foram obtidos os seguintes resultados: 61% das pessoas entrevistadas afirmaram consumir água oriunda da rede de abastecimento público, 25% de poço próprio e 14% compram água mineral. Com relação às doenças observadas, a de maior incidência entre os entrevistados foi a Amebíase, somando-se 31,11% dos casos em Cachoeira do Arari, 24,35% em Salvaterra e 39,67% em Soure. Por fim, a aceitação do banheiro foi positiva nos três municípios, apresentando no geral, 67,7% de aprovação.

PALAVRAS-CHAVE: Banheiro Seco, Saneamento Ambiental, Marajó, Doenças de

ABSTRACT: The law 11,445 / 2007 guided the guidelines for the development of sanitation, but even today most municipalities in the State of Pará face precarious sanitary conditions, either due to lack of investments or effective municipal laws. The target municipalities of this study, Cachoeira do Arari, Salvaterra and Soure, in the Island of Marajó-PA, have insufficient sanitary indicators when compared to the other Brazilian municipalities. Due to this, numerous health problems resulting from water contaminated with human waste become present in the population, which ends up acquiring infectious diseases. The mitigation of this problem involves the implantation of composting toilets, which transform excreta into fertilizer for agriculture while reducing the transmission of pathological agents of water transport. The methodology used is quantitative and descriptive in nature, with field research, aiming to obtain information on sanitation, covering issues such as drinking water, infection by fecal cycle diseases, and finally acceptance of the dry toilet by the population. After questionnaires were applied to the population of the three study municipalities, the following results were obtained: 61% of respondents reported consuming water from the public water supply network, 25% from their own well and 14% from mineral water. Regarding the diseases observed, the most frequent among the interviewees was Amebiasis, 31.11% of cases in Cachoeira do Arari, 24.35% in Salvaterra and 39.67% in Soure. Finally, the acceptance of the bathroom was positive in the three municipalities, presenting, in general, 67.7% approval.

KEYWORDS: Composting Toilet, Environmental Sanitation, Marajó, Waterborne Diseases.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil passou anos sem um posicionamento determinado para os critérios de saneamento básico. A partir de 2007 com a criação da Lei 11.445, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, o país passou a ter um direcionamento aos serviços de saneamento e estipular metas com base em princípios fundamentais, como a universalização e a integridade dos serviços. Com base no artigo 3º da referida Lei, considera-se saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas. Porém, Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure ainda não detêm o Plano Municipal de Saneamento Básico, portanto, estes municípios não possuem expectativas de metas a curto, médio e longo prazo para os sistemas de saneamento. Desta forma, os indicadores de saneamento nos municípios não são positivos, em alguns casos, nem existentes, como o sistema de tratamento de esgoto que não se faz presente em nenhum dos três municípios.

O serviço de abastecimento de água dos municípios é de responsabilidade da

Prefeitura e outras entidades, já para os serviços de manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos a prefeitura é a única executora.

O consumo de água nos municípios se dá de forma bastante variada, conforme pode-se verificar na Tabela 01.

FORMA DE ABASTECIMENTO	Nº DE DOMICÍLIOS		
	CACHOEIRA DO ARARI	SALVATERRA	SOURE
Poço ou nascente na propriedade	2.120	848	774
Poço ou nascente fora da propriedade	761	140	250
Rede Pública	1.358	4.029	4.199
Outra forma	298	53	315

Tabela 01. Formas de Abastecimento de Água por Número de Domicílios.

Fonte: IBGE, 2010.

Em Salvaterra e Soure, a forma mais frequente de abastecimento é a rede pública, administrada pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), enquanto que, em Cachoeira do Arari, os poços ou nascentes são a proveniência mais comum para a água de consumo.

Devido a inexistência de um sistema de esgotamento sanitário, que transporte e trate os efluentes, os domicílios optam por sistemas isolados. A Tabela 02 quantifica os domicílios que possuem banheiro, sanitário ou nenhum deles, e mostra os tipos de esgotamento sanitário utilizado.

CLASSIFICAÇÃO	TIPO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	Nº DE DOMICÍLIOS		
		CACHOEIRA DO ARARI	SALVATERRA	SOURE
Tinham banheiro	Rede geral de esgoto ou pluvial	38	11	19
	Fossa séptica	1.638	256	3.481
	Fossa rudimentar	754	3.106	364
	Vala	231	39	36
	Rio, lago ou mar	171	0	0
	Outro	175	120	32
Tinham sanitário	Rede geral de esgoto ou pluvial	3	3	7
	Fossa séptica	91	1	123
	Fossa rudimentar	755	652	836
	Vala	92	278	33
	Rio, lago ou mar	0	0	0
	Outro	333	349	187

Não tinham banheiro nem sanitário	256	255	420
-----------------------------------	-----	-----	-----

Tabela 02. Existência de Banheiro ou Sanitário e Esgotamento Sanitário do Município de Salvaterra.

Fonte: IBGE, 2010.

Com a análise da Tabela 02, verifica-se que a maioria dos domicílios possuem banheiro (3.532 domicílios em Salvaterra, 3.007 em Cachoeira do Arari e 3.932 em Soure), seguido dos que possuem sanitário (1.283 domicílios em Salvaterra, 1.274 em Cachoeira do Arari e 1.186 em Soure) e, por fim, os que não possuem banheiro nem sanitário (255 domicílios em Salvaterra, 256 em Cachoeira do Arari e 420 em Soure). Nota-se ainda que o tipo de esgotamento sanitário mais utilizado em Salvaterra é a fossa rudimentar, sendo utilizada em 3.758 domicílios, enquanto que em Cachoeira do Arari e Soure, a fossa séptica é a mais frequente, com 1.729 e 3.604 domicílios, respectivamente.

Segundo Barbosa (2012) a Região do Marajó, estrutura-se na divisão da Secretaria Estadual de Saúde que está representada por dois Centros Regionais de Saúde – 7º e 8º que têm sob suas jurisdições, dezesseis municípios do Arquipélago do Marajó.

Analisando a oferta de infraestrutura hospitalar na mesorregião, os municípios apresentam carência nessa área, com exceção de Soure possuindo 2,5 leitos por habitante, todos os outros possuem menos de 1,5 leitos a cada mil habitantes. Santa Cruz do Arari, Pontas de Pedras, Melgaço, Chaves, Cachoeira do Arari, Bagre e Afuá deparam-se com este indicador nulo, demonstrando a fragilidade total da área de saúde nesta região (PARÁ, 2007).

Fonseca & Vasconcelos (2011, apud. COUTINHO, 2013) afirmam que as doenças infecciosas e parasitárias são um dos problemas de saúde mais importantes no mundo, as quais, em grande parte, estão de alguma forma relacionadas com a água. Ainda segundo os mesmos autores, um exemplo da estreita relação entre a saúde e o saneamento está no benefício que políticas de saneamento desempenham sobre a saúde das pessoas, principalmente no tocante a doenças infecciosas e parasitárias.

O banheiro seco ou sanitário compostável, segundo Lamb et al. (2013), funciona como um método ecologicamente correto para o tratamento dos dejetos humanos, convertendo-os em adubo, sem qualquer contato com água. Assim, é capaz de propor o tratamento e destinação das excretas humanas, de forma alternativa ao sistema convencional. Como o próprio nome sugere, ele não depende de nenhum contato com água para funcionar, característica fundamental às grandes vantagens que lhe são atribuídas. Ainda segundo Berger (2011), devido serem usados sem descargas de água dependentes de conexões com a rede de esgoto, esses sanitários conferem uma gama de aplicações para o saneamento seguro e higiênico. Dessa forma, é como

se as canalizações e fossas do sistema tradicional, fossem substituídas por uma câmara em que armazena os dejetos e, ao mesmo tempo, os sujeitam ao processo de compostagem, gerando como produto final adubo e biofertilizante.

Segundo o que conta Porto e Steinfeld (2000) o banheiro seco, antes conhecido como “Dry Earth System” (sistema de terra seca) foi idealizado pelo Padre e pesquisador inglês Henry Moule, em Londres, após presenciar durante os anos de 1849 e 1854 dois episódios de epidemia de cólera, que levaram a milhares de mortes, e convencer-se de que a mesma transmitia-se pelo consumo de águas que por quaisquer motivos entravam em contato com fezes humanas. Pode-se perceber, portanto, que o próprio conceito que se conhece hoje sobre o banheiro seco, surgiu como uma ação de saneamento ambiental, prevenindo a contaminação da água, no intuito de proteger seus usuários.

Funasa (2014), associa o saneamento ambiental às práticas que visam atingir a sustentabilidade na busca de soluções que favoreçam os ciclos fechados, tornando o banheiro seco um grande exemplo dessa conceituação. Atualmente o desenvolvimento sustentável demanda soluções que supram as necessidades dos três aspectos que formam o seu “tripé”: o econômico, o social e o ambiental. Nesse sentido, o banheiro seco se sobressai aos desafios com maestria, conforme descrito abaixo:

- Econômico: ao deixar de se utilizar água, bem cada vez mais valoroso com o passar do tempo, deixa-se também o uso de sistemas de transporte e tratamento da mesma (canalização e fossa), e com isso, os custos para manutenção desses sistemas;
- Ambiental: este aspecto dirige-se tanto à valorização da água, evitando seu uso e contaminação, quanto à compostagem, processo integrado ao banheiro seco que garante a eliminação de patógenos e ainda a destinação final ambientalmente adequada aos dejetos humanos;
- Social: o baixo custo, a prevenção de doenças através da eliminação dos agentes patógenos e a produção de adubo como auxiliadora à agricultura familiar são os pontos mais relevantes deste aspecto, revelando o grande potencial desta técnica em gerar dignidade a pessoas que vivem longe das atenções do poder público.

Berger (2011) acrescenta que os equipamentos e operações do banheiro seco podem ser adaptados as condições técnicas e culturais de países industrializados e em desenvolvimento, podendo ser construídos de forma simples e de baixo custo ou mecanizados em um nível técnico mais avançado.

A compostagem é o processo natural de degradação da matéria orgânica, realizada por microrganismos, no qual resultará em fontes de nutrientes vitais (adubo e biofertilizante) utilizadas para auxiliar o crescimento e desenvolvimento de vegetais. Para que esse processo ocorra, é necessária a presença de matéria orgânica, microrganismos decompositores e ambiente físico-químico equilibrado. Schönning

e Stenström (2004) complementam afirmando que a compostagem é um processo natural e viável para o tratamento da matéria fecal, desta maneira tornando-se essencial para o tratamento e destinação final ambientalmente adequada das fezes e urina no sistema de banheiro seco, além de garantir o fechamento do ciclo biológico natural destes excrementos.

A concretização do tratamento dos dejetos que formarão o produto final da compostagem se dará pela inativação dos agentes patológicos, que segundo as principais literaturas, irão se efetivar principalmente pela temperatura em função do tempo, como mostra Feachem (1983), em seu gráfico “*Influence of time and temperature on selected pathogens in night soil and sludge*” (Figura 01).

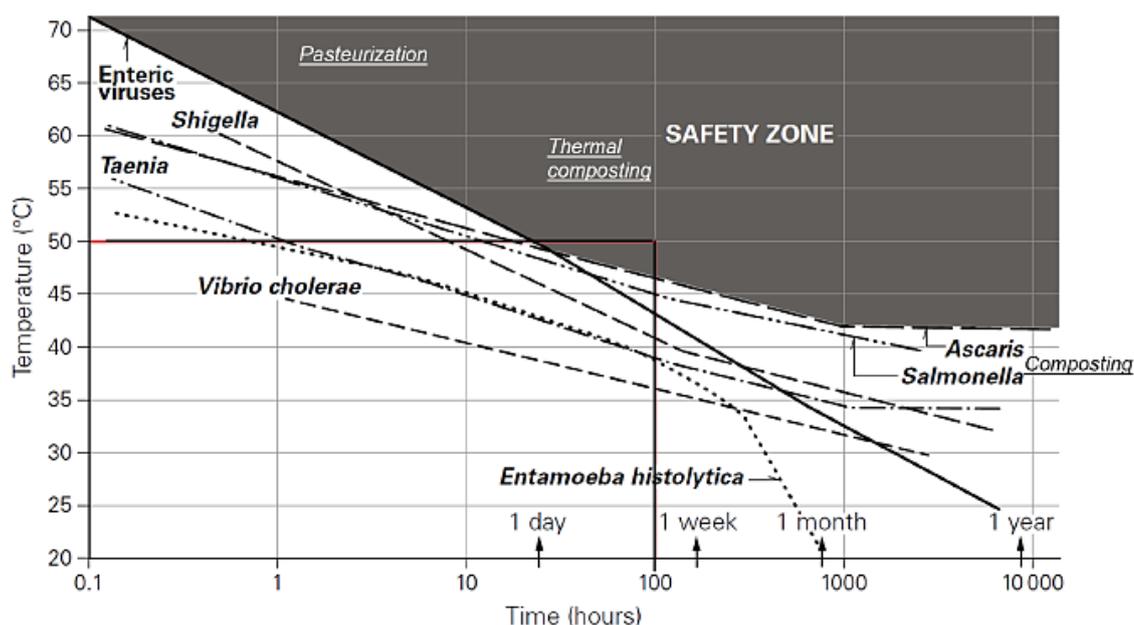


Figura 01. Influência do Tempo e Temperatura em Patógenos.

Fonte: Feachem, 1983.

Para que durante o processo de compostagem ocorra a efetiva inativação dos patógenos são necessários certos cuidados quanto ao uso do banheiro (controle do uso do composto), além do planejamento e execução do método construtivo (garantia das condições ideais para o processo de compostagem). Berger (2011) afirma ainda que o compromisso dos usuários do banheiro em manter o sistema funcionando corretamente é muito importante.

Existem inúmeros métodos para construção do banheiro, entretanto, o proposto neste trabalho é o modelo com rampas, devido a sua melhor adaptabilidade a cultura da região do Marajó (Figura 02 e 03).

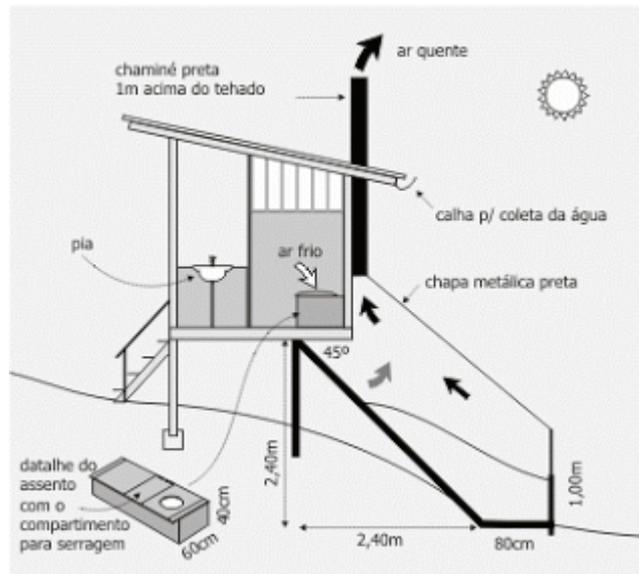


Figura 02. Banheiro seco de duas câmaras com rampa.

Fonte: SETE LOMBAS, 2009.



Figura 03. Modelo construído da Sete Lombas.

Fonte: SETE LOMBAS, 2009.

Este método construtivo apresenta uma cabine acoplada com duas câmaras em forma de rampas e uma escada de acesso à cabine. Alves (2009, p.49) pontua que “as câmaras [devem ser] voltadas para a face norte onde, nas regiões do Hemisfério Sul, recebe uma maior irradiação solar durante o dia. O aquecimento então é gerado pela energia solar”. Os materiais utilizados são essencialmente alvenaria com argamassa tanto para a fundação, quanto para a rampa e o piso. Já para a estrutura da cabine, escada de acesso e assento, usa-se madeira e telhas de cerâmica. Estes materiais podem ser adaptados, conforme a disponibilidade de materiais da região. Algumas instruções da construção são detalhadas por Lamb *et al* (2013), conforme descrito abaixo:

a) Altura da câmara: esta medida se refere ao espaço para a bolsa de ar quente que deverá se formar na parte mais alta da câmara, encostada na parede de trás do sanitário. Para não gerar desconforto quanto ao odor e surgimento de

insetos, propõe-se que a altura seja de 2,40 m;

b) Dimensões: as medidas do sanitário são definidas pelo tamanho das câmaras, da inclinação da rampa e da noção de conforto para as pessoas que vão usá-lo. As câmaras devem ter cerca de 1m³ de espaço para o material a ser compostado. O banheiro, que possui duas cabines, deve ter 1 metro de largura para cada uma, bem como, suas respectivas câmaras. A altura e largura do assento devem ser de 40 cm e 60 cm, respectivamente. A cabine possui dimensões de 2m x 2m, com pé direito de 2,20 m;

c) Rampa: A inclinação mínima de 45° possibilita que a excreta caia envolta em serragem até o fim da rampa, e por isso, sendo favorável que a rampa seja lisa e previamente preenchida com camada de serragem. A altura de queda até o final da rampa deve ser de aproximadamente 80 cm, para assim facilitar o início da descida do material;

d) Chapa metálica preta: promoverá a proteção das câmaras e o aquecimento do ar que entra pela parte superior do assento e sobe pela chaminé;

e) Chaminé: tubo de PVC ou metal com tela nas extremidades para evitar a entrada de insetos. Deve ser pintada em cor escura possibilitando o aquecimento do mesmo, e assim, facilitando a saída de possíveis odores;

f) Mictório (para homens): é recomendada sua instalação, pois a urina pode causar excesso de umidade no composto;

Materiais ricos em carbono: devem ser despejados após cada uso, permitindo, através da mistura com as excretas, o processo de compostagem, provocado por microrganismos. Os materiais frequentemente utilizados, são: serragem, folhas secas e caroço de açaí, o papel higiênico também pode ser despejado para compostagem.

Após o uso de uma das câmaras, deve-se interditar o uso de sua respectiva cabine e transferir o uso ao conjunto cabine-câmara adjacente, para com que dessa forma ocorra a maturação do material armazenado na câmara interdita por um período de 3 a 6 meses. No final de cada período de repouso, retira-se o composto da câmara e alterna-se novamente o uso delas. Para evitar o uso de uma das cabines no período de repouso indica-se a aplicação de sistema de travamento com parafusos nas tampas do vaso, e quando houver a troca da cabine em uso, basta desparafusar as tampas.

Contudo e diante da situação do esgotamento sanitário dos municípios, Cachoeira do Arari, em pesquisa realizada pelo IBGE (2016), apresentou internações por diarreia de 6,1 casos para cada mil habitantes, Soure apresentou índice de 6,5 casos para cada mil habitantes e em Salvaterra, o índice foi menor, de 2,8 casos para cada mil habitantes. A referida pesquisa evidencia mais ainda as condições precárias de saneamento nos municípios e a qualidade da água consumida.

Propõe-se, portanto, apresentar uma alternativa ao esgotamento sanitário

inadequado praticado nos municípios através da implantação do banheiro seco, visto que a ausência ou a ineficiência do esgotamento sanitário agrava os problemas de saúde da população, principalmente quanto as doenças infecciosas e parasitárias de veiculação hídrica.

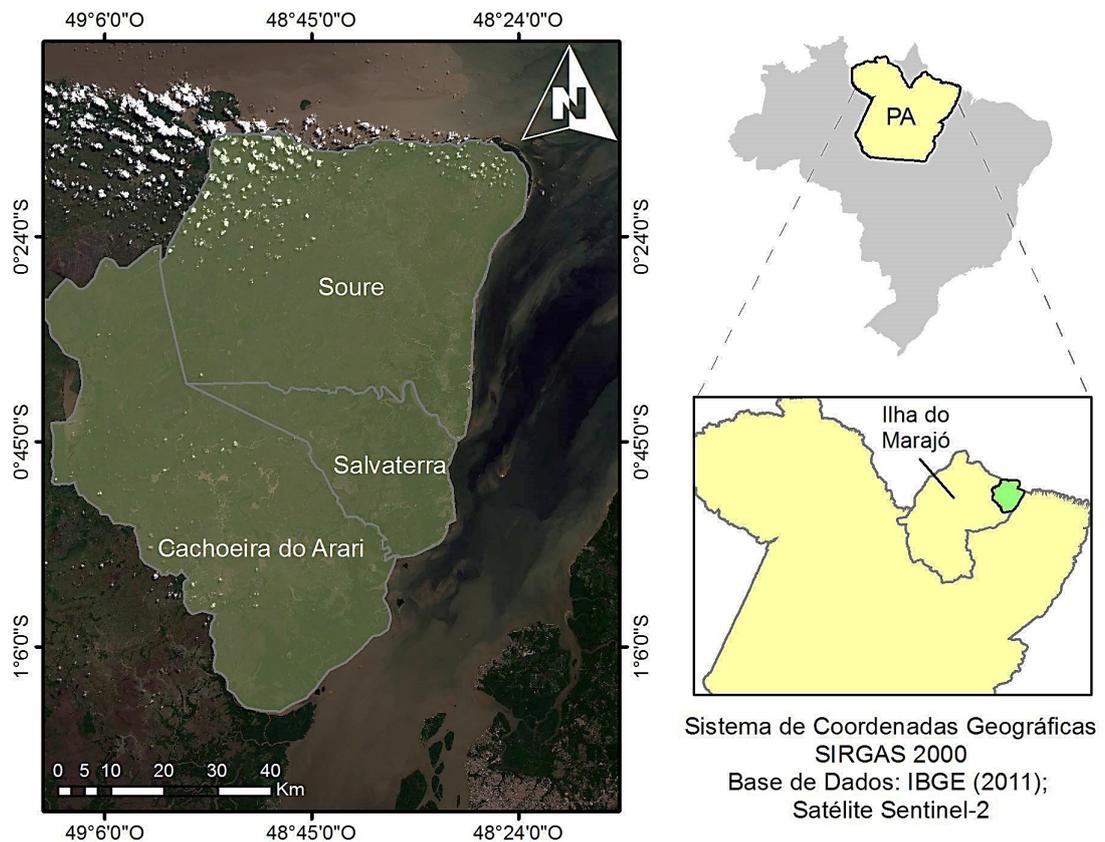
2 | OBJETIVOS

Mitigar os problemas relacionados à falta de saneamento na ilha do Marajó, conforme especificado abaixo:

- Fazer um levantamento através de questionários para saber a realidade da população frente às doenças veiculadas pela falta de saneamento;
- Analisar a realidade da população com base no que é disposto nas legislações vigentes sobre saneamento;
- Debater a respeito de uma estrutura de Banheiro Seco que se adeque à região, visando a redução de custos, manuseio e transporte de materiais;
- Educar e orientar a população sobre os riscos de contaminação das doenças oriundas da falta de saneamento básico.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A ilha do Marajó possui as seguintes coordenadas de latitude 0°56'24.71”S e de longitude 49°38'21.51”O. O arquipélago do Marajó é considerado uma Área de Proteção Ambiental, chamada de APA Marajó, a referida área constitui-se por 3 microrregiões e 16 municípios: os quais compõem as microrregiões do Arari (Cachoeira do Arari, Chaves, Muaná, Ponta de Pedras, Salvaterra, Santa Cruz do Arari e Soure), Furos de Breves (Afuá, Anajás, Breves, Currálinho e São Sebastião da Boa Vista) e Portel (Bagre, Gurupá, Melgaço e Portel), limitados pelo oceano Atlântico, rio Amazonas e a baía do Marajó. O mapa abaixo mostra a localização da área de estudo.



Mapa 01. Localização da área de estudo na Ilha do Marajó-PA.

Fonte: Autores, 2018.

De acordo com o Atlas Brasil (2010), a distribuição da população do Marajó apresenta uma parcela média significativa da população rural com 56,59%, entretanto apenas três municípios possuem população urbana superior que a rural, Breves (50,14%), Salvaterra (62,79%) e Soure (91,37%).

O arquipélago do Marajó possui grande influência hídrica na sua economia, principalmente no que tange ao turismo. Os três municípios focos desse estudo são Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure, em que apresentam população estimada em 20.443 habitantes com uma área de 2.748,43 km², 20.183 habitantes com área de 786,13 km² e 23.001 habitantes com uma área de 2.840,64 km², respectivamente (ATLAS BRASIL, 2010).

4 | METODOLOGIA

O processo metodológico da pesquisa é de natureza aplicada que se propõe a analisar a viabilidade do uso do banheiro seco pelas populações com baixos índices de saneamento na Ilha do Marajó, e por consequência a aceitação destas, com caráter quantitativo e descritivo, utilizando modalidades bibliográficas e de pesquisa de campo.

Foram realizadas perguntas por meio de questionários que buscavam revelar, através de informações do cotidiano do entrevistado, dados a respeito da água para

consumo, principalmente no tocante a sua origem e tratamentos de pré-ingestão, caso existissem, e o tipo de esgotamento sanitário utilizado. A grande finalidade para este tipo de questionamento refere-se as possíveis formas de infecção por doenças de ciclo fecal que, na maioria das vezes, se utilizam da água como principal forma de veiculação.

O foco dos estudos se concentrou nos municípios de Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure devido a maior facilidade de acesso a esses municípios. Os mesmos são normalmente acessados via embarcações, como balsas, com saída da capital Belém até o porto de Camará, no Município de Salvaterra.

O período de aplicação dos questionários englobou os meses de maio, junho e julho de 2017, totalizando 279 questionários. Estes foram divididos em 115 no município de Salvaterra, abrangendo os bairros de Coqueirinho, Paes de Carvalho e Cajú, 119 em Soure pelos bairros do Centro, Umirizal, Comunidade do Céu e na Comunidade do Caju-Una e finalizando 45 em Cachoeira do Arari, na Comunidade do Retiro Grande e em outra comunidade localizada as margens da PA-154, próximo ao Rio Câmara.

Para chegar na média de pessoas envolvidas foi desenvolvido um Fator de Abrangência, Equação (01), resultante da razão da somatória da quantidade de pessoas que moram com o entrevistado pelo total de questionários aplicados, que posteriormente será multiplicado com o total de questionários aplicados para obter a Média de Pessoas Envolvidas, Equação (02), como apresenta-se abaixo:

$$\frac{\sum \text{Quantidade de pessoas que moram com o entrevistado}}{\text{Total de questionários aplicados}} \quad \text{Equação (01)}$$
$$\text{Fator de Abrangência} \times \text{Total de questionários aplicados} \quad \text{Equação (02)}$$

Após a análise quantitativa e qualitativa dos resultados do questionário aplicado na pesquisa de campo, foi possível a construção de um cenário da região referente a relação entre a saúde dos entrevistados e o saneamento de que usufruíam, e o grau de aceitação dos banheiros secos como solução a esses entraves, que serão discutidos a seguir.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação dos 279 questionários, obteve a seguinte representatividade de acordo com cada município participante.

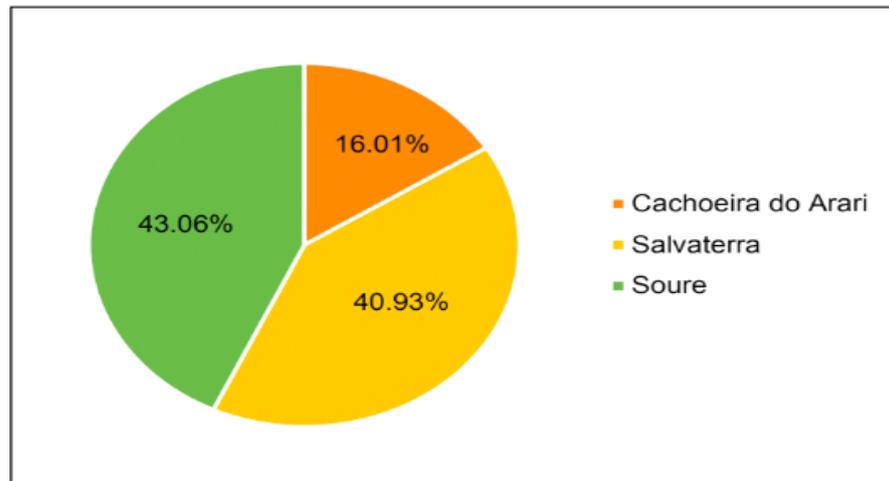


Gráfico 01. Representatividade dos municípios na aplicação dos questionários.

A parcela amostral de representação para cada localidade é de respectivamente 43,06% para Soure, 40,93% para Salvaterra e 16,01% para Cachoeira do Arari (Gráfico 01).

De acordo com a somatória das pessoas envolvidas, ou seja, aquelas que indiretamente participaram dos questionários por morarem com os participantes, foi possível calcular o Fator de Abrangência da pesquisa, conforme a equação abaixo:

$$\frac{\sum \text{Quantidade de pessoas que moram com o entrevistado}}{\text{Total de questionários aplicados}} \rightarrow \frac{1062}{279} = 3,8 \text{ pessoas/questionário.}$$

As informações do Gráfico 02 complementadas pela Tabela 04, permitem tomar algumas afirmações a respeito do comportamento da população quanto aos cuidados com a saúde pessoal por meio dos hábitos em relação à ingestão de água, determinando assim, o grau de risco para infecções causadas por esses hábitos de consumo de água. Abaixo, os riscos são classificados em:

- MUITO ALTO: água de origem duvidosa e sem nenhum tipo de tratamento;
- ALTO: água de origem duvidosa com tratamento precário, do tipo “coador”;
- MÉDIO: água proveniente da rede pública com tratamento simples, do tipo “filtro”;
- BAIXO: água com tratamento do tipo “filtro” e “hipoclorito”;
- IMPROVÁVEL: água mineral.

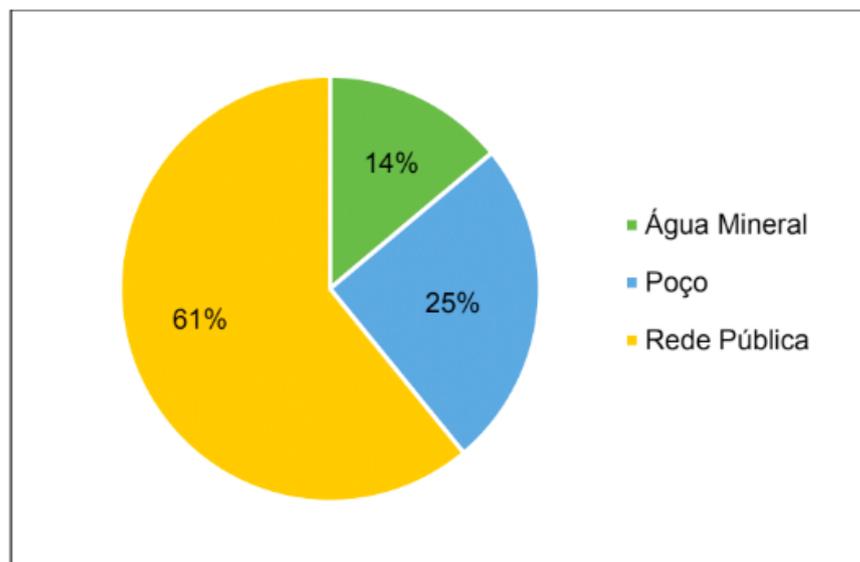


Gráfico 02. Origem da água consumida pelos entrevistados de Cachoeira do Arari, Salvaterra e Soure.

		ORIGEM DA ÁGUA			
		REDE PÚBLICA	MINERAL	POÇO	TOTAL (%)
TIPO DE TRATAMENTO	Filtro	56	19	26	36,33%
	Hipoclorito	63	0	37	35,97%
	Coador	12	0	9	7,55%
	Ferve	8	0	3	3,96%
	Nenhum	49	21	13	29,90%

Tabela 04. Relação Origem da Água x Tratamento.

Sendo assim, pode-se classificar o grau de risco geral dos entrevistados, como sendo de médio a baixo, uma vez que 43% consumiam água de origem conhecida, da rede de abastecimento público, e dentre os tratamentos utilizados pela maior parcela de entrevistados estava o filtro e o hipoclorito, técnicas consideradas seguras para o controle da qualidade da água consumida. Vale ressaltar que alguns entrevistados realizavam mais de um tipo de tratamento de pré-ingestão, fazendo a combinação de dois ou mais tipos.

Constatou-se também alguns valores alarmantes, como o referente as pessoas que bebem água sem nenhum tipo de tratamento. Essas representaram aproximadamente 30% dos entrevistados, fato que incrementa o grau de risco, independente da origem da água consumida. Aplicando-se este valor a Equação (02), tem-se que, em torno de 315 pessoas compartilham deste mau hábito para a saúde. Outra observação importante, constatada após a realização dos questionários, foi a de que este número só não é maior devido aos postos de saúde da região que realizam a distribuição do hipoclorito para as comunidades. Um exemplo da importância desta ação está na quantidade de pessoas entrevistadas que utilizam este tipo de tratamento

de pré-ingestão, aproximadamente 36%, que conforme o Fator de Abrangência, correspondente a 380 indivíduos.

Dessa vez o Gráfico 03 segrega os resultados do questionário referente a origem da água consumida, de acordo com cada município, possibilitando assim o levantamento de discussões mais precisas em relação aos locais de estudo.

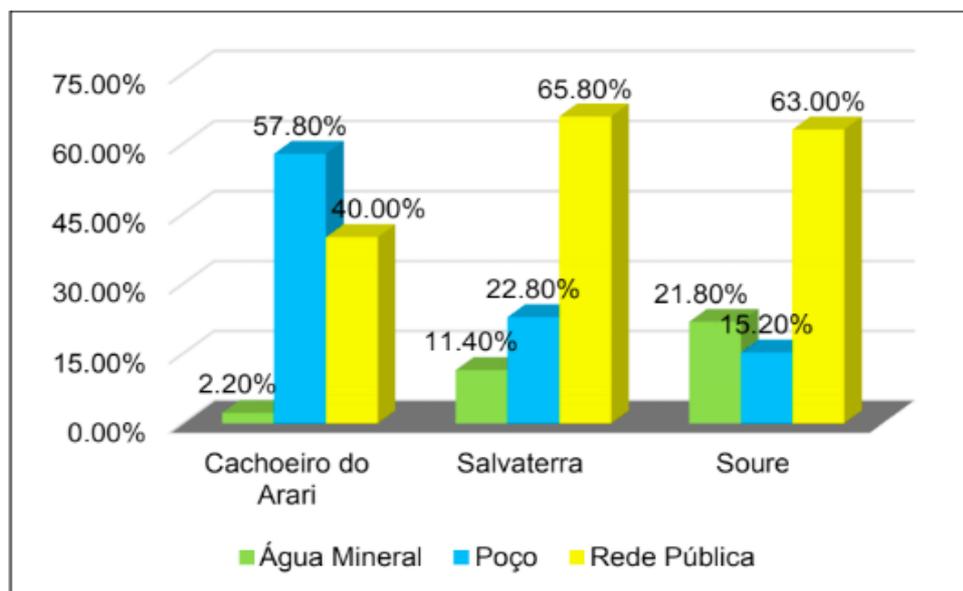


Gráfico 03. Origem da Água Consumida por Município.

No município de Soure a água classificada como oriunda da rede pública, em parte, refere-se também aos questionários aplicados as populações residentes das comunidades do Céu e do Caju-Una, as quais, para usufruírem de uma água de melhor qualidade dependiam da água advinda do centro de abastecimento de Soure, transportada por caminhões pipa.

Por fim, após o demonstrado pelo Gráfico 03, pode-se caracterizar a situação de Soure da seguinte forma: 63% dos entrevistados, dentre eles, moradores das comunidades do Céu e do Caju-Una, consomem a água oriunda da rede pública (COSANPA), 21,8% bebe água mineral, enquanto que o restante, 15,2%, consome água oriunda de poços próprios. Abaixo as Figuras 05 e 06 ajudam a esclarecer melhor a realidade vivida pelos moradores dessas comunidades que apenas pouco antes da aplicação dos questionários haviam sido contempladas com a instalação de energia elétrica e a construção de banheiros particulares ligados a sistemas de fossa séptica.



Figura 05. Aplicação de questionário no Caju-Una.



Figura 06. Casas da Comunidade do Céu.

Em Salvaterra a rede pública foi a origem de água para consumo do maior percentual entre os participantes da pesquisa, 65,8%, enquanto que em Cachoeira do Arari a água do poço era a mais popular, com 57,8%.

Entre os assuntos tratados nas perguntas feitas aos participantes questionados, consistia a questão das doenças já contraídas pelos mesmos durante os seus últimos anos vivendo na região. Os dados obtidos são apresentados pela Tabela 05.

DOENÇAS/ MUNICÍPIO	AMEBÍASE	GIARDÍASE	ASCARIDÍASE	ESQUISTOS- -SOMOSE	SEM INCIDÊNCIA
Cachoeira do Arari	31,11%	20%	8,89%	0	40%
Salvaterra	24,35%	9,56%	6,09%	0	60%
Soure	39,67%	7,44%	4,13%	0,83%	47,93%

Tabela 05. Incidência de Doenças Parasitárias.

Analisando a referida tabela, pode-se perceber que a amebíase é a doença com maior incidência entre os entrevistados. Soure obteve o maior índice, com 39,67% dos

casos, podendo ter ligação com a origem e tratamento dado a água consumida pela população, como mostrado na tabela 5, em que 30% dos participantes da pesquisa afirmaram não realizar nenhum tipo de tratamento de pré-ingestão de água.

Depois da amebíase, as doenças parasitárias com maior incidência na pesquisa foram a giardíase, seguida pela ascaridíase e a esquistossomose, essas doenças possuem em comum a necessidade de água para propagação, bem como por serem mais atuantes em locais com baixos índices sanitários.

Sendo o banheiro seco uma proposta que visa o saneamento ambiental na região como medida mitigadora às deficiências sanitárias que afetam a saúde da população, procurou-se saber a opinião dos mesmos. Dessa forma, questionou-se também aos entrevistados, após explicação detalhada da técnica do banheiro seco, se eles a utilizariam, ou não, tendo em vista os problemas de saneamento enfrentados no município. O Gráfico 04 monta o cenário obtido pelo questionário a respeito da aceitação em relação a utilização do banheiro seco.

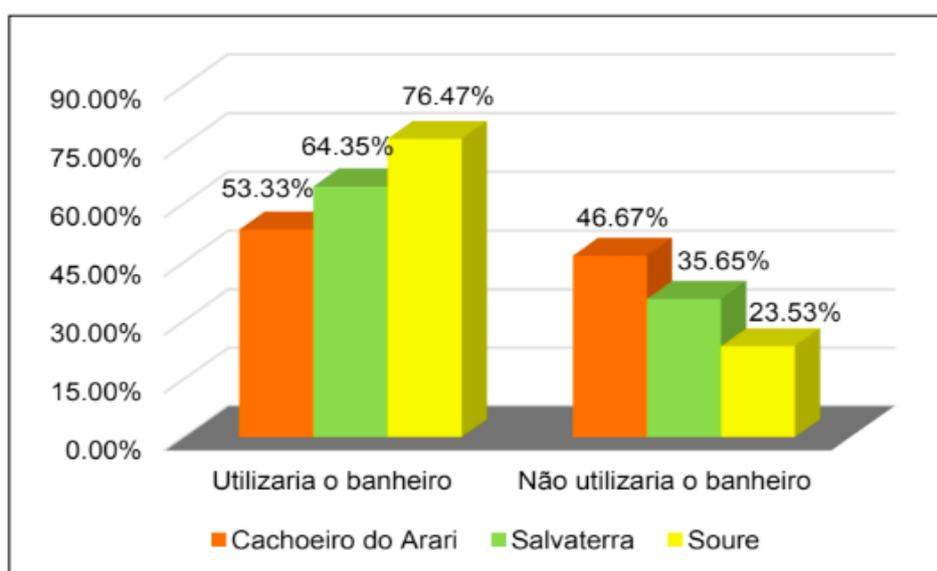


Gráfico 04. Gráfico de Aceitação do Banheiro Seco por Município.

A aceitação de utilização do banheiro seco entre os entrevistados foi positiva nos três municípios estudados. O maior interesse na técnica partiu do município de Soure, configurando 76,47% de apoio a utilização, 64,35% em Salvaterra e 53,33% em Cachoeira do Arari.

Após a aplicação dos questionários e a comunicação com a população entrevistada, notou-se que uma recomendação aplicável seria a adoção de técnicas construtivas de dimensões menores, em que a câmara de dejetos representada pela rampa, poderia ser substituída por tambores “galão” de 80 litros, auxiliando não só nos gastos com a obra, mas também na redução do espaço necessário para ocupação do banheiro.

6 | CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, constatou-se a precariedade dos sistemas de esgotamento sanitário nos três municípios e a ocorrência de doenças infecciosas. Estas doenças podem estar sendo impulsionadas por maus hábitos em relação ao consumo de água praticados pela população, ocasionando na contaminação da água e dos alimentos consumidos. Os resultados obtidos nos questionários evidenciaram a presença de doenças parasitárias em parte da população entrevistada, Soure obteve a maior incidência dessas doenças.

Essa precariedade atual se opõe com a Lei Orgânica de Soure no artigo 173 que afirma:

“O Município destinará recursos em seu orçamento anual para, através de convênio com a fundação Serviços de Saúde Pública – FSESP ou congêneres, estabelecer políticas voltadas ao saneamento básico na periferia da cidade e nas vilas e povoados do município”.

A falta desses serviços associa-se à carência na realização de ações do poder público dentro da comunidade, acarretando na ausência de determinados serviços básicos para a população.

Tendo em vista a precariedade no sistema de saneamento básico da área de estudo e a ausência de abastecimento de água por rede encanada de algumas comunidades, a instalação do banheiro seco mostra-se bastante viável já que configura-se em uma técnica de baixo custo, com rentabilidade no processo de compostagem e que pode ser instalada em qualquer local devido a flexibilidade do método construtivo. Nos municípios do Marajó, além de reduzir a precariedade do saneamento básico, esta técnica daria um destino ecologicamente correto e seguro as fezes, ao mesmo tempo em que beneficiaria a agricultura com a geração de adubo orgânico com alta qualidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, B. S. Q. **Banheiro seco**: análise da eficiência de protótipos em funcionamento. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso). – Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009, 158 p.

ATLAS BRASIL. (Ed.). **Atlas de Desenvolvimento Humano**. 2010. IPEA. Brasília. Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/>>. Acesso em: 14 abr. 2017.

BARBOSA, M. J. S. (Pará) (Org.). **Relatório Analítico do Território do Marajó**. Belém: UFPA, 2012. 79 p.

BERGER, W. **Basic overview of composting toilets** (with or without urine diversion). Technology Review “Composting toilets”. Eschborn: Alemanha: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 2011, 21 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Característica da População**

e dos domicílios. Cachoeira do Arari. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pa/cachoeira-do-arari/pesquisa/23/24304?detalhes=true&localidade1=150140>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

_____. **Característica da População e dos domicílios.** Salvaterra. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pa/salvaterra/pesquisa/23/24304?detalhes=true&localidade1=150140>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

_____. **Característica da População e dos domicílios.** Soure. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pa/soure/pesquisa/23/24304?detalhes=true&localidade1=150140>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

_____. **Saúde.** 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pa/salvaterra/panorama>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

_____. **Banco de dados geográficos.** 2011. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa784>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

BRASIL. Lei Orgânica de Soure, de maio de 2006. **Estabelece e promove dentro dos preceitos expressos na Constituição Federal e na Constituição Estadual o desenvolvimento geral do Município.** Câmara Municipal de Soure. Pará, 21 de jul. 2006. Disponível em: <<http://www.soure.pa.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/lei-organica-soure.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

_____. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.** Presidência da República. Brasília, 5 de jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 19 abr. 2017.

COUTINHO, A. N. Q. **Condições de saneamento e incidência de doença diarreica aguda em quatro municípios do arquipélago marajoara** – Pará no ano de 2012. 101 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Biologia de Agentes Infecciosos e Parasitários) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, 2013, 102 p.

FEACHEM, R. G. et al. **Sanitation and Disease: Health Aspects of Excreta and Wastewater Management.** 3. ed. New York: The International Bank For Reconstruction And Development, 1983. 501 p.

FUNASA (Brasil). **Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: Algumas práticas e vivências.** Brasília: Ministério da Saúde - Funasa, 2014. 82 p.

LAMB, C. O. P. et al. (Org.). **Banheiro Seco: Saneamento com o princípio agroecológico e resposta à crise de água.** Florianópolis: Cepagro, IAF, 2013. 38 p.

PARÁ. **Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável do Arquipélago do Marajó.** Governo Federal e Governo do Estado do Pará. Soure, Pará, set. 2007, 296 p.

PORTO, D. D.; STEINFELD, C. **The Composting Toilet System Book.** 2000, 235 p.

SETE LOMBAS. **Sanitário Compostável.** Disponível em: <<http://www.setelombas.-com.br/2006/04/20/sanitario-compostavel/>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

SCHÖNNING, C.; STENSTRÖM, T. A. **Diretrizes para o Uso Seguro de Urina e Fezes nos Sistemas de Saneamento Ecológico.** Programa EcoSanRes. Estocolmo: Stockholm Environment Institute, 2004. 41 p.

PESQUISA DA QUALIDADE HIGIÊNICO-SANITÁRIA DE ÁGUA DE CULTIVOS E PEIXES PROVENIENTES DE 10 PESQUE-PAGUES LOCALIZADOS NO RECÔNCAVO BAIANO

Adriana Santos Silva

Mestranda pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: adri_nutry@hotmail.com

Danuza das Virgens Lima

Graduanda pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: Danuza_lima22@hotmail.com

Daniela Simões Velame

Graduanda pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: dani-simoes@live.com

Crisnanda da Silva e Silva

Graduanda pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: cris_nanda.naielly@outlook.com

Ludmilla Santana Soares e Barros

Professora Doutora pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). E-mail: barros@ufrb.edu.br

RESUMO: Os pesque-pague oferecem uma ótima opção de lazer na atualidade, porém falhas no monitoramento da água de cultivo tem favorecido a veiculação das doenças transmitidas por água e alimentos (DTA). O objetivo deste trabalho foi avaliar a condição higiênico-sanitária da água de cultivo e peixes de pesque-pagues localizados no Recôncavo Baiano. A coleta foi realizada em 3 viveiros de cada uma das 10 pisciculturas, sendo

retirada 2 amostras de peixes e 500ml de água, perfazendo um total de 71 amostras, 24 de água e 47 de peixes (tilápia). Através das análises microbiológicas foram pesquisadas as contagens de Coliformes Totais e *Escherichia coli* (microrganismos indicadores) e *Escherichia coli* O157 (Microrganismo patogênico). Verificou-se que o valor médio para coliformes totais foram de 6,03 LOG NMP/100 mL⁻¹ na água e de 4,41 LOG UFC/G⁻¹ nos peixes. 83,4% e 36.17% das amostras estavam fora do padrão para *Escherichia coli* em água e peixe, respectivamente. 66,6% das amostras de água foram positivas para *Escherichia coli* O157, enquanto que nos peixes cerca de 83% foram positivas. Podemos concluir que tanto a água e os peixes investigados estão impróprios para o consumo, pois representa um risco a saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: Pesque-pague; *Escherichia coli* O157; Sanidade.

ABSTRACT: Fish-pays offer a great leisure option nowadays, but failures in monitoring crop water have favored the spread of waterborne and foodborne diseases (DTA). The objective of this work was to evaluate the hygienic-sanitary condition of the cultivation water and fish of pesque-pagues located in the Recôncavo Baiano. The collection was carried out in 3 nurseries of each of the 10 fish farms. Two fish

samples and 500 ml of water were collected, making a total of 71 samples, 24 water samples and 47 fishes (tilapia). Through the microbiological analyzes the counts of Total Coliforms and Escherichia coli (indicator microorganisms) and Escherichia coli O157 (pathogenic microorganism) were investigated. The mean value for total coliforms was 6.03 LOG NMP / 100 mL⁻¹ in water and 4.41 LOG CFU / G⁻¹ in fish. 83.4% and 36.17% of the samples were non-standard for Escherichia coli in water and fish, respectively. 66.6% of the water samples were positive for Escherichia coli O157, while in fish about 83% were positive. We can conclude that both the water and the fish investigated are unfit for consumption as it poses a public health risk.

KEYWORDS: Fish-pay; Escherichia coli O157; Sanity.

INTRODUÇÃO

A prática da pesca por lazer em pesque-pague tem atraído cada vez mais adeptos dessa modalidade, que buscam por ambientes que ofereçam além do contato com a natureza, opção de lazer para toda a família. É a pesca que a princípio era praticada como fonte de renda alternativa por pequenos agricultores, atualmente, é responsável pelo desenvolvimento de um negócio diversificado e promissor (LUZ, 2016; BRASIL 2010).

Os peixes representam cerca de 17% da ingestão de proteína animal na alimentação da população mundial. No Brasil, a Tilápia representa a espécie mais cultivada, sendo 51,7% da piscicultura nacional em 2017 (PEIXE-BR, 2018). A avaliação e controle sanitário dos animais utilizados nos pesque-pague, e qualidade da água utilizada são essenciais para preservação da saúde dos clientes (pescadores e família) bem como dos consumidores (LUZ, 2016).

Quando pescados os peixes já vem acompanhados de uma quantidade um tanto elevada de microrganismos, em consequência da sua flora natural, bem como do nível de contaminação das águas. Por possuir o pH próximo a neutralidade, uma alta atividade de água nos tecidos e alta disponibilidades de nutrientes, os peixes são altamente susceptíveis a proliferação microbiana, consequentemente a deterioração (SOARES & GONÇALVES, 2012).

Segundo o Regulamento e Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal-Rispa (2017), todo pescado proveniente da fonte produtora não pode ser destinado à venda direta ao consumidor sem que haja prévia fiscalização, sob o ponto de vista industrial e sanitário. Entretanto na maioria dos pesque-pagues essa vigilância não acontece ou é pouco efetiva.

As doenças transmitidas por água e alimentos (DTA) são causadas pela ingestão de água ou alimentos contaminados por agentes químicos, físicos ou biológicos. Na maioria das vezes, são relacionadas à ingestão de alimentos com boa aparência, sabor e odor normais. A multiplicidade de agentes causais associados com alguns fatores predisponentes resultam em diversas possibilidades da ocorrência das

DTA, podendo apresenta-se de forma aguda ou crônica, em forma de surtos ou em casos isolados, com distribuição disseminada ou localizada (BRASIL, 2010).

O grupo de bactérias coliformes pertencente à família Enterobacteriaceae, é o grupo de maior importância em contaminação alimentar, onde fazem parte desse grupo de bactérias os gêneros: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*. A *Escherichia coli* faz parte da microbiota do trato intestinal de humanos e animais de sangue quente. A presença destes microrganismos em água ou no ambiente de produção de alimentos indica contaminação por fezes (DANTAS et al., 2012).

A *Escherichia coli* O157:H7 é um sorotipo de *E. coli* pertencente ao grupo *E. coli* enterohemorrágicas (EHEC), esse microrganismo é um importante patógeno causador de doença de transmissão alimentar (DTA), onde tem sido isolada em numerosos surtos envolvendo colite hemorrágica e síndrome hemolítico-urêmica, constituindo sério risco à saúde, podendo ser fatal, principalmente para crianças e para idosos (GARCIA et al., 2008).

Tendo em vista a importância do controle sanitário das doenças e vinculação hídrica e alimentar, objetivou-se com essa pesquisa verificar a ocorrência de bactérias patogênicas e indicadoras de qualidade em amostras de água de cultivo e peixes provenientes de 10 pesque-pagues do Recôncavo da Bahia.

OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a condição higiênico-sanitária da água de cultivo e peixes de pesque-pagues localizados no Recôncavo Baiano.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente o projeto foi submetido à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Após a aprovação foram realizadas as coletas.

As dez propriedades selecionadas estão localizadas no Território do Recôncavo da Bahia, nos municípios de: Amargosa, Amélia Rodrigues, Cruz das Almas, Sapeaçu, São Felipe, Conceição do Almeida, Dom Macedo Costa, Santo Antônio de Jesus, Nazaré Salinas das Margaridas e na ilha de Itaparica. Os critérios utilizados para a escolha das pisciculturas foram a existência de viveiros escavados que ofereçam o serviço de pesque e pague com peixes em idade adulta *Oreochromis niloticus*, conhecido popularmente como Tilápia do Nilo visto que é o peixe de água doce mais produzido na Bahia (LUZ, 2016).

Uma amostra de água de superfície (500 ml) foi colhida em até 3 viveiros em quatro pontos, totalizando 24 amostras de água. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo e transportados ao Laboratório de Parasitologia e Microbiologia animal (LPM) na Universidade Federal do Recôncavo da

Bahia para análise.

As amostras de peixe foram coletadas semanalmente. De cada piscicultura coletou-se de 3 a 6 amostras de peixe em até 3 viveiros, totalizando ao final da pesquisa 47 amostras de peixes. Os peixes foram coletados com auxílio de varas de pescar ou tarrafas das próprias pisciculturas, em seguida foram abatidos pelo método do choque térmico (termonarrose). As amostras foram acondicionadas em caixas térmicas refrigeradas e transportadas para o laboratório.

A análise de coliformes totais e *Escherichia coli* para a água, utilizou-se a técnica do substrato cromogênico Colilert (sistema patenteado por IDEXX Laboratories), um método qualitativo e quantitativo que permite determinar o número mais provável (NMP) de coliformes totais e *E. coli* (SILVA et al., 2010).

Para o preparo do peixe foi realizada a evisceração e em seguida, pesou-se 25g de cada amostra e adicionou-se a 225 ml de água peptonada a 0,1%, para a preparação da primeira diluição. A partir daí foram realizadas diluições seriadas até a diluição 10^{-6} (SILVA et al., 2010). Esse procedimento foi realizado para cada amostra dos diferentes fornecedores.

A análise de coliformes totais e *Escherichia coli* para os peixes, foi realizada por meio da técnica de plaqueamento em superfície “*Spread-Plate*”, com utilização do meio de cultura Chromocult® Coliformes Agar (SILVA et al., 2010).

A análise de *E. coli* O157 para águas e peixes, foi realizada por meio da técnica de plaqueamento em superfície “*Spread-Plate*”, com utilização do meio de cultura Fluorocult® *E. coli* O157 Agar (SILVA et al., 2010). Todos os resultados foram comparados com a legislação vigente no Brasil, a Resolução Nº 12, de 02 de janeiro de 2001 que dispõe sobre os padrões microbiológicos para alimentos de origem animal (BRASIL, 2001) e a Resolução nº 357 de 2005 que determina padrões físico-químicos e microbiológicos em água (BRASIL, 2005).

Para a análise estatística os dados foram processados e analisados pelo programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 23 (INTERNACIONAL BUSINESS MACHINES). Todas as variáveis qualitativas passam pelo teste de normalidade dos dados (KOLMOGOROV-SMINOV). Foram realizadas estatísticas descritivas como média, mediana, desvio padrão, máxima e mínima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para todos os microrganismos pesquisados nas amostras de água de cultivo dos dez estabelecimentos investigados são observados na tabela 1.

MEDIAS, % E ESTATISTICA DESCRITIVA EM ÁGUAS DE CULTIVO.				
PROPRIEDADES	TANQUES	CT LOG NMP/100 ML-1	<i>E.COLI</i> LOG NMP/100 ML ⁻¹	<i>E.COLI</i> O157H7 NMP/100 ML ⁻¹
P1	1	6,38	3,54	N
	2	5,32	3,14	N
	3	6,38	7,86	N
P2	1	6,38	3,86	N
	2	6,38	4,05	P
	3	6,38	4,11	N
P3	1	6,38	4,41	P
	2	6,38	3,91	P
	3	6,38	5,26	P
P4	1	6,38	5,94	P
	2	6,23	5,90	N
	3	5,47	3,36	N
P5	1	4,73	2,60	P
	2	6,38	2,95	P
P6	1	5,76	5,19	P
P7	1	4,98	3,46	P
P8	1	6,38	3,79	P
	2	6,38	3,17	N
	3	6,38	3,95	P
P9	1	5,63	3,60	P
	2	4,43	2,84	P
P10	1	6,38	2,84	P
	2	6,38	3,81	P
	3	6,38	5,24	P
MÍNIMO		4,43	2,84	
MÁXIMO		6,38	7,86	P = 66,7%
MÉDIA		6,03	3,38	N = 33,3%
DESVIO PADRÃO		0,64	1,54	

Tabela 1. Médias, porcentagem e estatística descritiva de Coliformes totais, E.coli e E.coli O157 em amostras de águas de cultivo de pesque-pagues do Recôncavo da Bahia.

CT=coliformes totais, P= presente, N= ausente.

Desta forma podemos observar que as concentrações de coliformes totais variaram de 4,43 a 6,38 LOG NMP/100 mL⁻¹ onde a média obtida foi de 6,03 LOG NMP/100 mL⁻¹. A resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece padrão microbiológico para coliformes totais em águas utilizadas para a prática de aquicultura, porém a alta concentração destes microrganismos é preocupante por que atribui a constatação que há uma contaminação elevada de bactérias na água do estudo, onde tais bactérias podem ser de caráter patogênico tanto para o homem quanto para as espécies aquáticas ali cultivados.

Souza et al, (2011), em pesquisa desenvolvida afirma que a presença de coliformes totais na água é importante para determinar a condição sanitária, onde indica se houve falhas higiênicas ao longo da criação ou nós processos de tratamento que visam eliminar esses microrganismos contaminantes. Desta forma a presença elevada de coliformes pode indicar falhas no monitoramento da qualidade da água dos pesque-pagues investigados, onde o manejo ineficiente pode trazer sérios riscos ao público que faz uso desses serviços, uma vez que bactérias patogênicas fazem parte deste grupo. Segundo Liuson et al, (2003), os coliformes totais quando quantificados tem a função de indicadores quanto a qualidade higiênica-sanitária da água e ajudar a determinar o grau de contaminação microbiana em que os peixes foram expostos ao logo do seu cultivo.

Apenas 4 amostras (16,6%) não ultrapassou o limite estabelecido pela Resolução nº357/2005, para *Escherichia coli*. onde o valor máximo encontrado foi e 7, 86 LOG NMP/100 mL⁻¹ (Tanque 3 do pesque-pague 1), e o valor médio encontrado foi de 3,38 LOG NMP/100 mL⁻¹. *Escherichia coli* (*E.Coli*) é uma bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, única espécie do 2 grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos (CONAMA, 2005). Desta forma, a presença deste microrganismo é indicativo que a água de cultivo dos pesque-pagues pode estar contaminada por fezes. Além do que existe linhagens deste microrganismo que possui elevada patogenicidade oferecendo assim risco a saúde pública.

Para a pesquisa de *Escherichia coli* O157, 66,6 % das amostras foram positivas. O sorogrupo O157 é o mais conhecido da categoria: *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), essa categoria é causadora de uma variedade de doenças, sendo responsável por causar desde uma diarreia de grau leve a doenças graves como por exemplo a síndrome hemolítico-urêmica e colite hemorrágica (NAKANISHI et al., 2009).

Na tabela 2 são apresentados os resultados obtidos nas análises do musculo do peixe, onde foi possível observar a presença de coliformes em todas as amostras, estes valores variaram de 2,85 a 5,35 LOG UFC/G⁻¹ (Figura 1), salientando que não existe uma legislação especifica para contagem de coliformes totais em peixes. Porém o número elevado dessas bactérias é relacionado com condições higiênico-sanitária ineficiente. A contaminação nos peixes encontrada neste estudo por *E.colie* CT estão correlacionadas evidenciando que a contaminação da água está contaminando o peixe e quanto maior a presença dos microrganismos na água, maior a presença destes no peixe.

MÉDIAS DE CT E <i>E.COLI</i> E <i>E.COLI</i> O157H7 EM PEIXES.						
PROPRIEDADES	TANQUES	CT LOG UFC/G ⁻¹	MÉDIA CT LOG UFC/G ⁻¹	<i>E.COLI</i> LOG UFC/G ⁻¹	MÉDIA <i>E. COLI</i> /LOG UFC/G ⁻¹	<i>E.COLI</i> O157H7
P1	1	2,84	2,84	2,30	2,30	P
	2	<1	-	<1	-	-
	3	<1	-	<1	-	-

P2	1	4,18	4,02	<1	<1	P
		3,85		<1		P
	2	3,98	4,18	<1	<1	P
		4,38		<1		P
	3	3,93	3,65	2,00	1,47	P
		3,38		<1		P
P3	1	3,37	3,95	<1	<1	P
		4,53		<1		P
	2	3,91	3,51	<1	<1	P
		3,11		<1		P
	3	3,72	4,46	<1	<1	P
		5,19		<1		P
P4	1	5,50	4,42	2,60	2,85	P
		3,34		3,11		P
	2	4,97	5,19	3,00	3,73	P
		5,42		4,46		P
	3	4,28	4,76	4,24	3,77	P
		5,24		3,30		P
P5	1	<1	-	<1	-	N
	2	<1	-	<1	-	N
P6		3,85		3,02		P
		3,60		2,30		P
	1	3,71	3,76	3,00	1,86	P
		3,34		<1		N
		3,74		<1		P
		4,33		<1		P
P7	1	4,99	4,78	2,47	2,23	P
		4,57		2,00		P
P8	1	4,94	4,67	3,80	3,95	N
		4,39		4,10		P
	2	4,10	4,21	3,97	4,12	N
		4,32		4,26		P
	3	4,30	4,85	4,20	4,31	P
		5,40		4,42		P
P9	1	5,01	5,35	2,30	2,30	P
		5,51		2,30		P
		5,52		2,30		P
	2	5,28	5,25	2,00	1,47	P
		5,23		<1		N
	P10	1	4,15	4,36	3,95	3,46
4,56			2,97		P	
2		5,50	4,75	3,67	3,64	P
		4,01		3,61		P
3		5,26	5,26	3,51	3,51	P

Tabela 2. Valores das médias em logaritmo de Coliformes totais, E.coli e E.coli O157 das amostras de peixes de pesque-pagues do Recôncavo da Bahia.

Das 47 amostras analisadas, 36.17% se encontravam fora do valor preconizado pela Resolução nº357/2005 para *Escherichia coli*. Segundo Barbosa (2013) a presença de *Escherichia coli* no trato intestinal de peixe é confirmativo para contaminação ambiental por fezes de homens ou animais durante o cultivo aquícola. A *E. coli* não

pertence a microbiota natural de peixes, porém é frequentemente isolada nesses animais, pois o ambiente aquático pode estar contaminado. A presença da *E.coli* neste estudo era um fato esperado, uma vez que a origem fecal dos coliformes pode ser a mesma, ou seja, origem de resíduos de esgoto ou mesmo de produtos urbanos que são lançados na maioria dos viveiros estudados (DANTAS et al., 2012; GARCIA et al., 2008).

Os resultados são preocupantes para o isolamento de *E. Coli* O157, quando cerca de 83% foram positivas para esse microrganismo, onde apenas 6 amostras foram negativas. Esse sorogrupo pode ser fatal para crianças, idosos e pessoas com o sistema imunológico debilitado. Níveis elevados de *E.coli* O157H7 são resultados preocupantes e configuram-se como um problema de saúde pública.

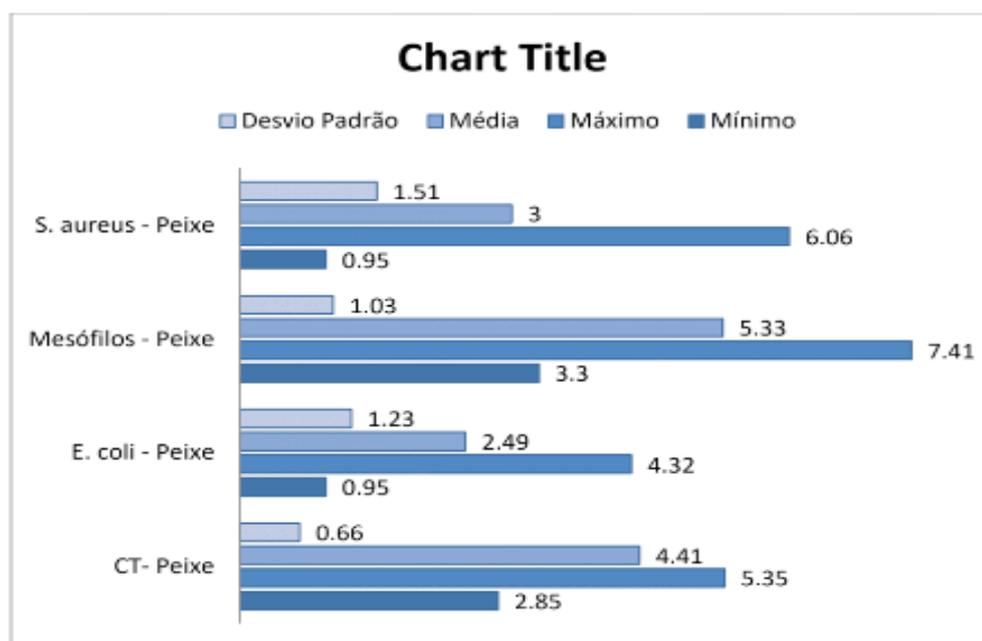


Figura 1. Estatística descritiva de Coliformes totais, E.coli e E.coli O157 de amostras de peixes de pesque-pagues provenientes do Recôncavo da Bahia.

CONCLUSÃO

A água utilizada na atividade de piscicultura local estão fora dos limites estabelecidos pela legislação para E.coli. Os peixes avaliados apresentaram-se fora do padrão para os limites estabelecidos pela legislação para E.coli, sendo estes classificados como impróprios para o consumo, configurando um risco a saúde pública. Desta forma, o monitoramento da qualidade da água dos viveiros é de suma importância, para minimizar os riscos de contaminação por microrganismos, pois a partir desta é possível garantir um alimento seguro e de qualidade para o consumo.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, M. M. C. **Qualidade higiênico-sanitária e ocorrência de *Aeromonas sp.* e *Escherichia Coli* em tilápias comercializadas no varejo** - Jaboticabal, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. **Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, Seção 1, p. 45. 10 jan. 2001.**

BRASIL **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Manual integrado de vigilância, prevenção e controle de doenças transmitidas por alimentos** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010.

CONAMA – Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília. 2005.

DANTAS, L. Í. S.; ROCHA, F. A. G.; SOUZA, J. A. B.; ARAÚJO, M. F. F.; SILVA, R. P. **Presença E Isolamento de *Staphylococcus Aureus*, *Escherichia Coli* E *Salmonella* Sp. Provenientes De Filés De Tilápia (*Oreochromis Niloticus*) Comercializados No Mercado Modelo Nerival Araújo, Currais Novos/Rn.** Congresso norte nordeste de pesquisa e inovação. Palmas TO. 2012.

GRACIA L, P.M.; ARCURI, E.F.; BRITO, M.A.V.P.; LANGE, C.C.; BRITO, J.R.F.; CERQUEIRA, M.M.O.P. **Deteção de *Escherichia coli* O157:H7 inoculada experimentalmente em amostras de leite cru por método convencional e PCR multiplex.** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.60, n.5, p.1241-1249, 2008.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Produção da Pecuária Municipal Prod. Pec. munic., Rio de Janeiro**, v. 44, p.1-39, 2016. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf>. Acesso em 24 abr 2018.

LIUSON, E. **Pesquisa de coliformes totais, fecais e *Salmonella* spp em tilápias de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo.** 2003. 94f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – USP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, São Paulo-SP, 2003.

LUZ J. W. G. da. **Avaliação Microbiológica e Físico Química da Água E Peixes (Tilápia Do Nilo), Em Pesque e Pagues da Cidade de Ponta Grossa – PR** 2016. 28 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

NAKANISHI N, T. K, K. S, H. T, S. N, T. T. **Regulation of virulence by butyrate sensing in enterohaemorrhagic *Escherichia coli*.** Microbiology; 155(2):521–30. 2009.

PEIXE – BR, Associação Brasileira de Piscicultura, **Segunda edição do “Anuário Peixe BR”, versão 2018.** Disponível em <<http://www.aquaculturebrasil.com/2018/02/19/peixe-br-lanca-o-anuario-da-piscicultura-2018/>>. Acesso em 24 abr 2018.

SILVA N, et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água.** 4. ed., São Paulo: Ed. Varela; 2010.

SOARES, K. M. P, GONÇALVES, A. A. **Qualidade e segurança do pescado** Rev Inst Adolfo Lutz. 2012; 71(1):1-10 Rio Grande do Norte, Brasil, 2012.

SOUZA, G. M. D.; RICIETO, A. P. S.; VILAS-BÔAS, G. T.; GIORDANO L. G. P.; VILAS-BÔAS, L. A. **Análise da qualidade microbiológica da água, ao longo da cadeia produtiva de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), na região norte do estado do Paraná.** VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica CESUMAR – Paraná – Brasil 2011.

PESQUISA PARTICIPATIVA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BAIRRO SÁ VIANA, SÃO LUÍS, MA, BRASIL

Letícia Fernanda Brito Moraes

Universidade Federal do Maranhão - UFMA,
Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e
Sanitária. São Luís – MA.

Juliana de Faria Lima Santos

Universidade Federal do Maranhão - UFMA,
Docente do curso de Engenharia Ambiental e
Sanitária. São Luís – MA.

RESUMO: Os resíduos sólidos urbanos (RSU) constituem problema sanitário de grande importância, quando não recebem os cuidados convenientes. Diante da escassez de informações referentes ao tema, no município de São Luís, MA, Brasil, e em especial no bairro Sá Viana, pretendeu-se obter, a partir deste estudo um diagnóstico sobre: as formas de manejo dos RSU, a percepção dos moradores sobre as doenças associadas aos RSUs quando dispostos de forma inadequada e ainda existência da coleta seletiva de materiais recicláveis no bairro. A partir de uma pesquisa de campo, foi possível realizar o reconhecimento da comunidade por meio da observação participante, turnê guiada e entrevista em grupo com 25 moradores. Observou-se que existe um sistema de coleta dos RSU frequente na comunidade, no entanto, sua disposição inadequada em algumas regiões do bairro é recorrente o que pode propiciar a ocorrência

de vetores transmissores de doenças e outros problemas. A coleta seletiva é uma realidade do bairro. Foi possível observar avanços por parte do poder público, no entanto, a prioridade para alcançar um ambiente salubre depende também da conscientização da população.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos sólidos urbanos (RSU), coleta seletiva, materiais recicláveis.

ABSTRACT: The Urban Solid Waste (USW) constitute a sanitary problem of great importance, when they do not receive the care convenient. Considering the lack of information concerning the theme, in the municipality of São Luís, MA, Brasil, and in particular in the neighborhood Sá Viana, we intended to get, from this study a survey of the forms of management of municipal USW, and even the existence of Selective waste collection of recyclable materials in the district. From a field survey, it was possible to perform the recognition of the community by means of participant observation, guided tour and interview in a group with 25 residents. It was observed that there is a system of collection of MSW frequent in the community, however, his descartes inadequate in regions of the district are recurrent. The Selective waste collection is carried out by three women. It was possible to observe progress on the part of the public, however, the priority to achieve an environment safe also depends on the awareness of the

population.

KEYWORDS: Urban Solid Waste (USW), Selective waste collection, recyclable materials.

1 | INTRODUÇÃO

Desde 1992, a Organização das Nações Unidas (ONU) promove reuniões e assembleias, que visam discutir e desenvolver metas e estratégias com vistas à melhoria da qualidade de vida e o respeito ao meio ambiente, como o lançamento da Agenda 21, na Conferência das Nações Unidas pelo Meio Ambiente e Desenvolvimento conhecida como RIO 92.

Vários países em busca de alcançar os objetivos almejados iniciaram ações em prol de tais melhorias, em 2007 foi aprovada no Brasil a Lei Federal nº 11.445, conhecida como a Lei do Saneamento, que alterou e revogou leis com o intuito de estabelecer diretrizes nacionais para o saneamento básico, constituindo ações que priorizem o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem urbana, manejo das águas pluviais e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Em 2010, outra Lei Federal a nº 12.305, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambiental adequado dos resíduos sólidos.

O estado do Maranhão, em 2013, elaborou seu Plano Estadual de Gestão dos Resíduos Sólidos (PEGRS). Por sua vez, o Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos da capital maranhense ainda não foi elaborado. Nesse sentido, as cidades brasileiras buscam adequar-se a PNRS e sanar entre outros problemas a questão da gestão e gerenciamento adequados de seus resíduos sólidos urbanos, no entanto, é uma tarefa árdua que envolve setores da gestão pública e sociedade civil.

Observa-se na capital São Luís, uma ocupação desordenada, falta de infraestrutura local e baixos índices de saneamento básico. Os bairros mais periféricos e localizados em áreas de vulnerabilidade socioambiental são os mais afetados, entre eles o bairro Sá Viana, localizado na área do Itaqui-Bacanga, um bairro construído às margens do rio Bacanga com ocupação recente e tardia em área de manguezal. O bairro é destaque nos veículos de comunicação locais que noticiam com frequência o problema, em especial a questão dos resíduos sólidos mal acondicionados e a falta de água recorrente no local.

Neste sentido, o presente trabalho realizou um diagnóstico participativo no bairro Sá Viana sobre: as formas de manejo dos resíduos sólidos urbanos (RSU), a percepção dos moradores sobre as doenças associadas aos RSUs dispostos de forma inadequada e ainda existência da coleta seletiva de materiais recicláveis.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo: o estudo foi realizado no bairro do Sá Viana, município de São Luís, capital do estado do Maranhão, localizado na Ilha Upaon-Açu o qual compreende a microrregião da aglomeração urbana de São Luís, abrigando em seu território quatro municípios: São Luís, Paço do Lumiar, São José de Ribamar e Raposa, conforme observados na figura 1. O bairro do Sá Viana caracteriza-se por ser um dos bairros mais antigos da área Itaqui-Bacanga.

O bairro do Sá Viana caracteriza-se por ser um dos bairros mais antigos da área Itaqui-Bacanga, possui cerca de 119 anos, sendo os seus primeiros habitantes, trabalhadores de origem rural. Seu desenvolvimento se deu de forma desordenada com a aglomeração urbana e rural, ocasionando ao longo dos anos problemas de infraestrutura física e saneamento básico.

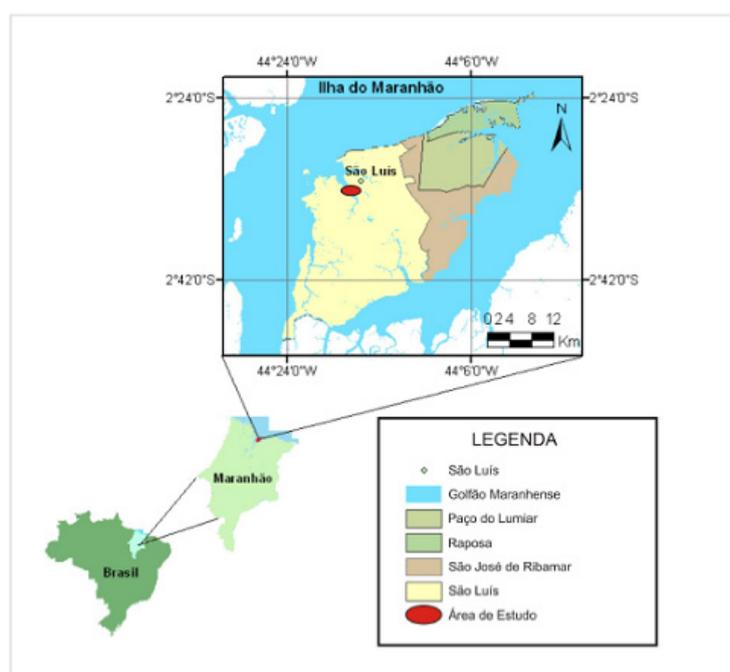


Figura 1 – Localização da cidade de São Luís, MA.

Fonte: Costa, 2003.

Procedimentos metodológicos: Adotou-se a pesquisa qualitativa de caráter exploratório. Para a coleta de dados foram utilizados o levantamento bibliográfico e a pesquisa de campo (observação participante, diários de campo, turnê guiada e entrevistas em grupo), conforme preconizado por Fonseca (2002).

A pesquisa de campo contou com o apoio da União dos Moradores do Sá Viana e caracterizou-se pela coleta de dados na comunidade, com o auxílio de diferentes ferramentas, como:

- Observação participante: onde buscou-se compreender as interações existentes entre o homem e o seu meio, observando o dia-dia da comunidade e

suas tarefas relacionadas;

- Turnê-guiada: com a realização de visitas frequentes ao bairro onde as primeiras relações com os moradores foram estabelecidas e os questionamentos foram formulados;
- Diário de campo: instrumento que permitiu o registro das informações, observações e reflexões surgidas no decorrer da investigação ou no momento observado e;
- Entrevistas em grupo: onde grupos de moradores responderam simultaneamente ao roteiro de questões de maneira informal.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa foi realizada no período de abril de 2016 a abril de 2017, no bairro do Sá Viana, totalizando doze meses. Foram entrevistados 25 moradores.

Os entrevistados relatam que armazenam os resíduos sólidos urbanos produzidos em suas unidades familiares, geralmente em sacolas plásticas, para evitar a proliferação de vetores, tais como moscas, mosquitos e baratas. Afirmam ainda manter a rotina da limpeza em suas residências, dessa forma acreditam diminuir a ocorrência dos mesmos.

Os RSUs são posteriormente acondicionados na maioria das vezes em lixeiras coletivas construídas pelos comunitários, ou ainda em contêineres metálicos e plásticos, popularmente denominados de bacias e caçambinhas (figura 2), disponibilizados pela prefeitura.



Figura 2 - Locais de acondicionamento dos RSUs no bairro Sá Viana, São Luís, MA.

Fonte: arquivo pessoal das autoras.

Segundo os moradores a coleta dos RSUs ocorre de forma regular, três vezes por semana, pela prestadora de serviços terceirizada pela Prefeitura Municipal de São Luís. Como forma de cumprir as diretrizes previstas na PNRS, o município de São Luís, por meio da empresa terceirizada realiza desde o segundo semestre de 2015, o transporte de todo resíduo coletado (exceto parte dos entulhos da construção civil e resíduos contaminados advindos de unidades de saúde) para uma Central de Tratamento de Resíduos (CTR) em um Aterro Sanitário, pertencente ao grupo

Queiróz Galvão, instalado no povoado Buenos Aires, no município de Rosário, a 60 quilômetros da capital. Anteriormente, o principal local para disposição do RSU era o Aterro Controlado da Ribeira, localizado no município de São Luís, próximo a Bacia do rio Tibiri, o mesmo encerrou suas atividades em 2015.

Posteriormente, no primeiro semestre de 2016, foi inaugurado o Centro de Tratamento de Resíduos do Maranhão (CTR-MA) uma parceria da Maxtec Serviços Gerais e Manutenção Industrial e o Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Maranhão (SINDUSCON/MA), destinado ao tratamento do lixo hospitalar e resíduos perigosos e contaminantes produzidos no Estado (HARISON, 2015; BRAGA, 2016).

Alternativa inaugurada em 2016 pela Prefeitura Municipal de São Luís são os Ecopontos, locais de entrega voluntária de pequenos volumes de entulho (até 2 m³), grandes objetos (móveis, poda de árvores entre outros) e resíduos recicláveis. A população pode dispor o material gratuitamente em caçambas distintas para cada tipo de resíduo. Os ecopontos fazem parte de uma Parceria Público-Privada (PPP), na modalidade de concessão para execução de serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos, firmada pela Prefeitura com a São Luís Engenharia Ambiental. Atualmente são 11 ecopontos instalados na capital, a previsão, segundo a Prefeitura é que sejam implantadas mais 5 unidades do tipo até o final de 2018.

A varrição e campina no bairro Sá Viana são frequentes, os serviços são realizados por todo o bairro e ainda nas margens do rio, local em que há grande concentração resíduos advindos da maré.

Durante a turnê guiada em áreas de ocupação recente, próximas a áreas de manguezal, localizadas à margem do bairro Bacanga, verificou-se o acúmulo de RSUs, além de entulhos da construção civil e bens inservíveis como: sofá, fogões, televisores e até mesmo vaso sanitário em terrenos do bairro, conforme a figura 3.

O descarte e o acúmulo desses materiais no meio ambiente podem trazer consequências como a contaminação do solo e dos mananciais hídricos por metais pesados e outras substâncias nocivas, além de um possível aumento vetores por conta dos novos habitats, podendo ocasionar a ocorrência de algumas doenças infectocontagiosas e parasitárias como: leptospirose, febre tifoide, gastroenterites, dengue, zyka e chikungunya, dentre outras (SILVA & LIPORONE, 2011). Segundo o Manual do Saneamento (BRASIL, 2006), os resíduos sólidos constituem problema sanitário de grande importância, quando não recebem os cuidados convenientes.



Figura 3 - Bens inservíveis dispostos de maneira incorreta no bairro Sá Viana, São Luís, MA.
Fonte: arquivo pessoal das autoras.

De acordo com relatos, os terrenos baldios são locais comuns para descartes inadequados de RSU, sendo frequente ainda a ocorrência de animais como cobras (cipó e jiboia). Os moradores preocupados com os possíveis riscos, em regime de mutirão, realizam ações em prol da limpeza destes espaços. A visão destes moradores corrobora com Rodrigues (2012), que alega que a percepção da população se torna um importante aliado para o poder público quanto à leitura que fazem da realidade social.

Com base nesses fatos, é necessário que seja implementado um programa de educação ambiental e sanitária com foco na conscientização da população, em caráter de urgência, onde se esclareça sobre os prejuízos ao ambiente, à saúde, ao conforto e ao bem-estar. Gonsalvez (2003) observa que há uma necessidade de transformação, de um trabalho que vise despertar a responsabilidade individual sobre o lixo na sociedade. Por sua vez Silva e colaboradores (2008) concordam que não haverá sustentabilidade, na ausência de Educação Ambiental e sem mudanças nos modelos educacionais predominantes na sociedade contemporânea.

Durante a pesquisa de campo, verificou-se a presença de três mulheres na comunidade que realizam a coleta de materiais recicláveis. Duas delas realizam a coleta, a triagem, o acondicionamento e a comercialização do material coletado. Trabalham em geral com plástico (garrafas PET, potes, baldes e bombonas), peças de alumínio (latas) e ferro (cadeiras, portões, aparadores) dentre outros, os mesmos após coletados são triados e ensacados em sacos plásticos tipos *bags* para venda. Uma delas realiza a coleta na própria comunidade, de porta a porta ou por entrega voluntária, leva o material para sua residência e os membros de sua família realizam a triagem. Após a etapa da triagem, observou-se o cuidado com esses materiais, sendo devidamente higienizados e organizados (figura 4).



Figura 4 - Material coletado, triado e acondicionado no bairro Sá Viana, São Luís, MA.

Fonte: arquivo pessoal das autoras.

Outra moradora juntamente com seu esposo profissional da pesca realiza a coleta dos materiais encontrados no rio Bacanga utilizando uma canoa. O material

após coletado é triado, acondicionado e armazenado à margem do rio Bacanga para venda posterior, conforme observado na figura 5.



Figura 5 - Material coletado, triado e acondicionado às margens do rio Bacanga no bairro Sá Viana, São Luís, MA.

Fonte: arquivo pessoal das autoras.

Ambas comercializam os materiais para algumas empresas de reciclagem na capital. Está é fonte principal de renda familiar das moradoras. Segundo Siqueira (2015), tais atividades descentralizadas podem ser eficientes na tarefa de desviar resíduos da disposição final e têm a vantagem de mobilizar e sensibilizar pessoas. Isto porque se baseiam mais em mudança de paradigmas e tecnologia social.

Uma delas relatou que sofreu preconceito pelos moradores e familiares, por não aceitarem “alguém trabalhar com lixo”. Com o passar dos anos, todos compreenderam que seu trabalho além de ser uma fonte de renda ajuda a manter a comunidade mais limpa. Segundo Silva & Lima (2007) os coletores e catadores de materiais recicláveis, comumente são marginalizados, devido ao contato diário com vários tipos de resíduos.

A moradora pondera que tais materiais coletados não podem ser considerados lixo, para ela quando estes materiais são descartados é como se jogassem dinheiro fora, pois acredita no valor que ainda possam ter. Essa visão corrobora com James (1992) quando afirma que, o lixo propriamente dito não existe, porque o que é lixo para algumas pessoas, é riqueza para outras.

A coleta seletiva contribui significativamente para minimização dos impactos socioambientais e de saúde causados pelos resíduos sólidos, como também para o aumento da renda daqueles que comercializam os materiais recicláveis (CAVALCANTE et al., 2012).

Hoje em dia os vizinhos ajudam neste processo, separando plásticos, metais e vidros em suas residências e entregam de forma voluntária o material já acondicionado para a moradora. No entanto, em alguns casos a mesma relata que em alguns casos erram quando vão acondicionar os materiais, por exemplo, misturam material que pode ser reciclado com matéria orgânica o que dificulta o seu trabalho. Sua família manifesta orgulho do trabalho que a dona de casa realiza.

Com trabalho semelhante de coleta seletiva, foi observado a presença de outra moradora na comunidade, que não comercializa os materiais para reciclagem, a mesma

os reutiliza para confeccionar peças de artesanato. como: lonas, transformando-as em bolsas, peças de guarda-roupa, capas de freezer e *puff* que podem ser comercializadas, conforme pode ser observado na figura 6. Reconhece que seu trabalho une a questão socioambiental e econômica e acrescenta que busca pela “preservação dos solos, dos mares e do efeito estufa”.



Figura 6 – Artesanato com reutilização de materiais para reciclagem.

Fonte: arquivo pessoal das autoras.

Outra finalidade para os materiais coletados por ela, em especial àqueles em formato de caixas, como partes de aparelhos de ar condicionado, geladeira entre outros são reutilizados como canteiros de hortaliças, plantas aromáticas e condimentares (figura 7).



Figura 7 - Reutilização dos RSU para o cultivo de plantas.

Fonte: arquivo pessoal das autoras.

4 | CONCLUSÃO

Durante a pesquisa de campo constatou-se que o armazenamento e o acondicionamento da maioria dos RSU produzidos na comunidade são dispostos de forma adequada em recipientes que atendem à comunidade. Além disso, o sistema de coleta convencional ocorre de forma efetiva com regularidade, funcionalidade e continuidade em pontos de acúmulo distribuídos ao longo do bairro.

De acordo com os moradores, o manejo dos RSU por parte do poder público melhorou nos últimos anos. Demonstrando assim, uma adequação do município às diretrizes propostas pelo PNRS. No entanto, nota-se que a disposição inadequada dos RSU por parte de alguns moradores ocorre em alguns locais, sendo encontrados com

frequência: resíduos da construção civil, resíduos domésticos e resíduos perigosos que podem ocasionar a proliferação de animais e vetores que podem comprometer a saúde dos comunitários.

Por outro lado, destaca-se a presença positiva de três moradoras que realizam a coleta seletiva de materiais recicláveis. Tal contribuição socioambiental minimiza os efeitos nocivos à saúde e ao meio ambiente decorrente dos resíduos sólidos dispostos inadequadamente e ainda contribuem para a geração de renda da família.

Este estudo pretende contribuir mesmo que modestamente para uma sensibilização futura dos comunitários acerca dos problemas ambientais e sanitários dos RSU dispostos de forma inadequada, tornando-os agentes ambientais populares envolvidos na construção de uma sociedade local sustentável.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. 1ª reimpressão. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

CAVALCANTE, L. P. S. et al. **Percepção ambiental dos catadores de materiais recicláveis associados à ARENSA e dos informais, que atuam no Bairro do Tambor, Campina Grande-PB**. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012, Goiânia - GO. Tema Central: Gestão Ambiental nos Biomas Brasileiros, 2012.

COSTA, H. O. S. **Análise Hidrológica Aplicada à Gestão Águas – região oeste da ilha de São Luís- MA**. Especialização em meio ambiente e recursos hídricos – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2003.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, p. 1-127, 2002.

GONSALVES, P. **A Reciclagem Integradora dos Aspectos Ambientais, Sociais e Econômicos**. Rio de Janeiro: D&A: Fase, 2003, 182p.

JAMES, B. **Lixo e reciclagem**. São Paulo: FTD, 1992.

RODRIGUES, D.S. et al. **A Percepção Ambiental Como Instrumento de Apoio na Gestão e na Formulação de Políticas Públicas Ambientais**. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v.21, supl.3, p.96-110, 2012.

SILVA, D. B.; LIMA, S. C. **Catadores de materiais recicláveis em Uberlândia - MG, Brasil: estudo e recenseamento**. Caminhos de Geografia. v.8, n. 21, p. 82-98, Jun, 2007.

SILVA, M. M. P. et al. **Educação ambiental para organização e reconhecimento de catadores de materiais recicláveis em Campina Grande – PB: Estratégia para gestão integrada de resíduos sólidos**. Anais. V Semana de Extensão da UEPB: Desenvolvimento Regional, Políticas Públicas e Identidades, Campina Grande-PB, 2010. Anais. Campina Grande: Realize, 19 a 22 de Outubro de 2010.

SILVA, C. B. da; LIPORONE, F. **Disposição irregular de resíduos sólidos domésticos em Uberlândia: Algumas Considerações**. Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia, v. 2, n. 6. p.22-35, 2011.

SIQUEIRA, T.M.O. ASSAD, M.L. R. C. L. **Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo (Brasil)**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 243-264, 2015.

PROPOSTA DE ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS ORIUNDAS DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DO SETOR BÁSICO DA UFPA/BELÉM

Adenilson Campos Diniz

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Técnico Administrativo em Educação/Engenheiro Sanitarista da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

André Luiz da Silva Salgado Coelho

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor da UFPA.

Hélio da Silva Almeida

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela UFPA. Professor da UFPA.

Amanda Queiroz Mitoso

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Especialista em Gestão Hídrica pela UFPA. Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Planejamento Hídrico na UFPA.

Yuri Bahia de Vasconcelos

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFPA. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UFPA. Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil na UFPA.

Neyson Martins Mendonça

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor da UFPA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Oliveira Belo, 806 - Umarizal - Belém - PA - CEP: 66050-380 - Brasil - Cel: (91) 98359-1343 - e-mail: adenilson_288@hotmail.com

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo propor, dimensionar e analisar técnica e economicamente diferentes alternativas para o sistema de tratamento de águas residuárias do Restaurante Universitário (RU) da UFPA, campus Belém. O restaurante já possui um pré-tratamento composto por caixas de gordura e tanque séptico; no entanto, pesquisas recentes verificaram que a carga orgânica efluente a esse tratamento ainda é bastante alta, inclusive mais elevada do que as típicas de esgotos domésticos. Por essa razão, as alternativas propostas neste trabalho foram abordadas como sistemas destinados ao tratamento de esgoto industrial. Tais alternativas, bem como os parâmetros de projeto utilizados para seus respectivos dimensionamentos, foram definidas considerando-se as características do efluente do RU analisadas nos estudos supramencionados. A primeira proposta consistiu-se de um sistema composto por UASB + LA (Upflow Anaerobic Sludge Blancket reactor + Lodos Ativados) e, a segunda, de um sistema composto por UASB + FBP (Upflow Anaerobic Sludge Blancket reactor + Filtro Biológico Percolador). Após as análises, verificou-se que o sistema UASB + FBP

apresentaria maiores vantagens em relação aos custos tanto de implantação quanto de operação, e dessa forma, definiu-se este sistema como a alternativa mais viável para este caso. Diante desta verificação, foi realizada a concepção de um pré-projeto de uma ETE para o campus da UFPA visando o tratamento deste efluente. Verificou-se ainda que a maior parte dos custos operacionais seria devido ao pagamento de operadores, sendo relativamente inexpressivos os encargos referentes ao consumo de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: Águas residuárias, esgoto industrial, UASB, FBP.

1 | INTRODUÇÃO

A imediata remoção de águas residuárias de suas fontes de geração, seguida de adequado tratamento, reuso e/ou disposição final na natureza é de fundamental importância para a proteção da saúde pública e do meio ambiente. Em relação aos efluentes industriais, especialmente, a redução de sua carga poluidora deve deixar de ser vista apenas como um procedimento opcional pelas empresas; pelo contrário, deve ser considerada como um passo vital para preservação de recursos hídricos e para saúde de todos seus usuários. (NEMEROW, 2007, p. 25)

No que tange às responsabilidades das Instituições de Ensino Superior (IES), Tauchen e Brandli (2006, p. 504 e 505) discorrem que o destaque que as IES representam no processo de desenvolvimento tecnológico, na preparação dos estudantes e no fornecimento de conhecimento e informações deve ser utilizado também para construir uma sociedade mais justa e sustentável. Nessa perspectiva, as IES devem, dentre outras medidas, apresentar soluções aos impactos ambientais por elas causados para que sirvam de exemplo no cumprimento da legislação, e deixem, assim, o campo teórico rumo à prática. Ao implantarem tais práticas, ainda que de forma isolada, as universidades estarão caminhando em direção a um desenvolvimento cada vez mais sustentável (BERTOLINO, 2007).

Em termos de tratamento de efluentes, a UFPA deu um importante passo, pois já possui um projeto de estação de tratamento de esgoto com a primeira etapa em fase de instalação, prevendo, a priori, atender apenas ao Setor III (Setor Saúde). No entanto, dentro da universidade existem estabelecimentos cujos efluentes não se caracterizam como domésticos e devem, portanto, ser tratados como esgotos industriais, como é o caso do seu restaurante universitário, conforme estudos realizados por Vasconcelos (2014) e Almeida (2015). Nestes casos, torna-se pertinente a análise de alternativas descentralizadas ao seu tratamento, a fim de se verificar a possibilidade de melhores soluções, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico.

Como referência a tal prática, têm-se países da Europa e os Estados Unidos, onde é incomum estações de tratamento municipais modernas receberem águas residuárias de complexos industriais. Nestes lugares, a atual tendência é que as indústrias tratem

seus próprios efluentes em ETEs especialmente projetadas para tal, ainda que esta não seja a alternativa mais econômica para as mesmas (GRAY, 2004, p. 26; PEIRCE, WEINER e VESILIND, 1998, p. 106; WEINER e MATTHEWS, 2003, p. 168).

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta um estudo de alternativas para o tratamento do efluente gerado no RU da UFPA. Após revisão de literatura e consulta a especialistas da área, definiu-se analisar, técnica e economicamente, duas alternativas de tratamento. A primeira alternativa consistiu em um sistema composto de UASB + LA e, a segunda, em UASB + FBP.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho foi dividida em oito etapas, conforme descrito na Figura 1:

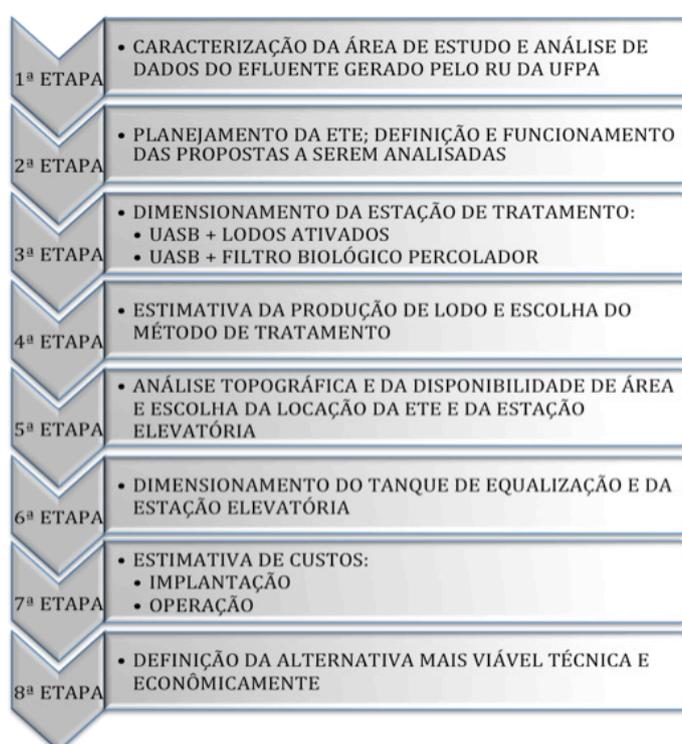


Figura 1: Metodologia do trabalho.

Localização da área de estudo: O RU em estudo localiza-se no setor básico da cidade universitária Professor José da Silveira Netto, da Universidade Federal do Pará, campus Belém/PA, no bairro do Guamá, Rua Augusto Corrêa, Nº 1. Possui coordenadas geográficas de longitude e latitude $48^{\circ}27'29.23''W$ e $1^{\circ}28'39.90''S$, respectivamente, e está localizado em um terreno com elevação de aproximadamente 5 metros em relação ao nível do mar, conforme Figura 2.

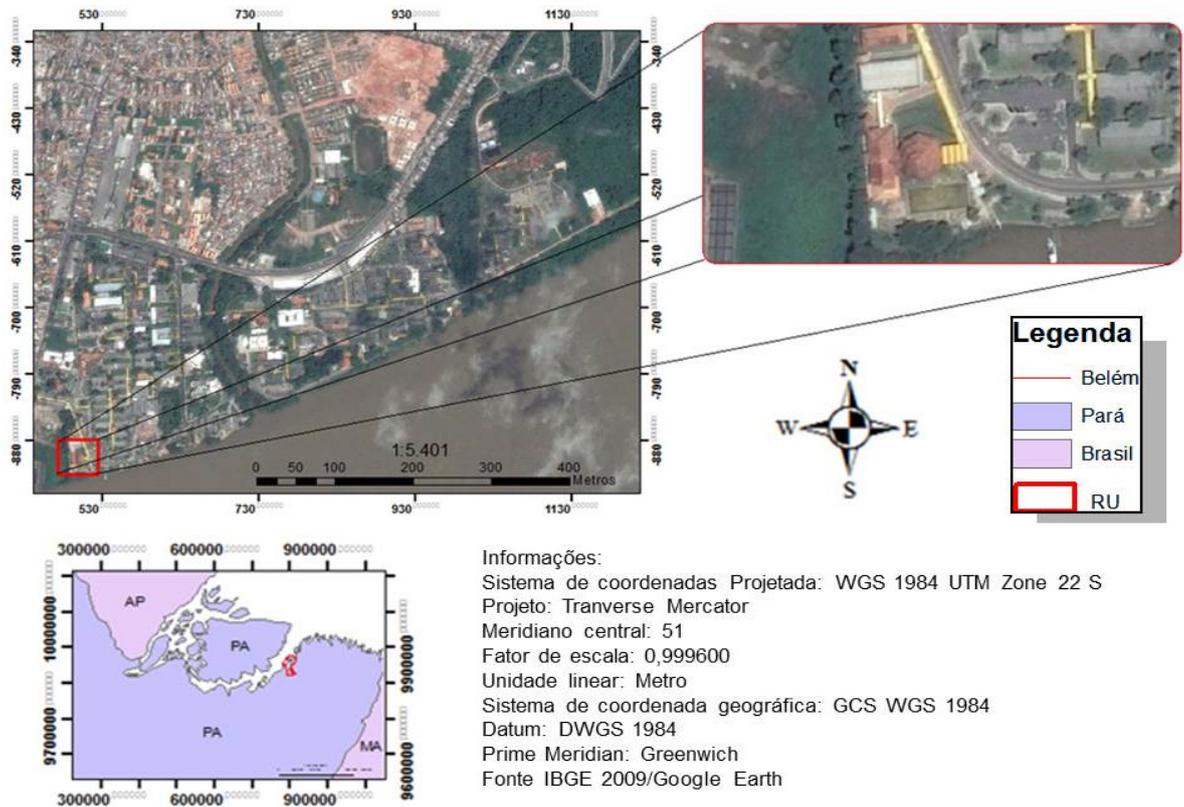


Figura 2: Localização do RU.

Fonte: Google Earth, apud Vasconcelos, 2014.

Atualmente, o RU da UFPA é composto por duas unidades: **RU Setor Básico e RU Setor Profissional**. A unidade do campus básico é a responsável pela produção de alimentos e conta com uma cozinha industrial com capacidade máxima para produção de até **6.000 refeições por dia** (UFPA, 2015).

Pré-tratamento de efluentes existente: o RU conta com um sistema de pré-tratamento de efluentes que funciona conforme mostrado na Figura 3:

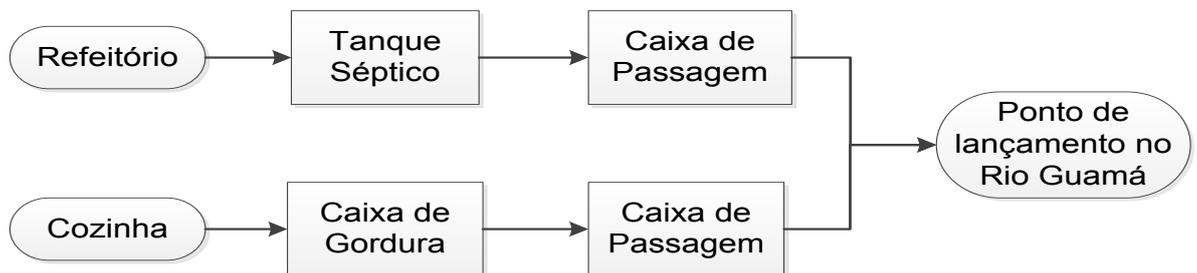


Figura 3: Fluxograma do esgoto gerado no RU.

Fonte: Vasconcelos, 2014.

Características do efluente do RU da UFPA: Vasconcelos (2014) e Almeida (2015) analisaram estatisticamente as características qualitativas das águas residuárias produzidas pelo RU da UFPA. Em termos quantitativos, as vazões mínima, média e máxima encontradas foram de **0,47 m³/h ; 2,0 m³/h e 4,68 m³/h**,

respectivamente, para um período de funcionamento de 13 horas diárias (7:00 horas – 20:00 horas) (Almeida, 2015; Vasconcelos, 2014). Quanto aos aspectos qualitativos, na Tabela 1 são apresentadas as características encontradas no efluente do RU da UFPA, bem como os valores típicos de parâmetros encontrados em efluentes sanitários.

VARIÁVEIS	CONCENTRAÇÃO			CARGA POLUIDORA (kg/d)	CONTRIBUIÇÃO PER CAPITA (g/ ref.dia)
	ESGOTO DO RU	ESGOTO SANITÁRIO	UNIDADE		
Temperatura	24	-	°C	-	-
pH	6	-	-	-	-
DQO (Total)	1.298	600	mgDQO/L	39	19
DQO (Filtrada)	732		mgDQO/L	22	11
DBO	908	300	mgDBO/L	28	13
NTK	626	50	mgNTK/L	19	9
N-amoniacoal	9	25	mgN-am /L	0,3	0,1
N-orgânico	617	20	mgN-org /L	19	9
P-total	51	7	mgP-tot/L	2	0,8
ST	2021	1.100	mgST/L	61	30
SST	1637	350	mgSST/L	50	24,14
SSF	368	80	mgSSF/L	11	5,43
SSV	1269	320	mgSSV/L	39	18,71
SDT	384	700	mgSDT/L	12	5,65
SDF	14	400	mgSDF/L	0,4	0,20
SDV	370	300	mgSDV/L	11	5,46
SS	7	15	mLSS/L	197*	95,85**
Óleos e Graxas	0,6		mg/L	0,02	0,01

Tabela 1: Características qualitativas do efluente do RU da UFPA¹.

*L/d; **L/ano

Fonte: Adaptado de Vasconcelos, 2014; Almeida, 2015; von Sperling, 2005.

Como pode-se observar, as características do efluente do RU da UFPA diferenciam-se significativamente às das apresentadas por efluentes sanitários, com destaque ao teor de matéria orgânica, em que a concentração de DBO é aproximadamente três vezes maior do que a típica dos esgotos municipais. Justifica-se, dessa forma, a abordagem de seu tratamento como efluente industrial por este trabalho.

Definição e funcionamento das propostas a serem analisadas: Após revisão de literatura local e internacional, além de consultas a profissionais especialistas da área de tratamento de efluentes, definiu-se, para o presente estudo, analisar duas propostas de sistema de tratamento. A primeira trata-se de um sistema composto por um **reator UASB seguido de um sistema de Lodos Ativados**; e a segunda, um sistema constituído de um **reator UASB seguido de um Filtro Biológico Percolador**. Devido esses tratamentos serem realizados por mecanismos biológicos, definiu-se que em ambas as propostas os sistemas deveriam operar em **regime contínuo**, 24 horas por dia.

As fases sólida e gasosa presentes no esgoto não constituíram o principal objeto deste estudo e, dessa forma, seus respectivos tratamentos foram aqui abordados de forma simplificada. Para ambas as propostas, optou-se por tratar a fase sólida (lodo) em uma **centrífuga desaguadora** e encaminhar o biogás a um **queimador de gases**.

Devido a fatores como a pequena vazão de efluente a ser tratada e também a requisitos propostos à ETE, como baixo custo de implantação e baixa demanda por área, optou-se por não adicionar um sistema de tratamento reserva, que operasse em caso de interrupção de alguma unidade por motivos de manutenção ou mal funcionamento. Como alternativa, optou-se por utilizar um sistema com “*by-passes*”, onde os fluxos de esgoto e de lodo seriam definidos a partir de aberturas e fechamentos de registros, conforme a necessidade. As disposições das unidades de tratamento e os fluxogramas de esgoto e de lodo propostos para essas duas alternativas são apresentados nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

¹ *NOTA: Considerando uma vazão média de 30,35 m³/dia e para um período de 13 horas de funcionamento.*

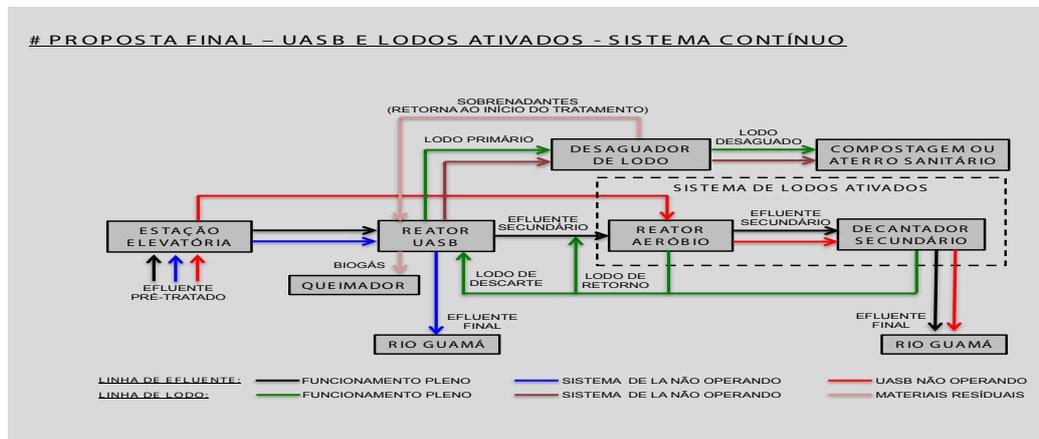


Figura 4: Proposta UASB + Sistema de Lodos Ativados.

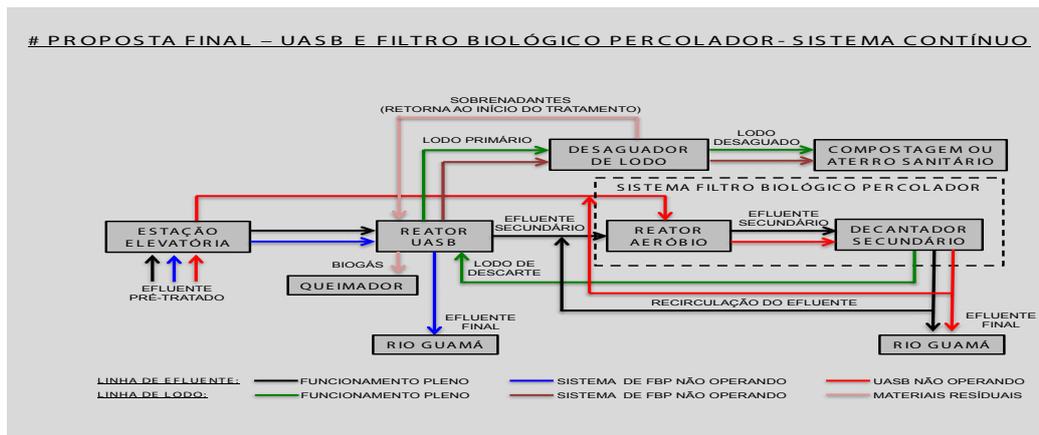


Figura 5: Proposta UASB + Sistema de Filtro Biológico Percolador.

Dimensionamento das propostas selecionadas: Para este trabalho, utilizou-se como principais parâmetros de projeto os requisitos estabelecidos pela NBR 12.209 (ABNT, 2011) e, como roteiros de dimensionamento dos respectivos reatores, as seguintes referências de literatura:

- Reator UASB – CHERNICHARO (2007);
- Sistema de Lodos Ativados – VON SPERLING (2002);
- Filtro Biológico Percolador – NOTAS DE AULA;
- Estação Elevatória – TSUTIYA E SOBRINHO (1999).

Além do dimensionamento, estas referências forneceram os parâmetros necessários às estimativas de produção de lodo de ambos os sistemas.

Localização da ETE e da elevatória: Nesta análise, os principais fatores considerados foram a topografia local e o impacto de vizinhança que seria causado pela ETE. Dessa forma, foram utilizadas plantas topográficas, mapas, imagens de satélite e do plano diretor da cidade universitária, além de visitas in loco para melhor verificação da topografia e da situação de ocupação do solo nas proximidades do RU da UFPA.

Estimativa de custos: Os custos relativos à implantação e à operação das propostas aqui apresentadas foram estimados de forma simplificada, visando apenas uma noção de faixa de valores que cada uma apresentaria nas condições de mercado atuais a fim de compará-las e definir qual a mais viável economicamente. Não representam, portanto, os valores exatos do projeto.

Para a estimativa dos custos de implantação, foram levantados os quantitativos dos principais componentes e dimensões de cada unidade e então solicitados orçamentos para empresas nacionais. A seleção da proposta foi realizada por simples comparação de valores, selecionando-se a que apresentou melhores preços.

Para os custos de operação, por sua vez, considerou-se apenas os principais dispêndios que cada alternativa demandaria: os relativos ao consumo de energia elétrica e ao pagamento dos operadores da ETE. O custo energético foi estimado considerando-se a demanda e o consumo de energia elétrica adotando-se valores de um exemplar de tarifa de energia elétrica da UFPA, campus Belém, referente a novembro de 2015, conforme apresentado na Tabela 2. Já o custo relativo ao pagamento dos operadores da ETE foi estimado por simples consulta junto à Diretoria de Infraestrutura (DINFRA) da prefeitura da universidade. Por fim, todos os valores foram convertidos em dólar utilizando-se a taxa de 2,7398 proposta pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) referente a abril de 2016.

Tarifa de Consumo	Fora de ponta:	R\$ 0,26789 /kWh	\$ 0,09778 / kWh
	Em hora de ponta:	R\$ 2,06628 /kWh	\$ 0,75417 / kWh
Tarifa de Demanda	Única:	R\$ 18,16286 /kW	\$ 6,62926 / kW

Tabela 2: Tarifas de demanda e consumo de energia elétrica da CELPA.

Fonte: Adaptado de CELPA, 2016; BNDES, 2016.

3 | RESULTADOS

As principais dimensões dos reatores e unidades de tratamento são apresentados na Tabela 3.

REATOR / UNIDADE	DIMENSÃO	UNID.	SIST. UASB + LA	SIST. UASB + FBP
Estação Elevatória	Volume	m ³	31,98	31,98
	Área	m ²	12,80	12,80
	Altura Útil	m	2,5	2,5
	Lado (quadrado)	m	3,60	3,60
Reator UASB	Volume	m ³	31,36	31,36
	Área	m ²	7,84	7,84
	Altura Útil	m	4,00	4,00
	Lado (quadrado)	m	2,80	2,80
Reator Aeróbio	Volume	m ³	59,94	11,23
	Área	m ²	17,13	5,61
	Altura Útil	m	3,50	2,00
	Lados / Diâmetro	m	4,10	2,70
Decantador Secundário	Volume	m ³	10,56	19,71
	Área	m ²	3,02	5,63
	Altura Útil	m	3,50	3,50
	Diâmetro	m	2,00	2,70

Tabela 3: Dimensões das Unidades de Tratamento

As estimativas de desempenho de ambos os sistemas são apresentadas na Tabela 4.

PARÂMETRO	POLUENTE	UNIDADE	SIST. UASB + LA	SIST. UASB + FBP
Eficiência Global de Remoção *	DQO	%	96,0	93,2
	DBO	%	97,7	96,5
	SST	%	97,5	97,5
	NTK	%	91,0	46,0
Concentração de Poluentes no Efluente	DQO	mg/L ou g/m ³	51,29	88,22
	DBO	mg/L ou g/m ³	21,29	31,94
	SST	mg/L ou g/m ³	40,43	40,93
	NTK	mg/L ou g/m ³	56,32	337,93
Carga Poluidora no Efluente	DQO	Kg DQO/dia	4,33	7,45
	DBO	Kg DBO/dia	1,80	2,70
	SST	Kg SST/dia	3,46	3,46
	NTK	Kg NTK/dia	4,76	28,54
Biogás Produzido	BIOGÁS	m ³ /dia	29,80	29,80
Lodo Produzido	LODO	m ³ /dia	0,61	0,55

Tabela 4: Estimativas de Desempenho dos Sistemas.

*Adaptado de Von Sperling, 2005; Chernicharo, 2007.

Os principais equipamentos utilizados em ambos os sistemas e seus respectivos tempos de funcionamento são apresentados na Tabela 5.

EQUIPAMENTO	QUANT.	POT. (kW)	FUNCIONAMENTO (horas/dia)	
			SIST. UASB + LA	SIST. UASB + FBP
Bomba da Estação Elevatória	01(+1 reserva)	0,37	24,0	24,0

Aerador de Ar Difuso	01(+1 reserva)	7,50	24,0	-
Bomba Recirc. e descarte de Lodo	01(+1 reserva)	0,37	24,0	-
Bomba de Recirculação do Efluente	01(+1 reserva)	0,37	-	24,0
Bomba de Descarte de Lodo	01	0,37	-	1,0
Centrífuga Desaguadora	01	4,00	0,5	0,5
Queimador de Gases	01	-	-	-

Tabela 5: Principais Equipamentos e seus Tempos de Funcionamento.

Na Tabela 6, são apresentadas as estimativas de custos de implantação e operação de ambos os sistemas.

TIPO DE CUSTO	DESCRIÇÃO	SIST. UASB + LA	SIST. UASB + FBP
Custos de Implantação*	Peças, equipamentos..	\$ 118.684,58	\$ 75.682,53
Custos de Operação (anual)	Energia Elétrica	\$ 8.242,70	\$ 884,64
	Operadores	\$ 65.698,23	\$ 65.698,23
	Total (operacional)	\$ 73.940,93	\$ 66.582,86

Tabela 6: Estimativas de Custos de Implantação e Operação dos Sistemas.

*Centrífuga e queimador de gases não inclusos.

4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente dimensionamento atende aos principais requisitos estabelecidos pela NBR 12.209/2011.

De um modo geral, o volume das unidades do sistema FBP é menor que o do LA, o que representa vantagens em requisitos como demanda por área e custo de

implantação.

De acordo com os valores de eficiência adotados, o líquido final de ambos os sistemas apresentaria características de um efluente de boa qualidade, que atenderia não apenas os requisitos da legislação brasileira, mas também os estabelecidos em países desenvolvidos, como os de membros da União Européia (GRAY, 2004), por exemplo. No entanto, embora estejam em consonância com as faixas de desempenho encontradas nas literaturas pesquisadas, tais resultados são apenas teóricos e representam apenas um valor aproximado dentro de uma faixa de eficiência do que se espera obter com o tratamento.

A produção de lodo excedente estimada nos reatores aeróbios dos sistemas de LA e do FBP é considerada pequena, e produziria uma vazão de lodo de descarte equivalente a 1,00% e 4,10% da vazão de esgoto afluente ao reator UASB, respectivamente. No caso de retorno deste lodo para adensamento e digestão no próprio reator UASB, alternativa adotada neste trabalho, tais valores de vazões representam um impacto hidráulico desprezível ao tratamento, especialmente quando se considera os coeficientes de variação de dia e hora de maior consumo $K1=1,13$ (13%) e $K2=1,47$ (47%) do RU (Vasconcelos, 2014; Almeida, 2015). A razão deste pequeno volume de lodo gerado nos reatores aeróbios é atribuída ao fato de a maior parte do substrato e dos sólidos já terem sido removidos anaerobiamente no reator UASB. Estima-se que após digestão no reator UASB, o sistema com lodos ativados produziria aproximadamente 60 litros de lodo por dia a mais do que o sistema com filtro biológico percolador.

Em relação ao consumo de energia elétrica, observa-se que a principal diferença entre as duas propostas está relacionada à energia consumida pelo aerador do sistema de Lodos Ativados, que é um equipamento com potência bastante elevada (7,5 kW) quando comparada às potências dos demais dispositivos de ambos os sistemas. Contudo, essa diferença acaba por ser minimizada devido os custos relativos ao consumo de energia elétrica serem bastante pequenos em relação aos custos demandados para pagamento dos funcionários operadores da ETE (considerados os mesmos para ambas as propostas), fazendo com que os custos operacionais, de um modo geral, apresentem menor diferença entre os dois sistemas.

Em termos econômicos, verifica-se que o sistema UASB + FBP apresentaria valores de implantação e operação relativamente menores que o sistema UASB + LA.

5 | CONCLUSÕES

Diante dos estudos realizados e de posse dos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- Do ponto de vista técnico, ambas as propostas atendem aos objetivos de tra-

tamento pré-estabelecidos neste trabalho. Destaca-se que o sistema UASB + LA apresenta maior eficiência em relação ao sistema UASB + FBP, sobretudo no que diz respeito à remoção de nitrogênio orgânico e amoniacal.

- Do ponto de vista econômico, o sistema UASB + FBP apresentou-se mais viável do que o sistema UASB + LA, tanto em relação aos custos de implantação quanto aos custos operacionais.
- Ponderando-se as análises técnica e econômica realizadas, a proposta UASB + FBP foi considerada a mais viável e, portanto, é a alternativa selecionada como principal proposta deste trabalho.
- Apesar da escassez de áreas no setor básico da universidade, existem espaços disponíveis para execução de ambas as alternativas analisadas.
- Os custos operacionais estariam relacionados principalmente ao pagamento de operadores da ETE. O custo relativo ao consumo energético é considerado relativamente pequeno em ambos os sistemas.
- A produção de lodo esperada em ambas as alternativas é considerada pequena, estabilizada e adensada, o que simplifica e barateia seu tratamento uma vez que, após seu descarte do reator UASB, este apenas precisa ser desaguado na centrífuga.
- O efluente do RU apresenta elevado potencial de produção de energia elétrica a partir de seu biogás, inclusive para que a ETE seja energeticamente autossustentável. Tal aproveitamento energético deve ser estudado de forma mais criteriosa e aprofundada a fim de se verificar sua efetiva viabilidade de implantação.

Como recomendação para futuros trabalhos sugere-se a realização de estudos através de projetos em escala de bancada a fim de se verificar a obtenção dos desempenhos estimados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. D. S. Produção de Biocombustível via Craqueamento Térmico-Catalítico de Resíduos Sólidos de Caixas de Gordura com Carbonato de Sódio e Lama Vermelha Ativada Termicamente. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. Belém. 2015.

BERTOLINO, S. M. Caracterização e tratabilidade dos esgotos produzidos pelo Campus da Universidade Federal de Ouro Preto - MG. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 103. 2007. (B546c). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental.

CELPA. CELPA - Energia para Transformar. Celpa – Centrais Elétricas do Pará, 2016. Disponível em: <<http://www.celpa.com.br/corporativo/para-resolver-agora/duvidas-frequentes>>. Acesso em: 15 Janeiro 2016.

CHERNICHARO, C. A. D. L. Reatores anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, v. 5, 2007. 380 p.

GRAY, N. F. Biology of Wastewater Treatment. 2. ed. London: Imperial College Press, v. 4, 2004.

METCALF & EDDY, INC. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4. ed. New York: Mc Graw Hill, 2003. 1848 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S). Use of Reclaimed Water and Sludge in Food Crop Production. 1. ed. Washington, D.C: National Academic Press, 1996. ISBN 0-309-05479-6.

NEMEROW, N. L. Industrial Waste Treatment: Contemporary Practice and Vision for the Future. Burlington: Elsevier Inc., 2007. ISBN 978-0-12-372493-9.

PEIRCE, J. J.; WEINER, R. F.; VESILIND, P. A. Environmental Pollution and Control. 4th. ed. Woburn: Butterworth-Heinemann, 1998. ISBN 978-0-7506-9899-3.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: Modelo para Implantação em Campus Universitário. GESTÃO & PRODUÇÃO, v. 13, n. 3, p. 503-515, set.-dez. 2006.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. Coleta e transporte de esgoto sanitário. 1º. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

UFPA. RU Restaurante Universitário. Portal da UFPA, 18 Setembro 2015. Disponível em: <http://ru.ufpa.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=7>. Acesso em: 20 Setembro 2015.

VASCONCELOS, Y. B. D. Avaliação do fluxograma de água no restaurante universitário da UFPA: aspectos do consumo de água. Universidade Federal do Pará - UFPA. Belém, p. 89. 2014. (CDD - 22. ed. 371.12).

VON SPERLING, M. Lodos Ativados. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, v. 4, 2002. 428 p. ISBN 8507041-129-4.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, v. 1, 2005. 452 p.

WEINER, R. F.; MATTHEWS, R. A. Environmental Engineering. 4th. ed. Burlington: Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN 0750672943.

PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAPAS DE CORTE E PLAINAGEM DO SETOR MOVELEIRO QUE UTILIZA MDF NO MUNICÍPIO DE MARABÁ – PA

Elysson Filipe de Sousa Silva

Universidade do Estado do Pará.
Rodovia PA – 125, s/n. bairro Angelim,
Paragominas – PA, Brasil.
E-mail: liipe.siilva@hotmail.com

Raíza Pereira Bandeira

Universidade do Estado do Pará.
Rodovia PA – 125, s/n. bairro Angelim,
Paragominas – PA, Brasil.
E-mail: eng.raizabandeira@gmail.com

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará
Rodovia PA – 125, s/n. bairro Angelim,
Paragominas – PA, Brasil.
E-mail: antonio.junior@uepa.br

RESUMO: A indústria brasileira de móveis em Painel de Fibras de Média Densidade (MDF) está entre os mais importantes segmentos de transformação econômica no País. O objetivo dessa pesquisa foi identificar, classificar e quantificar os resíduos sólidos (RS) oriundos das etapas de corte e plainagem de quatro movelarias (Suprane Móveis, Neves Planejados, Marcenaria Oliveira e Deart Decoração e Art.) no Município de Marabá- PA, que utilizam o MDF. Os resultados indicaram que os resíduos sólidos gerados nessas duas etapas são o pó de serragem, os cavacos e as aparas. Indicaram

também que essas empresas não destinam e não dispõem de forma adequada estes resíduos, o que contribui gradativamente para um aumento dos impactos ambientais. Portanto, observou-se que não há um gerenciamento dos resíduos sólidos, o que justifica a elaboração de uma proposta para o Gerenciamento de Resíduos Sólidos (GRS) para esse setor, a fim de obter ganhos no desenvolvimento técnico produtivo ambiental das empresas e mitigar os impactos ambientais gerados pela inadequada destinação e disposição final desses resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Movelarias. RS. Impactos Ambientais.

ABSTRACT: The Brazilian furniture industry in Medium Density Fiberboard (MDF) is among the most important segments of economic transformation in the country. The main goal of this research was to identify, classify and qualify the solid waste (SW) from the cutting and planning stages of four furniture stores that use MDF (Suprane Móveis, Neves Planejados, Marcenaria Oliveira and Deart Decoração e Art) in Marabá, state of Pará, Brazil. The results indicated that the solid wastes generated in these two stages are sawdust, wood splinter and chips. In addition, they indicated that these companies do not dispose adequately their wastes, which gradually contributes to an increase in environmental impacts. Therefore,

there is no solid waste management, which justifies the elaboration of a Solid Waste Management (SWM) proposal for this sector, in order to obtain gains in the environmental productive technical development of the companies and to mitigate the environmental impacts generated by the inadequate disposal of these wastes.

KEYWORDS: Furniture Stores. SW. Environmental Impacts.

1 | INTRODUÇÃO

Com o advento da industrialização, ocorrido na Inglaterra, no século XVIII, novos processos produtivos foram descobertos, objetivando maiores quantidades e melhor qualidade dos produtos, sempre visando maiores lucros. Devido ao crescimento das populações e das necessidades de consumo, as indústrias cresceram consideravelmente em número, áreas de atuação e variedade de produtos. Entretanto, a disciplina e a preocupação com o meio ambiente natural não se fez presentes durante muitos anos, tendo como resultado problemas ambientais de grandes dimensões (LEAL; FARIAS; ARAÚJO, 2008).

Como consequência dessa transformação, os resíduos sólidos se tornaram um dos problemas mais preocupantes da sociedade humana nos últimos anos, uma vez que o seu ritmo de produção, bem como sua capacidade de deposição é cada vez mais limitado, não só pela escassez de espaço físico como também da legislação que se torna cada vez mais rígida no que tange a questão ambiental (KOCH, 2014).

Nesse contexto, incluem-se os resíduos sólidos da indústria moveleira os quais são constituídos na sua maior proporção por pó de lixa, serragem, retalhos e sobras de madeira e painéis (BRITO; CUNHA, 2009). Logo, as características dos resíduos gerados pela indústria moveleira estão diretamente relacionadas com o porte da empresa e matéria prima utilizada (HILLIG; SCHNEIDER; PAVONI, 2009).

Em função disso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10.004:2004, os resíduos provenientes da indústria de móveis são classificados como resíduos da Classe II-A, não perigosos e reativos, pois, possuem propriedades como combustibilidade e biodegradabilidade (BRASIL, 2004).

Por conseguinte, os resíduos sólidos possuem várias denominações, e naturezas, origens diferenciadas e diversas composições. A gestão dos vários tipos de resíduos tem responsabilidades definidas em legislações específicas e implica sistemas diferenciados de coleta, tratamento e disposição final (JACOBI; BESEN, 2006).

Ademais, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) é um instrumento da Lei n. 12.305:2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), a qual dispõe os princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos (incluídos os perigosos), as responsabilidades dos geradores e do poder público (BRASIL, 2010).

Quanto ao (PGRS) ele é um documento que contempla um conjunto de procedimentos a ser usado o qual visa à minimização, a reutilização e reciclagem, o acondicionamento, o armazenamento temporário, o transporte, o tratamento e destinação final adequada dos resíduos sólidos, observando os requisitos legais e ambientais aplicáveis (SAVICZKI, 2014).

Além disso, os aspectos e impactos ambientais, os custos na recuperação dos ambientes degradados e os benefícios às organizações, o gerenciamento ambiental emerge na indústria de móveis como forma de redução de custos no processo produtivo, destinação de seus resíduos e, ainda, como ferramenta de competitividade de mercado (KOZAK et al., 2008).

Portanto, diante da análise mercadológica do uso dos painéis de MDF e a importância do gerenciamento nas indústrias moveleiras, a presente linha de pesquisa apresenta relevância para o setor moveleiro no Município de Marabá, pois propõe um modelo de PGRS para esse setor, a fim de obter ganhos no desenvolvimento técnico produtivo ambiental das empresas, assim como valores agregados as empresas.

2 | OBJETIVO

Identificar, classificar e quantificar os resíduos sólidos gerados nas etapas de corte e plainagem em uma amostragem de todo o setor moveleiro (que utiliza Fibras de Média Densidade - MDF) no Município de Marabá - PA. Em seguida, propor um modelo de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para esse setor moveleiro.

3 | REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Indústria De Móveis No Brasil - Um Breve Histórico.

A formação da cultura dos móveis em um contexto nacional iniciou-se no começo do século passado, na cidade de São Paulo e seus municípios limítrofes como Santo André, São Caetano e São Bernardo. Uma vez que os mesmos assistiram ao surgimento de pequenas marcenarias de artesãos italianos, geradas pelo aumento do fluxo imigratório ocorrido no ciclo cafeeiro (PRADO, 2011).

Em função disso, no cenário nacional cresceu o interesse nos estudos sobre o setor de móveis no Brasil, devido às transformações que essa indústria sofreu através do impacto da abertura comercial. Como maiores transformações destacam-se o uso de novas tecnologias e o de novas matérias primas. Outro aspecto que despertou interesse é o desempenho no comércio exterior que cresceu a uma taxa média de 19% ao ano no período de 1991 a 2004 (KROTH, 2007).

Em um contexto regional, segundo o Instituto Homem e Meio Ambiente na Amazônia (IMA ZON) e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), foram identificados 1.892 estabelecimentos nos principais polos moveleiros da região Norte em 2008. Os Estados do Pará, Amazonas e Acre responderam por 83% do consumo total de madeira processada para fabricação de móveis na região. A receita bruta gerada pela indústria moveleira foi cerca de R\$ 258 milhões e os empregos diretos gerados somaram aproximadamente 7.169. Apenas 36% dos empregos eram formais, 46% eram informais e 18% era mão de obra familiar (VEDOVETO et al., 2010).

No âmbito municipal, segundo a Associação de Moveleiros de Marabá (ASSIMA), as indústrias moveleiras caracterizam-se em sua maioria como microempresas, de caráter familiar, tradicional, e que adota em sua maioria estratégias individuais de competição no mercado interno o que leva muitas vezes ao aumento de riscos e de insucessos, pois as decisões são embasadas no conhecimento do dia a dia o que consiste numa postura arriscada (NASCIMENTO; PIZARRO; MORAES, 2013).

Em síntese, no Brasil, assim como ocorre no mundo, a indústria moveleira também é predominantemente formada de muitas pequenas firmas com intensivo emprego de mão de obra, em comparação aos demais setores da indústria de transformação. Além disso, é possível observar que os produtos fabricados pela indústria moveleira nacional são diversificados, mas os móveis de madeira destinados ao uso doméstico são a maioria (PEREIRA, 2009).

3.2 MEDIUM DENSITY FIBERBOARD (MDF) COMO MATÉRIA PRIMA

O *Medium Density Fiberboard* (MDF), em português, Painel de Fibras de Média Densidade, é um painel produzido a partir de fibras de madeira somadas a resinas sintéticas e adesivos, os principais são uréia-formaldeído ($C_5H_8O_3N_6$) e melamina-formaldeído ($C_4H_6N_6O$). Além disso, é considerado como uma das inovações da indústria de painéis que revolucionou a indústria moveleira, pois este tipo de chapa tem como característica, resistência mecânica e estabilidade dimensional, o que torna o substituto mais próximo da madeira maciça (FERREIRA et al., 2008; ROSA et al., 2007).

Em função disso, a indústria de MDF pode ser considerada um oligopólio homogêneo, sem muita diferenciação entre os produtos (BACHA et al., 2007). Assim, a matéria-prima apresenta boa estabilidade, usinagem e alta resistência, criam oportunidades para que ele possa ser usado como uma alternativa ao aglomerado e à madeira maciça para várias aplicações, como armários e molduras (EISFELD; BERGER, 2012).

Dessa forma, as características mecânicas específicas do MDF o aproximam da madeira maciça – como consistência, boa estabilidade dimensional e grande capacidade de usinagem – propiciaram, em grande parte, o forte crescimento do seu

consumo. Os principais demandantes desse painel no Brasil são a indústria moveleira, que é atendida diretamente (54%) ou através de revendedores (31%), e a indústria da construção civil (8%) (MATTOS; GONÇALVES; CHAGAS 2008).

3.3 ETAPAS DE PRODUÇÃO DA FÁBRICA DE MÓVEIS

É grande a heterogeneidade do setor moveleiro no tocante ao uso de tecnologias (Ex.: **melhoramento do corte, utilização de software e uso de resinas**). Alguns tipos de produtos admitem processos de fabricação com elevada automação, os móveis retilíneos elaborados com madeiras reconstituídas (MDF, MDP e etc.), enquanto outros demandam grande quantidade de trabalhos manuais, como os móveis artesanais de madeira maciça (GALINARI; TEIXEIRA JUNIOR; MORGADO, 2013, grifo nosso).

Em relação a isso, a indústria moveleira fabricante de móveis retilíneos e que se utiliza de produtos de ordem florestal (Ex.: madeira, chapas de MDF e compensados) como principal matéria prima, de modo geral, pode ser dividida em indústrias de produção sequenciada e fabricantes de móveis sob encomenda (Figura 01).

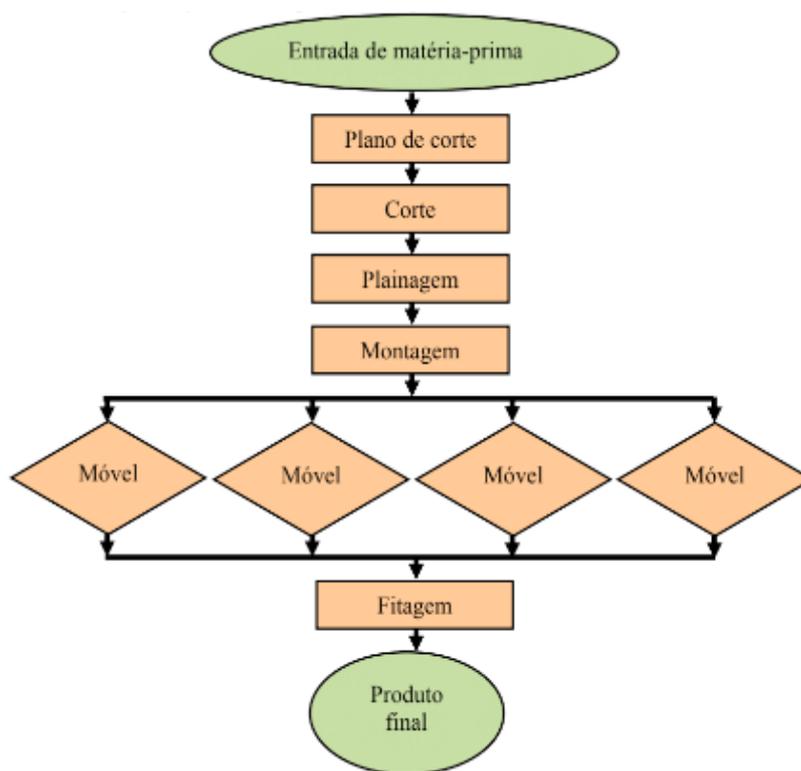


Figura 01: Fluxograma genérico do processo de produção da indústria moveleira sob encomenda.

Adaptado a partir do original contido em: SCHIRMER; CORTEZ; KOZAK (2008).

O início do processo ocorre com o corte dos painéis de diversos tamanhos em peças prontas para a confecção dos móveis. Após cortadas, as peças são conduzidas para o setor de plainagem, onde máquinas (tupia, serra fita e brocas) fazem operações como arredondamento de bordas, cantos e entalhes de superfícies das peças. Nesses

dois processos, não há grandes diferenças, uma vez que possuem como principal resíduo aqueles provenientes de produtos e subprodutos de madeira, o qual gera grande quantidade de aparas, serragem e poeira (KOZAK et al., 2008; SCHIRMER; CORTEZ; KOZAK et al., 2008).

3.4 RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduo sólido é tudo aquilo que é descartado pelas atividades sociais humanas cuja destinação final encontra-se nos estados sólido ou semissólido, gases contidos em recipientes e líquidos cujas características impossibilitem seu lançamento nos corpos d'água ou rede pública de esgotos, tornando-se necessárias soluções técnicas e economicamente inviáveis (BRASIL, 2010).

Sob o mesmo ponto de vista, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define resíduo sólido como os restos de atividades humanas, considerados sem utilidade, indesejáveis ou, descartáveis pelos geradores. Apresentam-se sob estado sólido, semissólido ou, semilíquido com conteúdo líquido insuficiente para que este possa fluir livremente (BRASIL, 2004).

Além disso, os resíduos originados no processamento do MDF podem se classificar da seguinte forma: aparas (pedaços maiores do corte da madeira ou do painel), cavacos (partículas com dimensões máximas de 50 x 20 mm), os cepilhos ou maravalhas (resíduo com mais de 2,5 mm) e, também, o pó de serragem (resíduos menores que 0,5 mm) (FARAGE, 2009).

Desse modo, no setor moveleiro, a expressiva quantidade de insumos e matérias primas utilizadas pelas fábricas tem gerado grande variedade e quantidade de resíduos. Os resíduos sólidos são consequência da transformação da madeira maciça ou painéis de madeira reconstituída (MDF, aglomerado e compensado). De fato, o desafio enfrentado pelas pequenas e médias empresas refere-se à destinação dos resíduos oriundos da produção de móveis (RIGUEIRA, 2015).

3.5 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Gerenciamento de Resíduos é o conjunto de ações direta e indireta ou indiretamente exercidas, nas fases de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final apropriada dos resíduos e disposição final adequada dos rejeitos, de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) exigidos na forma da referida lei (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, é normal associar processos produtivos à geração de resíduos. A falta de gerenciamento de resíduos, ou o seu gerenciamento ineficiente é um fator ampliador dos impactos ambientais gerados pelas mais diversas atividades humanas. Para o combate deste problema, nota-se o aumento da exigência dos órgãos

ambientais, como decorrência da crescente abrangência e restritividade da legislação brasileira. Por outro lado, a necessidade do estabelecimento de um controle das ações desempenhadas no gerenciamento dos resíduos faz parte inclusive da obrigatoriedade legal da empresa (RAMOS, 2012; SIMIAO, 2011).

Dessa maneira, um dos caminhos para a solução dos problemas relacionados com os resíduos sólidos é a gestão e o gerenciamento destes, de maneira que esteja de acordo com os melhores princípios de saúde pública, economia, engenharia, conservação dos recursos naturais, estética e outras considerações ambientais que representam as atitudes e mudanças de hábitos das comunidades (BRAGA, 2008).

3.6 ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS

Os aspectos legais e normativos pertinentes à indústria moveleira identificam inúmeras ações variáveis para essa atividade comercial (Quadro 01).

ANO	ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS	CONTEÚDO
1981	Lei Federal n. 6.938	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
1986	Resolução CONAMA n. 001	Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.
1990	ABNT NBR 11.174	Condições exigíveis para obtenção das condições mínimas necessárias ao armazenamento de resíduos classes II A - não inertes e II B - inertes, de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente.
1995	Lei Estadual n. 5.887	Cria o Sistema e a Política Estadual do Meio Ambiente no Estado do Pará e dá outras providências.
1998	Lei Federal n. 9.605	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
2004	ABNT NBR 10.004	Trata da Classificação dos Resíduos Sólidos.
2010	Lei n. 12.305	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
2014	ABNT NBR 15.316-1	Painéis de fibras de média densidade. Parte 1: Terminologia.
2015	ABNT NBR 14.001	Sistema de Gestão Ambiental: Especificação e Diretrizes para o uso.

Quadro 01: Aspectos Legais e Normativos.

Adaptado pelos autores a partir de *links* consultados.

Em relação a isso, as empresas do setor moveleiro estão se preocupando cada

vez mais com o gerenciamento dos seus resíduos em prol de uma minimização dos impactos ambientais. Isso é em função da pressão da legislação e dos consumidores mais conscientes. Mas, o setor moveleiro necessita de maior investimento na conscientização ambiental de empresários e empregados, em especial na identificação e a adoção de boas práticas com vistas a eliminar ou minimizar os impactos potenciais moveleiros (BRITO; CUNHA, 2009; D'AMBROS, 2011).

4 | MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MUNICÍPIO DE MARABÁ

O município de Marabá, localizado no sudeste do Estado do Pará, possui 233.669 habitantes e abrange uma área de 15.128,061 km² (IBGE, 2010). Conforme a Lei nº 17.213:2006 que institui o Plano Diretor do Município de Marabá, a macrozona urbana na sede municipal se subdivide em cinco distritos: Marabá Pioneira, Cidade Nova, Nova Marabá, Distrito Industrial e Distrito de Expansão Urbana (Figura 02).

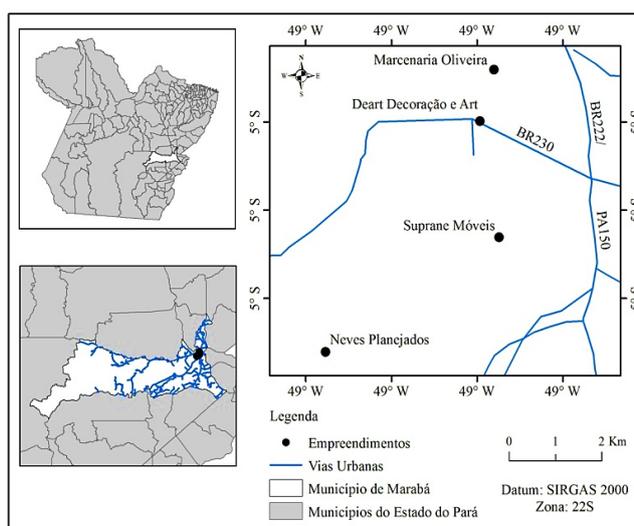


Figura 02: Mapa de localização do Município de Marabá e as quatro movelarias objetos dessa pesquisa.

Fonte: autores (2016).

4.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Em face disto, o objeto da presente pesquisa compreende o total de quatro movelarias, que abrange 13% em um universo de vinte e nove microempresas moveleiras¹, e utilizam como matéria prima o MDF, situadas no município de Marabá – PA. A seleção das movelarias foi efetuada pelo método de randomização, ou seja,

¹ Conforme a Associação de Moveleiros de Marabá - ASSIMA há no município aproximadamente vinte e nove (29) indústrias moveleiras ativas no município, desse total dezenove (19) estão localizadas no núcleo Cidade Nova e dez (10) no núcleo Nova Marabá.

na utilização da técnica de amostragem aleatória simples. Além disso, trata-se de microempresas no ramo de móveis sob encomenda que utilizam especificamente o MDF como matéria prima e possuem semelhanças no processo produtivo, ainda que tenham aspectos distintos a considerar, como: formalidade, produção, máquinas e quantidade de funcionários (Tabela 01).

Nome fantasia	SUPRANE MÓVEIS	NEVES PLANEJADOS	MARCENARIA OLIVEIRA	DEART DECORAÇÃO E ART
Proprietário	José Geraldo Suprane	Valter da Silva Neves	Willas Oliveira Silva	Roberto Leal da Silva Santos
Classificação (SEBRAE, 2011)	Microempresa	Microempresa	Microempresa	Microempresa
Endereço	Avenida Manaus nº 507	Avenida Paraíso nº 126	Folha 22 Quadra 12 Lote 16	Folha 31 Quadra 10 Lote 08
Bairro	Belo Horizonte	Novo Planalto	X	X
Núcleo	Cidade Nova	Cidade Nova	Nova Marabá	Nova Marabá
Coordenadas Geográficas	S 05°22'18.4" W 049°05'44.4"	S 05°23'36.4" W 049°07'46.0"	S 05°20'24.4" W 049°05'48.1"	S 05°20'59.5" W 049°05'57.9"
Tempo de atuação no mercado (anos)	12	25	02	34
Nº de funcionários	03	02	02	04
Nº de máquinas	03	05	01	03
Período de produção (horas/ dia)	10	10	10	10
Área total do empreendimento (m²)	312,5	1.125	112	X
Sistema de Gestão Ambiental	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui

Tabela 01: Características das empresas objeto do estudo. Marabá - PA.

Fonte: autores (2016).

4.3 MÉTODOS

A metodologia aplicada foi à observação sistemática, direta *in situ*. Para aplicação da mesma, utilizaram-se cinco etapas distintas (Figura 03).

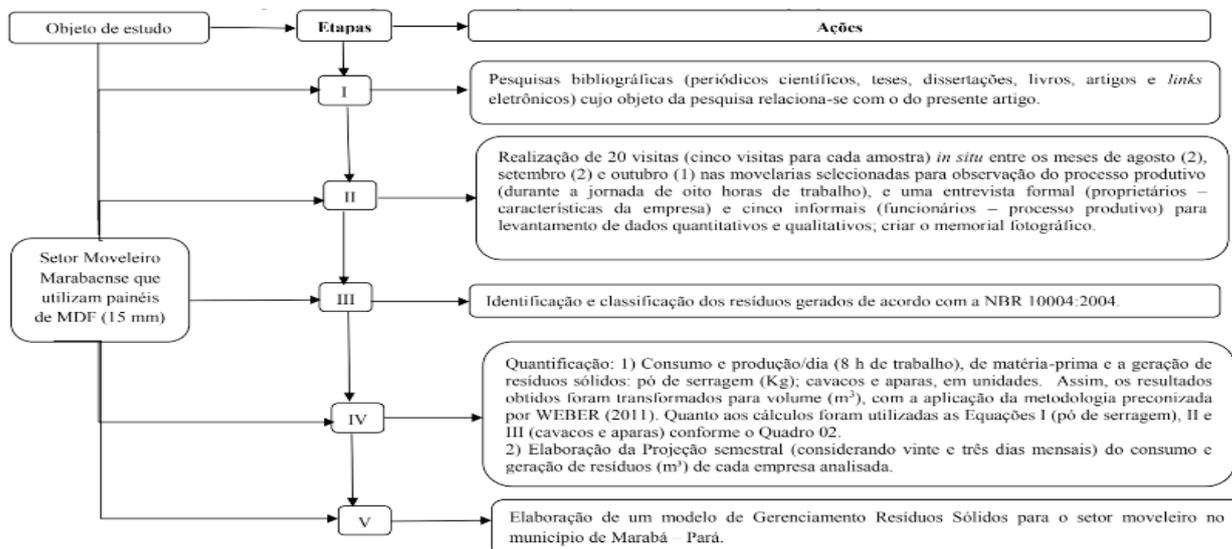


Figura 03: Fluxograma das cinco etapas e ações desenvolvidas durante a pesquisa efetuada.

Fonte: autores (2016).

Equações		Informações dos componentes
I	$VTn = m/d$	VTn = Volume total aproximado do resíduo sólido <i>n</i> m = Massa do pó de serragem gerado (kg) d = Densidade do painel MDF utilizado no processo
II	$Vca = L \times c \times e$	Vca = Volume do cavaco ou apara (unidade) L = Largura do cavaco ou apara c = Comprimento do cavaco ou apara e = Espessura do painel MDF
III	$VTn = Vca_1 + Vca_2 + Vca_3 + Vca_4 + \dots + Vca_n$	VTn = Volume total aproximado do resíduo sólido <i>n</i> Vca = Volume do cavaco ou apara (unidade)

Quadro 02: Equações utilizadas para quantificação dos resíduos sólidos.

Adaptado a partir do original contido em: WEBER (2011).

É válido enfatizar que os resíduos sólidos (pó de serragem) foram mensurados através do recolhimento do mesmo em um saco plástico opaco (capacidade máxima 10 kg), e posteriormente foi efetuada a quantificação da massa (Kg) com o auxílio de balança digital da marca *Marine Sports* (capacidade máxima 150 kg), para em seguida promover a transformação de unidades (kg para V = m³). Quanto à densidade do painel MDF, atribuiu-se uma média de 700 Kg/m³ correlacionado a massa média do painel, a partir do preconizado pela NBR ABNT 15.316-1:2014.

Também vale ressaltar quanto aos resíduos sólidos (cavacos e aparas), que foi realizada a mensuração, gerados na etapa de corte, com o auxílio de um paquímetro

plástico e uma fita métrica de alumínio de três metros. Porém, embora as áreas do cavaco e das aparas sejam diferentes, para caracterização do volume (m³) foi utilizado à mesma equação para os dois resíduos.

Nesse sentido, para quantificação dos resíduos provenientes do processamento da matéria prima, não foi considerada a tipologia da espécie ao qual compõe o MDF e a morfologia da mesma, pois o estudo prioriza e torna como base importante para a etapa de quantificação apenas o caráter residual.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 IDENTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO PROCESSO PRODUTIVO MOVELEIRO

Os resultados obtidos indicaram que são gerados três tipos de resíduos sólidos nas duas etapas de corte e plainagem (Figura 04): pó de serragem, cavacos e aparas.

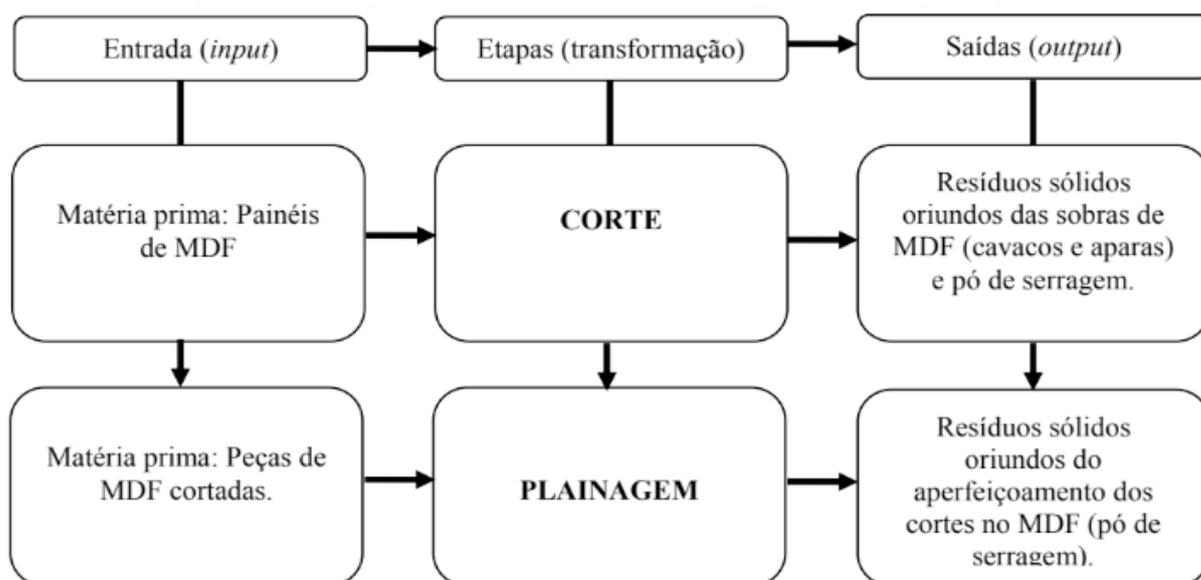


Figura 04: Fluxograma de entradas e saídas nas etapas de corte e plainagem.

Fonte: Autores (2016).

A análise dos resultados permitiu a identificação da produção do pó de serragem (Figura 05).



Figura 05: Pó de serragem oriundo das etapas de corte e plainagem. Marabá - PA.

Fonte: autores (2016).

Todavia as características morfológicas não foram mensuradas, pois não existem mecanismos suficientes para tal no município de Marabá-PA.

Quanto aos cavacos, a análise efetuada permitiu a mensuração desse tipo de resíduo nas seguintes dimensões: comprimento = 45 mm, largura = 11 mm (Figura 06).

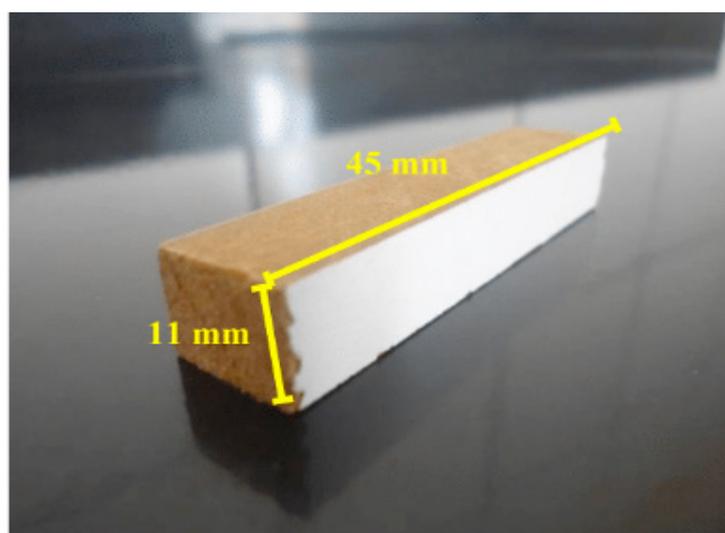


Figura 06: Resíduo Sólido (cavaco – 45 mm x 11 mm) originado da etapa de corte. Marabá – PA.

Fonte: autores (2016).

Pesquisa efetuada em Ubá (MG) por Farage (2009) analisou as dimensões desse tipo de resíduo e concluiu que as dimensões máximas são de 50 mm x 20 mm. Logo, essa afirmativa corrobora com as dimensões encontradas nas movelarias de Marabá-PA.

Quanto às aparas, a análise realizada permitiu a mensuração desse tipo de resíduo nas seguintes dimensões comprimento = 71 mm, largura = 12 mm (Figura 07).

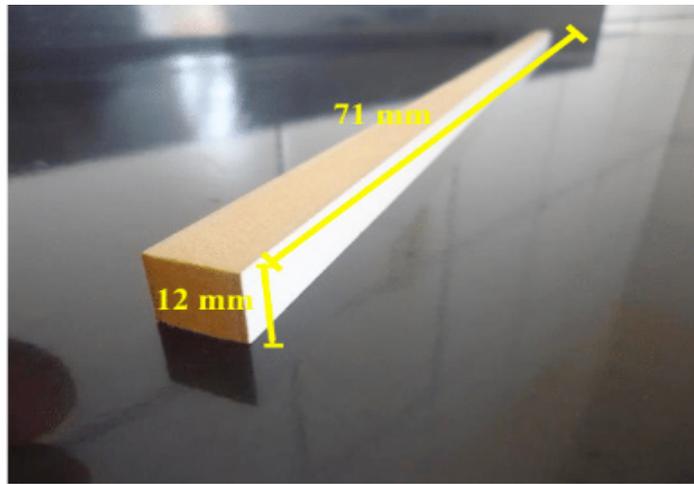


Figura 07: Resíduo Sólido (apara - 71 mm x 12 mm) originado da etapa de corte. Marabá – PA.

Fonte: autores (2016).

Nesse contexto, pesquisa efetuada em Sereno e Ubá (MG) por Rocha (2015), avaliou as dimensões desse resíduo e constatou que os mesmos são pedaços maiores do corte do painel e acima das dimensões do cavaco. Logo, verificou-se que após a etapa de corte no processamento das movelarias analisadas gerou tal resíduo.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO PROCESSO PRODUTIVO MOVELEIRO DE ACORDO COM ABNT NBR 10004:2004.

Os resultados indicaram a produção de três tipos de resíduos sólidos (pó de serragem, cavacos e aparas) nas fases de corte e plainagem do beneficiamento de móveis das quatro indústrias analisadas. Esses resíduos foram classificação de Classe II-A, não perigosos e reativos de acordo com a ABNT NBR 10004: 2004.

Estudo realizado em Lajeado (RS) por Koch (2014), em Curitiba, por Kozak (2008), e em Londrina, por Brito (2009) e concluíram que a classificação dos resíduos provenientes do processamento do MDF, e efetuado de acordo com a ABNT NBR 10004:2004, os quais podem ser classificados quanto à periculosidade segundo os critérios de biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água e por meio dos contaminantes presentes, além da estocagem inadequada (próximo as instalações ou aglomerados urbanos). A pesquisa realizada em Marabá indicou resultados similares àqueles trabalhos.

5.3.1 Suprane Móveis

Nessa empresa, a análise dos resultados para oito horas trabalho/dia, permitiu afirmar o consumo em volume igual a 0,45 m³ de painéis de MDF e gerou uma quantidade de 0,022 m³ residual. Isso permitiu o cálculo da projeção semestral do consumo (62,1 m³) e do resíduo gerado (3,03 m³) no mesmo período.

(Tabela 02).

Horas trabalhadas/dia	Consumo/dia (m ³)	Etapas	Resíduos gerados/dia	Vn aproximado (m ³)/dia
8h	0,45	Corte	Pó de serragem	0,010
			Cavacos	0,004
			Aparas	0,005
		Plainagem	Pó de serragem	0,003
			Total geral/dia	0,022
Projeção semestral	Consumo/semestre (m ³)			62,1
	Resíduos gerados/semestre (m ³)			3,03

Tabela 02: Consumo de painéis MDF (15 mm) e geração de resíduos na empresa Suprane Móveis em 8h/dia e estimativa semestral.

Legendas: Vn = Volume aproximado dos resíduos gerados (n).

Fonte: autores (2016).

A análise dos resultados obtidos para oito horas trabalho/dia indicou que na fase de corte houve a produção de resíduos de pó de serragem (0,010 m³). Indicou também que outros resíduos são produzidos: cavacos (0,004 m³), e aparas (0,005 m³). Na etapa de plainagem, os resultados indicaram a produção de pó de serragem (0,003 m³).

Pesquisas realizadas em Flores da Cunha (RS) por Koch (2012), e Santa Maria, indicaram que, no beneficiamento do MDF, existe uma elevada quantidade de resíduos de pó de serragem devido à ineficiência nos processos nas operações em que o mesmo é gerado. E que os resíduos gerados pela indústria moveleira nas etapas de corte e plainagem [...].

A pesquisa realizada na empresa Suprane Móveis, indicou que, o volume gerado de pó de serragem torna-se significativo em relação às operações onde esse resíduo é gerado. Todavia, a empresa não possui um sistema de gerenciamento de resíduos. Com isso a disposição final desses resíduos torna-se inadequada (Figura 08), o que corrobora com os resultados obtidos em Flores da Cunha e Santa Maria



Figura 08: Resíduos Sólidos (pó de serragem, cavacos e aparas) no espaço físico da empresa Suprane Móveis.

Fontes: autores (2016).

Os resultados indicaram ainda que, na falta de gerenciamento dos resíduos da empresa Suprane Móveis, os resíduos gerados são destinados a doações para a comunidade para fins variados (adubo para hortas, aquecimento de fornos de padarias, entre outros). Porém,

Pesquisa realizada no Pólo Moveleiro de Ubá (MG) por Pires (2007), indicou que se deve ter atenção especial com relação ao reaproveitamento dos resíduos industriais dentro e fora da fábrica. O pó de serragem produzido pelo MDF, por exemplo, caso contaminado com solventes ou outros químicos, não podem, em hipótese alguma, ser utilizados em forração de granja ou como adubo de hortaliças, nem mesmo incinerado sem controle, para a produção de energia. Essa assertiva não foi observada na pesquisa observada em Marabá.

5.3.2 Neves Planejados

Quanto a essa empresa, os resultados indicaram que, em oito horas trabalhos/dias, o consumo de painéis de MDF (15mm), equivaleu a 0,60 m³ e, para a geração total de resíduos produzidos nas etapas de corte e plainagem, o valor encontrado foi igual a 0,087 m³ (Tabela 03).

Horas trabalhadas/dia	Consumo/dia (m ³)	Etapas	Resíduos gerados/dia	Vn aproximado (m ³ /dia)
8h	0,60	Corte	Pó de serragem	0,015
			Cavacos	0,003
			Aparas	0,063
		Plainagem	Pó de serragem	0,006
		Total geral/dia	0,087	

Projeção semestral	Consumo/semestre (m ³) Resíduos gerados/semestre (m ³)	82,8 12,006
-----------------------	---	----------------

Tabela 03: Consumo de painéis MDF (15 mm) e geração de resíduos na empresa Neves Planejados em 8h/dia e estimativa semestral. Marabá - PA.

Legendas: Vn = Volume aproximado dos resíduos gerados (n).

Fonte: autores (2016).

A análise individual, para o período de oito horas/dia, do tipo de resíduos produzido indicou que, na etapa de corte, o volume de pó de serragem, foi equivalente a 0,015 m³; os cavacos, 0,003 m³, e as aparas, 0,063 m³. Essa análise também indicou que, na etapa de plainagem, foi produzido o pó de serragem ($v = 0,006$ m³). A partir desses resultados, foi efetuada a projeção semestral quanto ao consumo de painéis ($v = 82,8$ m³), e resíduos gerados ($v = 12,006$ m³). Apesar do volume de resíduos produzidos, a empresa em tela, não efetiva uma destinação correta deles, pois, as aparas e cavacos são depositados em um tonel de polietileno (CH₂ – CH₂)_n, com capacidade máxima de 250 kg. (Figura 09).



Figura 09: Resíduos Sólidos (cavacos e aparas) depositados no espaço físico da empresa Neves Planejados. Marabá – PA.

Fonte: autores (2016).

Estudo efetuado na cidade de Ubá (MG) por Pires (2007), concluíram que os resíduos sólidos, aparas e pó de serragem, se destacam pela quantidade gerada. No entanto, raramente, as unidades de produção desse setor não dispõem de um plano de gestão para esses tipos de resíduos. Isso corrobora com o encontrado na empresa em análise.

Quanto à disposição dos resíduos, pesquisa realizada em Irati (PR) por Kozak (2008) afirma que todos os resíduos gerados em uma empresa, a princípio, devem ser destinados de forma que causem o menor impacto possível ao meio ambiente e à saúde pública. No entanto, devido à falta de profissionais capacitados, os resíduos, muitas vezes, são dispostos de forma inadequada, favorecendo a degradação ambiental. Os resultados encontrados na empresa em análise corroboram com a afirmativa do autor.

5.3.3 Marcenaria Oliveira

Para tal empresa, a análise dos resultados para oito horas/dia, indicou que o consumo de painéis MDF igual a 0,22 m³ e a geração residual 0,017 m³ (Tabela 04).

Horas trabalhadas/dia	Consumo/dia (m ³)	Etapas	Resíduos gerados/dia	Vn aproximado (m ³)/dia
8h	0,22	Corte	Pó de serragem	0,003
			Cavacos	0,001
			Aparas	0,012
		Plainagem	Pó de serragem	NP
Total geral/dia				0,017
Projeção semestral	Consumo/semestre (m ³)		30,36	
	Resíduos gerados/semestre (m ³)		2,346	

Tabela 04: Consumo de painéis MDF (15 mm) e geração de resíduos na empresa Marcenaria Oliveira em 8h/dia e estimativa semestral.

Legendas: NP – não produzidos; VT_n = Volume total dos resíduos gerados (n).

Fonte: autores (2016).

Os resultados indicaram também que, no mesmo período, na etapa de corte, ocorreu a geração de aparas ($v = 0,012 \text{ m}^3$), pó de serragem ($v = 0,003 \text{ m}^3$), por último os cavacos ($v = 0,001 \text{ m}^3$). Quanto a projeção semestral, foram obtidos os seguintes valores: consumo = $30,36 \text{ m}^3$; resíduos = $2,346 \text{ m}^3$.

Pesquisa realizada em Irati (PR), por Kozak (2008), indicou que, no processo produtivo do setor de móveis que utilizam como matéria prima o MDF, pode-se observar que, as aparas, são os resíduos com maior representatividade, isso se deve em virtude de a empresa trabalhar especificamente com painéis de MDF, o qual gera sobras e retalhos. Além disso, normalmente não acontece à segregação dos RS, sem haver nenhum controle destes e a equipe de trabalho da empresa não está ciente das responsabilidades quanto à disposição final.

Dessa forma, os resultados encontrados na empresa objeto da pesquisa, asseguram a afirmativa do autor, pois a empresa gerou maior volume de aparas e os resíduos (pó de serragem, cavacos e aparas) provenientes da etapa de corte que são dispostos diretamente nas áreas abertas do espaço físico na própria área de produção junto às máquinas, com a inexistência de sistema de segregação (Figura 10).



Figura 10: Resíduos Sólidos depositados e sem segregação no espaço físico da empresa Marcenaria Oliveira.

Fonte: autores (2016)

Nesse contexto, estudos realizados por Freire et al. (2015) quanto a composição dos painéis de MDF, afirmam que os principais problemas ambientais das resinas a base de formaldeído, são as emissões para o ar, pois a emissão de formaldeído livre tem potencial cancerígeno.

Portanto, a afirmativa citada, relaciona-se à destinação dos resíduos da empresa, pois se comprovou a ausência de um correto gerenciamento dos mesmos. Isso é justificado pela inadequada destinação desses RS, pois é realizada a queima do pó de serragem, dos cavacos e das aparas pelo próprio proprietário, limítrofe ao seu estabelecimento, sujeito a emissões de formaldeído (resina que compõe os painéis de MDF).

5.3.4 Deart Decoração e Art

A análise de oito horas/dia, afirmaram um consumo de painéis MDF igual a 0,90 m³ e a geração de resíduos referente a 0,104 m³ (Tabela 05).

Horas trabalhadas/dia	Consumo/dia (m ³)	Etapas	Resíduos gerados/dia	Vn aproximado (m ³)/dia
8h	0,90	Corte	Pó de serragem	0,020
			Cavacos	0,006
			Aparas	0,074
		Plainagem	Pó de serragem	0,004
		Total geral/dia		
Projeção semestral	Consumo/semestre (m ³)		124,02	
	Resíduos gerados/semestre (m ³)		14,35	

Tabela 05: Consumo de painéis MDF (15 mm) e geração de resíduos na empresa Deart Decoração e Art em 8h/dia e estimativa semestral.

Legendas: VT_n = Volume total dos resíduos gerados (n).

Fonte: autores (2016).

Com os resultados da análise oito horas/dia, pode-se constatar quanto aos resíduos sólidos oriundos da etapa de corte a maior geração de aparas (0,074 m³), em seguida pó de serragem (0,020 m³) e por último os cavacos (0,006 m³). Logo, a etapa de plainagem gerou uma quantidade residual de 0,004 m³ de pó de serragem, este, é depositado no interior da empresa no próprio espaço físico junto às máquinas e as aparas são depositadas em tambores de alumínio de capacidade 250 kg, também dentro do espaço físico da empresa (Figura 11).



Figura 11: Resíduos Sólidos (cavacos e aparas) depositados em tonel no espaço físico da empresa Deart Decoração e Art.

Fonte: autores (2016)

A análise dos resultados indicou valores para a projeção semestral sobre: consumo de painéis MDF =124,02 m³; geração residual =14,35 m³.

Pesquisa realizada por Fagundes (2014) em Santa Helena (PR) revela que os resíduos provenientes da produção de móveis, que usam o MDF, são variados e geram volumes distintos com predominância do volume residual de aparas. Contudo, deve-se considerar para a diminuição do desperdício de painéis de MDF e não geração residual o planejamento antes do corte.

Portanto, constatou-se à inadequada destinação deste RS gerados, uma vez que o proprietário do empreendimento também pratica doações às olarias do município de Marabá para aquecimento dos fornos e outra parte do resíduo é incinerada em um espaço físico aberto atrás da empresa. Então, essa prática evidencia ainda mais a necessidade de um GRS no setor moveleiro de Marabá, devido a ações incorretas relacionadas à destinação dos resíduos provenientes deste setor.

6 | PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NAS ETAPAS DE CORTE E PLAINAGEM

Com um crescimento gradativo, as indústrias de móveis devem conhecer as questões ambientais, verificando o quanto seu processo produtivo impacta o meio ambiente, positiva ou negativamente, além de verificar o quanto é desperdiçado neste processo e o quanto tem geração residual (NUNES, 2016), o que torna necessário a proposta de gerenciamento dos resíduos sólidos com a adoção de práticas ambientalmente corretas em uma escala técnico produtiva minimizando os impactos ambientais.

Nesse contexto, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos afirma que os objetivos do gerenciamento estão baseados na não geração de resíduos, no princípio da redução, na reutilização e na reciclagem. Em último caso, tem-se a opção do tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada. Logo, para um melhor gerenciamento dos resíduos, devem-se observar as seguintes condições: formas de tratamentos para os resíduos que são utilizados, o seu potencial de valorização (recuperação, reciclagem, aproveitamento e reuso) e as restrições legais para os resíduos gerados (BARBOSA, 2008).

Logo, a presente proposta de gerenciamento no setor moveleiro propõe:

- O planejamento do corte das chapas de MDF através de softwares de otimização de plano de corte fornecidos pelos fabricantes das próprias máquinas seccionadas, exceto máquina manual, onde quem decide como cortar é o operador. Os softwares otimizadores de planos de corte impedem que haja sobras, pois esta é uma consequência da demanda incerta e da pouca padronização características da produção por encomenda.
- Design dos móveis para melhor aproveitamento: o design dos móveis para a empresa em nenhum momento leva em conta a dimensão das chapas. Verifica-se então essa área como potencial ação para redução dos resíduos de madeira.
- Envolvimento de todo o corpo de funcionários responsáveis pelas etapas de corte e plainagem para efetivação do gerenciamento proposto, de forma que, o líder da empresa deve promover a capacitação e conscientização da importância da redução da geração de resíduos de forma a incentivar os colaboradores para a busca de melhorias ecoeficientes através de palestras, workshops, oficinas e minicursos relacionados à Educação Ambiental, segurança no trabalho e garantia da execução das etapas de gerenciamento.
- Monitoramento das etapas de do Gerenciamento de Resíduos Sólidos proposto, com a finalidade de identificar e corrigir eventuais problemas que possam acarretar problemas na produção e aos funcionários, além disso, incluir manutenções periódicas nas máquinas utilizadas em todo o processo produtivo.
- Processo de capacitação produtiva das empresas de móveis para a união de esforços tanto em pesquisa e desenvolvimento, como o envolvimento de um conjunto de atores e agentes, como fornecedores de bens e serviços especializados, institutos e centros de pesquisa, instituições oficiais de fomento, produtores e, principalmente, as empresas, levando-se em conta a importância econômica que a indústria de móveis pode vir a ter para o município de Marabá.

- A instalação de um sistema de coleta de pó de serragem nas máquinas que executam as etapas de corte e plainagem a fim de reduzir a quantidade de resíduos que se acumulam pelo chão da fábrica, diminuir o tempo de limpeza e aumentar a qualidade do trabalho, além de gerar outros benefícios como maior espaço para locomoção dos funcionários, diminuição do risco de acidentes de trabalho, tornando o ambiente de trabalho menos insalubre.

Quanto às etapas de gerenciamento de resíduos sólidos propõe-se para:

- Segregação e acondicionamento

Os resíduos oriundos do beneficiamento das indústrias de móveis devem ser segregados por tipo de RS provenientes das etapas de corte e plainagem (pó de serragem, cavacos e aparas), os quais os mesmos serão separados no local gerado, tal ação realizada pelos próprios funcionários de cada movelaria, uma vez que deverão ser capacitados para fazer a triagem, segregação e condução dos RS até o local de acondicionamento.

Logo após, os resíduos gerados nas etapas de corte e plainagem deverão ser acondicionados em tambores de material polietileno (Figura 12).



Figura 12: Tambores para acondicionamento dos resíduos (pó de serragem, cavacos e aparas).

Adaptado pelos autores a partir de: Ubá Tambores.

Esses tambores devem estar dispostos na área do empreendimento, como sugere o item 5.3 da ABNT NBR 11174:1990 e, como os resíduos identificados na fonte durante as etapas de corte e plainagem e classificação pertencem a Classe II A— não inertes, de acordo com a ABNT NBR 10004:2004, não são necessários cuidados mais específicos.

No entanto, com o intuito de evitar misturas entre os RS provenientes do beneficiamento da indústria de móveis com outros resíduos, esses tambores deverão ser de cor preta, de acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 275:2001 que estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas

informativas para a coleta seletiva, além disso, devidamente identificados com o nome do resíduo a ser acondicionado.

- Coleta e transporte interno

A coleta e o transporte interno dos resíduos sólidos deverão ser realizados sempre que a capacidade dos tambores for esgotada. Logo, a escolha desses recipientes leva em consideração a capacidade máxima residual gerada para os três tipos de resíduos, os quais possuem capacidade para armazenar os RS durante uma semana. Quanto ao tempo de coleta existe flexibilidade, devido aos resíduos não serem perigosos. Embora possuam propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

- Transporte Externo

O transporte externo dos RS deverá ser realizado por automóveis que possuam capacidade de transportar a quantidade gerada e que estejam cobertos com lonas para que não sejam emitidos materiais particulados durante esta etapa. Tais veículos devem ser conduzidos por motoristas habilitados e treinados.

- Destinação Final

Para o pó de serragem, estes RS podem ser comercializados para a fabricação de pisos, o qual seria a substituição da areia pela serragem para melhorar o custo e com isso gerar um produto que possa servir como isolante térmico e acústico, pois o material é 3,5 vezes mais isolante térmico que o concreto convencional.

Outra alternativa, seria a substituição parcial ao agregado miúdo mineral na fabricação de blocos de concreto para alvenaria de vedação. Essa utilização do pó de serra como agregado miúdo na confecção dos blocos de concreto até 50% aumentou em volume a resistência térmica com redução de peso, atendendo as prescrições da norma para alvenaria de vedação.

- Reaproveitamento dos resíduos gerados

A viabilidade da implantação de propostas para o aproveitamento de resíduos, para este tipo de indústria está diretamente ligada com o volume gerado de resíduos e com a disponibilidade de uma linha para o desenvolvimento de novos produtos. Sendo assim, propõe-se:

A reutilização dos resíduos no processo produtivo, onde, o que foi descartado volta para o início do processo para tentar recuperar-se e ser reaproveitado de outra maneira para a fabricação dos produtos (os quais podem ser usados nos móveis já existentes como produto decorativo).

A venda ou doação dos resíduos (cavacos e aparas) para outros fins que não a queima, como por exemplo, para a fabricação de pequenas peças para artesanato;

produção de briquetes.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor moveleiro causa impactos potenciais ao meio ambiente, uma vez que gera quantidades expressivas de resíduos sólidos e contata-se que esse ramo da indústria possui grande deficiência em relação ao controle destes resíduos. Logo, o gerenciamento de resíduos sólidos nas movelarias é fundamental para obter ganhos no campo técnico produtivo e ambiental, uma vez que na prática desses requisitos é possível elevar a imagem da empresa no mercado competitivo.

Quanto às empresas em análise foi constatado que possuem pouco desenvolvimento tecnológico, assim como todo o setor moveleiro do município de Marabá. Além disso, os resíduos gerados (pó de serragem, cavacos e aparas) nas etapas de corte e plainagem são provenientes do beneficiamento do MDF e classificados de acordo com a ABNT NBR 10004:2004, como Classe II A – não inertes (não perigosos). No entanto, embora não sejam perigosos necessitam de armazenamento adequado, o que não foi constatado nas empresas analisadas.

Concluiu-se, portanto, que as empresas escolhidas para a realização dessa pesquisa, necessitam de uma ampla atualização na sua organização como um todo, considerando-se prioridade incluir a preocupação com a preservação do meio ambiente. No entanto, o reaproveitamento desses resíduos torna-se uma forma viável e a maximiza a produção das empresas, tornando-o um produto, além de agregar valor ao resíduo contribui para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

Portanto, a proposta de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos elaborada para o setor moveleiro em estudo, procurou adotar mecanismos para atuar na prevenção da geração de resíduos, bem como garantir a destinação adequada dos mesmos, reduzir custos e desperdícios. Contudo, sugere-se a elaboração de um inventário completo dos resíduos sólidos gerados no setor moveleiro Marabaense conforme estabelece a Resolução CONAMA 313:2002, para uma análise mais minuciosa desse setor.

REFERÊNCIAS

ALIGLERI, L.; ALIGLERI, L. A.; KRUGLIANSKAS, I. **Gestão socioambiental: responsabilidade e sustentabilidade do negócio**. São Paulo: Atlas, 2009.

ALMEIDA, K. N. S. et al. Mensuração do volume de resíduo gerado em marcenaria no município de Bom Jesus – PI. **Scientia Plena**. Sergipe – AL, v, 8, n. 4, p. 1 – 4, 2012.

ARGENTA, D. O. F.; **Alternativas de melhoria no processo produtivo do setor moveleiro de Santa Maria/RS: Impactos Ambientais**. 2007. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2017.

BARBOSA, C. F. **Produção de um móvel infantil a partir de resíduo proveniente da indústria moveleira**. 2008. 66 p. Dissertação (graduação) –Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2008.

BRAGA, N. C.; DIAS, N. C. **Gestão de resíduos sólidos urbanos**. Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/_resources/files/_modules/academics/academics_1079_201002281825303644.pdf>. Acesso em: 20 out, 2016.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-norma-pl.html>>. Acesso em: 28 out. 2016.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186/html>>. Acesso em 20 out. 2016.

_____. Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 12 out. 2016.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11.174**: Armazenamento de resíduos classes II- não inertes. Rio de Janeiro, 1990.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 313 de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos industriais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 22 nov. 2002. Disponível em: <http://www.google.com.br/?gfe_rd=cr&ei=1pFAVs_BDI6q8weki6agAg&gws_rd=ssl#q=conama+313>. Acesso em: 05 nov. 2016.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004:2004** Resíduos Sólidos: Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14.001:2004** Sistema de Gestão Ambiental: Especificação e Diretrizes para o uso. Rio de Janeiro, 2015.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 15.316-1:2014** Painéis de fibras de média densidade. Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.

_____. Lei Federal nº 12.305, de 27 de julho de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 3 set. 2010. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12305-2-agosto-2010-607598-norma-pl.html>>. Acesso em 08 out. 2016.

BRITO, L. S.; CUNHA, M. E. T. Reaproveitamento de Resíduos da Indústria Moveleira. UNOPAR - **Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 23-26, nov. 2009.

D'AMBROS, J. **Cadeia produtiva moveleira da região central do Estado do Tocantins> caracterização e perspectivas para a formação de um polo moveleiro**. 2011. 301 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade de Brasília, Brasília,

EISFELD, C. DE L.; BERGER, R. Análise das estruturas de mercado das indústrias de painéis de madeira (compensado, MDF e OSB) no estado do Paraná. **Floresta**. Curitiba, v. 42, n. 1, p. 21 - 34 jan. /mar. 2012.

FAGUNDES, M.; PALUDO, C.; SILVEIRA, T. M. S.; Utilização e reaproveitamento de materiais na fabricação de móveis em MDF na empresa Esquadrias Tarumã. **Anais**. ECCI – Encontro Científico Cultural Interinstitucional. Faculdade Dom Bosco, out. 2014.

FARAGE, R. M. P. Avaliação do potencial de aproveitamento energético dos resíduos de madeira e derivados gerados em fábricas do polo moveleiro de Ubá - MG. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 23, n.1, -p. 203 – 212, jan – mar, 2013.

FERREIRA, M. J. B.; et al. **Relatório de acompanhamento setorial, indústria moveleira**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI e Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, v. 1, jun. 2008.

FREIRE, A. L. F. et al. Impactos ambientais de painéis de madeira e derivados – Uma revisão de literatura. **Revista Espacios I**, v. 36, n.10, s.n., jun. 2015.

GALINARI, R.; TEIXEIRA JUNIOR, J. R.; MORGADO, R. R. **A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas**. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES Setorial, n. 37, p. 227-272, Marc, 2013.

HILLIG, E.; SCHNEIDER, V. E.; PAVONI, E. T. Geração de resíduos de madeira e derivados da indústria moveleira em função das variáveis de produção. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 292- 303, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do Censo do ano de 2010. Disponível em:<<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 12 out. 2016.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo – avanços e desafios. **São Paulo em Perspectiva**. São Paulo, v.20, n.2, p. 90 – 104, Gestão de resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo – avanços e desafios.2006.

KOCH, M. R. **Gestão de resíduos sólidos de uma indústria de aglomerados e moveleira - um olhar para sustentabilidade**. 2012. 126 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento). UNIVATES, Lajeado – RS, 2012.

KOZAK, P. et al. Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias Ambientais**. Curitiba, v. 6, n. 2, p. 203-212, abr./jun. 2008.

KROTH, D. C.; LOPES, R. L.; PARRÉ, J. L. A indústria moveleira da Região Sul do Brasil e seus impactos na economia regional: uma análise em Matriz de Insumo-Produto Multirregional. **Ensaios FEE**. Florianópolis v. 28, n. 2, p. 497 – 524, 2007.

LEAL, G. C. G.; DE FARIAS, M. S. S.; ARAUJO, A F. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **Qualitas Revista Eletrônica**. v. 7, n. 1, p. 1 – 11, 2008.

MARABÁ (Município). **Lei Municipal nº 17.213, de 9 de outubro de 2006**. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Marabá, cria o Conselho Gestor do Plano Diretor e dá outras providências. Marabá, PA, 2006.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M. CHAGAS, F. D. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas**. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, mar. 2008.

NASCIMENTO, A. C. D.; PIZARRO, J. V.; MORAES, R. R. Estratégias para o fortalecimento das micro e pequenas empresas moveleiras de Marabá. Amazônia em foco. **Edição Especial: Empreendedorismo e Sustentabilidade**, n.1 p 24, out. 2013.

NASCIMENTO, L. P. **Gestão ambiental e sustentabilidade**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

NUNES, R. S. B.; **Diagnóstico Ambiental de empresa de móveis de madeira**. IV COBESA –

Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cruz das Almas, BA, jun 2016.

PARÁ (Estado). Lei **Estadual nº 5.887, de 9 de maio de 1995**. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências. Belém, PA, 1995. Disponível em: <<http://www.sema.pa.gov.br/1995/05/09/9741/>>. Acesso em: 18 out. 2015.

PEREIRA, T. C. P. **A indústria moveleira no Brasil e os fatores determinantes das exportações**. 2009. 104 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2009.

PIRES, V. A. V.; **Viabilidade econômica de implantação de uma unidade integrada de gerenciamento de resíduos sólidos no polo moveleiro de Ubá – MG**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado – *Magister Scientiae*), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. 2007.

PRADO, L. L.; DE LORENZO, H. C. A questão socioambiental nas empresas moveleiras do Polo de Votuporanga-SP. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 3, p. 27 – 51, 2011.

RAMOS, G. G. C; CAMPANI, D. B. **Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de uma Empresa do Ramo de Construção Civil de Infraestrutura**. VIII Simpósio de Qualidade Ambiental. Porto Alegre – RS, 2012.

RIGUEIRA, C. V. L. Implantação da metodologia da P+ L no processo fabril da empresa moveleira do Polo de Ubá, MG: a Empresa Vitália Móveis Ltda. 2015.

ROCHA, P. M.; BONDI, D. P.; LEITE, R. L. MATTOS NETO, C.; PINHEIRO, B. C. A; Geração de energia a partir de briquetes produzidos de pó de serragem de MDF (*Medium Density Fiberboard*) proveniente de uma fábrica de móveis – biomassa. **Perspectivas online**. Campos dos Goyatacazes, v. 13, p. 27-38, 2015.

ROSA, S. E. S; CORREA, A. R.; LEMOS, M. L. F.; BARROSO, D. V. **O setor de móveis na atualidade: Uma análise preliminar**. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n 25, p 65-106, marc. 2007.

SAVICVKI, F. F. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS**. Porto Alegre: FIERGS/ SENAI, 2014. Disponível em: <<http://www.agdi.rs.gov.br>>. Acesso em: 17 de ago. 2016.

SCHIRMER, W. N.; CORTEZ, A. M.; KOZAK, P. A.; Ventilação Industrial: uma ferramenta na gestão de resíduos sólidos atmosféricos em indústrias moveleiras – estudo de caso. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.2, n.1, p. 15 a 28, 2008.

SIMIÃO, J. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais em uma empresa de Usinagem sobre o enfoque da Produção Mais Limpa**. 2011. 170f. Dissertação (Mestrado – Hidráulica e Saneamento), Universidade de São Paulo, São Carlos - SP, 2011.

Ubá tambores. Ubá – Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.ubatambores.com.br/produto>>. Acesso em: 16 de nov. 2016.

VEDOVETO, Mariana; PEREIRA, Denys; SANTOS, Daniel; GUIMARÃES, Jayne; VERÍSSIMO, Adalberto. **Setor Moveleiro na Região Norte: Situação, Desafios e Recomendações**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Pará – SEBRAE/PA. Belém, Pará. Jun. 2010.

WEBER, C. **Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados**. 2011. Dissertação (Mestrado - Ciências Agrárias), Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2011.

QUANTIFICAÇÃO DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA POTÁVEL NO PROCESSO DE DESTILAÇÃO E ALTERNATIVAS DE REUSO

Mariane Santana Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Bahia

Jaira Michele Santana Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Bahia

Micaelle Almeida Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Bahia

Joseane Oliveira da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Bahia

RESUMO: A água é imprescindível em muitos processos e atividades desenvolvidas na sociedade contemporânea. O aumento na demanda revela a necessidade de administrar o uso da água com responsabilidade e sustentabilidade, a fim de perpetuar o acesso a este bem. Este ideal também precisa estar incutido no processo de destilação, que gera grandes quantidades de água residuária, continuamente descartada na rede de esgoto, ainda em bom estado para reuso. Modificar este cenário é interessante do ponto de vista ambiental e econômico, pois o desperdício acaba por traduzir-se em custo financeiro. Diante disso, ao realizar este trabalho, buscou-se primeiramente ter conhecimento dos volumes desperdiçado e produzido na destilação,

realizada no laboratório de solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, campus de Vitória da Conquista; bem como apontar alternativas de reaproveitamento deste recurso no próprio campus.

PALAVRAS-CHAVE: Destilação de água; Desperdício; Reuso.

ABSTRACT: Water is indispensable in many processes and activities developed in contemporary society. The increase in demand reveals the need to manage water use responsibly and sustainably in order to perpetuate access to this good. This ideal also needs to be instilled in the distillation process, which generates large amounts of wastewater, continuously discarded in the sewage network, still in good condition for reuse. Modifying this scenario is interesting from an environmental and economic point of view, since the waste ends up translating into financial cost. In this work, we first sought to know the volumes wasted and produced in the distillation, carried out in the soil laboratory of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Bahia, campus of Vitória da Conquista; as well as to point out alternatives to reuse this resource on campus.

KEYWORDS: Water distillation; Waste; Reuse.

1 | INTRODUÇÃO

A destilação de água é um procedimento comumente realizado em laboratórios (ALEME, 2011, p. 39), pois em reações químicas é necessário que o solvente utilizado (neste caso, a água), seja puro de agentes contaminantes, que comprometam a mistura. Além dos laboratórios, outros segmentos da indústria química empregam a destilação, a exemplo das indústrias de bebidas, farmacêutica e petroquímica (BARREIROS; MACHADO, 2010, p.74).

A destilação consiste no fracionamento dos componentes de uma mistura. A água destilada é produzida quando ocorre a condensação da água, que inicialmente encontrava-se no estado líquido, e posteriormente passou por vaporização e resfriamento. (BARREIROS; MACHADO, 2010, p. 74). Existem diversas técnicas de destilação de água, entretanto, os métodos mais utilizados são os que correspondem à destilação simples e à destilação fracionada.

A destilação simples é indicada para separar misturas com temperatura de ebulição em torno de 100°C de diferença entre os componentes. Caso não exista tal disparidade entre os pontos de ebulição dos líquidos, é possível que sejam destilados em conjunto (BARREIROS; MACHADO, 2010, p. 77). O produto obtido pelo resfriamento (água destilada) deve ser sempre coletado em um recipiente a parte.

Já a destilação fracionada, é o processo de separação aplicável a misturas entre dois líquidos cujos pontos de ebulição sejam consideravelmente distintos (SCHETTERT, 2012, p. 29). Além disso, é muito semelhante à destilação simples, diferindo apenas na quantidade de repetições do ciclo. A cada vez que o ciclo recomeça, a mistura reduz seu ponto de ebulição e alcança a temperatura do constituinte mais volátil (BARREIROS; MACHADO, 2010, p. 79).

Atualmente o mercado apresenta uma vasta gama de destiladores convencionais, que variam de acordo com algumas características do equipamento. O destilador de água do tipo Pilsen é um modelo comercial, e frequentemente encontrado em laboratórios que requisitam índices elevados de pureza da água. A Figura 1 apresenta o esquema de funcionamento do destilador mencionado.

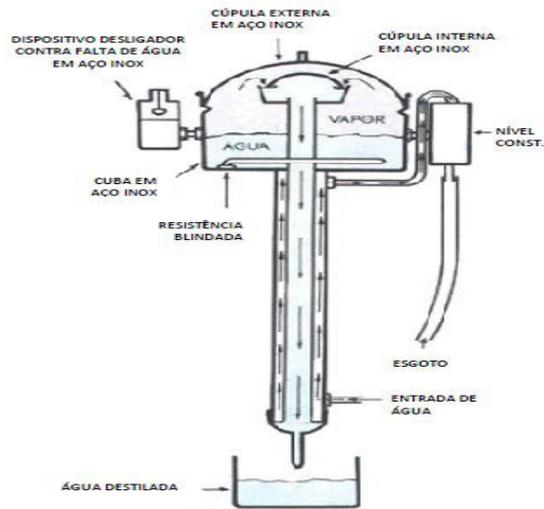


Figura 1- Destilador de água do tipo Pilsen

Fonte: Biosystems Importadora, 2018.

Em destiladores como o Pilsen, o processo é realizado não só para tornar a água quimicamente pura, mas para eliminar também os agentes patogênicos. A água proveniente do registro sobe pela mangueira até a caldeira interna, que possui temperatura suficiente para fazê-la entrar em ebulição, e em seguida o vapor se condensa, finalizando o ciclo.

2 | OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é propor alternativas de reaproveitamento da água residual do processo de destilação, a serem aplicadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista. A importância deste estudo é justificada principalmente pela realidade local, de escassez hídrica e eventuais racionamentos.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no laboratório de solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista. A quantificação do volume de água residual do processo de destilação foi feita com materiais acessíveis, aplicando uma simplificação da metodologia utilizada por Ziolkoski (2010). Os materiais utilizados foram: água potável, béquer de 2000 ml, proveta graduada de 500 ml, cronômetro digital, calculadora científica e destilador de parede tipo Pilsen, já instalado.

Para encontrar o volume calculou-se inicialmente a vazão, utilizando o método direto de medição, com base nos conceitos da Hidrometria. Tal método foi escolhido por ser de fácil execução e por dispensar equipamentos mais sofisticados.

Com o auxílio do cronômetro obteve-se o tempo de preenchimento do béquer, até que a água que seria descartada atingisse o marco de 2000 ml. A contagem do tempo de preenchimento do béquer foi repetida quatro vezes, e obteve-se uma média dos valores. Ajustando-se a unidade das grandezas, foi possível calcular a vazão, dada em litros por minuto, através da Equação 1:

$$Q = \frac{\text{volume (m}^3\text{)}}{\text{tempo (s)}} \quad \text{Equação (1)}$$

Conhecendo-se o valor da vazão foi possível encontrar o volume residual, reaplicando a equação 1. Esta metodologia foi novamente adotada - desta vez com o auxílio da proveta, e com marco em 50 ml-, a fim de encontrar também a vazão de água destilada produzida. Optou-se por deixar a marcação em 50 ml, devido a lentidão no avanço da água destilada pelo recipiente. A calculadora científica foi utilizada para facilitar e dar precisão aos cálculos.

Sabendo-se que a porção de água fornecida ao destilador, através do registro geral, tem influência nos volumes descartado e produzido na destilação, repetiu-se o experimento por três vezes variando o ângulo de abertura da torneira acoplada ao equipamento.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início do procedimento, precisou-se cronometrar o tempo para posteriormente encontrar a vazão. A aplicação do método direto de medição da vazão requer ao menos três contagens de tempo, mas para aumentar a margem de segurança, foram realizadas quatro contagens. A Tabela 1 apresenta os dados obtidos nesta etapa.

Nº do experimento	Tempo de preenchimento (s)	Média dos tempos (s)	Vazão (l/min)
1	22,98	23,147	5,160
	23,13		
	23,17		
	23,31		
2	11,93	11,980	10,020
	12,17		
	11,84		
	11,98		
3	9,29	9,415	12,720
	9,66		
	9,38		
	9,33		

Tabela 1- Resultados obtidos do cálculo da vazão residual

Os dados adquiridos com a análise da vazão de destilação, utilizando a metodologia já descrita, encontram-se na Tabela 2.

Nº do experimento	Tempo de preenchimento (s)	Média dos tempos (s)	Vazão (l/min)
1	64,06	69,800	0,043
	65,32		
	73,66		
	76,16		
2	63,56	75,130	0,039
	65,20		
	80,95		
	90,81		
3	48,96	49,620	0,060
	47,52		
	50,22		
	51,77		

Tabela 2 - Resultados obtidos do cálculo da vazão de destilação

Fonte: Elaborada pelos autores.

Houve maior variação no tempo de preenchimento da proveta, no escoamento da água destilada. Isto aconteceu devido a diminuições no volume escoado, que após alguns minutos voltava a ter a intensidade anterior.

A partir das vazões, foi possível encontrar os volumes, residual e produzido, atribuindo valores de tempo e empregando a equação 1. Soube-se que destilador utilizado entra em atividade a cada 15 dias, cerca de 6 horas. Estas informações estão apresentadas na Tabela 3.

Nº do experimento	Volume de resfriamento consumido em 1 dia de uso (litro)	Volume de água destilada produzida em 1 dia de uso (litro)	Volume mensal consumido no resfriamento (litro)	Volume mensal de água destilada produzida (litro)	Disparidade entre os volumes mensais consumido e produzido (litro)
1	1857,6	15,48	3715,2	30,96	3684,24
2	3607,2	14,04	7214,4	28,08	7186,32
3	4579,2	21,60	9158,4	43,20	9115,2

Tabela 3 - Volumes obtidos

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para produzir cada litro de água destilada são utilizados 120 litros de água

potável no resfriamento, que são lançados diretamente no esgoto, estando ainda em boas condições para reuso. A disparidade entre os volumes é muito significativa, o que representa também um elevado gasto energético. Já existem pesquisas propondo mecanismos de redução dos custos com água e energia, a fim de alcançar maior eficiência no processo.

A diferença entre os volumes consumido e produzido na destilação, é expressiva o suficiente para se pensar no emprego de mecanismos de economia. O Campus de Vitória da Conquista conta com outro destilador situado no laboratório de química, que incrementa o consumo total de água no recinto. Porém não foram conseguidas informações sobre o tempo de funcionamento deste equipamento.

Planos de reuso podem ser traçados, a partir das atividades desenvolvidas no Campus que mais necessitam do recurso hídrico, com exceção do preparo de alimentos. O Instituto Federal da Bahia possui diversas salas, corredores, sanitários, áreas de convívio, laboratórios e outros locais, que são higienizados com a água proveniente do reservatório principal. Além disso, possui jardins, gramados, e uma horta orgânica onde a água limpa descartada da destilação, pode ser empregada.

Outra sugestão é reaproveitar a água residual para realimentar o destilador, adaptando o equipamento para realizar o processo de destilação fracionada. Deste modo, é possível aumentar a condição de pureza da água destilada produzida, e reduzir o risco de contaminação das reações químicas em que for utilizada.

5 | CONCLUSÃO

O consumo mensal de água potável pelo processo de destilação foi de 3715,2 litros, ao adotar baixa vazão, 7214,4 litros com vazão mediana, e 9158,4 litros ao abrir completamente o registro, atingindo o valor máximo da vazão. Tais volumes são considerados significativos, quando comparados com a quantidade de água destilada produzida a cada mês (30,96 litros, 28,08 litros e 43,20 litros respectivamente), e o desperdício da água residuária precisa ser evitado.

Neste sentido, é de suma importância reavaliar o processo de destilação do ponto de vista produtivo, econômico e ambiental, pois é perceptível que tal procedimento não está sendo eficiente, o que resulta em alto desperdício e baixa produção, e caracteriza uma circunstância inaceitável mediante a realidade de escassez hídrica local.

Para equilibrar custos e benefícios, a água que seria descartada pode ser armazenada e reutilizada em diversas atividades, como na rega dos jardins e da horta do Campus, na limpeza das salas, corredores e banheiros, na lavagem dos ônibus e dos outros veículos institucionais ou para realimentar o destilador do laboratório.

Uma outra alternativa é investir em destiladores mais eficazes, visando diminuir a disparidade entre os volumes residual e produzido. No entanto, ainda que esta última ação seja efetuada, ela não deve ser a única. É preciso fomentar e incentivar

práticas sustentáveis de uso da água, bem como reaproveitá-la sempre que houver possibilidade.

REFERÊNCIAS

ALEME, H. G. **Determinação de parâmetros físico-químicos do óleo diesel a partir de curvas de destilação utilizando técnicas quimiométricas**. Belo Horizonte: UFMG, 2011. Tese (Doutorado em Ciências - Química) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em:<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/SFSA-8XST7U/tese_helga_pdf__1_.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 dez. 2018.

BARREIROS, A. L. B. S; MACHADO S. M. F. Destilação. In: _____. **Química orgânica experimental**. 1. ed. São Cristóvão: UFS, CESAD, 2010. cap. 5. Disponível em:<http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/10344804042012Quimica_Organica_Experimental_Aula_5.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2018.

BIOSYSTEMS, I. **Destilador de água tipo Pilsen**. 2018. 1 Figura. Disponível em:< <http://www.biosystems.com.br/equipamentos/destilador-de-agua-tipo-pilsen-modelos-disponiveis-de-2-a-10-litros-modelo-dl-da>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

SCHETTERT, G. F. **Desempenho de uma coluna de destilação, frente à variação das concentrações e vazões de alimentação utilizando-se solução hidroalcoólica padronizada**. Santa Maria: UFSM, 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em:< <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7972/SCHETTERT%2c%20GISEANE%20FUMAGALLI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

ZIOLKOSKI, Michele. **Avaliação do desempenho de destiladores visando a redução do consumo de água e energia**. Erechim: URI, 2010. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Matemática) – Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Disponível em:< http://www.uri.com.br/cursos/arq_trabalhos_usuario/1269.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2018.

QUANTUM DOTS FROM RENEWABLE PRECURSORS INCORPORATED AT ZINC OXIDE BY SONOCHEMICAL METHOD FOR PHOTOCATALYTIC PROPERTIES

Mayara Feliciano Gomes

Department of Chemical Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brazil

Yara Feliciano Gomes

Department of Materials Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brazil

André Luis Lopes Moriyama

Department of Chemical Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brazil

Eduardo Lins de Barros Neto

Department of Chemical Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brazil

Carlson Pereira de Souza

Department of Chemical Engineering, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brazil

RESUMO: O estudo da dopagem com óxido de zinco (ZnO) na produção de materiais cerâmicos é amplamente utilizado como propriedade de fotocatalisadores e fotodegradação. Os pontos quânticos (QD_s) são nanopartículas semicondutoras que estão emergindo como uma nova classe de nanomateriais fluorescentes para aplicações ambientais. Neste artigo, através do método sonoquímico é proposta a incorporação de pontos quânticos

de carbono (CQD_s) ao óxido de zinco. Os CQD_s são promissores nanomateriais, obtidos a partir de dois precursores renováveis que são materiais derivados de biomassa, da quitina (CH), quitosana (CS) e do grafite (G) como um terceiro material utilizado sintetizado pelo método de carbonização hidrotérmica. Neste trabalho, propôs-se a fazer um novo conjugado nano-fotocatalisador para o sistema ZnO/CQDs para garantir a estabilidade física e química, ter grupos de funcionalidades químicas, com grupos hidroxila, amino e carbonos (-OH, -NH₂, -C₂) que possibilitem aumentar a eficiência dos mesmos e serem potenciais substitutos dos fotocatalisadores tradicionais.

ABSTRACT: The study of zinc oxide (ZnO) doping in the production of ceramic materials is widely used as photocatalyst and photodegradation property. Quantum dots (QDs) are semiconductor nanoparticles that are emerging as a new class of fluorescent nanomaterials for environmental applications. In this paper, we are proposed for the incorporation of carbon quantum dots (CQD_s) into the zinc oxide by the sonochemical method. The CQD_s are promising nanomaterials, obtained from two renewable precursors, which are materials derived from biomass, as chitin (CH), chitosan (CS) and graphite (G) this as a third material used synthesized by the hydrothermal

carbonization method. In this work, proposed to make a conjugate novel nano-photocatalysts based on ZnO / CQD_s. In order to ensure physical and chemical stability, have chemical functionalities groups, with hydroxyl groups, amino and carbons (-OH, -NH₂, -C₂), to investigate the possibility of increasing the efficiency of the same and potential substitutes for traditional photocatalysts.

KEYWORDS: sonochemical method, chitosan, quantum dots, carbonization hydrothermal, photocatalise

1 | INTRODUCTION

Studies using nanostructures zinc oxide have been intensively investigated for production of ceramic materials have a variety of practical applications, especially the search for doping with elements that combined can be used in improvements in these applications as used for the rare earth elements. Doping of nanostructures using zinc oxide (ZnO) have interest to a variety of optical applications and potential material for high power laser, diode light, etc. and due to it is extensive range of applications such as sensors, LEDs (diodes in very high storage capacity, photocatalysis, among others investigated by (Chen et al, 2011) and (Gomes et al, 2016) and (Jung et al, 2012) have been extensively studied by (GONÇALVES et al, 2002) as (PHURUANGRAT et al, 2014) and (GUO et al, 2011). Currently ZnO has been widely used as photocatalyst and photodegradation properties according to (CHEN et al, 2009), (WU et al, 2011), (FAISAL et al, 2013), (OLIVEIRA et al, 2006), (ESPINOSA et al, 2000), (SIN J-C et al, 2014) and (KUMAR et al, 2015).

Quantum dots (QDs) are semiconductor nanoparticles that are emerging as a new class of fluorescent nanomaterials for environmental applications as reported by (REZAEI et al, 2013), (SHEN et al, 2008), (ALAMO-NOLE et al, 2013), (SOLTANI et al, 2012), (MANSUR et al, 2014) and (JAVED et al, 2011). The semiconductor nanocrystals known as carbon quantum dots (CQDs) as demonstrated by (KUMARI et al, 2014), (SHARSHIR et al, 2017), (MANGAYIL et al, 2015), (NOVAKOVIĆ et al, 2008) and (ÖZDEMİR et al, 2011) which have physico-chemical, electronic, magnetic and optical properties, have recently emerging as a new class of fluorescent nanomaterials for environmental applications as noticed by (SAILIN et al, 2017) and (WANG et al, 2017). The CQDs must be water-soluble, biodegradable, non-toxic and have photoactivities of the conjugates for environmental applications as reported by (ULLAH et al, 2008). Due to these characteristics, they are proposed to improve properties in different fields such as potential substitutes for traditional photocatalysts. Hydrothermal carbonization (HTC) is frequently used to synthesize CQDs because this method is considered as eco-friendly with great production viability and low cost. Os CQDs from two renewable precursors which are biomass-derived materials namely chitin (CH), chitosan (CS), and graphite (G) as a third material vem features such as biocompatibility, non-toxicity and being eco-friendly by (SIVAKUMAR et al, 2015) and (RAJABI et al, 2013). The

graphite (G) form of these nanoparticles shows desired properties such as high thermal conductivity, low cost and high solar absorptivity as compared with most of the other nanomaterials. (VILLAROEL et al, 2014)

Several routes for ZnO preparation with nanostructures doped with rare earth elements have been reported by (ALAMO-NOLE et al, 2013), (SOLTANI et al, 2012) and (MANSUR et al, 2014), including methods as hydrothermal, magnetic spray deposition, pulsed laser deposition, photolithography and wet chemical recording by (JAVED et al. 2011) and (KUMARI et al, 2014). However, for this study we investigate the process of the sonochemical method for incorporated quantum dots the structure of zinc oxide. This method have been advantageous because easy process, low cost, lower temperature and greater control of morphology by (SHARSHIR et al, 2017) and (MANGAYIL et al, 2015).

The sonochemical method allows the preparation of a wide variety of materials, including nanostructured. The ultrasonic radiation present frequency higher than those detectable by the human ear, above 20 KHz. The sonochemical method have interactions into the chemical and physical reactions of the particles do not result only from the interaction between the sound waves and the solution, they result mainly from the effect of acoustic cavitation, formation, growth and implosion of bubbles at localized points, increasing local temperature and pressure in a short time interval. This synthesis (sonochemical method) irradiation was employed by using a high intensity ultrasonic, the mixture transferred to a collecting cup which was adapted to be used in the sonochemical, the prepared colloidal suspensions will be processed in a cavitation ultrasonic waveform by the formation and collapse of microbubbles, these generated cavitations are responsible by the observed chemical effects and are produced by the subsection of a liquid to the ultrasonic energy that can oscillate between stable or unstable and are mostly responsible for the effects on the chemical reactions by (NOVAKOVIĆ et al, 2008) and (ÖZDEMIR et al, 2011)

In this work we report the study of conjugate novel nano-photocatalysts based on ZnO/CQDs In order to ensure a physical and chemical stability, have groups chemical functionalities, with hydroxyl groups (-OH) and amino (-NH₂), carbons (-C₂) to investigate the possibility of increase the efficiency of the same with and potential substitutes for traditional photocatalysts (YANG, YUNHUA, et al, 2012).

2 | EXPERIMENTAL SECTION

2.1 Synthesis processes

Using the sonochemical method, ZnO powders incorporated with CQDs from renewable precursors were obtained. For this synthesis, first were obtained the zinc oxide using the zinc nitrate (Zn(NO₃)₂) pure were dissolved in 80 mL deionized water under constant stirring. The zinc ions were added stoichiometric. The pH of the solution

was adjusted to 10 by adding NH_4OH , and the mixture was then transferred to a exposed to high-intensity ultrasonic irradiation (Branson Digital Sonifier) in a continuous mode with amplitudes 60% used time of 15 minutes min duration with temperature at 100°C , the final product a whiten power was obtained this product was separated by centrifugation, washed with deionized water and ethanol, and dried at 100°C in air.

For synthesis of CQDs used are derived from biomass precursors chitin, chitosan and graphite were dissolved in ethanol (20 mL) and placed in Teflon-lined, hydrothermal reactor at 200°C for 6h. The light brown solution obtained was centrifuged at 10000 rpm for 10 min to remove the solution containing fluorescent CQDs from the solid black precipitate and with a photoluminescence quantum yield (F) of CQDs was determined following the procedure by using quinine sulfate as a reference (Sahu et al,2012).

After were obtained ZnO powders incorporated with CQDs from renewable precursors were dissolved in 80 mL deionized water under constant stirring and the mixture was then transferred to a exposed to high-intensity ultrasonic irradiation (Branson Digital Sonifier) in a continuous mode with amplitudes 60% used time of 15 minutes duration. The mixture transferred to a collecting cup which was adapted to be used in the sonochemical, the prepared colloidal suspensions was processed in a cavitation ultrasonic waveform by the formation and collapse of microbubbles, these generated cavitations are responsible by the observed chemical effects and are produced by the subjection of a liquid to the ultrasonic energy that can oscillate between stable or unstable and are mostly responsible for the effects on the chemical reactions by (NOVAKOVIĆ et al, 2008) and (ÖZDEMİR et al, 2011)

The final product a whiten power was obtained this product was separated by centrifugation, washed with deionized water and ethanol, and dried at 100°C in air. The white powder obtained through the sonochemical synthesis were deagglomerated in an agate mortar and thus resulting in obtaining post-homogeneous and fine for characterization. The sonochemical synthesis irradiation was employed by using a high intensity ultrasonic.

2.2 Photocatalysis experiments

The photocatalytic degradation experiment was performed in a box containing a glass with lamps mounted horizontally, this being the source of radiation. Before going to degradation box, 0.05 g of powders was added in a 50 mL solution of methylene blue and was kept stirred for 15 min on a magnetic stirrer; thereafter, ~ same solution was maintained under stirring in an ultrasound for the same period of time. Samples were with drawn at intervals of 30 min and then centrifuged before analysis. The measure much of methylene blue was degraded, UV-Vis spectrophotometer was used, which analyzed maximum absorption (MA) level at 664 nm, corresponding to its wavelength of maximum absorption, these percentages of material degradation efficiency were analyzed. Using the Tauc relation (TAUC et al, 1972) extracted from the UV-vis spectra

were determined the optical band gap (absorbance onset) and the blue-shift from the absorption coefficient data as a function of the wavelength.

2.3 Characterization

The structure of the crystalline phases in the calcined powders was investigated by X-ray diffraction (XRD) using a Rigaku MiniFlex II diffractometer with CuK α radiation ($\lambda = 1.5418\text{\AA}$). For the phase identification, the measurements were carried out in the range of 2θ within 10° to 90° and the step speed of $0.02^\circ/\text{min}$ with fixed time of 2 s.

The lattice parameters and position were determined by means of the Rietveld refinement method and were analyzed by the Structure Analysis System (GSAS) program with the EXPGUI graphical interface program and the lattice parameters and atomic positions obtained were used to model these unit cells using the Visualization for Electronic and Structural Analysis (VESTA) program, version 3.1.2.

The values of the crystallite size and average strain value were obtained, using the Scherrer equation, which are related to the volume-weighted crystallite size, (D) to the integral width (taken on a 2 θ scale) of the size broadened profile. By applying some weighted average strain value, the approximate value is obtained from the integral width of the extended strain profile, and it was obtained by the GSAS program, as represented in Equation (1) and (2) (WANG et al, 2017).

$$\langle D \rangle_v = \lambda / (\beta^S \cos \theta) \quad (1)$$

$$\tilde{\epsilon} = \frac{1}{4} \beta^D \cot \theta \quad (2)$$

The samples were investigated by EDS spectroscopy using a field-emission gun scanning electron microscopy (FEG-SEM; Carl Zeiss, Supra 35-VP Model, Germany) operated at 14 kV. The wavelengths related to higher absorbance peak of the degradation of Zinc Oxide obtained by analysis of the UV-Vis spectroscopy were the response variables with the percentage of doping efficiency values by (ULLAH et al, 2008), (SIVAKUMAR et al, 2015) and (RAJABI et al, 2013). The PL spectra were recorded at an excitation wavelength of 350 nm at room temperature using a photoluminescence spectrometer Hamatsu R446 “lock in” SR-530.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

The patterns of the X-ray diffraction of the samples synthesized by the sonochemical method are shown in Figure. 1. The XRD was used to verify the crystal structure and purity of the samples. Figure 1 presents the X-ray diffractograms of ZnO/CQDs powders as response surface obtained according to the sonochemical method,

showing its crystallization with the presence of phase that identifies the formation of zinc oxide having the wurtzite type hexagonal structure. All the diffraction peaks can be indexed to the hexagonal structure of ZnO (JCPDS No 36-1451) having the P63cm space group (PHURUANGRAT et al, 2014). This was verified by standard XRD crystallographic record with the JCPDS No. 36-1451 through the search-match program, which indicated the incorporation of quantum dots at zinc oxide network through observing the formation of a single phase crystal structure for pure ZnO and ZnO with increasing quantum dots, ZnO/CQDs as shown Figure 1 and in detail the structure CQDs when don't have increasing into zinc oxide (fig.1b).

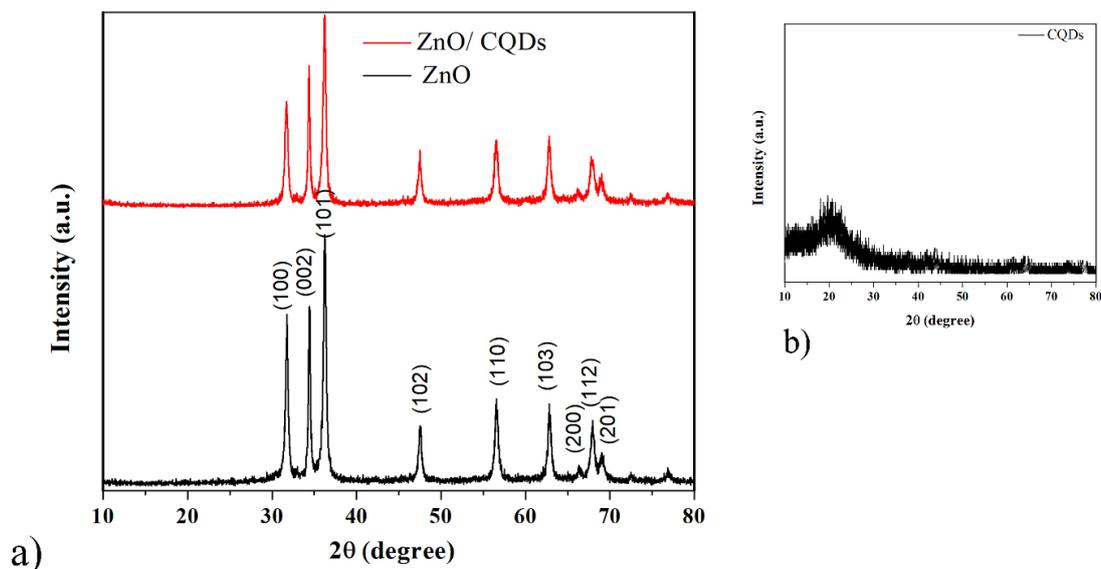


Figure 1. X-ray diffraction diagram of powder ZnO/CQDs samples prepared with sonochemical method and detail sample CQDs.

The crystallization has been the presence of peaks that vary from a lower intensity to a higher intensity with the single phase of ZnO, as can be observed through the card JCPDS 36-1451 and this is due to the increase in temperature in which at 100 °C, there are small peaks up to 100 ° C with higher peak intensities, these peaks acquire a higher intensity of crystallization as shown in Figure 1. The peaks revealed that the prepared particles have an increase in intensity of 2θ when the ZnO is replaced and different the structure the CQDs when don't have incorporated zinc oxide. The results of the Network Parameters and Unit Cell Volumes have their values confirmed by the values previously reported (SHEN et al, 2008) and thus, they have similar values when $a = 6.25$ (Å) and $c = 12.16$ (Å). Thus, observing Table 1 confirmed the structure values through the use of the Rietveld refinement method by (MANSUR et al, 2014) and (JAVED et al. 2011)

The Figure 1 shown diffractograms with the JCPDS No. 36-1451 where $a = 3.25$ Å, $c = 5.20$ Å as according with the literature and peaks (100), (002), (101), (110), (103) and (112) correspondents principals peaks of ZnO. The crystalline of material

as observed as compared when incorporated the quantum dots, assumed the same parameter of ZnO.

XRD of the samples of the CQDs are shown in Figure 1 (b), all the patterns were same of the main structure with an sp^2 set with stacking faults based on a wide 002 peak at approximately $2\theta = 20.6^\circ$, and no other peak was detected, thus confirming the amorphous nature of all, as studied for quantum dots of biomass derivatives (chitin and chitosan) the results pattern of the XRD of the graphite showing the (002) higher peaks revealed centered around $2\theta = 21.25^\circ$ confirmed with the structures similar to graphite as studied previously (FRADE et al, 2012).

The Figure 1 shown diffractograms with the crystalline peaks of the material incorporated by the dots, ZnO / CQDs, the characteristic peaks of the single phase of ZnO were maintained and thus identified the doping of the material.

The XRD data were processed by Rietveld refinement. The Rietveld refinement method by (PHURUANGRAT et al, 2014) and (FRADE et al, 2012) was used to explain the possible differences in the structural arrangements induced by the processing of the ZnO particles. The Structure Analysis System (GSAS) program with the EXPGUI program with the graphical interface by (MONTERO-MUÑOZ et al, 2018) and (KEIJSER et al, 1983) was used to perform the refinement. The refined parameters were: scaling factor and phase fraction; background, were used to model these unit cells using the Visualization for Electronic and Structural Analysis (VESTA) program, version 3.1.2. was modeled using a displaced Chebyshev polynomial function; peak shape, which was modeled using Thomson-Cox-Hasting pseudo-Voigt; change in lattice constants; fractional atomic coordinates; and isotropic thermal parameters. The results of the Rietveld refinement are shown Figure 2.

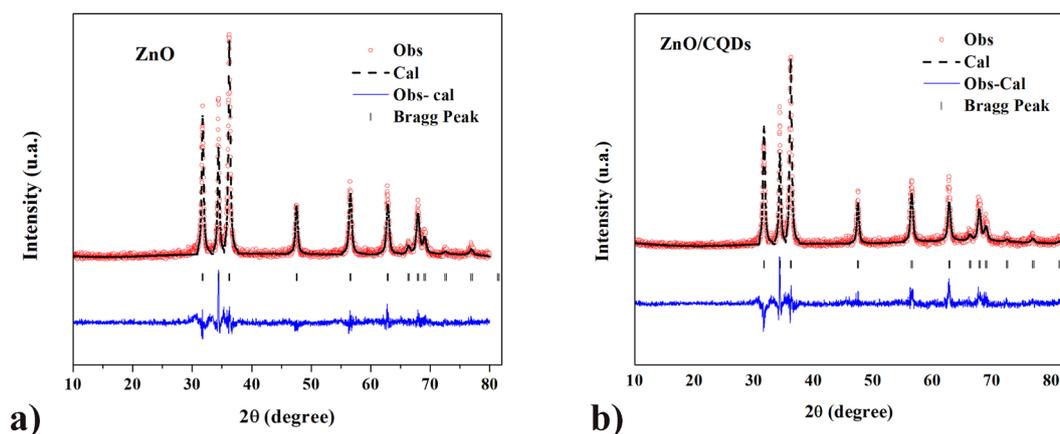


Figure 2. Rietveld refinement plot of sample of ZnO and ZnO/CQDs prepared with sonochemical method at a) refinement plot of sample ZnO and b) refinement plot sample of ZnO/CQDs.

Figure 2 shows the corresponding refinement at a temperature until 100°C with the ZnO increasing quantum dots. The appearance of characteristic diffraction peaks for a pure ZnO sample corresponding to (1 0 0), (0 0 2), (1 0 1), (1 0 2), (1 1 0), (1 0

3) and (11 2) planes is in good agreement with the standard XRD peaks of crystalline bulk ZnO with hexagonal wurtzite structure JCPDS No. 36–1451, $a = 3.2501 \text{ \AA}$, $c = 5.2071 \text{ \AA}$, space group: P63mc. The gradual changes of the FWHM of characteristic peak (002) is shown as an inset to show the refinement of evolved structure, at 1000 °C, the best result is obvious from the spectrum by (SALEM et al, 2018) and (SABIR et al, 2014).

Table 1 showed the Rietveld refinement parameters, crystallite size, and degree of crystallinity. The quality of the refinement was quantified by the corresponding pre-determined values: profile residual R_p , weighted profile residual R_{wp} and adjustment quality χ^2 . In table 1, it was verified that the lattice parameters and unit cell volumes are very close to the values recently published in the literature (SARIC et al, 2017), considering the crystallite size the effects of zinc oxide on the morphology quantum dots, the particle sizes, purity and the phase of ZnO samples have been investigated. The results have been listed in Table 1 according to (KAHOULI et al, 2015) and (MIRZAEI et al, 2017).

Compounds	ZnO	ZnO/CQDs
Crystal System	Hexagonal	Hexagonal
Space Group	P63cm	P63cm
A	3.25161	3.25161
B	3.25161	3.25161
C	5.20689	5.20689
V(\AA^3)	47.67	47.80
χ^2	1.36	1.41
Rwp (%)	24.45	28.67
Rp (%)	17.32	20.19

Table 1. Structural Parameters for ZnO and ZnO/CQDs from Rietveld refinement of powders X-ray diffraction data.

The quantification of these parameters was made through the experimental XRD and it was carried out in the P63mc space group using the structural parameters for ZnO as the initial model. ZnO / CQDs refining, the atomic positions were accurately

fasten for all cell samples, and these values were assigned by Vesta program for the structure formation. Also, the doping of CQDs and the temperature used caused the formation or reduction of structural defects: oxygen vacancies, distortion on the bonds, stresses and strains on the crystalline lattice. The values of the adjustment parameters (R_{wnb} , R_{b} , R_{exp} , R_{w} , and χ^2) suggest that the refinement results are reliable as shown in Table 2 according to (NGOC-TRAM LE et al, 2018), (SAADELDIN et al, 2018) and (KIMIAGAR et al, 2018)

(a)Atom ^a	X	y	z	occupancy	B	Site	Sym.
Zn ₁	0.33333	0.66667	0.00661	1.000	0.629	2b	3.m
O ₁	0.33333	0.66667	0.38133	1.000	0.629	2b	3m
b)Atoms^b							
Zn ₁	0.33366	0.66667	0.10839	0.998	0.133	12d	1
O ₁	0.33298	0.66667	0.49121	0.992	3.795	12d	1
CQDs	0.00000	0.00000	-0.06518	0.992	75.565	2a	3m.

^aZnO synthesized by Sonochemical method.

^bZnO/CQDs synthesized by Sonochemical method.

Table 2. Atomic coordinate obtained experimentally from the structural of ZnO and ZnO/CQDs refinement by the Rietveld method and theoretically calculated with an electronic and structural analysis Vesta program.

These unit cells were modeled using the Visualization for Electronic and Structural Analysis (VESTA) program, version 3.1.2, for Windows as shown in Figure 3 for doping ZnO/CQDs all at 100 °C temperature (GHAMSARI et al, 2019). Therefore, the SEM results indicated that the CQDs in the ZnO structure were adequately stabilized by the functional groups (-NH, -CC, -O), which is in reasonable agreement with the values obtained in the x-ray shown in Figure 1. The fluorescent quantum yield was thus calculated to be 17.1% using quinine sulfate as a reference (Sahu et al, 2012).

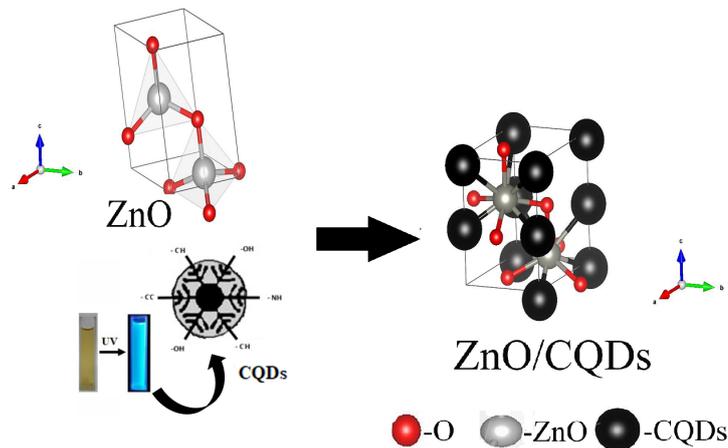


Figure 3. Schematic representation of the structure corresponding to sample of ZnO and ZnO/CQDs prepared with sonochemical method at a) structure of ZnO .

The SEM/ EDS mapping the samples are as shown in the Figure 4 (a-h), the micrograph of ZnO shown at Fig. 4 (a, b and c) as observed hexagonal wurtzite structure type flower. The analysis of prepared samples identified the ZnO at hexagonal structure in the homogeneity distribution for samples as shown Figure 4 (h). The CQD_s via sonochemical method using temperature at 100 °C can be observed as shown the micrograph for the system ZnO/CQD_s at Fig. 4 (d, e and f) observed hexagonal wurtzite structure type rods and the distribution of the atoms for samples as shown the Figure 4 (g) confirmed the presence different functional groups (such as carboxylic groups, hydroxyl groups, amines, amides), attributed to the stretching of -CH, -NH and -OH, -CO, -CC and -CH, respectively, for formulation CQDs (Yang et al, 2012). The particles of ZnO-CQDs, provides a better defined as rods different to that morphology of pure ZnO as type flower, but the system of ZnO-CQDs a greater amount of clusters and larger particle size (THABIT et al, 2018).

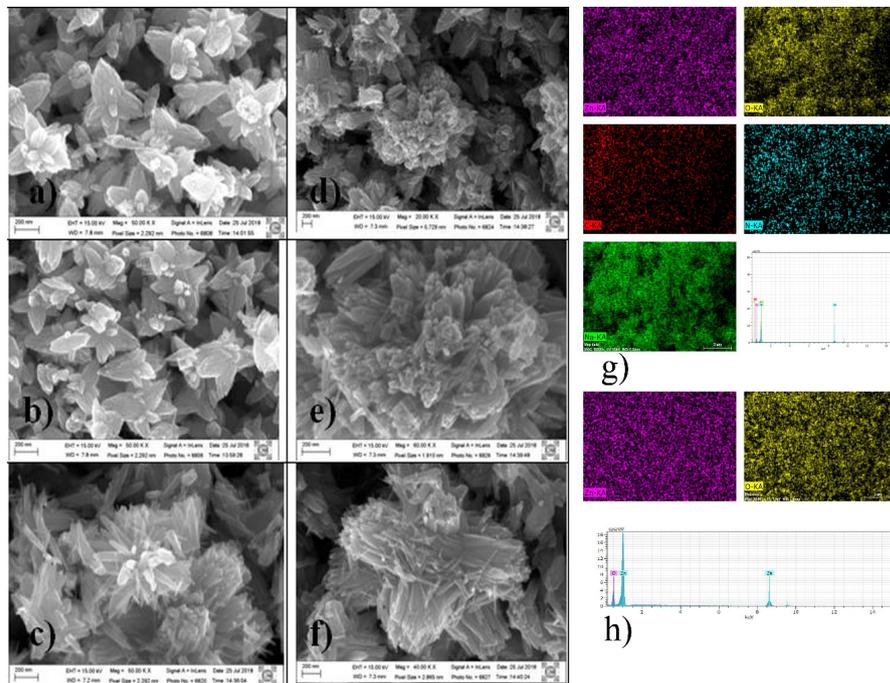


Figure 4. EDS mapping of the synthesized powder ZnO/CQDs samples prepared with sonochemical method. a) ZnO samples and b) ZnO/CQDs samples.

Figure 5 showed the optical properties of the pure ZnO, and ZnO / CQDs were obtained by sonochemical with the PL measurement, respectively. The effect of adsorption on the PL emission properties of ZnO has been well studied in literatures by (TAUC et al, 1972), (JUNG et al , 2011) and (FANG et al , 2018).

The photoluminescence spectra of the ZnO pure and ZnO / CQDs system of nanoparticles collected at room temperature (RT). Figure 5 shows the PL of the CQDs is the emission starts at 477 nm and ends at 648 nm. The difference in PL intensity between ZnO pure and ZnO / CQDs is attributed to the presence of surface groups (O-H, N-H, and C = O) of carbon quantum dots as reported by (JUNG et al , 2011) and (BRISCOE et al, 2015) are influenced for values band gap.

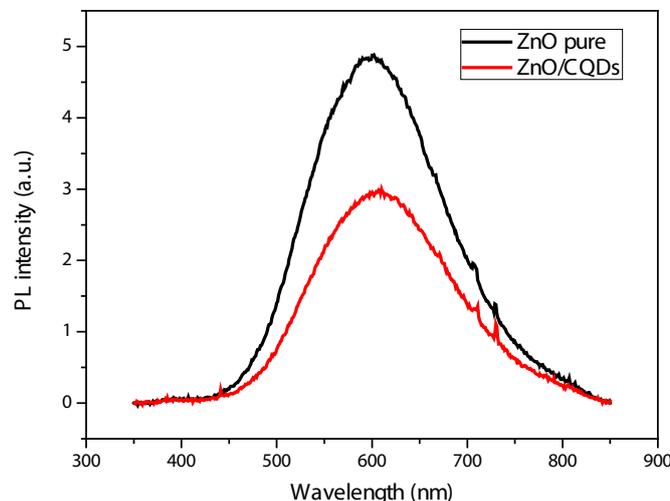


Fig.5. (a) Optical band gap plot using Tauc equation of the ZnO pure and (b) the ZnO/ CQDs.

Figure 6 shows the band gap energy values of the ZnO semiconductor is about 3.29 eV and with the addition of the CQDs that has band gap energy of 3.15 eV, the value of the bulk has the decrease of ZnO / CQDs with a value of 3.23 eV. Therefore the particle size of ZnO and ZnO / CQDS under study in this work is small enough to make the particle surfaces have a dominant role in the PL process.

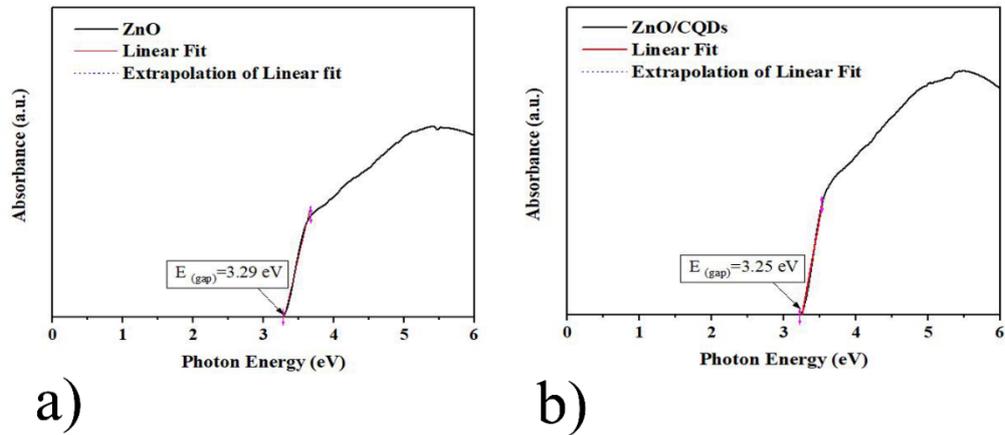
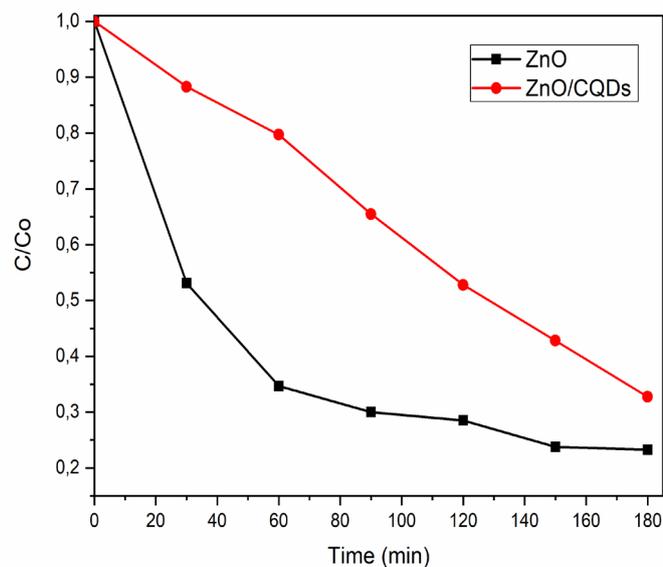


Figure 6. Degradation efficiency versus time of sample ZnO –CQDs particles obtained using sonochemical method at 100°C, respectively for ZnO and ZnO-CQDs.

Figure 7 shows the increased photocatalytic activity of ZnO ZnO / CQDs system nanostructures can be attributed to increase the CQDs into the structure ZnO. However, these ions can act as a center of recombination between the electron excited during the photocatalysis processes by (OLIVEIRA et al, 2006) and (TAUC et al, 1972).



The effect the photocatalytic of ZnO has been reported studied in literatures by (KIMIAGAR et al, 2018), (THABIT et al, 2018) and (FANG et al, 2018) so the effect the photocatalytic for ZnO above 70% this case the ZnO for this study as shown in Figure 7

obtained a degradation of 74% and when including CQDs as shown had a degradation of 70% with a significant response to the doping of the CQDs in the zinc oxide structure.

4 | CONCLUSION

The study of Zinc oxide included CQDs into the system by sonochemical method was analyzed. The low temperature at 100 °C was efficiency the formation of a single phase crystal structure for increasing CQDs the peaks that correlate to the wurtzite ZnO (JCPDS = 36-1451) at 31.77, 34.48 and 36.50 that correlate to the ZnO (100), (002) and (101) planes for the samples CQDs. The quality of the refinement was quantified by the corresponding pre-determined values: profile residual R_p , weighted profile residual R_{wp} and adjustment quality χ^2 has been studied at literature and confirmed in this study. The SEM shows that the samples of pure ZnO have large amounts of ZnO with similar nanoparticles with flower shape. Among the particles of ZnO/CQD_s, provides a better defined as roods different to that morphology of pure ZnO, but a greater amount of clusters and larger particle size. The photocatalytic activity as observed the efficiency degradation of ZnO pure and the included CQDs was efficient in the degradation of the material with 70% efficiency. The gap band $E_g = 3.29$ eV for ZnO and with CQDs the band gap $E_g = 3.25$ eV. The investigated the possibility of increasing the efficiency of the same and potential substitutes for traditional photocatalysts.

5 | ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the financial support of the Brazilian research financing institutions: CNPq and CAPES.

REFERENCES

A.SARIC, M. Gotic, G. Stefanic, G. Drazic. Synthesis of ZnO particles using water molecules generated in esterification reaction. *Journal of Molecular Structure* 2017, 1140: 12-18.

ALAMO-NOLE, L., Bailon-Ruiz S., Luna-Pineda T., Perales-Perezab O., Romana F.R., Photocatalytic activity of quantum dot–magnetite nanocomposites to degrade organic dyes in the aqueous phase, *J. Mater. Chem. A* 1 (2013) 5509–5516.

BRISCOE, Joe, et al. Biomass-derived carbon quantum dot sensitizers for solid-state nanostructured solar cells. *Angewandte Chemie International Edition* 54.15 (2015) 4463-4468. <https://doi.org/10.1002/anie.201409290>.

CHEN S, Zhao W, Zhang S, et al. Preparation, characterization and photocatalytic activity of N-containing ZnO powder. *Chem Eng J* 2009, 148: 263–269.

CHEN XY, Fang F, Ng AMC, et al. Effect of doping precursors on the optical properties of Ce-doped ZnO nanorods. *Thin Solid Films* 2011, 520: 1125–1130.

ESPINOSA MM, Calil C Jr. Statistical fatigue experiment design in medium density fiberboard. *Mat Res* 2000, 3: 84–91.

- FAISAL M, Ismail AA, Ibrahim AA, et al. Highly efficient photocatalyst based on Ce doped ZnO nanorods: Controllable synthesis and enhanced photocatalytic activity. *Chem Eng J* 2013, 229: 225–233.
- GOMES, Y. F., Freitas, A. K., Nascimento, R. M., BOMIO, M. R. D., PASKOCIMAS, C. A., MOTTA, F. V. Experimental statistic design applied for obtaining Zn:xCe by microwave-assisted hydrothermal method with photocatalytic property. *Journal of Advanced Ceramics*, 2016, 2: 103–110.
- GONÇALVES AS, Lima SAM, Davolos MR. Gallium-doped zinc oxide prepared by the Pechini method. *Eclética Química* 2002, 27: 293–304.
- GUANGANG WANG, Guangsheng Huang, Xiang Chen, Qianyuan Deng .Effects of Zn addition on the mechanical properties and texture of extruded Mg-Zn-Ca-Ce magnesium alloy sheets. *Mat Sci Eng*. 2017,705: 46-54.
- GUO MY, Fung MK, Fang F, et al. ZnO and TiO₂ 1D nanostructures for photocatalytic applications. *J Alloys Compd* 2011, 509: 1328–1332.
- H. A. THABIT, N. A. Kabir .The study of X-ray effect on structural, morphology and optical properties of ZnO nanopowder. *Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B* 2018, 436: 278–284.
- H. MIRZAEI, M. Darroudi. Zinc oxide nanoparticles: Biological synthesis and biomedical applications. *Ceramics International* 2017, 43: 907–914.
- H.R. RAJABI, O. Khani, M. Shamsipur, V. Vatanpour, High-performance pure and Fe³⁺ ion doped ZnS quantum dots as green nanophotocatalysts for the removal of malachite green under UV-light irradiation, *J. Hazard. Mater.* 250/251 (2013)370–378.
- IQBAL, Javed et al. Adsorption of acid yellow dye on flakes of chitosan prepared from fishery wastes. *Arabian Journal of Chemistry*, v. 4, n. 4 (2011) p. 389-395.
- LV, J., & Fang, M. (2018). Photoluminescence study of interstitial oxygen defects in ZnO nanostructures. *Materials Letters*, 218, 18-21.
- J. TAUC, A. Mentsh, States in the gap, *J. Non-Cryst. Solids* 8/10 (1972) 569–585.
- JUNG Y-I, Noh B-Y, Lee Y-S, et al. Visible emission from Ce-doped ZnO nanorods grown by hydrothermal method without a post thermal annealing process. *Nanoscale Res Lett* 2012, 7: 43.
- JUNG, M. H., & Lee, H. (2011). Selective patterning of ZnO nanorods on silicon substrates using nanoimprint lithography. *Nanoscale research letters*, 6(1), 159.
- KEIJSER, TH. H, Mittemeijer, E.J., Rozendaa, H. C. E, .The Determination of Crystallite-Size and Lattice-Strain Parameters in Conjunction with the Profile-Refinement Method for the Determination of Crystal Structures, *J. Appl. Cryst.* 16 (1983) 309-316.
- KUMAR R, Umar A, Kumar G, et al. Ce-doped ZnO nanoparticles for efficient photocatalytic degradation of direct red-23 dye. *Ceram Int* 2015, 41: 7773–7782.
- KUMARI, Suneeta; RATH, Pradip Kumar. Extraction and characterization of chitin and chitosan from (Labeo rohita) fish scales. *Procedia Materials Science*, v. 6 (2014)
- M. KAHOULI, A. Barhoumi, A. Bouzid, A. Al-Hajry, S. Guerhazi. Structural and optical properties of ZnO nanoparticles prepared by direct precipitation method. *Superlattices and Microstructures* 2015, 85: 7–23.

- M. MONTERO-MUÑOZ, J.E. Ramos-Ibarra, J. E. Rodríguez-Páez, M. D. Teodoro, G. E. Marques, A. R. Sanabria, P. C. Cajas, C. A. Páez, B. Heinrichs, J. A.H. Coaquira. Role of defects on the enhancement of the photocatalytic response of ZnO nanostructures. *Applied Surface Science* 2018, 448: 646–654.
- M. SALEM, S. Akir, I. Massoudi, Y. Litaiem, M. Gaidi, K. Khirouni. Photoelectrochemical and optical properties tuning of graphene-ZnO nanocomposites. *Journal of Alloys and Compounds* 2018, 767: 982-987.
- M. SASANI GHAMSARI, S. Alamdari, D. Razzaghi, M. Arshadi Pirlar. ZnO nanocrystals with narrow-band blue emission. *Journal of Luminescence* 2019, 205: 508–518.
- M.M. SAADELDIN, O. A. Desouky, M. Ibrahim, G.E. Khalil, M.Y. Helali. Investigation of structural and electrical properties of ZnO varistor samples doped with different additives. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics* 2018, In press, corrected proof, Available online 4 July 2018.
- MANGAYIL R, Aho T, Karp M, et al. Improved bioconversion of crude glycerol to hydrogen by statistical optimization of media components. *Renew Energ* 2015, 75: 583–589.
- MANSUR, Alexandra AP, et al. “Green” colloidal ZnS quantum dots/chitosan nano-photocatalysts for advanced oxidation processes: study of the photodegradation of organic dye pollutants. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2014, 158: 269-279.
- Nanostructures. *Materials Letters* 2018, 218: 18–21.
- NGOC-TRAM LE, J. Myrick, T. Seigle, P.T. Huynh, S. Krishnan. Mapping electrospray modes and droplet size distributions for chitosan solutions in unentangled and entangled concentration regimes. *Advanced Powder Technology* 2018, In Press, Uncorrected Proof, Available online 17 October 2018.
- NOVAKOVIĆ T, Rožić L, Petrović S, et al. Synthesis and characterization of acid-activated Serbian smectite clays obtained by statistically designed experiments. *Chem Eng J* 2008, 137: 436–442.
- OLIVEIRA TF, Avillez RR, Epprecht EK, et al. Evaluation via multivariate techniques of scale factor variability in the Rietveld method applied to quantitative phase analysis with X-ray powder diffraction. *Mat Res* 2006, 9: 369–374.
- ÖZDEMİR E, Duranoğlu D, Beker Ü, et al. Process optimization for Cr(VI) adsorption onto activated carbons by experimental design. *Chem Eng J* 2011, 172: 207– 218. p. 482-489.
- PHURUANGRAT A, Yayapao O, Thongtem T, et al. Preparation, characterization and photocatalytic properties of Ho doped ZnO nanostructures synthesized by sonochemical method. *Superlattice Microst* 2014, 67: 118–126.
- PHURUANGRAT A, Yayapao O, Thongtem T, et al. Preparation, characterization and photocatalytic properties of Ho doped ZnO nanostructures synthesized by sonochemical method. *Superlattice Microst* 2014, 67: 118–126.
- REZAEI M, Habibi-Yangjeh A. Microwave-assisted preparation of Ce-doped ZnO nanostructures as an efficient photocatalyst. 2013. Available at <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201500026750>.
- S. KIMIAGAR, S. Safa, S. Gharedaghi. N-doped graphene: a trustful additive concerning to the photocatalytic properties of ZnO. *Optik* 2018, 174: 163- 166.
- S. SABIR, M. Arshad, S. Khalil Chaudhari. Zinc Oxide Nanoparticles for Revolutionizing Agriculture: Synthesis and Applications. *The Scientific World Journal* 2014, Article ID 925494.
- SAHU, S., Behera, B., Maiti, T. K., & Mohapatra, S. (2012). Simple one-step synthesis of highly

luminescent carbon dots from orange juice: application as excellent bio-imaging agents. *Chemical Communications*, 48(70), 8835-8837.

SAILIN, Fan, Chang junWu, Ya Liu, HaoTu, Xuping Su, Jianhua Wang .600 and 450 °C isothermal sections of the Zn–Ce–Ti system. *J Alloys Compounds*, 2017, 709: 842-849.

SHARSHIR, S. W., Peng, G., Wu, L., Essa, F. A., Kabeel, A. E., & Yang, N. The effects of flake graphite nanoparticles, phase change material, and film cooling on the solar still performance. *Applied Energy*, 191 (2017) 358-366.

SHEN W, Li Z, Wang H, et al. Photocatalytic degradation for methylene blue using zinc oxide prepared by codeposition and sol–gel methods. *J Hazard Mater* 2008, 152: 172–175.

SIN J-C, Lam S-M, Lee K-T, et al. Preparation of rare earth-doped ZnO hierarchical micro/nanospheres and their enhanced photocatalytic activity under visible light irradiation. *Ceram Int* 2014, 40: 5431–5440.

SIVAKUMAR, p. Nayak, p.k., Markovsky, b., Aurbach, d., G1edanken, a. Sonochemical Syntheses of $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ and its Eletrochemical performace as a cathode material for 5V Li-ion batteries. *Ultrasonics Sonochemistry* 26 (2015) 332-339.

SOLTANI, N., Saion, E., Hussein, M.Z., Erfani, M., Abedini, A. G. Bahmanrokh, M.Navasery, P. Vaziri, Visible light-induced degradation of methylene blue in thepresence of photocatalytic ZnS and CdS nanoparticles, *Int. J. Mol. Sci.* 13 (2012)12242–12258.

T. FRADE, M.E. Melo Jorge, A. Gomes. One-dimensional ZnO nanostructured films: Effect of oxide nanoparticles. *Materials letters* 2012, 82: 13-15.

ULLAH, R., Dutta, J., Photocatalytic degradation of organic dyes with manganesedoped ZnO nanoparticles, *J. Hazard. Mater.* 156 (2008) 194–200.

VILLAROEL, Erica, agredo, javier silva-, petrier, christian, taborda, gonzalo, torres-palma , ricardo a. Ultrasonic degradation of acetaminophen in water: effect of sonochemical parameters and water matrix. *Ultrasonics sonochemistry* 21 (2014) 1763–1769.

WU C, Shen L, Zhang Y-C, et al. Solvothermal synthesis of Cr-doped ZnO nanowires with visible light-driven photocatalytic activity. *Mater Lett* 2011, 65: 1794–1796.

YANG, Yunhua, et al. One-step synthesis of amino-functionalized fluorescent carbon nanoparticles by hydrothermal carbonization of chitosan. *Chemical Communications*, 2012, 48.3: 380-382.

REGIONALIZAÇÃO DE CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÃO PARA A SUB- BACIA DO RIO MADEIRA

Letícia dos Santos Costa

Instituto Federal do Pará

Belém – Pará

RESUMO: A regionalização de curvas de permanência de vazões apresenta-se como uma técnica importante, permitindo a estimativa de vazões em locais com dados insuficientes ou inexistentes. O modelo teve como base de dados 12 estações fluviométricas distribuídas nos principais rios que compõem a bacia do Rio Madeira. As curvas de permanência foram calibradas utilizando-se 4 modelos matemáticos de regressão: exponencial, logarítmico, quadrático e cúbico. O modelo de regionalização foi estabelecido, usando-se a técnica de regressão múltipla. A variação espacial dos parâmetros dos modelos foi explicada em termos de área de drenagem, precipitação média anual e comprimento do rio. O modelo foi validado utilizando o método Jack-knife, obtendo resultados satisfatórios pelos ajustes gráficos das vazões simuladas e observadas em estações com área de drenagem compreendidas entre 921000 a 1150000 Km². O melhor ajuste do modelo cúbico foi representado matematicamente pelos erros quadráticos relativos médios percentuais abaixo de 10%. O desempenho do modelo calibrado e validado demonstra o potencial deste na estimativa das

curvas de permanência para os rios com grande área de drenagem que compõem a bacia do Rio Madeira.

PALAVRAS-CHAVE: Regionalização, Curva de Permanência, Bacia Rio Madeira.

ABSTRACT: The regionalization of flow continuity curves is an important technique, allowing the estimation of flows in places with insufficient data or nonexistent data. The model was based on 12 fluviometric stations distributed in the main rivers that make up the Madeira River basin. The permanence curves were calibrated using 4 mathematical models of regression: exponential, logarithmic, quadratic and cubic. The regionalization model was established using the multiple regression technique. The spatial variation of the model parameters was explained in terms of drainage area, annual mean rainfall and river length. The model was validated using the Jack-knife method, obtaining satisfactory results by the graphical adjustments of the simulated and observed flows in stations with drainage area between 921000 to 1150000 Km². The best fit of the cubic model was represented mathematically by mean square error relative to percentages below 10%. The performance of the calibrated and validated model demonstrates the potential of this model in the estimation of the permanence curves for the rivers with large drainage area that compose

1 | INTRODUÇÃO

O estudo de vazões é fundamental para o entendimento da dinâmica do ciclo da água em bacias hidrográficas, pois representa a resposta da bacia às alterações climáticas e antrópicas, como eventos extremos de precipitação e mudanças no uso do solo, servindo como base para efetivo acesso e controle dos múltiplos usos da água, seja para geração de energia elétrica, agricultura, sistema de abastecimento de água, esgotamento sanitário, navegação etc. Desta forma, para o gerenciamento dos recursos hídricos de determinada região, as condições climáticas e o regime hidrológico devem ser analisados.

Segundo Gontijo Junior e Koide (2012), para que a rede de monitoramento fluviométrica seja eficiente, as estações devem ser instaladas de forma que sua densidade e distribuição espacial na região permita que se determine com precisão, as características básicas dos elementos hidrológicos de qualquer parte dessa região.

A regionalização hidrológica consiste na utilização de um conjunto de ferramentas que buscam formas de transferência de informações de um local para outro da bacia hidrográfica, com o intuito de suprir esta carência de informações numa dada região. As diversas fases e procedimentos de um estudo de regionalização são resumidos por Tucci (1993).

A regionalização hidrológica consiste na utilização de um conjunto de ferramentas que buscam formas de transferência de informações de um local para outro da bacia hidrográfica, com o intuito de suprir esta carência de informações numa dada região. As diversas fases e procedimentos de um estudo de regionalização são resumidas por Tucci (1993).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi aplicar a metodologia de Mimikou e Kaemaki (1985), na sub-bacia do Rio Madeira, utilizando 12 estações fluviométricas pertencentes à região da bacia, buscando avaliar o desempenho do modelo calibrado e validado no potencial deste, na estimativa das curvas de permanência para os rios com dados hidrológicos escassos que compõem a bacia do Rio Madeira.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo e Dados Utilizados

A bacia do rio Madeira está localizada na região amazônica, a margem esquerda do rio Amazonas, banhando os estados de Rondônia e do Amazonas, com superfície aproximada de 1.420.000 km² e área de drenagem de 1.324.727 km². A bacia representa 23% do total da bacia Amazônica e se estende por três países da América do Sul, Bolívia (51%), Brasil (42%) e Peru (7%), (Guyot, 1993).

A bacia do rio Madeira possui as três unidades morfo-estruturais apresentadas com a seguinte proporção: Andes (15%), planície Amazônica (44%) e escudo Brasileiro (41%). Devido a essa característica, verificam-se grandes altitudes na parte montante da bacia, vastas zonas de inundação na planície como dos rios Guaporé, Beni e Mamoré apresentam várzeas que totalizam 150.000 km de extensão, enquanto que o rio Madeira, entre a confluência dos rios Beni e Mamoré até a foz, possui 12.800 km de várzea e a presença de cachoeiras no escudo brasileiro, principalmente próximo a Porto Velho (RIBEIRO NETO, 2006).

Quanto ao clima a bacia do rio Madeira possui aspectos semelhantes à bacia Amazônica, caracterizando-se por um clima quente e úmido (clima equatorial) com temperatura média anual variando entre 24 e 26 °C na planície Amazônica. Nos planaltos e nos Andes a temperatura média é mais baixa, sendo que, no caso dos Andes, verifica-se inclusive precipitação em forma de neve (RIBEIRO NETO, 2006). O rio Madeira é o mais importante tributário do rio Amazonas, na parte sul da bacia Amazônica, com uma descarga média anual de 31.200 m³ s⁻¹ (ANDRADE, 2008), favorecendo e potencializando a geração de energia elétrica, uma vez que muitos afluentes do rio possuem características que se adéquam às condições básicas para a construção de usinas hidrelétricas.

A região do Madeira apresenta clima e relevo variados com elevadas altitudes na região Andina (Bolívia) aproximando-se de 6400 metros, até profundos vales atingindo a planície amazônica com quase 500 metros; além das zonas de instabilidade climática, influenciados por fenômenos de circulação atmosférica e chuvas intensas determinando um alto índice de vazão, e umidade da esfera gasosa que envolve a terra. A distribuição de chuvas pode ser explicada, em geral, pela dinâmica das principais massas de ar ativas em parte da América do Sul, e pela influência das montanhas na cordilheira dos Andes, tanto na escala continental quanto na escala de vales.

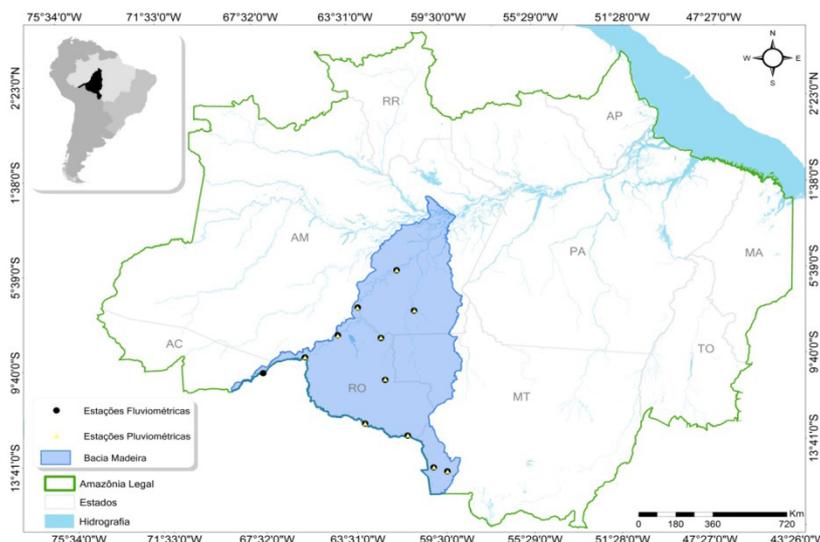


Figura 1- Mapa de localização da Sub-Bacia do Rio Madeira.

Fonte: Autora, 2018

O presente estudo envolveu 12 estações fluviométricas e 12 pluviométricas localizadas na sub-bacia do Rio Madeira. A distribuição espacial das estações fluviométricas e pluviométricas consideradas no estudo; é apresentada na Figura 1. As estações fluviométricas com suas respectivas informações morfoclimáticas (Tabela 1) foram obtidas a partir da base de dados da Agência Nacional de Água (ANA), em Brasil (2015).

Código	Rio	Nome	A(Km ²)	P(mm)	L(km)
15050000	Guaporé	Pontes e Lacerda	2990	1521	245
15120001	Guaporé	Mato Grosso	22500	1399	230
15130000	Guaporé	Pimenteiras	54400	1968	746
15150000	Guaporé	Pedras negras	110000	1511	460
15320002	Madeira	Abunã	921000	1841	433
15324000	Abunã	Palmeiral	7740	1654	62
15400000	Madeira	Porto Velho	976000	2245	148
15560000	Jiparaná	Ji-Paraná	32800	1941	406
15580000	Jiparaná	Tabajara	60200	2368	88
15630000	Madeira	Humaitá	1090000	2276	549
15700000	Madeira	Manicoré	1150000	2530	221
15800000	Aripuanã	Boca do Guariba	70100	2935	320

Tabela 1: Informações Morfoclimáticas das Estações Fluviométricas usadas na Calibração.

As 12 estações fluviométricas utilizadas, foram usadas para a calibração do modelo e validação do estudo. Além dos dados de vazões mensais e precipitações médias anuais, também foram usadas características fisiográficas, como: área de drenagem, e comprimento do rio. Para cada estação fluviométrica foi atribuído um valor de precipitação média anual que foi obtido de 12 estações pluviométricas, levando em consideração a posição geográfica (Latitude e Longitude) das estações e a consistência dos dados.

2.2 Calibração das Curvas de Permanências de Vazão

A calibração das curvas de permanência foi efetuada, seguindo a obra de Mimikou e Kaemaki (1985). Nesse caso, foram usados, 4 modelos matemáticos: exponencial, logarítmico, quadrático e cúbico para a calibração das curvas de permanência de vazões. Esses modelos são descritos nas equações 1 – 5.

$$Q = a \cdot \exp. (-b \cdot D) \quad (1)$$

$$Q = a - b \cdot \ln D \quad (2)$$

$$Q = a - b \cdot D + c \cdot D^2 \quad (3)$$

$$Q = a - b \cdot D + c \cdot D^2 - d \cdot D^3 \quad (4)$$

Em que, Q - vazão em m³/s; os parâmetros a, b, c e d são constantes positivas que serão determinados pelo método dos mínimos quadrados e podem ser interpretados como representativos das informações físicas e climáticas e D é a permanência em %.

Dos dados das 12 estações utilizadas na calibração foram selecionados 25 pares de Q (m³/s) x D (Permanência %), onde a permanência foi dividida em intervalos de 4% até alcançar os 100%. A partir desses pares, foram produzidas as curvas de permanência. Para efetivar a calibração dos cinco modelos, foi utilizada uma planilha eletrônica, esta, por sua vez, através do método dos mínimos quadrados, gerou os parâmetros a, b, c e d, para cada modelo matemático testado.

2.3 Critérios de desempenho dos Modelos

No desempenho do modelo na calibração foram considerados o erro quadrado relativo médio percentual, $\epsilon\%$ (equação (5)) e o coeficiente de determinação ajustado (R^2_a) (equação (6)).

$$\epsilon = N^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{Q_i - \hat{Q}_i}{Q_i} \right)^2 \right]^{1/2} \cdot 100 \quad (5)$$

Sendo:

Q_i = vazão observada (m³/s);

\hat{Q}_i = vazão estimada pelo modelo de regionalização (m³/s); e

N = número total de vazões observadas.

$$R^2_a = 1 - \frac{n-1}{n-p-1} \cdot (1 - R^2) \quad (6)$$

Sendo:

R^2_a = coeficiente de determinação ajustado.

n = número de valores observados;

p = número de variáveis independentes;

R^2 = coeficiente de determinação.

Na etapa de validação, foram utilizados os valores do erro quadrático relativo médio percentual ($\epsilon\%$) e os coeficientes de Nash-Sutcliffe (Nash) (equação (7)), para se avaliar o desempenho do modelo. Nash & Sutcliffe (1970) propuseram uma equação que compara a redução do desvio quadrático do erro do modelo com o desvio quadrático do modelo alternativo de prever sempre a média dos valores.

O coeficiente de Nash pode variar a partir de $-\infty$ a 1,0. Quanto mais próximo de 1, mais exato será o modelo. O valor de Nash é fortemente influenciado por erros nas

vazões máximas, por isto, quando Nash é próximo de 1, o modelo está obtendo um bom ajuste para as cheias. O desempenho de um modelo é considerado adequado e bom se o valor de Nash supera 0,75, e é considerado aceitável se o valor de Nash ficar entre 0,36 e 0,75 (COLLISCHONN, 2001).

$$Nash = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_m)^2} \quad (7)$$

Sendo,

Nash o coeficiente de Nash-Sutcliffe;

Q_i a vazão observada;

\hat{Q}_i a vazão simulada pelo modelo;

\bar{Q}_m a média das vazões observadas.

2.4 Regionalização

A regionalização foi efetuada por meio da técnica da regressão múltipla dos parâmetros a , b , c e d do modelo cúbico, obtidos através do processo de calibração, em função das características das bacias analisadas, que são: área de drenagem, precipitação média anual e comprimento do rio, representadas por A (km²), P (mm) e L (m), respectivamente.

Foi utilizada a equação de regressão linear (equação 8) para efetivar a regionalização, uma vez conhecidos os valores dos parâmetros a , b , c e d do modelo cúbico e das características físicas e climáticas das bacias em estudo.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 \dots + \beta_i \cdot X_i + \epsilon \quad (8)$$

Sendo:

Y = variável dependente;

β_0 = constante de regressão;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_i$ = coeficientes de regressão;

$X_1 \dots X_i$ = variáveis independentes ou explicativas;

ϵ = erro da regressão.

2.5 Validação do Modelo

Para a validação dos modelos de regressão, foram quantificados e analisados os erros contidos no modelo regional. Foi utilizado o método Jack-knife, o qual consiste em uma repetida análise espacial dos resultados excluindo-se uma das estações

para a regressão com a finalidade de validar o modelo utilizando a mesma. Esse procedimento deve ser feito para todas as estações utilizadas na regionalização dos parâmetros do modelo, visando verificar se os erros contidos no modelo são aceitáveis.

Este procedimento é resumido por Castellarin *et al.* (2007), e foi utilizado por Shu e Ouarda (2012), para avaliar o desempenho do método de estimativas de vazões diárias aplicados à rede de estações fluviométricas de Quebec, Canadá, o procedimento foi adaptado para as seguintes etapas:

- **Etapa 1:** selecionam-se as características morfoclimáticas e os valores dos parâmetros ***a***, ***b***, ***c*** e ***d***, obtidos na calibração para as *N* estações fluviométricas utilizadas no estudo;
- **Etapa 2:** uma das estações definida como bacia-alvo, é retirada do modelo ajustado; e então é aplicada a técnica de regressão múltipla para obter o modelo regional dos dados das *N-1* estações restantes;
- **Etapa 3:** o modelo regional produzido na etapa 2 é aplicado aos dados da bacia-alvo para calcular os parâmetros *a*, *b*, *c* e *d*;
- **Etapa 4:** de posse dos parâmetros *a*, *b*, *c* e *d* é feita a estimativa de vazões para a bacia-alvo;
- **Etapa 5:** as vazões estimadas na etapa 4 são comparadas com as vazões observadas da bacia-alvo, calculando-se o erro quadrático relativo médio percentual ($\epsilon\%$) e o coeficiente de Nash-Sutcliffe (Nash), que são utilizados para avaliar o método;
- **Etapa 6:** as etapas 2 a 5 são repetidas *N* vezes, de forma que cada estação torne-se bacia-alvo, podendo-se ao final obter valores para analisar a eficiência do modelo.

A escolha desse procedimento deve-se à possibilidade de se fazer um número de regionalizações igual ao número de estações disponíveis em uma região, de forma que, para cada curva estimada, exista uma curva observada para comparação e análise, visando verificar se os erros contidos no modelo são aceitáveis.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Calibração

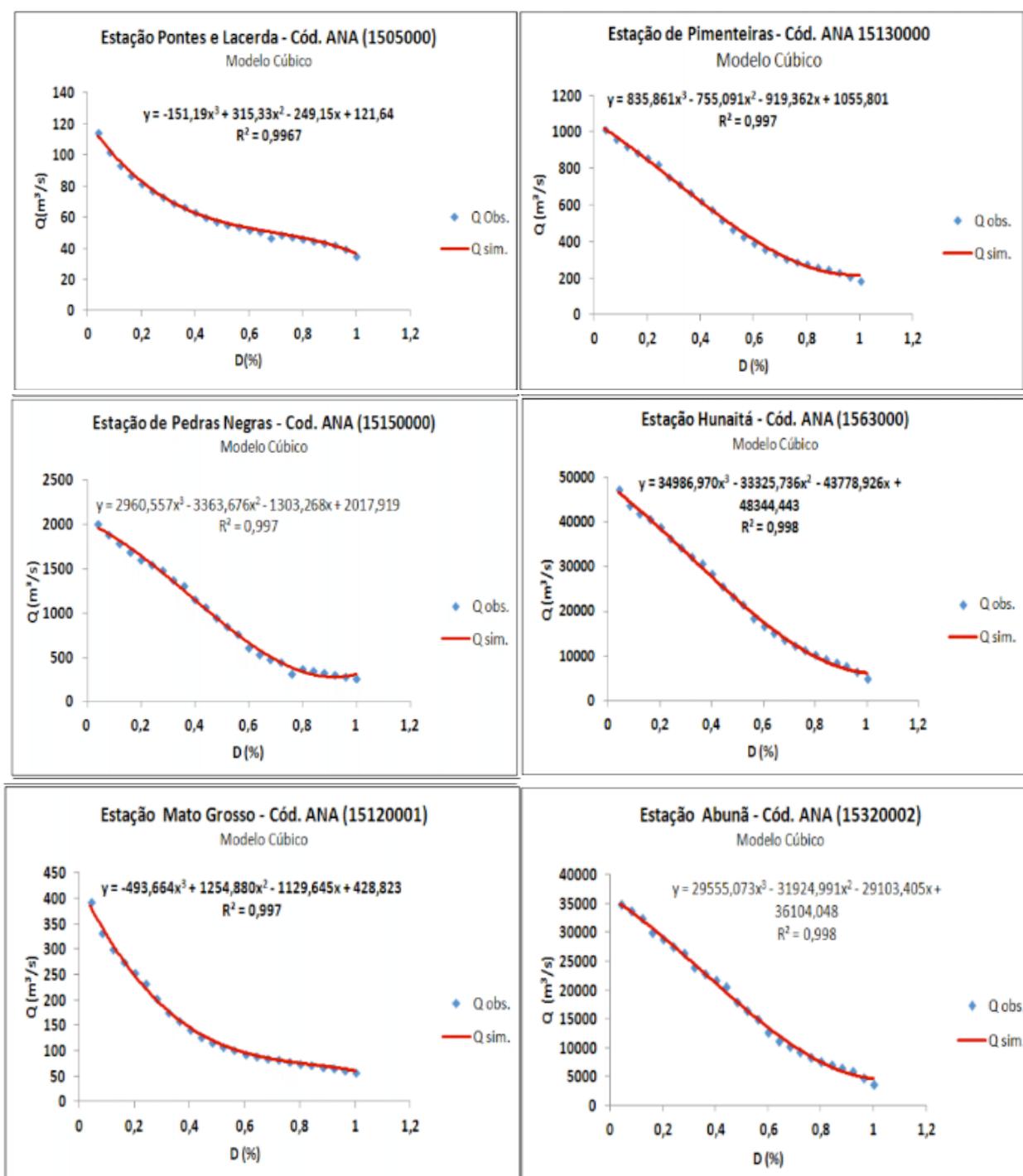
O modelo cúbico apresentou-se como o mais adequado para se efetivar a regionalização, pois apresentou os resultados mais satisfatórios, com menor $\epsilon\%$, maior R^2_a e melhor ajuste das curvas de permanência calibradas. As médias dos resultados obtidos para cada modelo estão apresentadas na Tabela 2.

Modelo								
	Cúbico		Logarítmico		Exponencial		Quadrático	
	ε %	R ² _a	ε %	R ² _a	ε %	R ² _a	ε %	R ² _a
Média	0,0189	0,9966	0,0415	0,931	0,0231	0,9801	0,0215	0,9924

Tabela 2: Resumo da Média dos Erros (%) e R²_ajustado (R2_a)

Fonte: Autora, 2018.

A Figura 2 apresenta as curvas de permanência calibradas para cada uma das regiões hidrográficas analisadas. Pode-se observar na Tabela 2, que o modelo cúbico (Equação 5), ajustou-se melhor às curvas de permanência observadas.



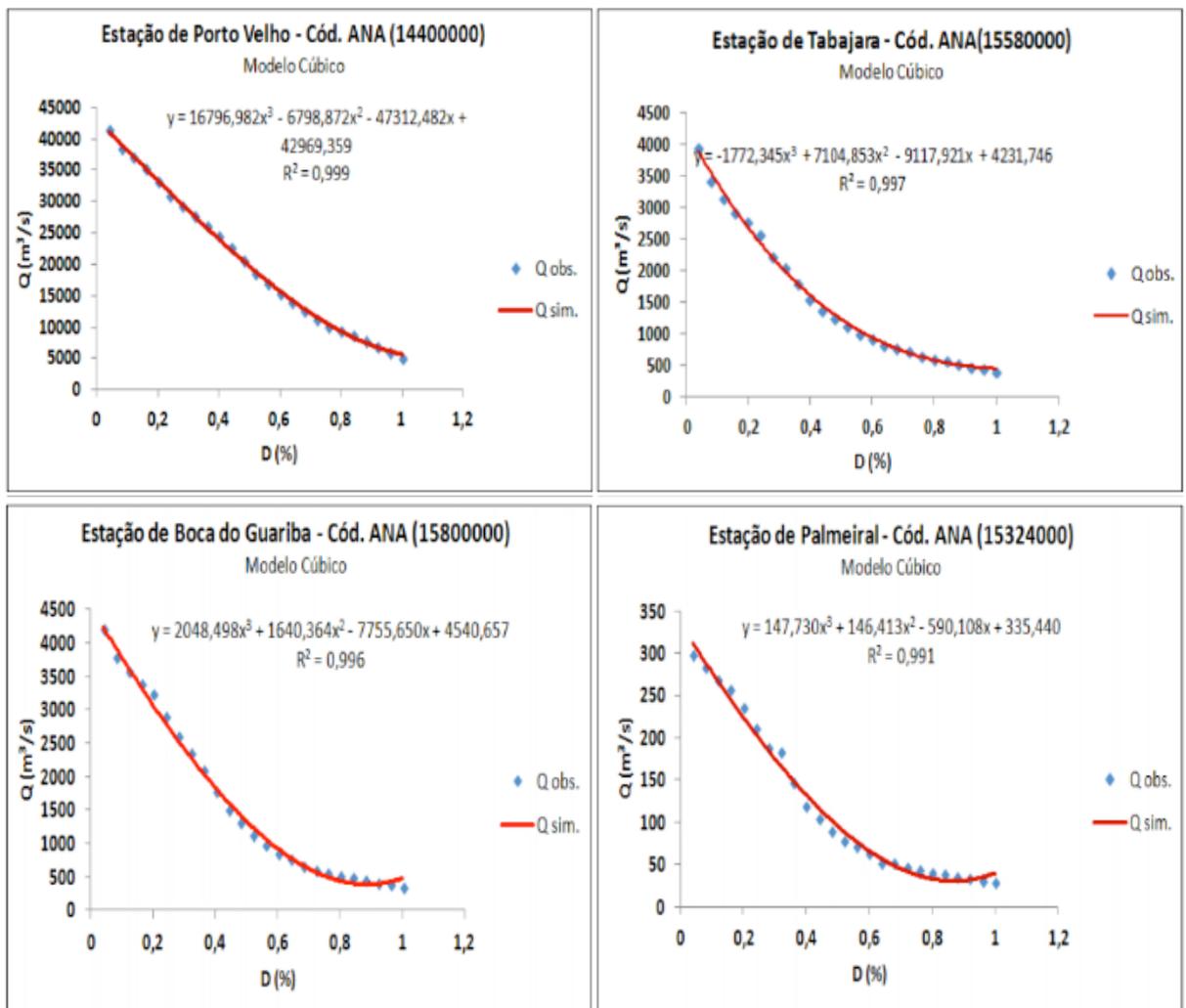


Figura 2- Curvas de Permanência Observadas e Simuladas

Fonte: Autora, 2018

3.2 Análise de Multicolinearidade

Como não houve multi-colinearidade, pois nenhum valor aproximou-se de 0,85, todas as variáveis independentes foram utilizadas na regionalização (Tabela 3).

	A(Km ²)	P(mm)	L(Km)
A(Km ²)	1		
P(mm)	0,3743	1	
L(Km)	0,064	-0,0421	1

Tabela 3 – Matriz de correlação entre as variáveis independentes

Fonte: Autora, 2018.

3.3 Modelo de regressão utilizado na Regionalização

A Tabela 4 resume os valores dos parâmetros do modelo cúbico, os quais foram obtidos das curvas calibradas. Os parâmetros *a*, *b*, *c* e *d* podem ser interpretados

como representativos das informações físicas e climáticas, que exercem influência nas vazões.

Código	Estação	Parâmetros e R ² – quadrado				R ² _a
		a	b	c	d	
15130000	Pimenteiras	1055,8	919,36	755,09	835,86	0,9968
15150000	Pedras negras	2017,91	1303,26	3363,67	2960,55	0,9968
15320002	Abunã	36104,04	29103,4	31924,99	29555,07	0,9979
15400000	Porto Velho	42969,35	47312,48	6798,87	16796,98	0,9989
15560000	Ji-Paraná	2119,79	4516,48	3297,43	623,51	0,9968
15580000	Tabajara	4231,74	9117,92	7104,85	1772,34	0,9968
15630000	Humaitá	48344,44	43778,92	33325,73	34986,97	0,9979
15700000	Manicoré	54318,39	59193,16	11806,36	24014,28	0,9989
15800000	Boca do Guariba	4540,65	7755,65	1640,36	2048,49	0,9958
15050000	Pontes e Lacerda	121,64	249,15	315,33	151,19	0,9958
15120001	Mato Grosso	428,82	1129,64	1254,88	493,66	0,9968
15324000	Palmeiral	335,44	590,108	146,41	147,73	0,9906

Tabela 4 – Parâmetros e coeficientes de determinação ajustado das equações de regressão do modelo cúbico.

Fonte: Autora, 2018.

A partir da aplicação do processo de regressão foram obtidos os modelos de regionalização linear (Tabela 5). Esses modelos podem ser usados para estimar os valores dos parâmetros e, portanto, construir uma curva de permanência de vazões da forma cúbica para qualquer outro local da sub-bacia do Rio Madeira que apresentarem áreas de drenagem elevadas.

Modelo de regionalização Cúbico Linear
a= -4277,712 + 0,04346. A + 2,83199.P - 4,11092.L
b= -8117,253 + 0,04061.A + 7,04322.P - 12,9632.L
c= 1500,356 + 0,0188.A - 2,2805.P + 13,7911.L
d= -275,6978 + 0,0255.A - 1,3048.P + 8,7699.L

Tabela 5- Modelo de Regionalização Cúbico Linear.

Fonte: Autora, 2018.

3.4 Validação

O erro relativo médio apresentou variabilidade alta e ocorreu coeficiente de Nash negativos em algumas bacias, devido o modelo ter produzido translação da curva estimada em relação à observada (Tabela 6). Segundo, Pessoa (2011) esta discrepância, entre os valores encontrados para as bacias-alvo, pode ter ocorrido devido a grande variabilidade das áreas de drenagem das bacias de cada posto fluviométrico disponível na região. No entanto, o modelo que apresentou resultados satisfatórios

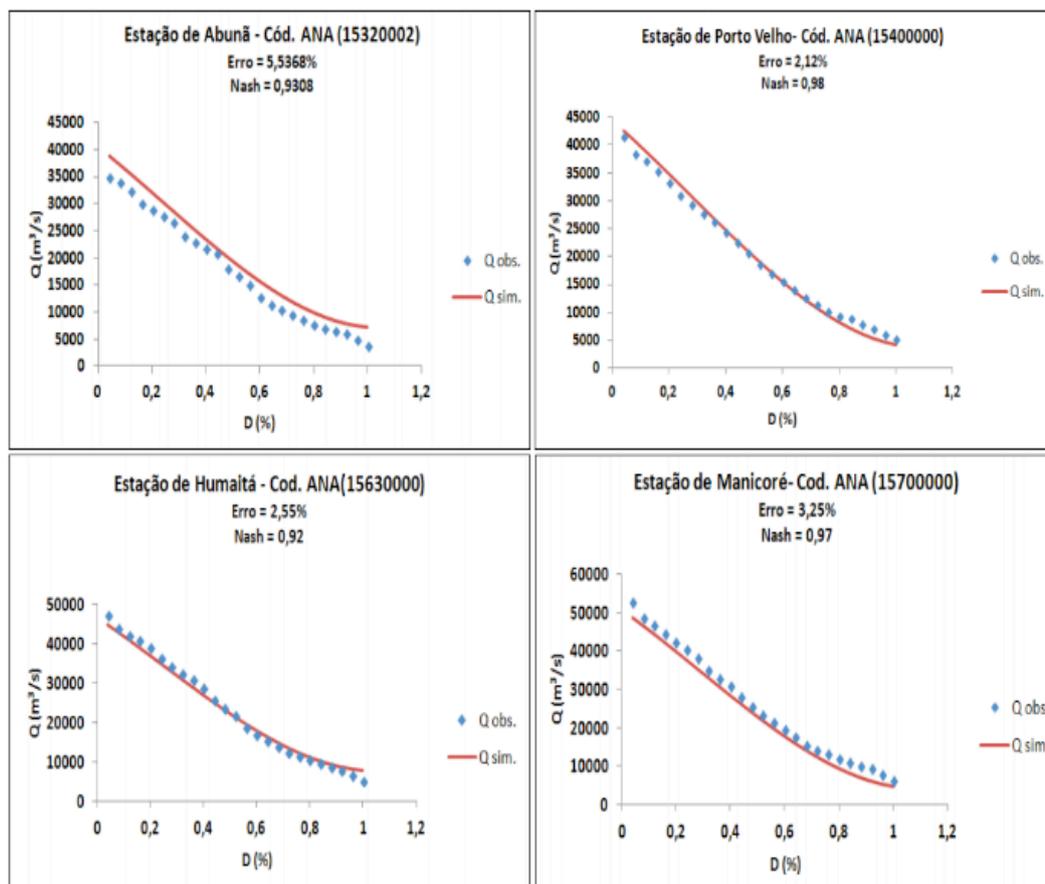
apenas nas bacias Abunã, Porto Velho, Humaitá e Manicoré, todas pertencentes ao rio Madeira.

Código	Bacia- Alvo	Linear	
		Erro (%)	Nash
15050000	Pontes e Lacerda	264	-1412
15120001	Mato Grosso	252	-3812
15130000	Pimenteiras	116	-6,45
15150000	Pedras negras	4685	-15761
15320002	Abunã	5,53	0,93
15324000	Palmeiral	2165	1905
15400000	Porto Velho	2,12	0,98
15560000	Ji-Paraná	34,64	-0,76
15580000	Tabajara	116	-8,44
15630000	Humaitá	2,55	0,92
15700000	Manicoré	3,25	0,97
15800000	Boca do Guariba	276	-24
Média		660	-1592

Tabela 6 – Valores do Erro relativo médio e coeficiente de Nash de cada bacia-alvo

Fonte: Autora, 2018.

Na Figura 3, podem-se observar o erro quadrático relativo médio percentual e o coeficiente de Nasch, os ajustes da curva de permanência das bacias-alvo de Abunã, Porto Velho, Humaitá e Manicoré, do modelo linear.



Fonte: Autora, 2018.

Foram retiradas as bacias alvo de Abunã, Porto Velho, Humaitá e Manicoré por apresentarem áreas de drenagem muito extensas e novamente foi realizado o método Jack-knife para 8 estações restantes. Observou-se que o erro quadrático médio e o coeficiente de Nash apresentaram valores melhores do que na modelagem anterior, mas o modelo não apresentou resultados satisfatórios, sugerindo aplicar modelos não lineares.

Código	Bacia- Alvo	Linear	
		Erro (%)	Nash
15050000	Pontes e Lacerda	50	-3,4
15120001	Mato Grosso	134	-26
15130000	Pimenteiras	41	-4,8
15150000	Pedras negras	456	-172
15324000	Palmeiral	197	-25
15560000	Ji-Paraná	27	0,53
15580000	Tabajara	47	0,29
15800000	Boca do Guariba	65	-0,37
Média		127	-28,84

Tabela 7 – Valores do Erro relativo médio e coeficiente de Nash de cada bacia-alvo

Fonte: Autora, 2018

4 | CONCLUSÕES

Neste trabalho, aplicou-se um modelo de regionalização de curvas de permanência de vazão para a sub-bacia do Rio Madeira. Foram utilizadas características físico e climáticas de 12 estações fluviométricas. As curvas de permanência de vazões foram calibradas em função de 4 modelos matemáticos de regressão: exponencial, logarítmico, quadrático e cúbico.

O modelo sugerido para a regionalização das curvas de permanência foi selecionado levando-se em consideração o coeficiente de determinação ajustado (R^2_a) e o erro quadrático relativo médio percentual ($\epsilon\%$). O modelo cúbico foi o que obteve melhores resultados, pois apresentou menores erros médios percentuais e maiores R^2_a . Através da técnica de regressão múltipla foi efetuada a regionalização dos parâmetros a , b , c e d do modelo cúbico, em função das características morfoclimáticas da sub-bacia.

Na etapa de validação do modelo, foi aplicado o procedimento de Jack-knife para as 12 estações fluviométricas, considerando-as como uma única região, e agrupando as 12 estações, o modelo obteve um bom desempenho somente para 4 bacias-alvo (Abunã, Porto Velho, Humaitá e Manicoré), sendo essas as que apresentaram maior área de drenagem e foram consideradas regiões homogêneas. Assim, propôs-se a otimização do modelo, através do método de tentativa e erro, considerando o agrupamento das bacias em função da dimensão de suas áreas de drenagem e aplicou-se novamente a metodologia somente para 8 estações, retirando as estações com maior área de drenagem e observou-se uma redução do erro quadrático médio percentual e do coeficiente de Nash, porém o modelo linear não obteve um bom desempenho sugerindo aplicar modelos não lineares. Logo, pode-se concluir que desempenho do modelo calibrado e validado demonstra o potencial deste na estimativa das curvas de permanência para os rios com grande área de drenagem que compõem a bacia do Rio Madeira.

REFERÊNCIAS

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: Novembro/2015.

ANDRADE, C. D. **Análise pluviométrica da bacia transfronteiriça do rio Madeira**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2008.

COSTA, A.S.; CARIELLO, B.L.; BLANCO, C.J.C.; PESSOA, F.C.L. **Regionalização de Curvas de Permanência de Vazão de Regiões Hidrográficas do Estado do Pará**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.27, n.4, 413-422, 2012.

RIBEIRO NETO, A. **Simulação Hidrológica na Amazônia: Rio Madeira** [Rio de Janeiro] 2006. XVII 178 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia Civil, 2006). Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

GONTIJO JR. W.C.; KOIDE, S. **Avaliação de Redes de Monitoramento Fluviométrico Utilizando o**

Conceito de Entropia. Revista Brasileira de Recursos Hídricos V. 17, n.1, 97-109, 2012.

MIMIKOU, M.; KAEMAKI, S. **Regionalization of flow duration characteristics.** Journal of Hydrology, 82, 77-91, 1985.

NASH, J. E.; SUTCLIFFE, J. V. **River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles.** Journal of Hydrology., Vol. 10, Issue 3, p. 282-290, 1970.

PESSOA, F.C.L; BLANCO, C.J.C; MARTINS, J.R. 2011. **Regionalização de curvas de permanência de vazão da região da Calha Norte no Estado do Pará.** Revista Brasileira de recursos Hídricos, 16 (2): 65-74.

TUCCI, C.E.M. **Regionalização de vazões.** Editora da Universidade. UFRGS. 1ª edição. Porto Alegre, 2002.

REÚSO DE ÁGUA EM EMPREENDIMENTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS

Antonio de Freitas Coelho

Empresa Baiana de Águas e Saneamento
(EMBASA)
Salvador – Bahia

Ailton Braz da Silva

Lavajato Topa-Tudo
Irecê – Bahia

RESUMO: Os lava-jatos são empreendimentos comuns na região de Irecê (semiárido baiano), e a atividade vem crescendo, sendo grande consumidora de água potável, competindo o uso com o abastecimento humano. A atividade é potencialmente poluidora dos recursos hídricos, necessitando de regularização, gestão de resíduos, tratamento e reúso de água. Diante dessa problemática, desenvolveu-se um projeto piloto de baixo custo para reúso e tratamento de efluentes em um lava-jato em Irecê. O projeto foi implantado em setembro de 2014 e continua funcionando desde então. A capacidade de tratamento do projeto é de 1,0 m³/hora. As tecnologias de tratamento adotadas foram similares àquelas utilizadas em abastecimento público, a exceção apenas do controle de salinidade pela adição de água potável ou de chuva. O projeto tem se mostrado eficiente no processo de tratamento e clarificação do efluente, no que se refere a parâmetros

como cor aparente, turbidez e pH, oferecendo redução significativa no custo e consumo de água potável. Dessa forma, apresenta-se como alternativa para implantação em outros empreendimentos de “lava-jatos” em Irecê e região, contribuindo significativamente para o desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso; Água; Lavagem de veículos.

ABSTRACT: Car washes are common enterprises in the region of Irecê (semi-arid Bahia), and the activity comes growing, being great consumer of drinking water, competing the use with the human supply. The activity is potentially polluting water resources, requiring regularization, waste management, treatment and reuse of water. In the face of this problem, a low-cost pilot project was developed to reuse and treatment of effluents in a jet lavatory in Irecê. The project was implemented in September 2014 and continues to function ever since. The treatment capacity of the project is 1.0 m³ / hour. The were similar to those used for public supply, with the control of salinity by the addition of drinking water or rainfall. The project has proved to be process and clarification of the effluent, with respect to parameters such as apparent color, turbidity and pH, offering a significant reduction in the cost and consumption

of drinking water. In this way, it is presented as alternative to other “jet-wash” projects in Irecê and sustainable development and the preservation of water resources.

KEYWORDS: Reuse; Water; Washing of vehicles.

1 | INTRODUÇÃO

A escassez de água potável é um problema que desafia a humanidade a buscar soluções e alternativas. Uma das soluções propostas é adoção de estratégias para reduzir o consumo tanto através do consumo consciente da população, quanto através do reúso de águas residuárias nos empreendimentos e indústrias. Embora esta prática seja uma importante ferramenta no gerenciamento de recursos hídricos e de políticas ambientais, ainda caminha lentamente no Brasil, onde há poucas experiências no reúso planejado e institucionalizado, principalmente para o reúso de esgotos domésticos tratados (FONSECA, 2001; TOSETTO, 2006).

Os “lava-jatos” representam empreendimentos em franca expansão no país e a atividade vem crescendo, acompanhando o crescimento na quantidade de veículos. Entretanto, a atividade é grande consumidora de água potável e potencialmente poluidora dos recursos hídricos, necessitando de regularização, gestão de resíduos, tratamento e reúso de água. Outra questão a considerar é que a atividade compete o uso da água potável com usos mais nobres, como o abastecimento humano.

No município de Irecê, existiam 31.109 veículos cadastrados em março de 2018 (DENATRAN, 2018) e, destes, 93,2% eram motos, automóveis de passeio ou caminhonetes, veículos lavados principalmente em lava-jato de pequeno porte.

Supondo, para ter uma ideia do problema dos efluentes de lava-jato, que sejam lavados esses veículos uma vez por mês na cidade e que sejam gastos 80 litros de água em cada lavagem, seriam consumidos no mês 2.488,7 m³ de água potável. Como não existe tratamento e reúso de água quase que na totalidade dos estabelecimentos e não existe esgotamento sanitário em 89% do município, pelo menos cerca de 1.991 m³ de efluentes são gerados no processo de lavagem de veículos (adotando-se 80% como sendo o volume efetivo de efluentes). Por essa análise, o volume de 1.991 m³ de efluentes está contaminando o aquífero subterrâneo da região com óleos e graxas, surfactantes, metais, nitrogênio, fósforo, etc. Considerando o poder poluidor do efluente em relação a óleos e graxas e considerando valor de 90 mg/l deste parâmetro (valor mínimo encontrado nos trabalhos de BONIN & MARQUES, 1999; ROSA et al, 2011; e ZIMMERMAN, 2008) e o valor limite da legislação de 20 mg/l (CONAMA 430/2011), 1 litro do efluente de lava-jato é capaz de tornar poluído 4,5 litros de água. Dessa forma, os 1.991 m³ de efluentes gerados são capazes de tornar poluídos 8.959,5 m³ de água do manancial subterrâneo da região a cada mês, causando impacto ambiental muito grande, considerando apenas um parâmetro e que cada veículo seja lavado apenas uma vez por mês.

Caso houvesse reaproveitamento e tratamento desses efluentes, o consumo de

água potável cairia para menos de 497,8 m³ (20% do volume atual), e os efluentes seriam devidamente tratados e representariam esse mesmo volume indo parar nos mananciais da região, porém tratados. Essa ação reduziria significativamente os impactos ambientais causados pela atividade de lava-jato no município e os proprietários desses empreendimentos ainda fariam economia financeira, pois o custo com água potável seria drasticamente reduzido. O excedente de água potável seria disponibilizado para novas residências e/ou para aumentar a oferta daquelas já abastecida com esta água, diminuindo assim a pressão nos mananciais da região.

Dessa forma, implantar sistemas de tratamento e reaproveitamento de efluentes para usos não potáveis nesses empreendimentos, como lavagem novamente de veículos, se configura como uma das formas de utilizar a água de forma racional e sustentável, configurando-se com estratégia importante para preservação dos recursos hídricos e disponibilização destes recursos para usos mais nobres.

2 | OBJETIVOS

Desenvolver projeto piloto de baixo custo para reúso e tratamento de efluentes em um empreendimento de lava-jato no município de Irecê e utilizar os resultados obtidos como modelo para desenvolvimento e aplicação em outros empreendimentos do ramo.

Estudar a viabilidade técnica do projeto para servir como modelo para outros empreendimentos.

Contribuir para o uso racional de recursos hídricos na região de Irecê, Bahia.

3 | MÉTODOS/METODOLOGIA

O projeto iniciou operação em setembro de 2014, mantendo atividades desede então. Foi implantado em um estabelecimento de lava-jato, localizado no Município de Irecê, Bahia.

A primeira etapa consistiu em realização de análises e ensaios de laboratório para caracterização do efluente e definição da estratégia de tratamento a ser utilizada. As análises foram realizadas no laboratório de Controle de Qualidade da Estação de Tratamento de Água de Ibititá, de propriedade da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA). A metodologia das análises empregadas foram as mesmas utilizadas por esta empresa no monitoramento e controle da qualidade de água potável.

Após a definição da estratégia, foi elaborado o sistema para tratamento e reúso com capacidade de tratamento de 1,0 m³/hora. Para controle da salinidade, estipulou adição de 20% de água potável e reaproveitamento de 80% de água utilizada. O projeto foi passado para o empreendedor executá-lo sob orientação.

Os resultados de consumo e custo de água potável foram retirados da conta de água do empreendimento, a qual é baseada na leitura do hidrômetro fornecido pela

EMBASA e instalado no empreendimento.

Com os resultados obtidos no projeto piloto, foi elaborado um estudo de viabilidade técnica, ambiental e econômica do empreendimento, que poderá ser utilizado como modelo para implantação em outros “lava-jatos”.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O empreendimento escolhido foi o “Lava-Jato Topa-Tudo”, de propriedade de Ailton Braz da Silva, que existe há mais de 10 anos no ramo, localizado no município de Irecê. Este empreendimento é responsável pela lavagem dos 36 veículos entre carros e caminhões à disposição da Unidade da EMBASA em Irecê, além de veículos de particulares e outras empresas. Em médio, são realizadas 300 lavagens por mês.

Neste empreendimento, antes de implantar o sistema aqui estudado, existia um sistema simples de reúso, sem adição de produtos químicos e sem filtração, consistindo apenas em um tanque de decantação, que proporcionava até 20% de economia no consumo de água potável, mas gerava uma série de inconvenientes principalmente com odores e danos aos veículos dos clientes. O consumo médio mensal era de 14,8 m³ de água potável. O projeto foi desenvolvido para que o consumo mensal não ultrapassasse a 10 m³ de água potável, faixa de menor custo de água até 2016, e segundo menor curso a partir de 2017, representando economia mínima de 50% no consumo de água.

5 | SISTEMA DESENVOLVIDO

A partir dos resultados obtidos em laboratório, foi pensada a tecnologia de tratamento a ser utilizada, cuja vazão foi definida para 1.000 litros por hora, aproveitando as estruturas existentes no empreendimento. A tecnologia consistiu nas mesmas tecnologias utilizadas no tratamento convencional de água potável, conforme NBR12.216/1992, incluindo o reaproveitamento de efluentes de lavagens e descargas de filtro, tratamento de lodo, e a desinfecção para manter residual de cloro entre 0,5 e 1,5 mg/l, de acordo com a NBR 13.969/1997. Como etapas adicionais, foram incluídos: caixa de separação água e óleo; e o controle da salinidade por adição de água potável ou de chuva, conforme MORELLI (2005). As Figuras 1 e 2 mostram o sistema de tratamento adotado.

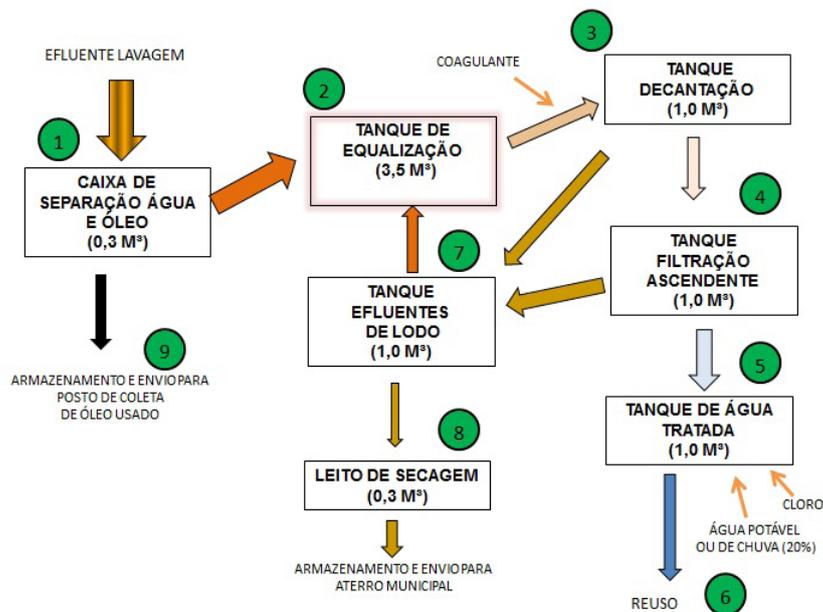


Figura 1: Esquema geral de tratamento.

Escolheu-se a construção em alvenaria de caixa de separação de água e óleo de três compartimentos, totalizando 300 litros de volume. Optou-se por tanque de equalização para recebimento dos efluentes com capacidade de 3.500 litros, sendo este construído também em alvenaria. O tanque de alvenaria foi pensado nessa capacidade para poder ser capaz de armazenar água de chuva e utilizá-la no processo. A bomba escolhida foi de 1,0 CV de potência e monofásica de 220 V.

O sistema de dosagem escolhido foi dosagem do produto via hidrojator do tipo tubo de Venturi, possuindo uma polegada de diâmetro máximo, economizando-se assim o custo com bomba dosadora. Esse dispositivo, além de ser muito mais barato que uma bomba dosadora de diafragma, propicia gradientes de velocidade ideais para mistura do produto com a água a ser tratada, de forma semelhante à calha *Parshall* em uma ETA convencional.

Utilizou-se o tanino catiônico como agente coagulante/floculante do efluente a ser tratado. O produto utilizado foi o Tanfloc SG. Além dos melhores resultados em *Jartest*, levando em consideração melhor remoção de cor, turbidez, da menor redução de pH e da menor dosagem, o tanino catiônico é de origem vegetal, biodegradável, possui ação quelante em metais, reduz os surfactantes e gera menos resíduos, o que trará menos impacto ao meio ambiente (SILVA, 1999; CRUZ, 2004; MANGRICH et al, 2014).

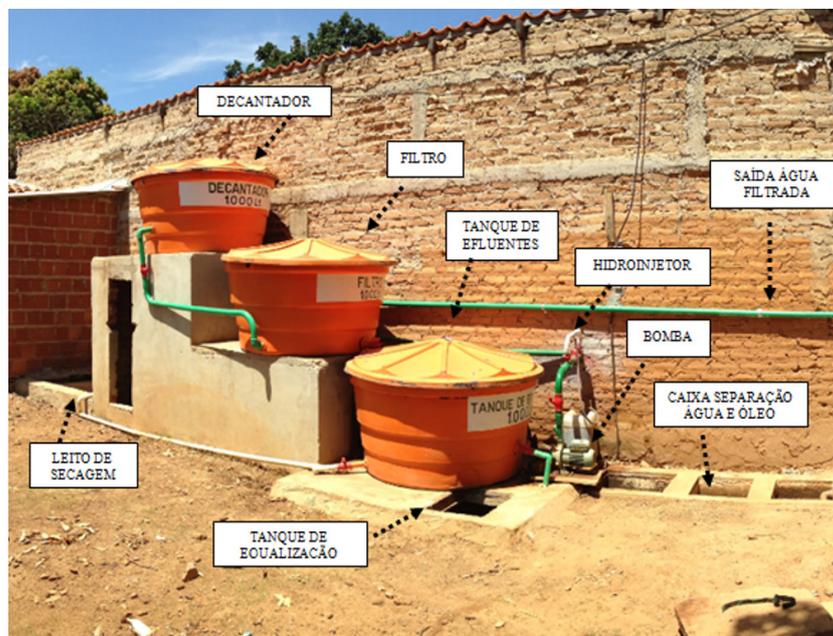


Figura 2: O sistema de tratamento adotado.

Como sistema de decantação, foi utilizado um tanque de polietileno de 1.000 litros para funcionar com decantador de fluxo vertical a taxa de $16,53 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$, valor muito menor daqueles observados em decantadores de ETAs convencionais. No sistema de tratamento proposto, é possível realizar tratamento em fluxo contínuo ou em batelada, a depender da necessidade momentânea de água.

O sistema de filtração adotado foi filtração ascendente em leito de areia e camada suporte de brita de 0,5 a 1,5 polegadas de tamanho. Esses materiais foram dispostos em um tanque de polietileno de 1.000 litros de capacidade. A camada suporte teve espessura de 15 cm, passando cerca de 10 cm a altura da espinha de peixe, esta de PVC, formada por tubo principal de 40 mm de diâmetro e tubos laterais de 20 mm compostos por diversos furos de 3 mm de diâmetro. A espessura do leito adotada foi de 40 cm.

Para obtenção de boa eficiência no processo, a taxa de filtração foi definida em $16,53 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$, o que proporcionou velocidade ascensional de filtração de 1,2 cm/minuto, 86% menor que os valores mínimos apresentados por estes autores para filtração direta ascendente em água para abastecimento público. Essa taxa adotada é menor do que a taxa mínima de $25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ recomendada para decantadores e próxima da taxa recomendada para filtros lentos (NBR12.216/1992)

O reservatório de reúso foi construído em alvenaria com capacidade para 2.000 litros. A desinfecção é realizada com hipoclorito de sódio, mantendo-se residual de cloro entre 0,5 e 1,5 mg/l.

Seguindo recomendação de MORELLI (2005), para manter a concentração de sais constante no sistema de reúso, ciclos indefinidos e não causar prejuízos para os veículos e ao tratamento, deverá haver a reintrodução constante de água potável ou de chuva. A reintrodução de água deverá exercer mais duas funções: completar o

nível do reservatório, pois parte da água é perdida por evaporação, por pulverização causada pela bomba-jato, por adsorção na superfície dos veículos e por infiltração no solo; e controlar a salinidade da água. Dessa forma, a cada ciclo de tratamento, é adicionada água potável ao efluente tratado, na proporção de 20% deste. Dessa forma, a perda de efluente tratado e a reintrodução de mesmo volume de água potável são partes essenciais do sistema de tratamento aqui utilizado.

Neste projeto escolheu-se o hipoclorito de sódio por ser barato e fácil de ser encontrado no comércio local. O monitoramento deste parâmetro, assim como o pH é realizado diariamente através da utilização de kit teste. A etapa de desinfecção é importante para evitar o crescimento microbiano e odores desagradáveis, situação que coloca em risco o trabalhador e pode prejudicar todo o sistema de reúso, uma vez que periodicamente deverá ser descartada a água devido ao mau cheiro gerado. Outra observação a considerar é que a desinfecção ajuda a eliminar outras substâncias presentes na água, a exemplo de matéria orgânica. Para evitar esses problemas, deve-se realizar a desinfecção da água de reúso com algum agente clorado e manter um residual de 1,5 mg/l, conforme determina a NBR 13.969 (1997).

6 | ANÁLISE OPERACIONAL

A água bruta apresentou cor aparente e turbidez elevadas, maiores que 300 unidades para cada parâmetro, conforme Tabela 1.

TIPO DE ÁGUA	COR APARENTE (uH)	TURBIDEZ (NTU)	pH	CONDUTIVIDADE (μ Siemens/cm)
Efluente	150 a 600	100 a 550	6,5 a 7,8	150 a 1.000
Água potável	5,0	1,0	7,38	80
Efluente tratado	20 a 80	< 10,0	6,5 a 7,5	150 a 1.000

Tabela 1: Características do efluente, água potável e efluente tratado no empreendimento.

Após os ajustes necessários para operação do sistema, o efluente tratado apresentou valores de cor aparente entre 20 a 80 uH; turbidez menor do que 10,0 NTU; pH entre 6,5 e 7,5; residual de cloro variando entre 1,0 e 1,5 mg/l; não apresentou odores desagradáveis; e condutividade mantida no máximo a 1.000 μ Siemens/cm, o que possibilitou recirculação contínua da água (Tabela 1). Valores estes considerados em conformidade para água de reúso, segundo a NBR 13.969/1997. O percentual de remoção de cor aparente e turbidez foi maior do que 90% em relação ao efluente no início do processo. A Figura 03 mostra o efeito clarificante do tanino catiônico aplicado na dosagem certa no efluente. Esta é uma reação que ocorre em poucos minutos.



Figura 3: Efeito do coagulante no efluente.

O sistema proposto é capaz de reduzir em até 80% do consumo de água potável, mas depende do interesse do empreendedor, pois o valor pago na conta de água é constante e igual a R\$ 34,00 até 6 m³ (desde 2017) da água consumida e chegando até R\$ 38,36 até 10 m³ (pequenos comércios). Essa situação não o tem motivado a reduzir ainda mais o consumo de água potável, pois observam-se muitas perdas principalmente por infiltração no solo e por pulverização causada pela bomba-jato. Para obtenção de maior eficiência no sistema de reaproveitamento de água, o empreendedor deverá investir também no melhoramento de estruturas internas de forma a reduzir essas perdas de água.

A carreira de filtração do sistema depende da forma de tratamento adotada. Se o tratamento ocorrer de forma contínua, ou seja, sem interrupções no bombeamento da água, a carreira média de filtração ocorrerá a cada 6,5 m³ de efluente tratado. Se o tratamento ocorrer por batelada, com interrupção de uma hora no bombeamento após encher o tanque de decantação, a carreira média passará para 20,5 m³ de efluente tratado.

Para as operações de lavagens do filtro, é utilizada a mesma bomba de 1,0 CV do sistema, sendo utilizada a água do tanque de equalização para limpeza do filtro. Com esta bomba, somente foi possível atingir vazão máxima de 15m³/hora, proporcionando taxa ascensional de lavagem dos filtros de 0,17 metro/minuto, valor muito abaixo do necessário para limpeza do leito filtrante para uma lavagem efetiva, que seria de 0,60 metro/minuto (NBR12.216/1992). Esta taxa ascensional poderia ser conseguida através da construção de um reservatório elevado ou uma bomba de vazão maior que 52 m³/hora, ou mesmo a utilização de um soprador, mas sairia muito oneroso para a proposta adotada neste trabalho. De forma a ajudar na lavagem, utiliza-se água pressurizada, proporcionada pelo compressor de lava-jato, direcionada por cima do

leito filtrante.

As operações de descargas do decantador e do filtro estão sendo realizadas a cada 2 m³ tratados. Os efluentes oriundos dessas descargas e da lavagem de filtro são recolhidos em outro tanque de polietileno de 1.000 litros, no qual ocorre a separação do lodo por decantação e retorno do sobrenadante para o tanque de equalização. Para acelerar o processo, é utilizado nesta etapa o polímero não iônico poliacrilamida a 1,0 mg/L.

Os tanques de separação de água e óleo estão servindo também para remover partículas maiores de areia, além do óleo, funcionando como um pré-tratamento do efluente. Os resíduos oleosos são acondicionados em bombonas plásticas para posterior envio para empresas especializadas na reciclagem destes resíduos.

A maior parte água de descarga e lavagem de filtro é reaproveitada retornando para o tanque de equalização. Apenas o lodo é removido, conforme mostra a figura 04, sendo este encaminhado para desidratação em leito de secagem. O lodo desidratado é encaminhado para o aterro municipal de Irecê. A perda de água com esses processos de tratamento é menor do que 1%.



Figura 4: Água antes e depois do processo e o leito de secagem para desidratação do efluente.

7 | ANÁLISE ECONÔMICA

A empresa de abastecimento de água potável, Embasa, cobra de pequenos estabelecimentos comerciais a taxa fixa de R\$ 34,00 para consumo de até 6 m³ (desde 2016), o valor de R\$ 1,09 na faixa de 7 a 10 m³ e o valor de R\$ 17,47/m³ na faixa de consumo entre 11 e 50 m³. Em locais onde existe sistema de esgotamento sanitário, este valor pago é 80% maior, incidindo no valor total da conta de água, devido à tarifa de esgoto. No empreendimento em questão não ocorre esta cobrança, pois ainda não existe a cobertura de esgotamento sanitário.

ITEM	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	QUANTIDADE (UND.)	PREÇO FINAL (R\$)
Bomba elétrica monofásica 1 CV 220V	550,00	1	550,00
Conexões hidráulicas da bomba	50,00	1	50,00
Tanque de polietileno de 1.000 L	349,90	2*	699,80
Taque de separação água e óleo 300 L construído em alvenaria	200,00	1	200,00
Tanque de Equalização de 3.500 litros construído em alvenaria e com tampa de concreto	750,00	1	750,00
Tanque para reservatório de água de reúso de 2.000 litros construído em alvenaria e com tampa de concreto *	500	1	*
Base de alvenaria para tanques de polietileno	300,00	1	300,00
Conexões hidráulicas	350,00	1	350,00
Areia e pedras para filtro	250,00	1	**
Leito de secagem construído em tanque de alvenaria	50,00	1	50,00
Montagem das tubulações e conexões	150,00	1	150,00
Kit para análise de pH e Cloro residual	45,00	1	45,00
TOTAL			3.144,80

Tabela 2: Custos para construção e instalação.

* Aproveitamento de materiais e/ou estrutura existente.

** Material doado pela EMBASA

O projeto piloto construído no “Lava-jato Topa-Tudo” teve custo de implantação de R\$ 3.144,80, pois se conseguiu aproveitar alguns materiais e estruturas existentes no empreendimento (Tabela 2). A capacidade de tratamento do sistema é de até 2.000 litros por hora e economia de 80% no consumo de água. Entretanto, o percentual de redução no consumo de água observado foi de 50%, sendo adotado esse valor como modelo.

ITEM	VALOR UNITÁRIO (R\$/M³)	QUANTIDADE (M³)	VALOR (R\$)
Custo com produtos químicos para tratamento e reúso de 20 m³ / mês – coagulante + hipoclorito	0,95	20	19,00

Custo com energia elétrica bomba 1,0 cv. 1,0 hora por m ³ . Total 14,71 KWH /20 m ³	0,67	20	13,4
TOTAL	1,62	20	32,4

Tabela 3: Custo fixo mensal em produtos químicos e energia elétrica para tratamento e reúso.

O custo por m³ do sistema de tratamento proposto sai a R\$ 1,62, valor muito menor daquele cobrado pela Embasa, mesmo na menor faixa que é de R\$ 5,67 (até 6 m³). Na faixa de entre 11 e 50 m³, faixa que se enquadraria o lavajato estudado, o valor é de R\$ 17,47/m³.

O percentual de economia é diretamente proporcional à quantidade de água utilizada no empreendimento. À medida que a demanda por água potável for aumentando, situação normalmente esperada nestes empreendimentos, o percentual de economia irá aumentar também, reduzindo assim o tempo de retorno do investimento.

Vale ressaltar que no bairro do empreendimento ainda não é cobrada a tarifa de esgotamento sanitário, a qual aumentará a conta de água em cerca de 80%, situação prevista para acontecer nos próximos três anos, segundo a EMBASA. Levando-se em consideração este valor, a economia seria muito maior, o que acarretaria na diminuição no tempo de retorno do investimento.

8 | CONCLUSÕES

As tecnologias de tratamento adotadas, como a caixa de separação de água e óleo, coagulação/floculação química, filtração ascendente e reaproveitamento de águas de lavagens e descargas de filtros se mostraram eficientes no processo de tratamento e clarificação do efluente, no que se refere a parâmetros como cor aparente, turbidez e pH, oferecendo redução no consumo de água potável e redução no custo na conta de água.

A redução no consumo de água foi menor do que esperado, devido principalmente às perdas físicas existentes no empreendimento e a falta de interesse do empreendedor em reduzir o consumo em menos de 10 m³, pois até esta quantidade o valor pago é menor que R\$ 40,00.

O investimento inicial do projeto foi de R\$ 3.144,80, valor razoável para pequenos empreendimentos, mas é capaz de oferecer economia significativa no custo com a água, em função do consumo e as tarifas cobradas pela concessionária de abastecimento de água potável.

O sistema de tratamento e reúso aqui proposto é de baixo impacto ambiental, pois os resíduos sólidos e oleosos serão devidamente tratados e encaminhados para destinação adequada e a perda de água com o processo de tratamento é menor que 1 % do volume tratado.

Outra questão a considerar é a utilização de coagulante de origem vegetal, não

acarretando em adição de sais metálicos nos efluentes.

Neste sistema, sempre haverá descarte de água no ambiente, e este é feito com o propósito de controlar a salinidade. Entretanto, devido às perdas, esse volume não é diretamente descartado e parte se perde na área do próprio estabelecimento.

Considerando os benefícios ambientais e econômicos do sistema de tratamento e reúso mencionados neste trabalho, o empreendedor poderá agregar mais valor ao seu serviço usando o projeto como estratégia de marketing ecológico, estratégia que muitas empresas vêm utilizando na atualidade para ganhar mercado e vencer a concorrência, aumentando assim a clientela, em um mercado cada vez mais competitivo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992. NBR 12.216. Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA, 1997. NBR 13.969: Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro – RJ, ABNT.

CRUZ, J. G. H. 2004. Alternativas para a aplicação de coagulante vegetal à base de tanino do tratamento do efluente de uma lavanderia industrial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia.

FONSECA, A. F. 2001. Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características química do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. 2014. Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de *Acacia mearnsii*. Revista Virtual de Química. 2014, 6(1), 2-15.

MORELLI, E. B. 2005. Reúso da água na lavagem de veículos. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

SILVA, S. S. T. 1999. Estudo da tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, São Paulo. Escola Nacional de Saúde Pública. 87p.

TOSETTO, M. S. 2005. Tratamento terciário de esgotamento sanitário para fins de reúso urbano. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Campinas.

SANEAMENTO: INTERFERÊNCIA NA SAÚDE PÚBLICA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

Francisco Das Chagas Sa Cabedo Junior;

Pós-Graduando em Engenharia de Saneamento Básico e Ambiental.

Docente Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ensino Superior de Floriano FAESF Floriano, Piauí.

Keven Barbosa da Silva Cunha;

Discente Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ensino Superior de Floriano FAESF Floriano, Piauí.

Anderson Luiz da Silva Aguiar

Discente Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ensino Superior de Floriano FAESF Floriano, Piauí.

Francisco Daniel Nunes Araújo

Discente Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ensino Superior de Floriano FAESF Floriano, Piauí

RESUMO: Sabe-se que o saneamento básico é fundamental para o desenvolvimento de um país, onde é notável que nem todos possuem acesso a esse serviço, haja vista que segundo a OMS o saneamento básico é direito de todos sem distinção de região ou classe social. Um saneamento básico adequado tem como consequências evitar diversos problemas como a propagação de doenças veiculadas pela água, aumento de produção condicionando um progresso no setor socioeconômico,

proporcionando bem-estar ao homem e conferindo uma maior proteção ao meio ambiente. Esta pesquisa tem objetivos claros de buscar números relacionados ao setor de saneamento básico, que relacionam com economia, meio ambiente e saúde pública, para que se possa ter um panorama desses serviços no Brasil e em determinadas regiões. Foi utilizada uma metodologia através de pesquisas bibliográficas em livros e artigos além da utilização de dados de organizações como IBGE e Ministério das Cidades, para então poder realizar uma análise do desempenho do saneamento e as suas consequências com o desenvolvimento de diversos setores importantes para o ser humano. Ainda que se tenha visto um progresso nesse setor, com avanço de investimentos e tecnologia, é perceptível a carência no mundo, e no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento; meio ambiente; desenvolvimento.

SANITATION: INTERFERENCE IN PUBLIC HEALTH AND DEVELOPMENT SOCIOECONOMIC

ABSTRACT: It is known that basic sanitation is fundamental for the development of a country, where it is notable that not everyone has access to this service, because according to

WHO basic sanitation is the right of all without distinction of region or social class. Adequate sanitation has the effect of avoiding a number of problems, such as the spread of water-borne diseases, increasing production by conditioning progress in the socio-economic sector, providing human well-being and giving greater protection to the environment. This research has clear objectives of searching for numbers related to the basic sanitation sector, which concern the economy, environment and public health, so that a panorama of these services can be seen in Brazil and in certain regions. A methodology was used through bibliographic research in books and articles, in addition to the use of data from organizations such as IBGE and the Ministry of Cities, so that an analysis of the performance of sanitation and its consequences could be carried out with the development of several sectors important for being human. Although there have been advances in this sector, with advances in investments and technology, there is a notable lack in the world and in Brazil.

KEYWORDS: basic sanitation, environment, development,

1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um país está diretamente ligado ao progresso de diversos setores como saúde, economia e educação, para tanto, são necessárias várias intervenções eficazes que condicionam o crescimento desses setores.

Uma maneira de alcançar esse patamar de desenvolvimento é a implantação de um saneamento básico adequado, que, por definição da Organização Mundial da Saúde (OMS) é o responsável por exercer ações de controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos ao bem-estar físico, mental e social.

É perceptível que em nações subdesenvolvidas, onde pouco se tem investimentos tecnológicos, há um desequilíbrio entre o saneamento básico fornecido e a demanda devido à expansão populacional das zonas urbanas, gerando um déficit no atendimento à população desse fundamental instrumento. Esse fato traz como resultado problemas de saúde de proporções preocupantes, haja vista que as ações estruturantes do saneamento combatem a propagação de enfermidades.

Dentre os serviços de saneamento podemos relatar o Abastecimento e tratamento de Água, Coleta e tratamento de Esgoto, Manejo de Águas Pluviais e de Resíduos Sólidos, assim sendo, além da saúde, o saneamento também está intimamente ligado às condições de meio ambiente. Apesar do avanço da tecnologia, que proporciona criar mecanismos para solução de questões envolvendo a qualidade sanitária, a expansão populacional, subordinada a procura pelos recursos naturais, intensifica a degradação ambiental, necessitando cada vez mais interferências do saneamento.

Entidades internacionais como a UNICEF e OMS são responsáveis por explorar esse contexto do saneamento ao redor do mundo. Segundo eles, em 2015, nos

critérios de obtenção à água e à esgoto, a União Europeia liderava os percentuais de população atendida por esses serviços, em contrapartida, países do continente Africano apresentava os piores índices, tornando clara a relação do desenvolvimento do país com saneamento.

A utilização do saneamento como instrumento de promoção da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que têm dificultado a extensão dos benefícios aos residentes em áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte. (RIBEIRO E HOOKE, 2010)

No Brasil, observa-se nos últimos anos, um progresso importante na área do saneamento, investimentos no setor como obras estruturantes, planos de ação e programas de apoio, no entanto, em relação a países de mesmo porte e desenvolvimento, ainda há o que melhorar.

A Lei nº 11.445, de 5/1/2007, regulamentada pelo Decreto nº 7.217, de 21/6/2010, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico no País e determina, no seu art. 52, a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico, sob a coordenação do Ministério das Cidades. A elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab tem como função, dentre outras, definir diretrizes nacionais para o saneamento básico, sendo nele estabelecidos os objetivos e metas nacionais e macrorregionais, em busca da universalização e do aperfeiçoamento na gestão dos serviços em todo o País, e visa se constituir no eixo central da política federal para o saneamento básico. (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011).

Esse instrumento proporcionou ao país um avanço em políticas públicas de gestão do saneamento, uma vez que dentro de seus princípios fundamentais está a garantia da universalização dos serviços de saneamento básico. Importa dizer que, com isso, todo indivíduo está apto a ser assistido por um serviço que lhe seja necessário, sem sofrer algum impedimento ou obstáculo.

Além disso, a lei 11.445/07, incrementou o conceito de integralidade como princípio fundamental, que corresponde ao conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso à conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados. (BRASIL, 2007)

Mesmo com a criação da legislação, programas como o Plansab, estudos técnicos e científicos e políticas públicas visando a melhoria no sistema de saneamento, atualmente ainda é perceptível a deficiência nesse setor que é essencial à vida do ser humano, interferindo de forma direta no desenvolvimento sócio econômico, na saúde pública e no meio ambiente. Devido a isso, é fundamental fazer uma análise do panorama desses fatores e quais as suas interferências do setor de saneamento básico.

2 | OBJETIVOS DO TRABALHO

2.1 GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral estudar um panorama das intervenções do saneamento básico no Brasil.

2.2 ESPECÍFICOS

- Pesquisar quais as atividades do saneamento básico.
- Compreender e relacionar essas atividades com o desenvolvimento de uma população, analisando setores como a saúde pública e o desenvolvimento socioeconômico.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para a construção deste trabalho foi a utilização da metodologia descritiva exploratória, utilizando a compilação de artigos e pesquisas sobre a temática tratada, pesquisando fontes do IBGE e artigos científicos da temática em questão.

As informações foram geradas através do cruzamento de dados do Sistema Nacional de Saneamento, do Ministério das Cidades e do próprio IBGE.

Para este trabalho foram selecionados alguns fatores de desenvolvimento de uma sociedade que estão ligados ao saneamento, tais como doenças veiculadas pela água, internações devido à essas enfermidades, a cobertura de saneamento na região Nordeste e no Brasil e investimentos nesse setor.

O trabalho buscou apresentar dados de pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Trata Brasil, do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) e do Departamento de Informática do SUS (DATASUS).

Para o fator saúde pública, pesquisou se não só dados referentes à mortalidade infantil devido a doenças veiculadas pela água, bem como número de internações à essas enfermidades.

No cenário de desenvolvimento socioeconômico, o estudo procurou por taxas percentuais de investimentos no setor, além de índices de falta ao trabalho causado por doenças relacionadas com saneamento, índices que mostram a geração de emprego devido às obras estruturantes, e uma relação com o acesso a água tratada e esgoto, com a renda (em salário mínimo) de cada população.

Por fim, é feita uma análise da real interferência do saneamento básico no progresso de uma população, mostrando os déficits e as possíveis melhoras.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relevância dos serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto é reconhecida pela Organização das Nações Unidas (2010), quando determina pela resolução nº 64/692 o direito à água limpa e ao saneamento como essenciais para pleno gozo da vida e de todos os direitos humanos.

Nesse cenário o gráfico da figura 01 aborda o abastecimento de água por rede na Região Nordeste. Segundo o estudo do IBGE, através da Pnad (Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios), houve um aumento na quantidade de residências, cerca de 1,6% entre 2014 e 2015, embora a cobertura de abastecimento de água atingiu 79,7%, evidenciando que a cobertura de água não acompanhou a velocidade de crescimento das residências, com exceção dos estados do Piauí, Alagoas, Bahia e Sergipe que demonstraram crescimento de 7,9%, 1,7%, 0,7%, 0,4% respectivamente no percentual de abastecimento de água.

Levando em consideração os dados de aumento de residências no Nordeste, ocorreu a redução percentual de 2,9% de casas sem esgotamento sanitário entre 2014 e 2015, com exceção dos estados de Maranhão e Ceará, o primeiro aumento 1% e o segundo ficou inerte levando-se em consideração os dados do gráfico da figura 01. Embora no geral a região Nordeste ficou em segundo lugar no que diz respeito a cobertura total de rede de esgoto, com percentuais de 42,9% no atendimento dos domicílios, já no que diz respeito a forças sépticas e rudimentares houve uma redução de 51,8% para 50,5%.

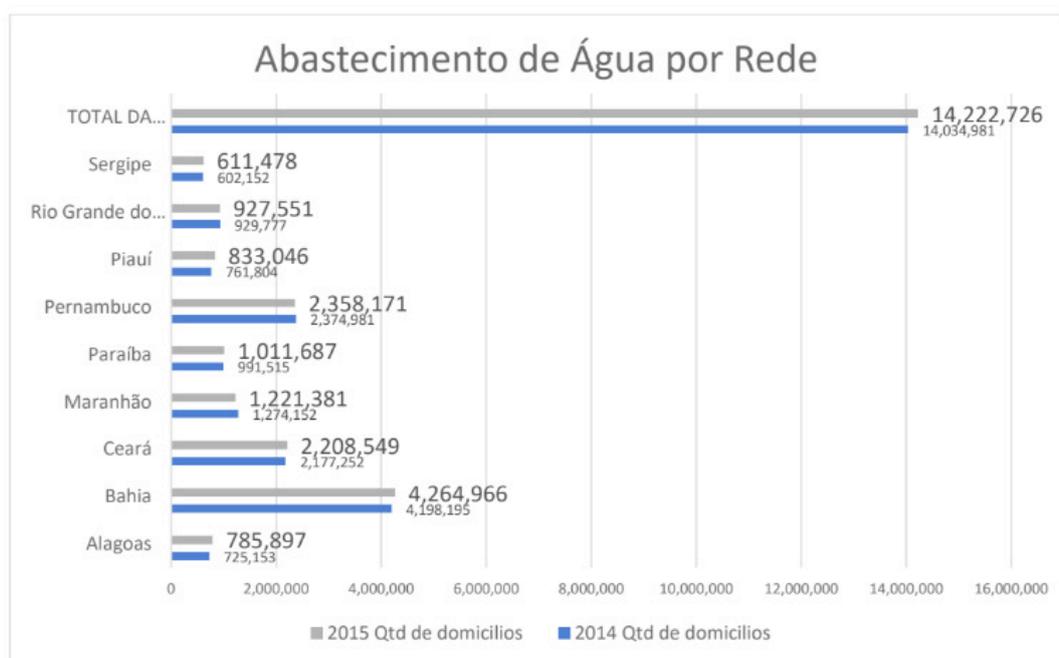


FIGURA 01 PROPORÇÃO DE DOMICÍLIOS ATENDIDOS COM REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM 2014 E 2015.

FONTE: IBGE

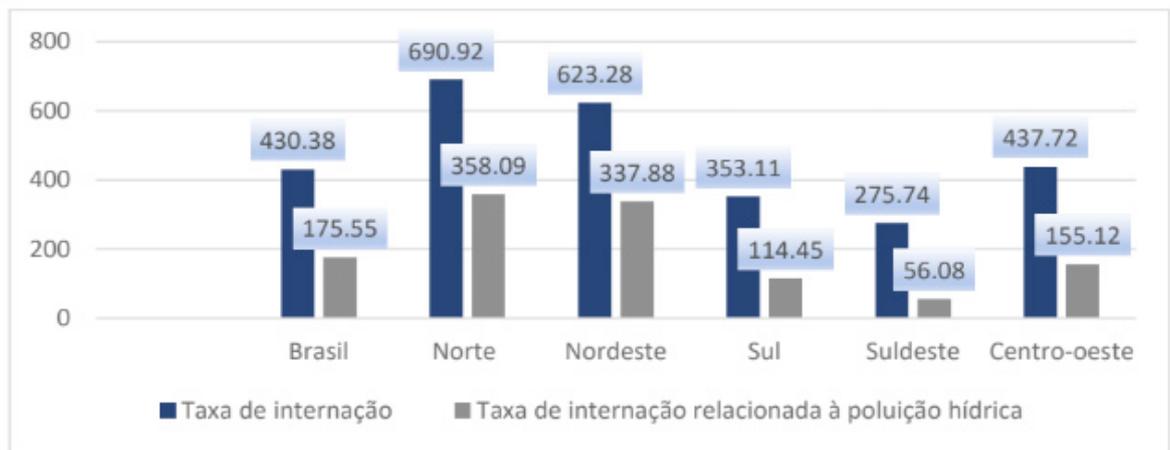


FIGURA 02 QUANTIDADE DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS VEICULADAS PELA ÁGUA

FONTE: DATASUS/março 2015

O gráfico da figura 02 aborda um paralelo entre o número total de internações em cada região com a taxa de internações provenientes da poluição hídrica. O que mais chama atenção no gráfico é a taxa de internações por doenças vinculadas a falta de saneamento no período do levantamento. Com ênfase nas regiões Norte e Nordeste, cada uma tem 358,09 e 337,88 casos por 100 mil habitantes respectivamente, ou seja, a proporção de internações associadas a doenças provenientes da poluição hídrica responde por cerca de 6% de internações totais nessas regiões, isso ainda é mais assustador quando se compara com a média nacional que é de 3,2%, isso nos mostra o quão impactante é a falta de saneamento dos recursos hídricos, afetando negativamente na saúde das pessoas.

Além disso, deve-se dar um destaque a mortalidade infantil, pois aproximadamente cerca de uma em quatro crianças morrem devido a doenças provocadas pela poluição de corpos hídricos, conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS), principalmente abaixo de 4 anos que tem um risco maior de exposição a esses males, tais quais problemas gastrointestinais (diarreia), sendo a principal circunstância de morte das crianças, bem como enfermidades ligadas ao *Aedes Aegypti* e seus vetores. Isso demonstra a necessidade de intervenções nesse setor, para que haja uma melhora na saúde da população.

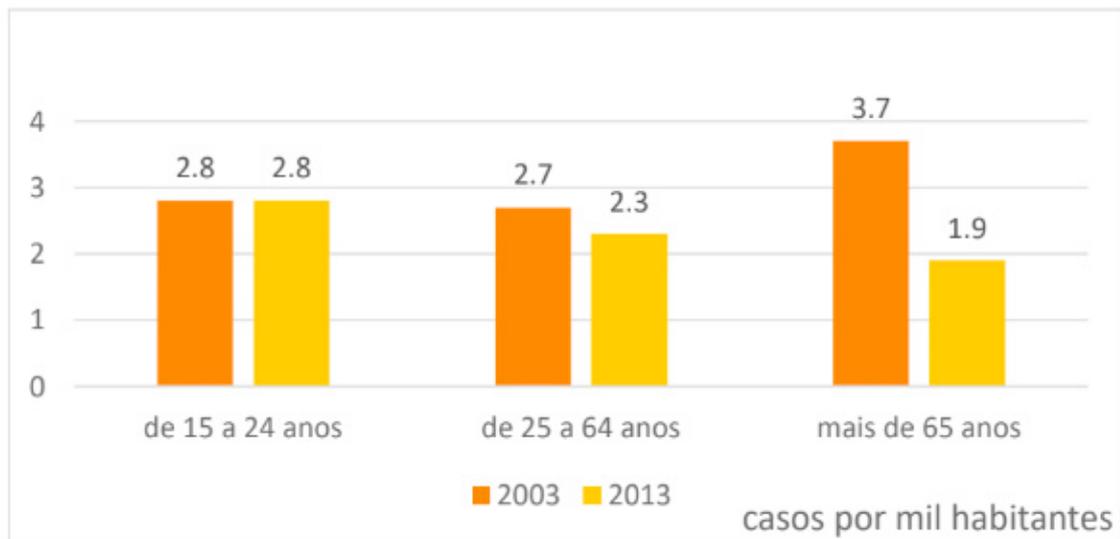


FIGURA 03 CASOS DE AFASTAMENTO DO TRABALHO

FONTE: IBGE 2013

Nesse mesmo levantamento do IBGE utilizando o método de pesquisa Pnad, constatou-se que a falta de saneamento pode reduzir a capacidade de produção, afetando assim diretamente a economia nacional, que de acordo com essa pesquisa alguns vetores provocados pela falta de saneamento básico representam por ano 849,5 mil dias de trabalho perdidos, calculando-se com a média salarial equivale a 1,11 bilhão em horas não trabalhadas por ano, embora trabalhadores que não tem acesso a rede de esgoto ganhem cerca de 10,1% a menos.

E quando se observa por região, o levantamento desse artigo nos mostra também que as regiões Norte e Nordeste são as que tem maior percentual por afastamento relacionados a vetores promovidos pela falta de investimentos na área de saneamento, exaltando o estereótipo que regiões menos favorecidas sofrem mais com os males do descaso.

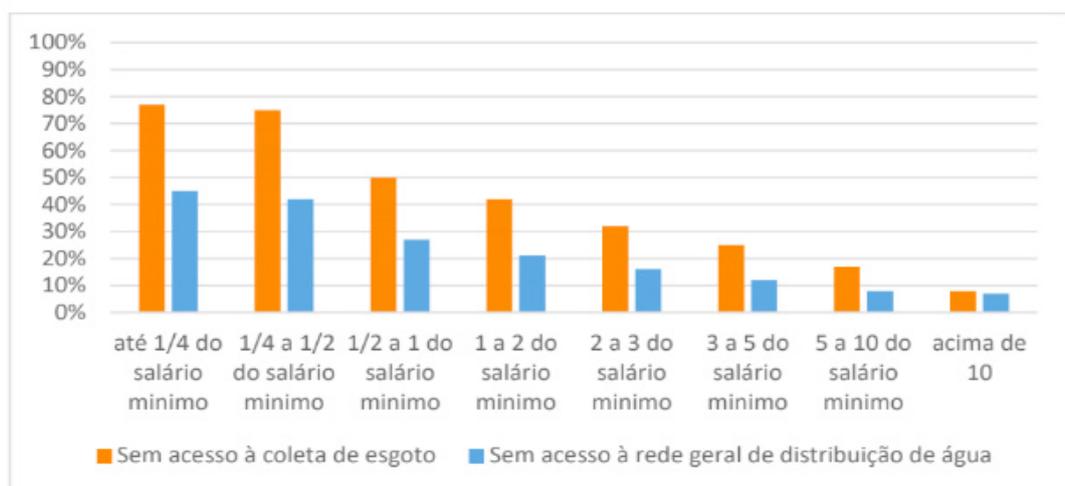


FIGURA 04 COBERTURA DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E REDE COLETORA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO POR RENDA PER CAPTA

FONTE: INSTITUTO TRATA BRASIL

No contexto de relação econômica per capita, o gráfico da figura 04, trata da relação salarial com o acesso a coleta de esgoto, essa relação é totalmente inversa, quando observamos o gráfico quanto menor a renda maior a falta de acesso à coleta de esgoto, fato muito preocupante, ou seja, é visível a desigualdade social associada a renda e o acesso a serviços como esse.

Pode se destacar também, que, investimento em obras nessa área acarretam em benefícios econômicos, como geração de empregos, que como consequência beneficiam a renda e os impostos, além de valorizar setores urbanos que sofrem de precariedade de saneamento.

Segundo o levantamento do Instituto Trata Brasil estima-se que cerca de 68,3 mil de empregos são gerados por investimentos na área do saneamento, tanto de indiretos, nas indústrias de materiais, como empregos diretos na área de projetos e execuções de obras de infraestrutura, numericamente falando entres os anos de 2005 e 2015 a média de renda nesses setores foi de R\$ 3,2 bilhões por ano, só na parte de projetos e execução, e em setores indiretos foram gerados R\$ 4,9 bilhões, o que somando dá um valor aproximado de 7,3 bilhões por ano entre os anos de levantamento do estudo.

5 | CONCLUSÃO

A ausência de saneamento básico prejudica consideravelmente o crescimento de uma sociedade, visto que esse desequilíbrio entre oferta pelos serviços e demanda dos mesmos, acarreta problemas econômicos, diferenças sociais, impactos ambientais além de constantes casos de contração de algumas doenças. Saneamento e meio ambiente são setores que devem prosperar na mesma direção, sendo embasadas por políticas eficientes que garantam a efetiva promoção desses serviços a todos.

Mesmo com o avanço de investimentos e políticas voltadas ao saneamento, é verificado, estatisticamente que ainda há um déficit no atendimento à população, por não ter acompanhado o crescimento populacional desordenado. Além disso, grande parte das pessoas ainda não atingiu um nível de educação ambiental adequado, agindo de forma que desfavorecem a eficiência do saneamento básico ou comprometem o desempenho dos equipamentos inerentes às obras estruturantes.

Portanto, é fundamental, para alcançar um padrão de saneamento adequado, que haja um comprometimento por parte dos responsáveis por gerenciar esse setor, pondo realmente em prática a Lei 11.445, garantindo a universalização dos serviços, bem como a população entender que cada indivíduo é parte integrante do processo de avanço de saneamento básico.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 06 jan. 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: Ministério das Cidades, 2011.

HELLER, Léo. **Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento.** *Ciênc. saúde coletiva*. 1998, vol.3, n.2, pp.73-84. ISSN 1413-8123.

LIBÂNIO, Paulo Augusto Cunha; CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. **A DIMENSÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA: AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE INDICADORES SOCIAIS, DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA, DE SANEAMENTO E DE SAÚDE**

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. **SANEAMENTO BÁSICO E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA.** 2011. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Análise Ambiental, Colegiado, Faculdade de Engenharia Uffj, Juiz de Fora, 2011.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) Instituto Trata Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas-no-brasil>>. Acesso em: 19 de março de 2018.

SOARES, Sérgio R. A.; BERNARDES, Ricardo S. and CORDEIRO NETTO, Oscar de M.. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento.** *Cad. Saúde Pública* [online]. 2002, vol.18, n.6, pp.1713-1724. ISSN 0102-311X.

TOMÉ, L.M. Caderno Setorial: **Infraestrutura de Saneamento na Região Nordeste: Situação Atual e Perspectivas.** 2017.

TiO₂ SUPORTADO EM VIDRO COMO FOTOCATALISADOR PARA DEGRADAÇÃO DE LARANJADO DE METILA

Siara Silvestri

Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

Fernanda C. Drumm

Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

Patrícia Grassi

Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

Jivago S. de Oliveira

Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

Edson L. Foletto

Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, Brasil

RESUMO: No presente estudo o TiO₂ foi fixado em uma placa de Petri (P.TiO₂), usada como suporte rígido. A deposição na placa foi realizada por fina camada de solução aquosa de TiO₂ seguida de calcinação a 550 °C, temperatura próxima a de fusão do vidro. A P.TiO₂ foi caracterizada por DRX e o *band gap* determinado via espectros de reflectância UV-vis. A P.TiO₂ foi testada quanto à degradação fotocatalítica do corante laranja de metila (LM) sob radiação

solar. Ensaio variando a intensidade da radiação solar mostraram que o TiO₂ suportado é capaz de degradar o corante mesmo em baixa intensidade de radiação solar, além de apresentar similar eficiência de degradação para soluções com diferentes concentrações e volumes. A eficiência fotocatalítica se manteve acima de 90% por 5 ciclos, sem perda de material, indicando que o TiO₂ está bem aderido à superfície vítrea. Contudo, a placa de vidro com TiO₂ suportado tem grande potencial para ser utilizada industrialmente, pois sua produção é rápida, simples e sua atividade fotocatalítica se manteve ótima após os ciclos de reuso, dispensando métodos de separação.

PALAVRAS-CHAVE: TiO₂ suportado. Radiação solar. Reuso.

ABSTRACT: In the present study TiO₂ was fixed in a Petri dish (P.TiO₂), used as a rigid support. The deposition on the plate was performed by thin layer of aqueous solution of TiO₂ followed by calcination at 550 °C, near the glass melting temperature. P.TiO₂ was characterized by XRD and the band gap determined by UV-vis reflectance spectra. P.TiO₂ was tested for photocatalytic degradation of methylene orange dye (LM) under solar radiation. Assays varying the intensity of the solar radiation showed that the supported TiO₂ is able to degrade the dye even in low intensity of solar radiation, besides

presenting similar efficiency of degradation for solutions with different concentrations and volumes. The photocatalytic efficiency remained above 90% for 5 cycles, without loss of material, indicating that TiO_2 is well adhered to the glass surface. However, the glass plate with TiO_2 supported has great potential to be used industrially, because its production is fast, simple and its photocatalytic activity remained optimum after the reuse cycles, dispensing separation methods.

KEYWORDS: TiO_2 supported. Solar radiation. Reuse.

1 | INTRODUÇÃO

O TiO_2 é largamente conhecido como um ótimo fotocatalisador frente à poluentes ambientais. Sua maior utilização ocorre na forma de pó, pois disperso na solução do poluente é altamente eficaz, devido à maior área superficial específica. Por ser um pó fino, o TiO_2 dispersa-se com facilidade, dificultando sua recuperação e reuso, por necessitar de técnicas de separação como centrifugação e filtração (BARAN; MAKOWSKI; WARDAS, 2005; STYLIDI; KONDARIDES; VERYKIOS, 2003).

Alguns trabalhos têm utilizado o TiO_2 suportado em materiais na forma de pó, ou como filme fino em suportes rígidos para a fotocatalise de pesticidas (GUO *et al.*, 2009; PHANIKRISHNA SHARMA; DURGA KUMARI; SUBRAHMANYAM, 2008; UZUNOVA-BUJNOVA *et al.*, 2010), microorganismos (DITTA *et al.*, 2008; SILVESTRI *et al.*, 2016), corantes e medicamentos (BELVER; BEDIA; RODRIGUEZ, 2017; GONZÁLEZ-BAHAMÓN *et al.*, 2011; KIM; KAN, 2016; MASCOLO *et al.*, 2007; SINGH, S.; MAHALINGAM; SINGH, P. K., 2013).

Fernández e colaboradores (FERNÁNDEZ *et al.*, 1995) usaram quartzo e vidro como suporte para o TiO_2 , através da deposição por eletroforese, para uso como fotocatalisador do ácido málico sob radiação UV artificial.

Usando uma suspensão ácida de TiO_2 e *dip coating* para imobilizar o fotocatalisador em um substrato de vidro, seguido de calcinação à 500 °C por 2h, Bouarioua e colaboradores testaram o material frente a degradação do corante laranja de metila sob irradiação de uma lâmpada UV. Três camadas de filme ficaram aderidas à superfície do vidro e houve perda de material após ciclos de reutilização (BOUARIOUA; ZERDAOUI, 2017).

Khataee e colaboradores (KHATAEE; PONS; ZAHRAA, 2009) the photocatalytic degradation of three commercial textile dyes (C.I. Acid Orange 10 (AO10) suportaram TiO_2 em retângulos de vidro usando uma suspensão aquosa seguida de lavagem ácida, calcinação à 475 °C e lavagem básica. A eficiência fotocatalítica foi avaliada para a degradação de três corantes azo sob radiação de uma lâmpada UV, obtendo eficiência de 94 % entre 130 e 210 min.

Utilizando o método de deposição por vapor, alcoxidos de titânio foram suportados em miçangas de vidro, seguidos de lavagens ácidas e básicas e testado na degradação de clorofenol (SERPONE *et al.*, 1986).

Estudos relatam que uma boa adesão do TiO_2 ao vidro requer tratamento térmico (FERNÁNDEZ *et al.*, 1995). Estes tratamentos térmicos são necessários para uma boa coesão da camada de titânia e boa aderência no suporte. Durante o tratamento térmico a interface não permanece inativa, pois induz a difusão dos íons presentes no vidro (SERPONE *et al.*, 1986).

O diferencial deste trabalho é a fácil, rápida, simples e eficaz fixação do TiO_2 em um suporte rígido, podendo ser reaproveitado em outros ciclos de fotocatalise, sem perda de material ao longo do uso. Bem como a redução de tempo e materiais para fazer a recuperação, por não necessitar de centrifugação ou filtração. Pesquisas afirmam que o TiO_2 quando fixado, reduz sua eficiência fotocatalítica, por reduzir sua área superficial exposta (HENDERSON, 2011). Sendo assim, outro diferencial é a alta eficiência do TiO_2 suportado sob radiação solar. A radiação solar é gratuita, limpa, abundante e intensa, e por abranger amplo espectro é mais eficaz em reações de fotocatalise que lâmpadas comerciais.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Preparação do TiO_2 suportado

Uma suspensão aquosa (2 mL) de TiO_2 (Sigma Aldrich) (0,3 g) foi preparada e gotejada sobre uma placa de Petri (PP) ($\square = 10$ cm). Usando *spin coating* com 300 rpm por 30 segundos, formou-se uma camada fina e homogênea da suspensão sobre o vidro. A amostra foi calcinada a 550 °C por 5h, com taxa de aquecimento de 5 °C por minuto. O tratamento térmico da amostra (P.TiO_2) foi realizado em um ponto próximo ao ponto de fusão do vidro (FERNÁNDEZ *et al.*, 1995) SEM/EDX, XRD and UV-vis absorption spectroscopy. The materials were then tested for the photocatalytic degradation of malic acid. For this reaction, the sample supported on quartz showed the highest catalytic activity. The photocatalytic activity pattern as a function of the nature of the support (fused silica, glass, stainless steel e da transição da fase anatase para rutilo do TiO_2 (HANAOR; SORRELL, 2011). Após calcinação, a placa foi lavada em água corrente para retirar o excesso de TiO_2 que não aderiu ao vidro.

A massa de TiO_2 suportado na placa foi aferida, pesando-se a placa de Petri (PP) antes da aplicação da suspensão e após a remoção do TiO_2 excedente posteriormente a calcinação.

2.2 Caracterização

A P.TiO_2 foi submetida a análise de difração de raios-X (DRX) (difratômetro Rigaku Miniflex 300), usando radiação Cu-K α a 30 kV e 10 mA, com passos (2θ) de 0,03° e um tempo de contagem de 0,3 s por passo. Os padrões foram registrados dentro do intervalo $2\theta = 10 - 100^\circ$. O tamanho médio de cristalito do material foi calculado a partir da equação de Scherrer: $D = K.\lambda/(\beta.\cos\theta)$, onde D é o tamanho do cristalito, K é a

constante Sherrer (0,94), λ é o comprimento de onda do raio-X a radiação (1.54056 Å para Cu-K α), β é a largura do pico a meia altura e, θ corresponde à posição do pico (neste estudo, $2\theta = 25,38^\circ$) (PATTERSON, 1939).

O espectrômetro UV-Visível (UV-2600 Plus, Shimadzu) foi utilizado para registrar espectros de reflectância difusa, a fim de determinar a energia do intervalo de banda do material. Para estimar a diferença de banda, utilizou-se a função Kubelka-Munk, $F(R) = (1-R)^2/2R$. A energia de intervalo de banda (*band gap*, eV) é definida pela extrapolação da parte ascendente para o eixo x (λ , nm) e calculada por $E_g = 1240/\lambda$ (NOBBS, 1985).

2.3 Atividade fotocatalítica

Soluções de corante laranja de metila (LM) foram preparadas nas concentrações de 10 e 20 ppm. Testes de fotoatividade foram realizados com 10 e 20 mL de solução de corante LM sobre a P.TiO₂, com área superficial de aproximadamente 314 cm².

O sistema (P.TiO₂ + solução de corante) foi mantido no escuro por 30 min para equilíbrio de adsorção. Após atingido o equilíbrio, o sistema foi exposto à radiação solar nos dias 11, 12 de novembro de 2017 entre às 10:00 e 13:00 e no dia 13 de novembro de 2017, entre às 8:00 e 10:00 h na cidade de Santa Maria – RS (29° 41' 03" S e 53° 48' 25" W).

Os valores da intensidade da radiação solar em cada dia e horário foram obtidos a partir de registros disponíveis no sistema eletrônico do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Alíquotas (3 mL) foram retiradas a cada 5 minutos para a medição da absorbância usando um espectrofotômetro (BEL photonics 1105). A eficiência de descoloração (ξ) do corante LM foi calculada usando a Eq. 1:

$$\xi (\%) = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

onde A_o é a absorbância inicial e A_f é a absorbância após exposição à radiação, a $\lambda_{\text{máx}} = 484$ nm. Mediu-se o pH a cada retirada de alíquota.

- Reuso: para testes de reuso, aferiu-se a massa da placa de Petri com o TiO₂ suportado antes de cada ensaio. Ao final de cada ensaio, a P.TiO₂ foi lavada e seca em estufa a 100 °C, antes do início de um novo ciclo de reuso. Foram realizados 5 ciclos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O TiO₂ suportado foi identificado como sendo fase anatase (Fig. 1), conforme ficha catalográfica 01-073-1764 da base de dados JCPDS. O vidro da PP usado como suporte mostrou-se amorfo e não apresentou interferência na fase cristalográfica do

TiO₂.

O tamanho médio de cristalito do material encontrado pela Equação de Debye-Sherrer foi de 19,08 nm.

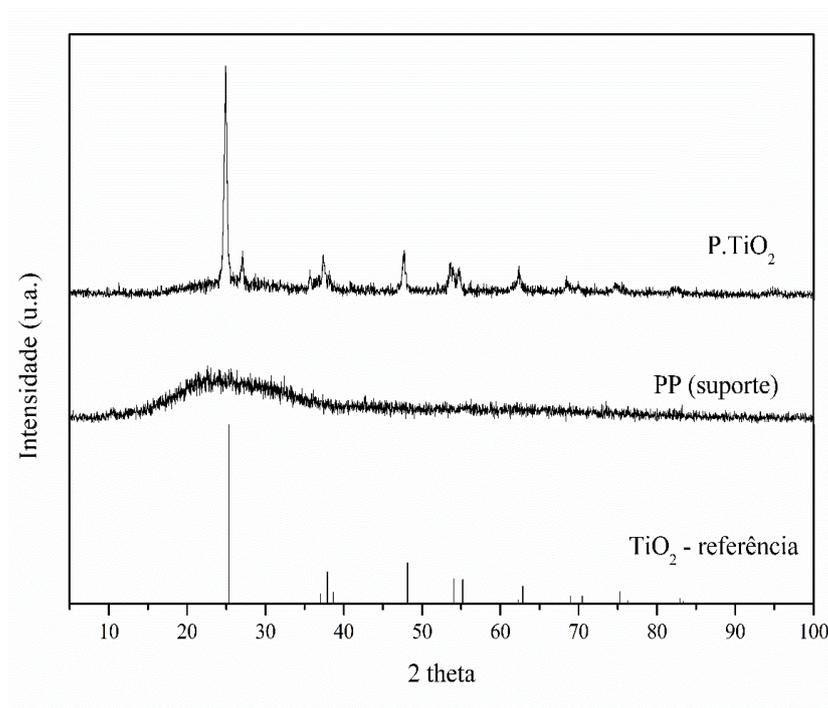


Figura 1: Difratograma da placa de Petri (PP - vidro) e da placa com o TiO₂ suportado (P.TiO₂.)

De acordo com a função de Kubelka-Munk (Valencia et al., 2010), com base nos espectros de reflectância difusa UV-Vis (Fig. 2), os valores de *band gap* (eV) do vidro e do TiO₂ suportado, foram 3,40 e 4,42 respectivamente. Esses valores indicam que o TiO₂ suportado apresenta o mesmo valor encontrado para o *band gap* do TiO₂ na forma de pó, logo, a fixação do mesmo no vidro não está interferindo na energia necessária para a transição do elétron da banda de valência para a banda de condução.

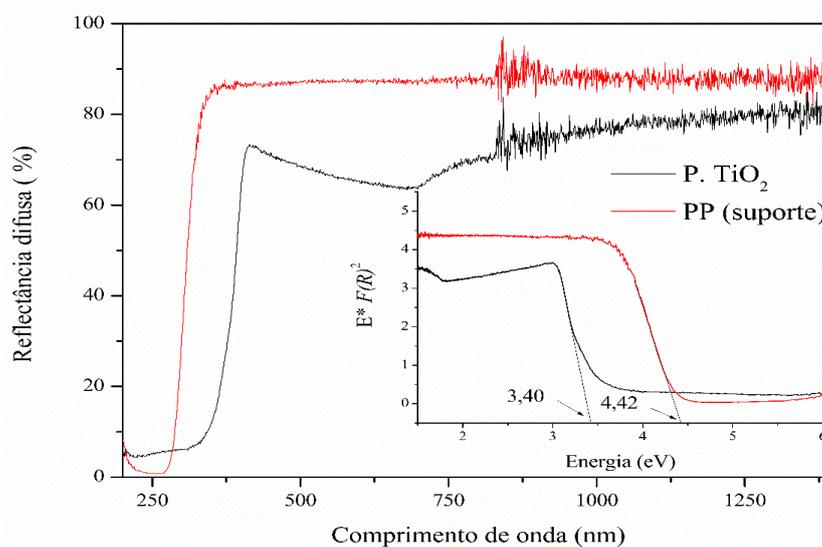


Figura 2: Espectros de reflectância difusa e *band gap* para a placa de Petri (PP-vidro) e para P.TiO₂.

Após a calcinação da placa, lavou-se para retirar o excesso de TiO_2 não suportado. A massa de TiO_2 suportado foi verificada através de pesagem, descontando a massa da placa de Petri. Das 0,03 g de TiO_2 adicionado via suspensão aquosa, 0,025 g ficaram suportados na superfície vítrea. Após cada ensaio, a placa foi lavada, seca e novamente pesada. Não houve alteração da massa de TiO_2 suportado, indicando que não houve lixiviação durante o processo de fotocatalise.

De acordo com a Fig. 3, é possível observar que o TiO_2 possui eficiência de degradação muito próxima para soluções com diferentes volumes e diferentes concentrações do corante LM.

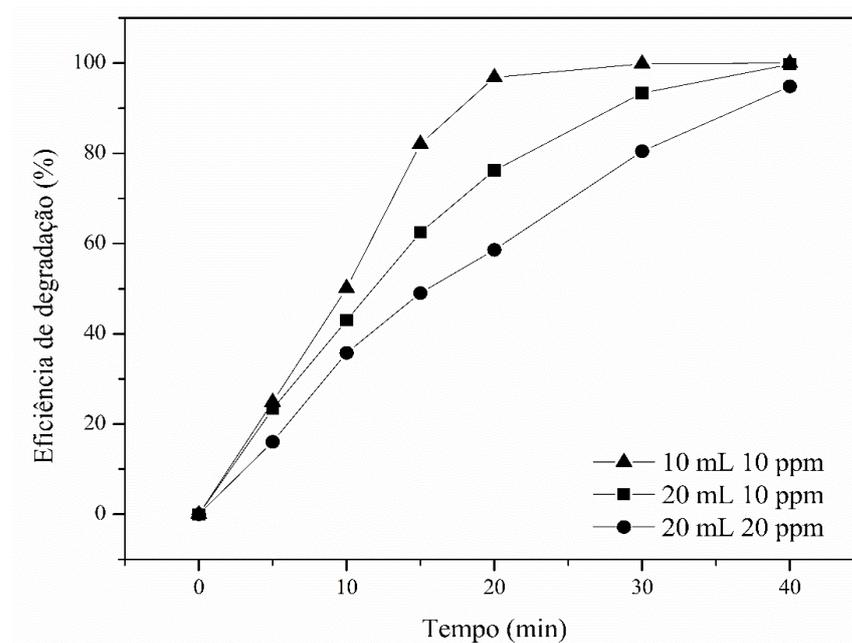


Figura 3: Eficiência de degradação do corante LM com variação da concentração e volume de solução.

Aferiu-se o pH a cada retirada de alíquota e o valor de 6.3 manteve-se o mesmo a cada aferição. Esta informação indica que a solução está em equilíbrio iônico, não interferindo na reação de fotocatalise.

Todos os resíduos aquosos gerados nos experimentos foram descoloridos usando a placa desenvolvida neste trabalho sob a luz solar, até que todas as soluções fossem incolores, evitando assim qualquer descarga de materiais tóxicos.

De acordo com a Fig. 4, quanto mais intensa a radiação solar (Fig. 5), mais rapidamente a P.TiO_2 descolore a solução de LM. A solução ficou incolor após 40 min de exposição à radiação. O TiO_2 suportado é capaz de degradar o LM mesmo em horários de baixa intensidade de radiação solar. A descoloração foi completa após 110 min, quando a intensidade de radiação estava entre 510 (8 h – início do ensaio) e 2133 KJ/m^2 (9:50 h – fim do ensaio).

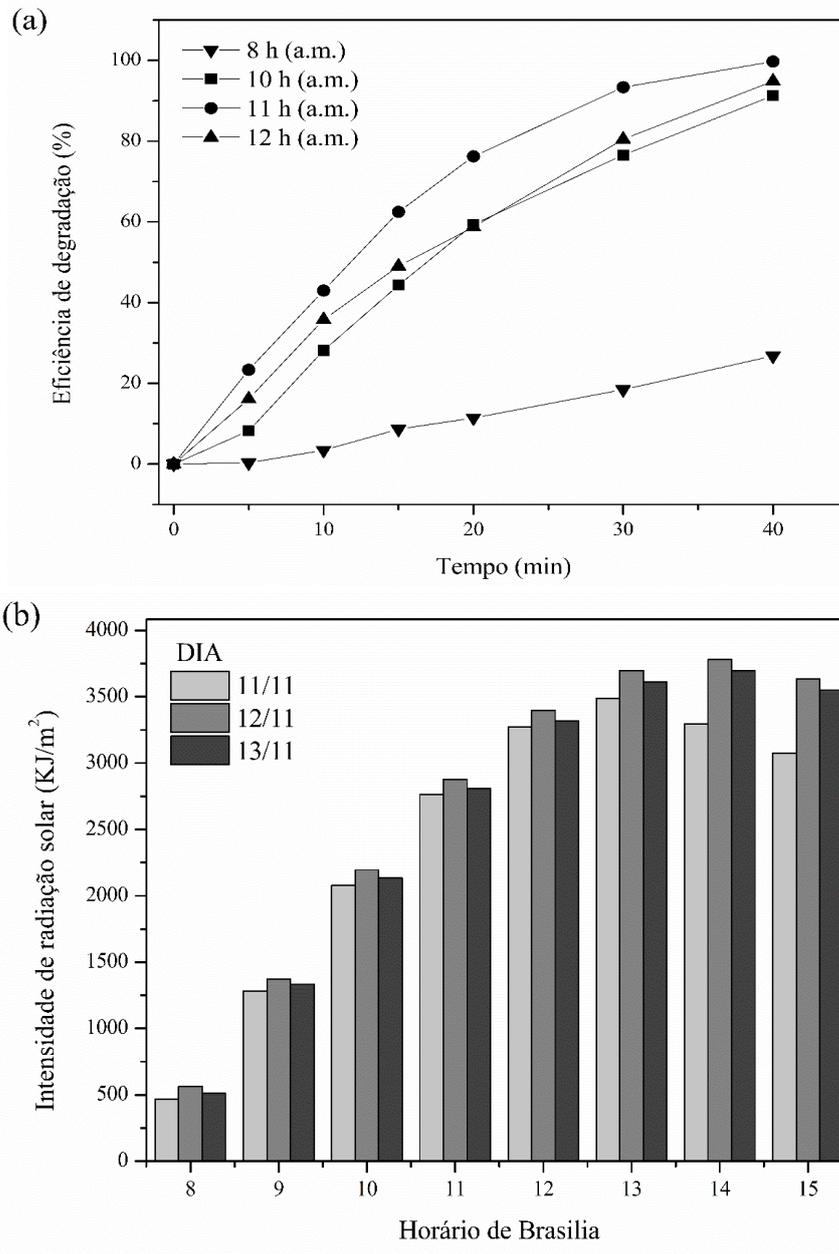


Figura 4: (a) Eficiência de degradação do corante LM com variação do horário de exposição à radiação solar. (b): Intensidade da radiação solar pela variação do horário em 3 dias do mês de Novembro de 2017. Fonte: (b) INMET Nov-2017.

Na Fig. 5 são apresentados os ciclos de reuso da $P.TiO_2$. Infelizmente, nem todos os ciclos puderam ser testados sob a mesma radiação solar, pois esta é variável conforme o dia. Porém, mesmo com essa variação na intensidade da radiação solar, a $P.TiO_2$ mostrou eficiência acima de 90 % ainda no 5º ciclo, com descoloração da solução em 40 min.

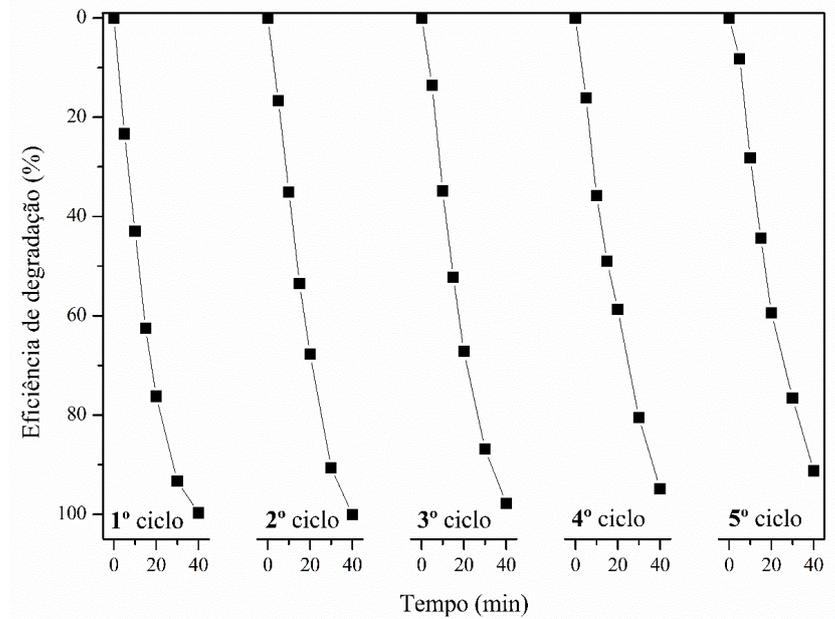


Figura 5: Eficiência de degradação em ciclos de reuso.

4 | CONCLUSÃO

TiO₂ foi suportado em placa de Petri via suspensão aquosa seguido de calcinação. A temperatura de calcinação provocou um amolecimento na superfície do vidro da placa de Petri, tornando a adesão do TiO₂ efetiva, pois nenhum desprendimento de titânia foi observado durante os testes fotocatalíticos. Esta é uma característica importante para um potencial uso como catalisador imobilizado em fotorreatores de lote ou fluxo com a vantagem fundamental, do ponto de vista da aplicação, de eliminar a filtração final de partículas finas de TiO₂ em suspensão. Tal filtração geralmente é considerada impossível na engenharia química.

A eficiência fotocatalítica do TiO₂ foi superior em radiação solar mais intensa, ou seja, quando exposta à radiação próxima das 12:00 h (horário de Brasília – BR) e se manteve praticamente constante ao longo dos 5 ciclos de reuso (acima de 90%).

A partir deste estudo, as placas de vidro são um suporte apropriado para uma eficiência catalítica ótima de titânia depositada.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a CAPES-FAPERGS (Projeto nº 88887.195036/2018-00) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

BARAN, W.; MAKOWSKI, A.; WARDAS, W. **The separation of catalyst after photocatalytic reactions conducted in the presence of TiO₂/FeCl₃/UV**. Chemosphere, 2005. v. 59, n. 6, p. 853–859.

- BELVER, C.; BEDIA, J.; RODRIGUEZ, J. J. **Zr-doped TiO₂ supported on delaminated clay materials for solar photocatalytic treatment of emerging pollutants.** Journal of Hazardous Materials, 2017. v. 322, p. 233–242.
- BOUARIOUA, A.; ZERDAOUI, M. **Photocatalytic activities of TiO₂ layers immobilized on glass substrates by dip-coating technique toward the decolorization of methyl orange as a model organic pollutant.** Journal of Environmental Chemical Engineering, 2017. v. 5, n. 2, p. 1565–1574.
- DITTA, I. B. *et al.* **Photocatalytic antimicrobial activity of thin surface films of TiO₂, CuO and TiO₂/CuO dual layers on Escherichia coli and bacteriophage T4.** Applied Microbiology and Biotechnology, 2008. v. 79, n. 1, p. 127–133.
- FERNÁNDEZ, A. *et al.* **Preparation and characterization of TiO₂ photocatalysts supported on various rigid supports (glass, quartz and stainless steel). Comparative studies of photocatalytic activity in water purification.** Applied Catalysis B, Environmental, 1995. v. 7, n. 1–2, p. 49–63.
- GONZÁLEZ-BAHAMÓN, L. F. *et al.* **Photo-Fenton degradation of resorcinol mediated by catalysts based on iron species supported on polymers.** Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 2011. v. 217, n. 1, p. 201–206.
- GUO, G. *et al.* **Synthesis and photocatalytic applications of Ag/TiO₂-nanotubes.** Talanta, 2009. v. 79, n. 3, p. 570–575.
- HANAOR, D. A. H.; SORRELL, C. C. **Review of the anatase to rutile phase transformation.** Journal of Materials Science, 2011. v. 46, p. 855–874.
- HENDERSON, M. A. **A surface science perspective on TiO₂ photocatalysis.** Surface Science Reports, 2011. v. 66, n. 6–7, p. 185–297.
- KHATAEE, A. R.; PONS, M. N.; ZAHRAA, O. **Photocatalytic degradation of three azo dyes using immobilized TiO₂ nanoparticles on glass plates activated by UV light irradiation: Influence of dye molecular structure.** Journal of Hazardous Materials, 2009. v. 168, n. 1, p. 451–457.
- KIM, J. R.; KAN, E. **Heterogeneous photocatalytic degradation of sulfamethoxazole in water using a biochar-supported TiO₂ photocatalyst.** Journal of Environmental Management, 2016. v. 180, p. 94–101.
- MASCOLO, G. *et al.* **Photocatalytic degradation of methyl red by TiO₂: Comparison of the efficiency of immobilized nanoparticles versus conventional suspended catalyst.** Journal of Hazardous Materials, 2007. v. 142, n. 1–2, p. 130–137.
- NOBBS, J. H. **Kubelka—Munk Theory and the Prediction of Reflectance.** Review of Progress in Coloration and Related Topics, 1985. v. 15, n. 1, p. 66–75.
- PATTERSON, A. L. **The scherrer formula for X-ray particle size determination.** Physical Review, 1939. v. 56, n. 10, p. 978–982.
- PHANIKRISHNA SHARMA, M. V.; DURGA KUMARI, V.; SUBRAHMANYAM, M. **TiO₂ supported over SBA-15: An efficient photocatalyst for the pesticide degradation using solar light.** Chemosphere, 2008. v. 73, n. 9, p. 1562–1569.
- SERPONE, N. *et al.* **Photocatalysis over TiO₂ supported on a glass substrate.** Solar Energy Materials, 1986. v. 14, p. 121–127.
- SILVESTRI, S. *et al.* **Photocatalytic efficiency of TiO₂ biotemplates form in the decoloration of organic dye and inhibition of E.Coli growth.** Journal of Advances in Chemistry, 2016. v. 12, n. 3, p. 4247–4255.

SINGH, S.; MAHALINGAM, H.; SINGH, P. K. **Polymer-supported titanium dioxide photocatalysts for environmental remediation: A review**. Applied Catalysis A: General, 2013. v. 462–463, p. 178–195.

STYLIDI, M.; KONDARIDES, D. I.; VERYKIOS, X. E. **Pathways of solar light-induced photocatalytic degradation of azo dyes in aqueous TiO₂ suspensions**. Applied Catalysis B: Environmental, 2003. v. 40, n. 4, p. 271–286.

UZUNOVA-BUJNOVA, M. *et al.* **Crystal structure, morphology and photocatalytic activity of modified TiO₂ and of spray-deposited TiO₂ films**. Catalysis Today, 2010. v. 151, n. 1–2, p. 14–20.

USO DA ÁGUA DOS APARELHOS DE AR CONDICIONADO NO CAMPUS PARALELA DO CENTRO UNIVERSITÁRIO JORGE AMADO – UNIJORGE

Alex dos Santos Queiroz

Centro Universitário Jorge Amado – UNIJORGE,
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.
Salvador – Bahia

Laís Lage dos Santos

Centro Universitário Jorge Amado – UNIJORGE,
Faculdade de Engenharia Ambiental.
Salvador – Bahia

José Arthur Matos Carneiro

Centro Universitário Jorge Amado – UNIJORGE,
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.
Salvador - Bahia

RESUMO: O Brasil, país detentor de uma grande diversidade de recursos naturais, hoje sofre com a força da crise hídrica que assola a região gradativamente. Tal situação tornou-se perceptível para a população quando houve uma queda dos níveis de abastecimento das grandes metrópoles do Sudeste, em 2014, afetando diretamente o cotidiano dos cidadãos, o que ocasionou um reflexo de mudanças drásticas nas relações destes indivíduos com o uso habitual da água. A dinâmica de funcionamento dos aparelhos de ar condicionado ocorre através da obtenção local da umidade do ambiente no qual estão inseridos e, a partir o processo de condensação, mudança de fase da matéria de estado gasoso para o estado líquido. O intuito deste trabalho foi estudar o

volume de água condensada dos aparelhos de ar condicionado, visando o reuso de água e contribuir para a sustentabilidade hídrica local. Os resultados mostram grande acúmulo de água sendo o sistema de reaproveitamento de água condensada dos aparelhos de ar condicionado excelente alternativa por ser sustentável e economicamente de baixo custo de implantação e ter simples aplicabilidades não potáveis.

PALAVRAS-CHAVE: água, ar condicionado, sustentabilidade.

ABSTRACT: Brazil, a country with a great diversity of natural resources, now suffers from the power of the water crisis that gradually ravages the region. This situation became noticeable for the population when there was a drop in the supply levels of the great metropolis of the Southeast, in 2014, directly affecting the daily life of the citizens, which caused a drastic change in the relations of these individuals with the habitual use of Water. The dynamics of the operation of the air conditioners occurs by locally obtaining the humidity of the environment in which they are inserted and, from the condensation process, changing the phase from the gaseous matter to the liquid state. The aim of this study was to study the volume of condensed water in air conditioning units, aiming at the reuse of water and contributing to

local water sustainability. The results show large water accumulation being the system of reuse of condensed water from the excellent alternative air conditioners by being sustainable and economically low cost of deployment and having simple non potable applications.

KEYWORDS: water, air conditioning, sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

. No cenário atual de disponibilidade hídrica, o Brasil detém em torno de 12% da água doce do planeta (BICUDO, et al; 2010). A partir do conhecimento desta realidade de abundância quanto ao porte de água doce comparada a outros países, surge a dificuldade de percepção dos brasileiros em notar que a água é um recurso natural renovável, porém esgotável e que o presente período é de escassez hídrica. O desmatamento crescente, o uso irracional da água, a perda de quase metade da água potável tratada através das redes brasileiras de distribuição, o panorama global de mudanças climáticas, dentre outras causas, reflete diretamente na situação atual de crise hídrica dos estados brasileiros, principalmente na região do Nordeste onde a carência de água é uma característica típica aos biomas da caatinga e do cerrado, agora a seca é intensificada com o agravante da indisponibilidade hídrica.

É ideal que haja um comportamento mais consciente por parte dos indivíduos quanto ao uso dos recursos hídricos. Para tal, é necessário que exista um fortalecimento das campanhas ambientais socioeducativas para que se faça entender a atual ocasião de transição da abundância para a escassez de água e, conseqüentemente, da energia elétrica oriunda das hidrelétricas. Além de ser importante o incentivo para que os cidadãos adotem medidas alternativas e inovadoras para a utilização dos recursos naturais de maneira a suprir suas necessidades sem que haja um comprometimento deste uso para as gerações futuras.

A crescente problemática da escassez de recursos hídricos faz com que a sociedade busque alternativas do uso sustentável da água como técnicas de aproveitamento de água da chuva e águas como as geradas por aparelhos de ar condicionado que são utilizados em grande escala tanto em residências como em instituições comerciais e de ensino. A dinâmica de funcionamento dos aparelhos de ar condicionado ocorre através da obtenção local da umidade do ambiente no qual estão inseridos e, a partir o processo de condensação, mudança de fase da matéria de estado gasoso para o estado líquido. Os drenos existentes neste aparelho, por sua vez, liberam a água gerada pelo equipamento que, conseqüentemente, quando em acúmulo pode causar vazamentos que provocam patologias na estrutura das edificações gerando prejuízos físicos e estéticos a longo prazo, no estabelecimento, a perspectiva de utilizar a água proveniente do sistema de refrigeração dos aparelhos de ar condicionado é uma alternativa aparentemente viável, buscando conciliar o aproveitamento de água e diminuição do incômodo gerado pelas patologias estruturais

ocasionados pela erosão dos gotejamentos indevidos.

2 | METODOLOGIA

O campus Paralela da UNIJORGE, localizado em Salvador, Bahia, latitude: -12.9704, Longitude: -38.5124 12° 58' 13" Sul, 38° 30' 45" Oeste foi o local de execução deste estudo que se desenvolveu a partir da captação de água dos aparelhos de ar condicionado instalados em salas de aulas e no laboratório de engenharia civil.

O estudo desenvolvido abrangeu a análise quantitativa da água condensada coletada durante trinta dias. Iniciou-se no dia 15 de abril de 2017 e foi finalizado no dia 15 de junho de 2017. Diariamente, as coletas foram realizadas das 7 horas às 22 horas, nos dois sistemas, com os aparelhos configurados em 21°C.

Os aparelhos de ar condicionado foram estrategicamente selecionados para que toda a água condensada pudesse ser drenada e armazenada em baldes e túneis, mensurada a volumetria armazenada e em seguida reutilizada nas práticas diárias do próprio laboratório de engenharia civil da UNIJORGE.

O experimento de coleta da água de alguns aparelhos de ar condicionado das salas de aula da UNIJORGE ocorreu no laboratório de engenharia civil, localizado andar térreo do prédio, subdividido em dois sistemas, O primeiro equivale a condensação do ar condicionado localizado no próprio laboratório (Figuras 1 e 2); e o segundo sistema corresponde à tubulação de descarga que está conectada a oito aparelhos de ar condicionado localizados em salas de aulas, todos com potência correspondente a 58000 BTUs (Figura 3). Foram utilizados recipientes graduados para contabilizar o quantitativo da água coletada nos dois sistemas, que foram instalados através da conexão de tubulações de PVC nos drenos dos aparelhos.



Figura 1. Primeiro sistema de coleta.



Figura 2. Coleta do aparelho de ar condicionado do laboratório.



Figura 3. Reservatório do segundo sistema de coleta.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o processo de coleta nas quatro semanas, foi observado que não há uma frequência regular para o fluxo de água em cada sistema. Tal fluxo varia diariamente a depender da utilização das salas e do laboratório durante a semana e aos sábados, da frequência de funcionamento em cada dia da semana, dos horários de aulas nos turnos matutino e noturno e da presença de feriados durante este período (Figura 4).

O volume coletado no primeiro sistema revelou uma média aproximada de 39 litros de água por dia. E o volume coletado no segundo sistema resultou em uma média de, aproximadamente, 98 litros de água por dia.

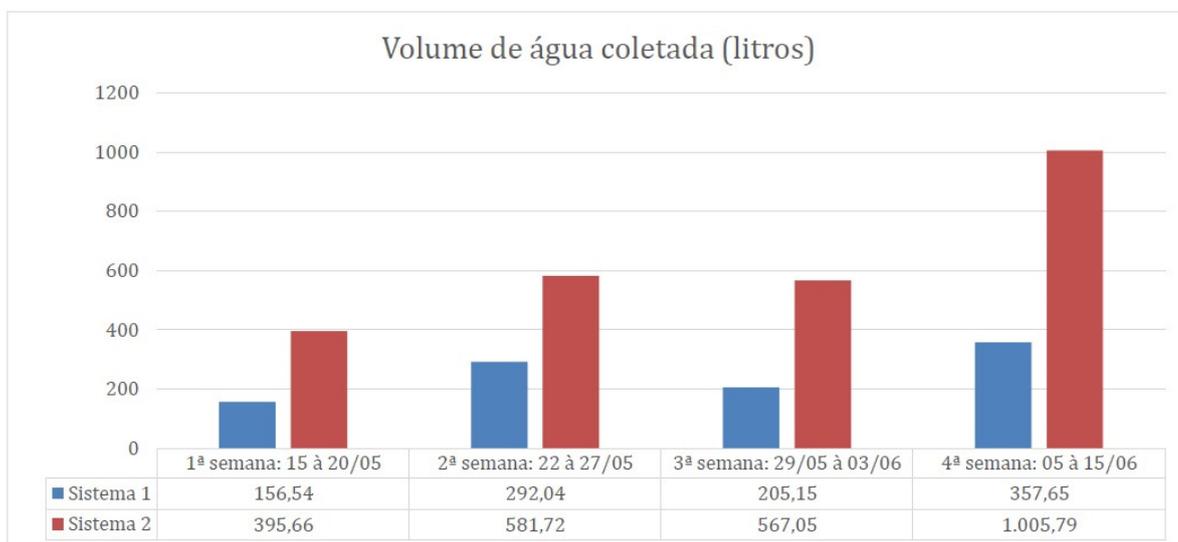


Figura 4. Gráfico de coletas.

Ao decorrer dos vinte dias de coleta, houve um resultado de aproximadamente 3.561,60 litros de água após a soma do volume coletado nos dois sistemas (Tabela 1).

A água coletada nos dois sistemas é mais do que suficiente para atender semanalmente às necessidades das aulas práticas, limpeza, banheiro e jardim do laboratório de engenharia civil.

	Coleta em 20 dias	Coleta em 20 dias
Sistema 1	1.011,38 litros	3.561,60 litros
Sistema 2	2.550,22 litros	

Tabela 1: Quadro de coletas.

Segundo MOTA (2011) e reafirmado por FORTES (2015) um aparelho de ar condicionado de 12000 BTUs gera em torno de 3,7 litros por 12 horas de funcionamento. Aplicando-se relação matemática regra de três composta o valor encontrado de volume condensado para um aparelho de 58000 BTUs funcionando por 15 horas/dia foi de 17 litros demonstrando compatibilidade aos estudos de MOTA (2011) e FORTES (2015).

4 | CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados nessa pesquisa, é possível concluir que o sistema de reaproveitamento de água condensada dos aparelhos de ar condicionado foi excelente alternativa por ser sustentável e economicamente de baixo custo de implantação e ter simples aplicabilidade.

Esse trabalho de pesquisa disseminou a prática sustentável entre a comunidade acadêmica usual do laboratório como estímulo para o cuidado com os recursos naturais

e o fortalecimento da educação ambiental.

REFERÊNCIAS

BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. 2010. **Águas do Brasil: Análises estratégicas**. <Disponível em: <https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2017.

CABRAL, F. S.; PINHEIRO, R. F.; FERREIRA, F. R. M.; FEITOSA, V. A.; TEIXEIRA, T. L. 2015. **Sustentabilidade aplicada a partir do reaproveitamento de água de condicionadores de ar**. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Google%20Drive/Unijorge/2018.1/IC/Fortes%20Sustentabilidade%20aplicada.pdf>. Acesso em 20 nov. 2017.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M.C. **Secas do Nordeste no Brasil: origens, causas e soluções**. Disponível em:<http://www.deha.ufc.br/ticianaa/Arquivos/Publicacoes/Congressos/2001/Secas_no_Nordeste_do_Brasil_08_de_junho_def.pdf>. Acesso em nov. 2017

FORTES. P. D.; JARDIM, P. W. C. F. P. M. G.; FERNANDES, J. G. 2015. **Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**. In: XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 12. Resende, RJ.

MOTA. T. R.; OLIVEIRA. D. M. de; INADA, P. **Utilização da água de sistemas de ar condicionado visando o desenvolvimento sustentável**. Disponível em:<http://www.dex.uem.br/forum/images/10forum/C_Oral/Meio%20Ambiente/utilizacao%20da%20agua%20de%20sistemas%20de%20ar%20condicionado%20visando%20o%20desenvolvimento%20sustentavel.pdf>. Acesso em 15 nov. 2017.

SOUSA, I. M. P.; SILVA, N. C.; JÚNIOR., A. N.; PEREIRA, D. R.; COELHO, G. T. F. 2015. **Projeto de um sistema de aproveitamento de água condensada de aparelhos de ar condicionado em edificações**. Disponível em:<http://www.confex.org.br/media/Civil_projeto_de_um_sistema_de_aproveitamento_de_agua_condensada.pdf>. Acesso em 09.nov. 2017.

USO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA NA REMOÇÃO DO CORANTE VIOLETA

Jordana Georgin

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Engenharia Civil
Santa Maria – RS

Paola Rosiane Teixeira Hernandes

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Engenharia Química
Santa Maria – RS

Letícia de Fátima Cabral de Miranda

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Engenharia Química
Santa Maria – RS

Daniel Allasia

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Engenharia Civil
Santa Maria – RS

Guilherme Luiz Dotto

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Engenharia Química
Santa Maria – RS

RESUMO: Neste trabalho foi utilizada a casca de Nóz pecã na remoção do corante catiônico, violeta cristal. Foram estudadas as curvas cinéticas o efeito da massa e o efeito do pH a partir da avaliação de diferentes parâmetros, bem como o tempo de contato. A capacidade de adsorção foi favorecida em pH ácido, sendo que a máxima capacidade de adsorção foi de 147,3 mg/g. O modelo pseudo- primeira ordem

foi o mais adequado para representar as curvas cinéticas de adsorção.

PALAVRAS-CHAVE: Nóz pecã, violeta cristal, adsorção.

ABSTRACT: In this work the pecan nut shell was used in the removal of the cationic dye, crystal violet. The kinetic curves were the effect of the mass and the pH effect from the evaluation of different parameters, as well as the contact time. The adsorption capacity was favored at acid pH, and the maximum adsorption capacity was 147.3 mg / g. The pseudo-first-order model was the most adequate to represent the adsorption kinetic curves.

KEYWORDS: Pecan nut, crystal violet, adsorption.

1 | INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas do mundo moderno é a poluição de águas superficiais proveniente, na maioria das vezes, do descarte inadequado de resíduos industriais e agrícolas (SANTOS et al., 1997; CORBI et al., 2006).

Os corantes são substâncias com elevado potencial de aplicação nas mais diversas áreas, utilizados para colorir os produtos finais de industriais têxteis, de pedras preciosas, couro, papéis, plásticos e alimentos. Estima-se que

são mais de 100.000 corantes sintéticos no mercado, com uma produção anual de mais de 700.000 toneladas em todo o mundo (AL- FAWWAZ e ABDULLAH, 2016).

Os métodos para tratamento de efluentes industriais mais utilizados envolvem processos físicos e/ou químicos, como oxidação, troca iônica, adsorção por carvão ativado, separação por membrana, processos biológicos, eletroquímicos, fotoquímicos, neutralização/precipitação química, etc. (POLPRASET et al., 2012; MOHAN et al, 2008). Os procedimentos baseados na adsorção têm a vantagem de serem versáteis e acessíveis, entretanto o material adsorvente pode encarecer o processo.

O emprego de biossorventes torna-se ainda mais relevante quando são derivados de resíduos agroindustriais, os quais dependendo do volume produzido se tornam um problema ambiental. Dessa forma, dentre as vantagens deste material como biossorvente podemos citar sua abundância, baixo custo e a facilidade de obtenção, logo neste trabalho foi utilizado à casca da Nóz pecã, visando verificar a eficiência deste biossorvente na remoção do corante violeta cristal.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Preparação e Caracterização do Biossorvente

As cascas da nóz pecã foram coletadas e lavadas com água destilada, e secadas durante 12 horas à 100 °C no forno. Em seguida as amostras foram trituradas em um moinho de facas e depois peneiradas separando as partículas menores que 2 mm. O biossorvente foi caracterizado mediante os seguintes métodos: microscopia eletrônica de varredura (MEV) e difração de raio-X, através do difratômetro Rigaku Miniflex 300.

2.2 Experimentos de Biossorção

O corante Violeta cristal utilizado nos experimentos tem as seguintes características: (407.9 g/mol; número CAS 548-62-9; fórmula empírica $C_{25}H_{30}N_3Cl$) é um corante usado como indicador de pH, para a coloração de Gram, como agente bactericida, como desinfetante de pele de animais e seres humanos, para a identificação das impressões digitais e para tingimento de algodão e seda. Os experimentos de biossorção foram realizados em um agitador com controle de temperatura (Marconi, MA 093, Brazil) a 200 rpm, utilizando as seguintes massas: 0,5; 0,8; 1; 1,5 e 2,0 g/L de biossorvente, na temperatura ambiente (25°C) no pH próprio da solução, em contato com 100 mL de uma solução de 100 mg/L de cada corante, e deixado sob agitação por 4 h.

O efeito do pH foi verificado nas faixas de 2; 4; 6,5; 8 e 10 na temperatura ambiente (25°C), concentração inicial do corante de 100 mg/L e tempo de contato de 1 h, objetivando garantir o equilíbrio entre as duas fases (biossorvente/ adsorbato). As

curvas cinéticas foram obtidas nas mesmas condições, porém na massa já determinada e no melhor pH, variando o tempo nos seguintes intervalos: 2, 6, 10, 15, 20, 40, 60, 90 e 120 min, também foram utilizadas soluções de 100, 200 e 300 mg/L.

2.3 Modelos Cinéticos

Os modelos cinéticos de pseudo-primeira ordem (Lagergren, 1898), pseudo-segunda ordem (Ho e Mckay, 1998) e Elovich (Elovich, 1957) foram utilizados para ajustar os dados experimentais, como mostram as Equações 1, 2 e 3, respectivamente:

$$\frac{dq}{dt} = k_1(q_e - q) \quad (1)$$

$$\frac{dq}{dt} = k_2(q_e - q)^2 \quad (2)$$

Sendo, q_1 e q_2 (mg/g), são as capacidades de bioadsorção estimadas pelos modelos, k_1 (min^{-1}) e k_2 (g/mg.min) são as constantes da taxa de bioadsorção e t (min) é o tempo.

$$q_t = \frac{1}{t} \ln(1 + abt) \quad (3)$$

Onde, a é a taxa inicial devido $(dq/dt)=a$, quando $q_t=0$ (mg/g.min) e b é a constante de desadsorção do modelo de Elovich (g/mg) que indica a extensão da cobertura da superfície (WU et al., 2009).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características do Bioadsorvente

A primeira técnica utilizada para caracterizar o bioadsorvente foi o DRX, (Figura 1A) aonde é possível observar no difratograma que a casca de Noz pecã apresenta-se como um material amorfo. Observa-se um pico centrado em $2\theta = 21,36^\circ$ não havendo a formação de outras fases, indicando a ausência de fases cristalinas (LIU, 2004; OLIVEIRA, et al. 2007; VLAEV, et al. 2011). Também foi realizado uma análise morfológica da amostra (MEV) (Figura 1B), aonde pode-se visualizar partículas não porosas e formas irregulares, além de tamanhos variados.

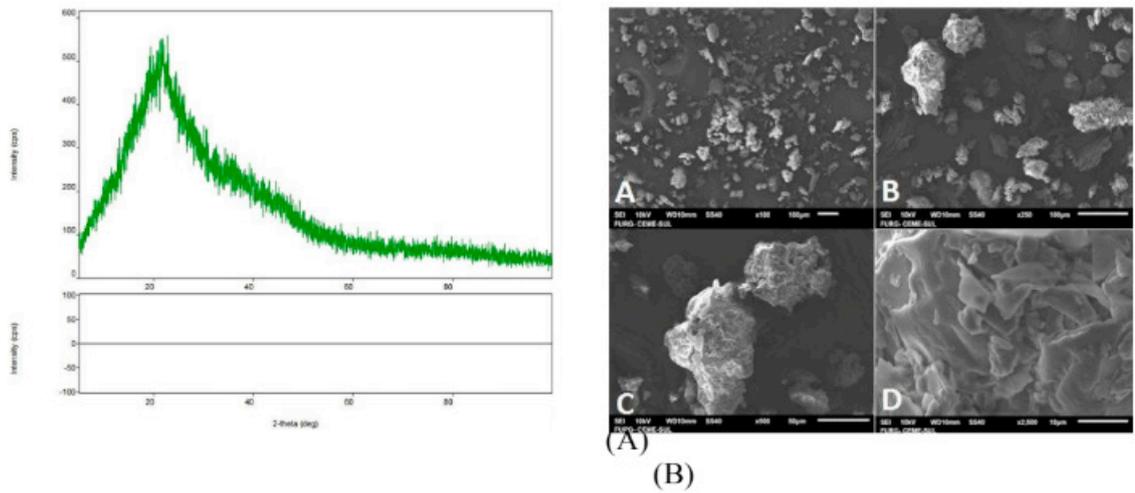


Figura 1- Difratoograma da casca de Noz pecã (A), e análise morfológica (B).

3.2 Efeito da Massa

Analisando os valores encontrados no estudo de massa, observa-se que a melhor quantidade de massa encontrada para biossorção do violeta cristal foi de 0,5 g o que corresponde a 35,5 mg/g da capacidade de remoção.

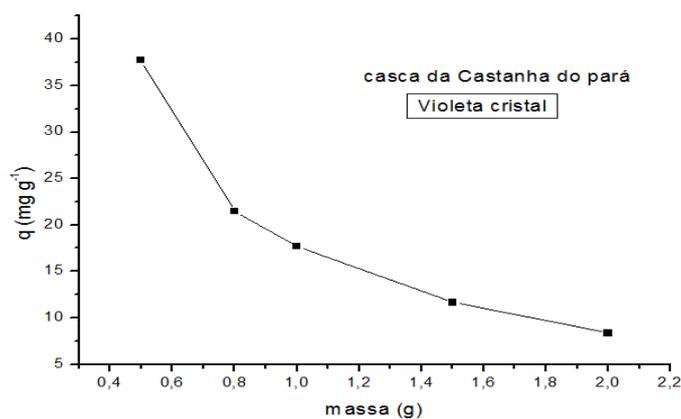


Figura 3 - Estudo de massas do biossorvente. Condições experimentais: concentração inicial do corante = 100 mg/L ; pH= 6,8 próprio da solução; temperatura = 25°C; volume = 100 mL; massas: 0,5; 0,8; 1; 1,5 e 2,0 g/L.

3.3 Efeito do pH

O pH é um dos fatores mais importantes relacionados com o processo de adsorção, uma vez que pode afetar a carga de superfície do adsorbente e, também, o grau de ionização do adsorbato (DOTTO; VIEIRA; PINTO, 2012). A Figura a seguir apresenta a relação entre o pH e a capacidade de adsorção.

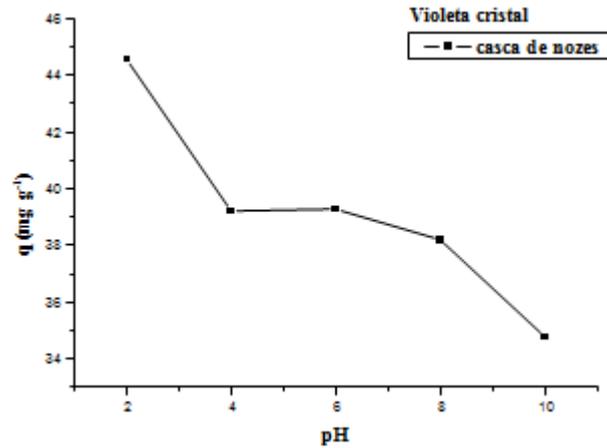


Figura 4 - Efeito do pH na adsorção dos corantes Violeta cristal e Azul de metileno. Condições experimentais: concentração inicial do corante = 100 mg/L ; temperatura = 25°C; massa de bioissorvente = 0,05 g; volume = 100 mL.

Os gráficos mostram os efeitos do pH do bioissorvente na bioissorção do corante Violeta cristal neste, dois aspectos podem ser visualizados. A capacidade de bioissorção foi favorecida com a diminuição do pH, sendo os valores máximos obtidos a pH=2 o qual permaneceu na faixa de 45 mg/g logo, com o aumento do pH a remoção diminuiu significativamente, a razão para isto é que o bioissorvente em meio básico acaba sofrendo um ataque no qual as moléculas presentes na casca, principalmente as fibras como a celulose, lignina e hemicelulose, se dissolvem quase que por completo, ocupando os sítios adsorptivos presentes no bioissorvente, logo a adsorção acaba sendo prejudicada. Maior capacidade de bioissorção com o uso de corantes catiônicos em pH's inferiores também foi obtido por Ulker et al. (2016), onde foi utilizado algas na bioissorção do corante violeta cristal.

3.4 Curvas cinéticas

As curvas cinéticas de bioissorção estão apresentadas na Figura 5 a seguir.

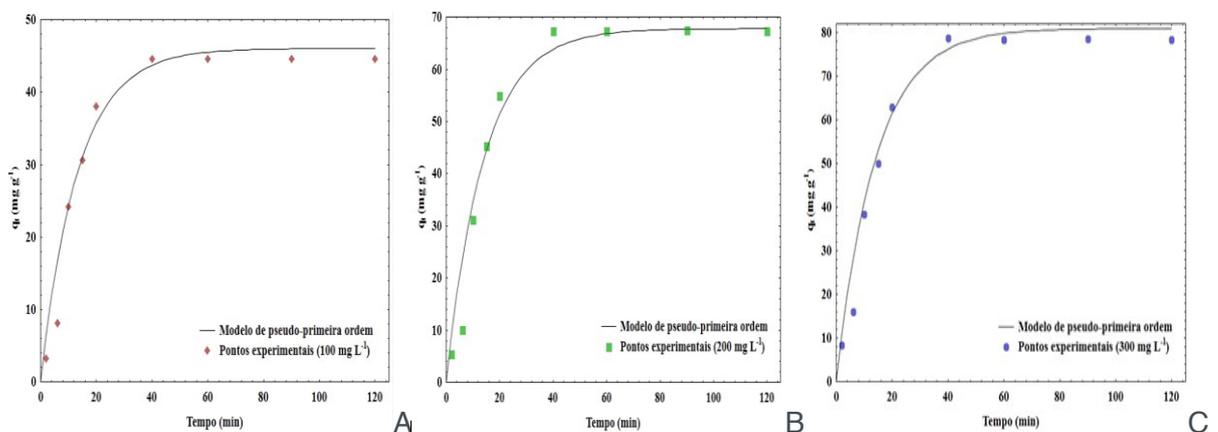


Figura 5 - Curvas cinéticas para a adsorção do corante Violeta cristal (A, B e C). Condições experimentais: pH = 2,5; temperatura = 25°C; massa de adsorvente = 0,5 g; volume = 100 mL; concentração inicial do corante = 100, 200 e 300 mg/L.

Nos primeiros minutos as curvas cinéticas iram se sobrepor, com um aumento da capacidade de bioissorção. Após este período, a taxa de bioissorção se estabelece consideravelmente, sendo o equilíbrio atingido a cerca de 20 min. As curvas cinéticas de bioissorção do corante Violeta cristal foram ajustadas aos modelos pseudo-primeira ordem, pseudo-segunda ordem e Elovich. E, para garantir a qualidade do ajuste, foi estimado o coeficiente de determinação (R^2) e o erro relativo médio (ARE), ambos apresentados na Tabela 1.

C_0 (mg/L)	100	200	300
<u>Pseudo-first order model</u>			
q_1 (mg/g)	46,019	67,79	80,95
k_1 (min^{-1})	0,0748	0,071	0,071
R^2	0,9473	0,9407	0,949
ARE (%)	23,7	24,36	15,23
<u>Pseudo-second order model</u>			
q_2 (mg/g)	52,1673	78,41	89,788
k_2 (g/mg.min)	0,001715	0,001	0,0011
R^2	0,9129	0,9031	0,9147
ARE (%)	32,2	33,089	22,7653
<u>Elovich</u>			
A	0,0844	0,0554	0,04781
B	7,512	9,955	12,73
R^2	0,8616	0,8571	0,87018
ARE (%)	41,3	39,99	28,11

Tabela 1 – Violeta cristal para a casca de nozes.

Com base na tabela acima, verifica-se que o modelo de pseudo-primeira ordem foi o mais adequado para representar a bioissorção, tendo em vista os valores mais elevados de R^2 e mais baixos de ARE em relação aos demais modelos ajustados. Uma vez que o modelo em questão é aplicável aos estágios iniciais de adsorção, e que o tempo de contato necessário para atingir o equilíbrio foi em torno de 20 minutos, os resultados revelam-se coerentes.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que o pH 2,5 foi o mais adequado para a bioissorção. O modelo de pseudo-primeira ordem foi adequado para representar os dados cinéticos. A capacidade máxima de bioissorção foi de 147,3 mg/g para o violeta cristal. Portanto os resultados mostraram-se eficazes na remoção do corante, logo, o processo de adsorção pode ser uma alternativa de tratamento às indústrias que utilizam esses corantes em seus processos produtivos.

REFERÊNCIAS

AL-FAWWAZ, A. T.; ABDULLAH, M. Decolorization of Methylene Blue and Malachite Green by Immobilized *Desmodesmus* sp. Isolated from North Jordan. **International Journal of Environmental Science and Development**, v. 7, n. 2, p. 95–99, 2016.

CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T.; Santos, A.; Grande, M. D. **Quim. Nova** 2006, 29, 61.

DOTTO, G.L.; VIEIRA, M.L.G.; PINTO, L.A.A. Kinetics and mechanism of tartrazine adsorption onto chitin and chitosan. **Ind. Eng. Chem. Res.**, v. 51, p. 6862– 6868, 2012.

LIOU, T. H.; Preparation and characterization of nano-structured silica from rice husk. **Materials Science and Engineering**, vol. A364, p. 313-323, 2004.

MOHAN, D.; SINGH, K. P.; SINGH, V. K. J. *Hazard. Mater.* 2008, 152, 1045.

OLIVEIRA, A. P. N. de; MONTEDO, O. R. K.; JUNKES J. A.; DELLA, V. P.; HOTZA, D.; **Obtenção de sílica amorfa a partir da casca de arroz**. Patente: PI 0504966-0 A, Data de Publicação: 07/08/2007. POLPRASERT, C.; SHARMA, K.; KOOTTATEP, T.; **Water science and technology** 2012, 52, 1.

SANTOS, M. L. P.; SANTOS, J. S.; SANTOS, J. R.; OLIVEIRA, L. B. **Quim. Nova** 2008, 31, 1997.

ULKER, A. G.; MEHTAP, E.; TUNCELA, E.; FERIDE, D. Mono and simultaneous removal of crystal violet and safranin dyes from aqueous solutions by HDTMA-modified *Spirulina* sp. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 99, p. 194-206, 2016.

VLAEV, L.; PETKOV, P.; DIMITROV, A.; GENIEVA, S.; Cleanup of water polluted with crude oil or diesel fuel using Rice husks ash. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 42, p. 957-964, 2011.

WU, F.C.; TSENG, R.L.; JUANG, R.S. Characteristics of Elovich Equation Used for the Analysis of Adsorption Kinetics in Dye Chitosan Systems. **Chemical Engineering Journal**, v. 150, p. 366-373, 2009b.

UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA MÁQUINA DE LAVAR ROUPA PARA IRRIGAÇÃO DE GRAMA

Lucas Oliveira de Souza

Universidade Federal de Goiás - Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação
Goiânia - Goiás

Sandra Zago Falone

Instituto Federal Goiano – Campus Trindade
Trindade - Goiás

RESUMO: Diante dos problemas que a disponibilidade de água potável para diferentes usos mundialmente está enfrentando, é necessário adotar medidas de reutilização. Pensando nisso, e no fato de que muitas famílias utilizam máquinas de lavar roupas em suas residências gastando mais de 45 litros de água em uma só lavagem, esse projeto buscou aproveitar essas águas cinzas para irrigar gramas, analisando os impactos em sua qualidade. Para realizar o trabalho, utilizou-se gramas da espécie Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud). Foram adquiridos um tapete de grama no tamanho de 30 x 40 cm, sendo que esta peça foi dividida em quatro fatias de tamanhos iguais. Utilizou-se 500 mL e 1000 mL de água. Foram feitas comparações durante a execução do trabalho e foi utilizado um tapete que foi irrigado com água de torneira, para servir como parâmetro. Verificou-se que a qualidade da grama não variou consideravelmente conforme a quantidade de água utilizada,

sendo que as que foram irrigadas com 1000 mL obtiveram melhores resultados em relação as que utilizaram 500 mL. Além disso, pode-se observar que as águas cinzas não afetaram diretamente o aspecto visual das gramíneas, havendo pouca diferença. Sendo assim, tornou-se evidente que uma das formas de reutilização da água é no processo de irrigação de jardins. A água proveniente de máquinas de lavar roupas não afeta o desenvolvimento da planta, podendo ser uma alternativa para períodos em que a disponibilidade de água pura, diminua, como em estações secas.

PALAVRAS-CHAVE: Reutilização, águas cinzas, gramas.

ABSTRACT: In front of the problems that the availability of drinking water for different uses worldwide is facing, it is necessary to adopt measures of reuse. Thinking about it, and in the fact that many families use washing machines in their residences spending more than 45 liters of water in a single wash, this project sought to take advantage of these gray waters to irrigate grams, analyzing the impacts in their quality. To accomplish the work, we used grass of the species Esmeralda (*Zoysia japonica* steud). A grass rug was acquired in the size of 30 x 40 cm, and this piece was divided into four slices of equal sizes. We used 500 ml and 1000 ml of water. Comparisons were made during the

execution of the work and a rug was used to irrigate with tap water to serve as a parameter. It was found that the quality of the grass did not vary considerably according to the amount of water used, and those that were irrigated with 1000 ml obtained better results compared to those who used 500 ml. Moreover, was noticed that the gray waters did not directly affect the visual aspect of the grasses, with little difference. Thus, it has become evident that one of the forms of water reuse is in the process of irrigation of gardens. The water from washing machines, whether with softener or soap, does not affect the development of the plant, and may be an alternative for periods in which the availability of pure water, decrease, as in dry seasons.

KEYWORDS: Reuse, gray waters, grass.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, com base na Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9.433/97, houve muitos avanços na construção de um modelo de gerenciamento, a cobrança pelo uso da água, por exemplo. Os desafios para a gestão sustentável dos recursos hídricos, contudo, sempre estarão presentes (ANA, 2014).

A probabilidade de escassez de água limpa, a elevação dos custos de energia não-renovável, a crescente demanda da sociedade por uma atitude responsável quanto ao impacto ambiental e a sustentabilidade fizeram surgir um novo cenário que corrobora com as práticas de reuso da água (ONU, 2014), e busca alternativas do seu melhor reaproveitamento (PHILIPPI JUNIOR, 2005). O processo de reuso da água, que consiste na utilização do recurso hídrico por mais de uma vez no mesmo processo ou em procedimentos diferentes é cada vez mais eminente. Reaproveitar a água, enfim, é medida que merece ser incentivada, e está entre as diversas formas que a cooperação entre o público e o privado pode assumir no saneamento (DRAGONE, 2014).

Com a revolução industrial, o homem começou realmente a transformar a face do planeta, a natureza de sua atmosfera e a qualidade de sua água. Hoje, o rápido crescimento da população humana criou uma demanda sem precedentes que o desenvolvimento tecnológico pretende satisfazer, submetendo o meio ambiente a uma agressão que está provocando o declínio, cada vez mais acelerado, de sua qualidade e de sua capacidade para sustentar a vida (FUNASA, 2014). Dessa forma, os seres humanos estão expostos cada vez mais aos riscos que são gerados pelo consumo de água que não esteja dentro dos parâmetros aceitáveis de qualidade.

A demanda por água procede basicamente de quatro atividades: a agricultura, a produção de energia, os usos industriais e o consumo humano (UNESCO, 2009). Sendo assim, mesmo que possua um território privilegiado, tendo recursos hídricos abundantes, o Brasil deve-se preocupar no que refere a formas de reutilização da água, de diferentes formas, pois, com o crescimento econômico, consumo desenfreado e a expansão das indústrias, a tendência é que água própria para o consumo, livre de poluição, diminua gradativamente.

Portanto, diante dos problemas que a disponibilidade de água potável para diferentes usos mundialmente está enfrentando, é necessário adotar medidas de reutilização, que abrangem não apenas indústrias, empresas, condomínios residenciais, mas também as unidades residenciais de diferentes classes sociais. Ferramentas apresentadas por estudantes na área ou ideias trazidas a público pela própria população no geral para aliviar e colaborar com um desenvolvimento sustentável no que tange aos recursos hídricos do planeta, portanto, fazem-se necessárias.

Será verificada a utilização de águas cinzas, que são aquelas provenientes de lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça que devido às suas características poderiam ser utilizadas para fins menos nobres, já está sendo utilizada com eficácia em outros projetos de reuso de águas, como em lavagem de pátios e descargas sanitárias, por exemplo. A proposta deste trabalho, portanto, foi desenvolver uma forma de utilizar essa água na irrigação da grama.

2 | OBJETIVOS

Analisar de forma apenas visual como a grama esmeralda se comporta em relação a alguns produtos químicos, como a água com o sabão em pó, e a água com amaciante proveniente da máquina de lavar roupas;

Analisar a real utilização destas águas para regar plantas, uma vez que para lavar calçadas, carros e limpar casa já são utilizadas;

Verificar o comportamento dessa gramínea com os diferentes tratamentos para poder afirmar se a água utilizada na lavagem de roupas pode ser reutilizada para regar as gramíneas dos quintais;

Verificar a influência dos períodos seco e chuvoso no crescimento e desenvolvimento das gramíneas.

3 | METODOLOGIA

Para o experimento, foi utilizada a grama Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud). No Brasil é uma das espécies mais aproveitadas no paisagismo, especialmente para aplicação em áreas residenciais. Esse tipo de grama vem sendo muito utilizado por causa de suas folhas mais estreitas, que conferem ao gramado uma aparência delicada (LORENZI & SOUZA, 2001).

Foram adquiridos tapetes de grama Esmeralda no tamanho de 30 x 40 cm, sendo que esta peça foi dividida em quatro fatias de tamanhos iguais, sendo montados três canteiros. Cada fatia foi colocada em um lugar no canteiro de uma residência.

Os canteiros foram aguados durante um mês cada, e foram tiradas fotos semana a semana para cada experimento.

Foram estabelecidos quatro tratamentos, um para cada unidade experimental. A forma de aplicação dos tratamentos consistiu em duas irrigações por dia. Foram

utilizadas em um experimento 250 mL pela manhã e 250 mL no final da tarde, totalizando 500 mL, e em outro experimento, 500 mL pela manhã e 500 mL pela tarde, totalizando 1000 mL de água da máquina de lavar roupa (primeira água com sabão) por dia, diretamente, nos tratamentos, os quais foram:

1. No primeiro experimento utilizou-se 500 mL de água da máquina de lavar roupa por dia;
2. No segundo experimento utilizou-se 500 mL de água de torneira por dia;
3. No terceiro experimento utilizou-se 1000 mL de água da máquina de lavar roupa por dia;
4. No quarto experimento utilizou-se 1000 mL de água de torneira por dia;

O controle de branco, descritos nos itens 2 e 4, ou tratamento controle, foi considerado como nível zero do fator, estes dois itens, portanto serviram de termo de comparação aos restantes dos tratamentos.

Em um segundo momento, montou-se experimentos utilizando-se as mesmas medidas, descritas acima, sendo que nesse foi usado a água da máquina com amaciante. Vale ressaltar que o experimento foi feito em um período chuvoso.

Foram retiradas fotos semanalmente para a comparação dos resultados.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a qualidade das gramíneas não variou consideravelmente com a variação da quantidade de água que foram utilizadas nos experimentos com a água da máquina de lavar, em comparação aos experimentos realizados com as águas de torneira.

Os experimentos mostraram que tanto o experimento que utilizou 500 mL de água de torneira (2) como o que utilizou 1000 mL da mesma água (4) não tiveram variações consideráveis de qualidade nas gramíneas, como excesso ou falta de umidade, mas foi resolvido utilizar o experimento de 1000 mL.

O experimento que utilizou 1000 mL de água da máquina de lavar roupa, foi o escolhido porque mostrou que as gramíneas ficaram mais viçosas em relação ao que utilizou 500 mL, o volume de 1000 mL foi o volume padrão a ser utilizado nos experimentos.

Verificou-se que a água com sabão deixa as gramíneas com aspecto inferior aos experimentos que foram irrigados com água de torneira (branco), mas mesmo assim a água que sai da máquina pode ser utilizada para irrigar os quintais gramados, sendo uma alternativa de reuso muito importante.

Pode-se verificar que a qualidade das gramíneas não variou consideravelmente com a variação da quantidade de água que foram utilizadas nos experimentos em

comparação aos experimentos realizados com as águas de torneira. As diferenças encontradas, após um período de adaptação da planta, foram mínimas, e quando são irrigadas com uma quantidade maior de líquido, elas se desenvolvem melhor.

A Figura 01 mostra a grama que serviu de comparação, utilizando 500 mL de água da torneira diariamente.



Figura 01: Experimento utilizando 500 mL de água da torneira

Fonte: acervo do autor

A grama da Figura 01 recebeu apenas água limpa. Sendo assim, esse experimento serviu de comparação com as gramíneas da Figura 02 que recebeu apenas água cinza proveniente da máquina de lavar roupas, verificando assim, o quanto a água com sabão afeta visualmente a planta.



Figura 02: Experimento utilizando 500 mL de água da máquina de lavar roupas

Fonte: acervo do autor

Verifica-se que a diferença entre as gramas que utilizaram 500 mL, não houve diferença significativa na qualidade das folhas, o que evidencia em um primeiro momento, a possibilidade das águas cinzas serem utilizadas na irrigar as gramas, sem comprometê-las.

Juntamente com os experimentos de 500 mL, também foram utilizadas mais dois experimentos utilizando 1000 mL, seguindo o mesmo padrão. O primeiro deles que utilizou 1000 mL de água da torneira, pode ser observado na Figura 03.



Figura 03: Experimento utilizando 1000 mL de água da torneira

Fonte: acervo do autor

Na Figura 03, pode-se observar que existe uma pequena diferença comparado à Figura 01, que também utilizou água limpa. Essa diferença pode ser justificada pelo fato da grama da Figura 01 ter sido irrigada com 500 mL a menos de água. Mas como o objetivo era comparar as gramas abastecidas com a mesma quantidade de líquido, então, o experimento da Figura 03 foi comparado com o da Figura 04 a seguir, que também utilizou 1000 mL, porém com água proveniente da máquina de lavar roupas.



Figura 04: Experimento utilizando 1000 mL de água da máquina de lavar roupas

Fonte: acervo do autor

Como pode ser visto, o experimento da Figura 04, mesmo utilizando as águas cinzas, permaneceu verde e não houve diferença significativa em relação ao experimento que foi irrigado com a mesma quantidade de água, mas proveniente da torneira (Figura 03). Sendo assim, os resultados desses primeiros experimentos, deixou claro, que mesmo utilizando água que muitos consideram inutilizável, as gramas conseguiram permanecer verdes. Além disso, aos experimentos que foram abastecidos com 1000 mL foram os que ficaram mais viçosos, mostrando que a grama fica melhor, quando recebe essa quantidade de água diária.

Após um mês, os experimentos foram observados e fotografados novamente, e devido ao tempo seco as gramas perderam a qualidade, porém pode-se verificar que o observado anteriormente continuava ocorrendo, ou seja, o experimento que foi utilizado 1000 mL de água, permanecia sendo o mais viçoso, conforme se verifica na Figura 05.



Figura 05: Experimento utilizando 500 mL de água de torneira (canto superior direito) e 500 mL de água da máquina de lavar (canto superior esquerdo); e os outros experimentos utilizando 1000 mL de água de torneira (canto inferior direito) e 1000 mL de água da máquina de lavar roupa (canto inferior esquerdo).

Fonte: acervo do autor

Na Figura 06, verifica-se que após um período chuvoso, as gramíneas ficaram

mais viçosas, diminuindo a diferença entre as gramas que utilizaram 500 mL de água e 1000 mL de água. Entretanto, o experimento que utilizou 1 litro, continuou sendo a referência para as próximas análises, pois foi o que obteve melhor resultado.



Figura 06: Experimento utilizando 500 mL de água de torneira (canto superior direito) e 500 mL de água da máquina de lavar (canto superior esquerdo); e os outros experimentos utilizando 1000 mL de água de torneira (canto inferior direito) e 1000 mL de água da máquina de lavar roupa (canto inferior esquerdo).

Fonte: acervo do autor

Ao comparar os experimentos da Figura 06, com os resultados obtidos anteriormente, torna-se mais evidente, que a água cinza não danifica a integridade da planta, tendo uma leve diferença em relação aquelas que utilizaram recurso potável.

Além dos experimentos com a água com sabão em pó, também foram feitos experimentos paralelos, com água de amaciante, nas mesmas quantidades. Então, após 6 meses do início do projeto foram retiradas fotografias que comprovam que as gramas permaneceram viçosas, como observado na Figura 07.



Figura 07: Experimento utilizando 500 mL de água de torneira (canto inferior direito) e 500 mL de água da máquina de lavar roupa com amaciante (canto superior direito), e outro experimento utilizando 1000 mL de água de torneira (canto inferior esquerdo) e 1000 mL de água da máquina de lavar roupa com amaciante (canto superior esquerdo).

Fonte: acervo do autor

Como citado anteriormente, verificou-se que o amaciante não causou danos aparente a grama, pois como estava em período chuvoso, a grama adaptou-se a solo e conseguiu desenvolver normalmente. Mesmo com a chuva os experimentos foram irrigados normalmente todos os dias.

Vale ressaltar que o período foi de bastante chuva e ocorreu a diluição da água com amaciante, onde não se pode afirmar que ocorreria o mesmo quando estivesse em período de estiagem. Porém, o fato de que existiram dias secos, sem chuva, evidencia a importância dessas águas cinzas no desenvolvimento da planta.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, depois do que foi observado ao longo desse período, que a água das lavagens das roupas é uma alternativa para evitar o desperdício da mesma. Isso torna-se uma opção muito viável, pois em muitos lares, diversos litros de recurso hídrico são simplesmente descartados, e o trabalho comprovou, que o uso dessas águas cinzas pode se destinar a irrigação de jardins, tornando-os viçosos, mesmo sem o uso de água potável. Em tempos de seca, onde muitas regiões passam por meses sem chuva, gramas das residências, podem ser irrigadas diariamente através desse reuso, sem comprometer a integridade da planta.

6 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao IF Goiano pelo auxílio concedido do Programa Institucional de

Iniciação Científica de Ensino Médio ou Júnior (PIBIC-EM).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA), 2014. Disponível em: <www.ana.gov.br> Acesso em 19 dez. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU), 2014. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

CUBA, R. M.; MANZANO, D. P. Avaliação Técnica e Econômica do Reúso de Águas Cinzas em Aparelhos Sanitários. **Colloquium Exactarum**. V. 06. Presidente Prudente: UNOESTE. 2014.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas Ornamentais do Brasil, arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2001. 1088 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (FUNASA). **Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs**. 1.ed. Brasília: FUNASA, 2014. 111 p.

DRAGONE, G. **Reúso da água: uma realidade necessária**. Disponível em: <<https://www.dci.com.br/dci-sp/reuso-da-agua-uma-realidade-necessaria-1.529503>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO), 2009. Disponível em: <www.unesco.org/>. Acesso em: 15 dez. 2018.

PHILIPPI JUNIOR, A.; MALHEIROS, T. F. (2005). Águas Residuárias: Visão de Saúde Pública e Ambiental. In: PHILIPPI JUNIOR, A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento Sustentável**. Barueri: Manole. p.181-219.

UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS CATIÔNICOS ORGÂNICOS NO TRATAMENTO DA ÁGUA: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL TANÍFERO DE PLANTAS DO SEMIÁRIDO BAIANO

Thailany de Almeida Magalhães

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas
Cruz das Almas – Bahia

Aura Lacerda Crepaldi

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e
Biológicas
Cruz das Almas – Bahia

Yuji Nascimento Watanabe

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia,
Centro de Formação de Professores
Amargosa – Bahia

Floricea Magalhães Araújo

Universidade Federal da Bahia, Instituto de
Química
Salvador – Bahia

RESUMO: Saneamento envolve o gerenciamento dos fatores nocivamente envolvidos na saúde humana. Dentre esses, a potabilidade da água é essencial. Para o abastecimento, água deve possuir qualidade compatível à proteção da saúde. Assim, necessita-se discutir o destino do lodo gerado no tratamento da água e o uso de coagulantes alternativos como solução. Neste contexto, os polímeros orgânicos catiônicos à base de taninos tornam-se alternativas promissoras, principalmente pela não geração poluentes:

Após verificação do nome científico das plantas, realizou-se triagem fitoquímica utilizando solução alcoólica de Cloreto Férrico (FeCl_3), e quantificação para taninos condensados pelo método de Vanilina-ácido clorídrico (HCl). Todos os extratos apresentaram taninos condensados e a quantidade variou entre as espécies, em conformidade com a literatura. Sugere-se que esta quantidade seja característica inerente a cada espécie. A diferença de taninos nos extratos da Gerema pode relacionar-se ao processo de liofilização. Ao final do processo, a composição química e a atividade terapêutica do produto seco mantiveram-se inalterados. Os teores de taninos condensados variaram entre as espécies. As plantas apresentam valores de taninos condizentes com a literatura. A Gerema e a Caatinga de Porco mostraram-se promissoras para produção do polímero catiônico orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: Taninos. Química verde. Polímeros catiônicos.

ABSTRACT: Sanitation involves the management of the factors nociously involved in human health. Among them, a potability of water is essential. For performance, performance must be compatible with health protection. Thus, the use of alternative and alternative solutions of alternative coagulants as solution is required. This based on the organic cerealiens based on tannins made themselves promising

alternatives, especially the non pollutants generation: and quantification for tannins condensed by the Vanillin-HCl method. All extracts have condensed tannins and a varied amount among species, according to the literature. It is suggested that this is an inherent characteristic of each species. The difference of tannins in Gerema extracts may be related to the lyophilization process. At the end of the process, the chemistry and the therapeutic analysis of the dried product remained unchanged. The contents of condensed tannins varied among species. The plants show tannin values consistent with a literature. Gerema and Pork Caatinga proved to be promising for the production of the organic cationic polymer.

KEYWORDS: Tannins. Green chemistry. Cationic polymers.

1 | INTRODUÇÃO

De acordo com o conceito da Organização Mundial da Saúde (OMS), saneamento refere-se ao gerenciamento dos fatores do meio físico do homem, os quais podem causar implicações nocivas sobre o bem-estar físico, mental e social, isto é, o conjunto de ações socioeconômicas, que têm por finalidade alcançar a salubridade ambiental (RIBEIRO; ROOKE, 2010; WHO, 2018). Esta, pode ser alcançada por meio da coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos; da promoção do controle sanitário; da drenagem urbana; do controle de doenças transmissíveis por veiculação hídrica; e do abastecimento de água potável (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004). Por ser essencial à vida e por estar relacionada às atividades mais simples do cotidiano do homem, a água, para distribuição, deve possuir uma qualidade adequada e compatível com a proteção da saúde humana. Assim, a qualidade da água deve cumprir uma série de parâmetros estabelecidos.

Diante disso, em relação ao saneamento básico, vale ressaltar que o abastecimento de água com qualidade adequada, acarreta diversos benefícios, como diminuição do número de casos de acometimento de doenças por veiculação hídrica, melhoria da saúde e das condições de vida, diminuição da taxa de mortalidade da população, melhoria dos hábitos de higiene, dentre outros (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Neste cenário, cabe destacar que todas as fases no tratamento da água, desde a captação até o abastecimento, devem ser consideradas como de suma importância para uma boa qualidade da água. Após a captação e chegada à estação de tratamento de água (ETA), a água passa por diversos processos e envolvem processos químicos e físicos. O primeiro destes é a etapa de coagulação, onde, normalmente, utiliza-se sulfato de alumínio, o qual tem como função aglomerar as partículas para que formem flocos. O sulfato de alumínio, como exemplo de substância sintética, exerce bem o seu papel como coagulante em relação à redução da cor, turbidez, Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e, assim, diminui estas concentrações em 43% (PIANTÁ, 2008). Entretanto, no processo de coagulação, ocorre a concentração de alumínio nos lodos, o que levanta sérias questões ambientais

acerca do descarte e manuseio destes. Além disso, ressalta-se a importância na diminuição do índice de doenças por metais em busca da melhoria da qualidade de vida das populações, isto porque o sulfato de alumínio possui toxicidade, além de ser causador de efeitos neurotóxicos em caso de exposição prolongada (SILVA, 1999).

Diante disto, os problemas desinentes do processo de tratamento da água, como o destino deste lodo e o uso de coagulantes alternativos, que não causem impactos ambientais, devem ser considerados como objetos de estudo dentro do contexto ambiental, tendo em vista a possibilidade de discussões tendo como objetivo o avanço do saneamento junto à preservação do meio ambiente associado ao aumento da economia, visto que pode-se obter a exploração efetiva e sustentável das árvores tanantes regionais, as quais o Brasil tem a maior reserva mundial (SILVA, 1999).

Neste contexto, surgem os polímeros orgânicos à base de taninos, como alternativa a substituição dos sais inorgânicos na coagulação. De acordo com Piantá (2008) “o tanino além de minimizar em 65% os parâmetros de redução da cor, turbidez, DQO e DBO, adsorve os metais como o alumínio (Al), ferro (Fe), zinco (Zn), eliminando-os do meio e diminuindo, assim, a sua toxicidade”.

Os taninos são compostos orgânicos e podem ser divididos em dois grupos, os hidrolisados e os condensados. Este último, são conhecidos como proantocianidinas, formados pelas subunidades de flavan-3-ols (catequina) ou flavan 3,4-diols (leucoantocianidina), que possuem estruturas bastante complexas. Uma característica dos taninos condensados é a capacidade de absorver metais dissolvidos em água, como cátions de Fe, aglutinando-os por precipitação no meio. Esta característica dá-se devido à presença de grupos hidroxila (OH) nas reações com fenóis, que podem ser catalisadas por metais e, a partir destas reações, formam sais complexos com metais (SANCHES, 2013). Tal propriedade possibilita o seu uso como fonte de polímero catiônico natural.

Diante do exposto cabe ressaltar que é indispensável que o desenvolvimento tecnológico e científico aconteçam de forma sustentável e busquem alternativas inovadoras para atender as necessidades da população, além de preservar a natureza. Portanto, procurar soluções efetivas e que preservem o meio ambiente, além de descobrir novas substâncias do semiárido, tendo em vista novas aplicabilidade juntamente com a forte tradição do uso de plantas medicinais por moradores desta região, buscar-se-á plantas medicinais, utilizada por estes que, possivelmente, apresentam taninos. A partir do catálogo de espécies medicinais existentes na região do Semiárido do Recôncavo baiano, já realizado pelo programa FitoEtnoBio – programa de Estudo Etnobotânico e Fitoquímico de Plantas do Vale do Jiquiriçá. Este, tem por objetivo identificar as espécies de plantas com potencial para diversas aplicações. Além disso, propõe a preservação do conhecimento popular e da biodiversidade do semiárido baiano.

2 | OBJETIVO

Avaliar o potencial tanífero de plantas medicinais do semiárido baiano, a fim de conhecer a potencialidade para produção de polímeros catiônicos utilizados no tratamento da água.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente, foram selecionadas seis plantas que possuem taninos, identificadas na literatura científica. Em seguida, verificou-se o nome científico, a partir da produção de exsiccatas, junto ao Herbário do Recôncavo da Bahia. Por conseguinte, realizou-se a triagem fitoquímica e quantificação para taninos condensados.

A triagem fitoquímica teve como objetivo a verificação a presença de taninos hidrolisados, pseudotaninos ou condensados, por meio da reação de precipitação do extrato na presença de solução alcoólica de FeCl_3 , de acordo com a metodologia da Sociedade Brasileira de Farmacognosia (2018).

Após esta etapa, realizou-se a quantificação dos extratos a partir de análise espectrofotométrica utilizando o método Vanilina-HCl 8% (1:1) descrito por Price, Hagerman e Buther (1980). Como descrito no método utilizado obteve-se, primeiramente, a curva padrão de catequina, a partir de um diagrama de dispersão o qual tem como variáveis a concentração (mg/L) *versus* absorvância da catequina a 500nm. O experimento foi realizado em quatro dias, para cada dia foi realizada uma curva padrão para que se mantivesse a confiabilidade do experimento.

Após a obtenção da curva padrão com a catequina e a repetição do experimento, com o extrato das plantas, obteve-se a absorvância para estes valores. Calculou-se, então, a partir dos valores de *a* e *b* da reta e a absorvância dos extratos a concentração de taninos condensados no extrato (mg/L), de modo que:

$$C = \frac{\text{Absorvância} - b}{a}$$

Por fim, calculou-se a média e o desvio padrão para essas concentrações. Deste modo, pôde-se calcular o teor de taninos condensados (TC) em miligramas equivalente de catequina (CAE) por 100g de extrato, da seguinte maneira:

$$TC = \frac{\text{Média} \cdot 30}{\text{Massa}}$$

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionadas as espécies conhecidas popularmente como Barba de Bode, Caatinga de Porco, Erva de Santa Maria, Gerema, Maria Preta e Purga de Batata, sendo os respectivos nomes científicos descritos na Tabela 1:

Nome popular	Nome científico	Identificação herbário
Barba de Bode	<i>Croton tretadenius</i> Baill. (Euphorbiaceae)	HURB 3491
Caatinga de Porco	<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) (Leguminosae)	HURB 1359
Erva de Santa Maria	<i>Solanum americanum</i> Mill (Solanaceae).	HURB 3336
Gerema	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd) Poir (Fabacea)	HURB 18333
Maria Preta	<i>Blanchetia heterotricha</i> DC. (Asteraceae)	HURB 7070
Purga de Batata	<i>Ipomoea</i> (Convolvilaaceae)	HURB 7836

Tabela 1: Identificação das espécies populares, seus respectivos nomes científicos e código de identificação no Herbário do Recôncavo da Bahia.

Com exceção da *Mimosa tenuiflora*, a escolha da *Croton tretadenius* Baill, *Poincianella pyramidalis* (Tul.), *Solanum americanum*, *Blanchetia heterotricha* DC e *Ipomoea* deu-se devido a sua aplicação em doenças do trato gastrointestinal pelos moradores da região do Semiárido do Recôncavo baiano. Isto porque, de acordo com Ahmad e Beg (2001) plantas utilizadas para tal fim apresentam taninos em maior quantidade dentre os princípios ativos.

Todos os extratos que foram submetidos à triagem fitoquímica constatou-se a presença de taninos condensados. Após a confirmação da presença de taninos condensados nos extratos testados, os mesmos foram quantificados, para que se evidenciasse a quantidade de taninos condensados em cada extrato. Para o cálculo das concentrações de TC nos extratos metanólicos de Gerema e Barba de Bode utilizou-se a equação da curva de calibração, descrita na Figura 1, juntamente com a equação da reta coeficiente de determinação linear, obtida a partir das diferentes concentrações de catequina padrão. No entanto, para a determinação de TC no extrato metanólico de Maria Preta, utilizou a equação da curva padrão descrita na Figura 2. Já o extrato aquoso liofilizado de Gerema foi quantificado a partir da curva padrão obtida representada na Figura 3. A última curva padrão realizada, Figura 4, foi utilizada para obtenção da quantidade de taninos condensados nos extratos metanólicos para as

espécies Erva de Santa Maria, Caatinga de Porco e Purga de Batata.

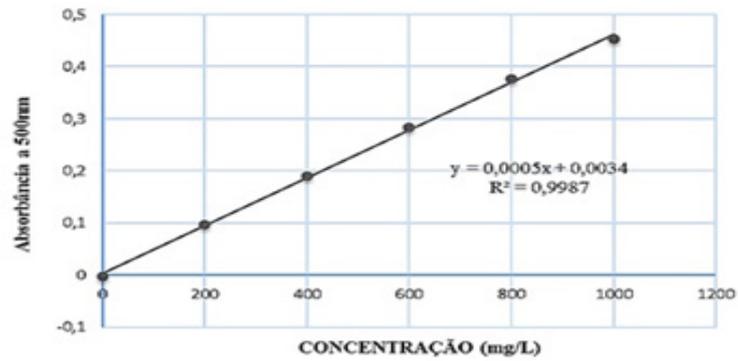


Figura 1: Curva padrão de catequina 1.

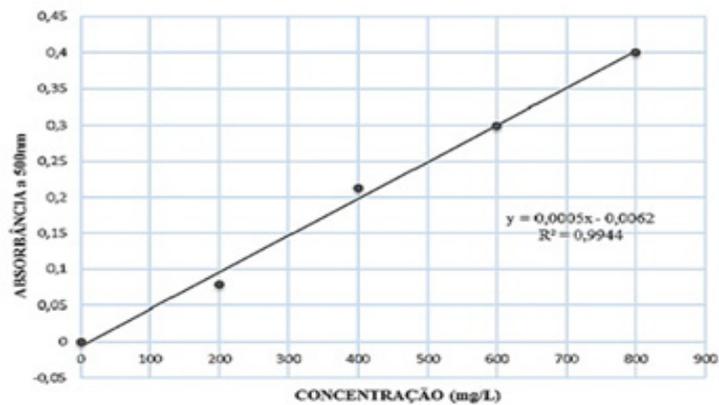


Figura 2: Curva padrão de catequina 2.

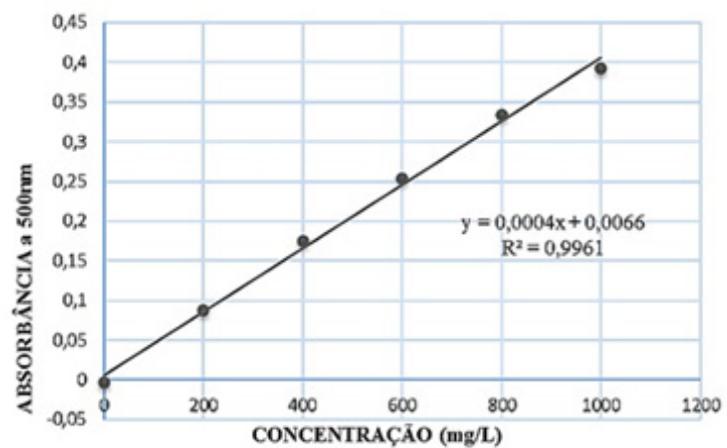


Figura 3: Curva padrão de catequina 3.

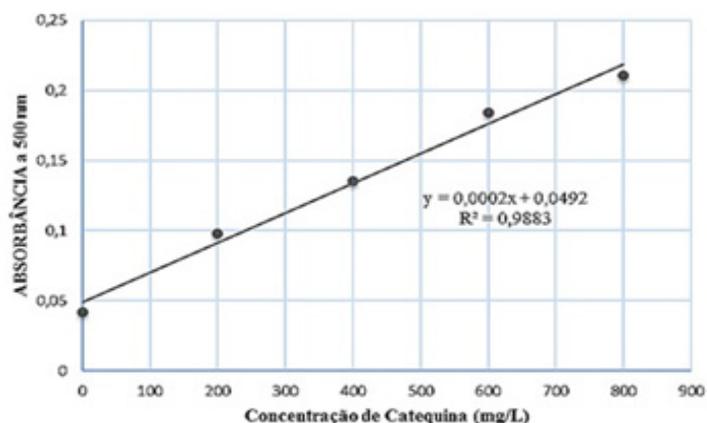


Figura 4: Curva padrão de catequina 4.

A quantidade de taninos nos extratos das plantas Barba de Bode, Caatinga de Porco, Erva de Santa Maria, Gerema, Maria Preta e Purga de Batata estão apresentados na Tabela 2. Além dos valores calculados para a concentração (mg/L), a média das concentrações, o desvio padrão da concentração e o teor de taninos condensados (TC) em miligramas equivalente de catequina (CAE) por 100 gramas de extrato.

Amostras	Massa (g)	Absorvância	C [mg/L]	Média de C	TC (mg de CAE / 100g de extrato)	TC (%)
Gerema	0,05	0,04	73,2	94,53 ± 18,90	56720	56,72
		0,054	101,2			
		0,058	109,2			
Barba de Bode	0,05	0,017	27,2	30,53 ± 4,16	18320	18,32
		0,021	35,2			
		0,018	29,2			
Maria Preta	0,05	0,006	24,4	23,07 ± 1,15	13840	13,84
		0,005	22,4			
		0,005	22,4			
Gerema (Liofilizada)	0,05	0,054	118,5	115,17 ± 3,82	69100	69,1
		0,051	111			
		0,053	116			

Erva de Santa Maria	0,0468	0,04	68	43±31,22	27564,10	27,56
		0,043	53			
		0,052	8			
Caatinga de Porco	0,05	0,071	87	80,33±16,07	48200	48,20
		0,066	62			
		0,072	92			
Purga de Batata	0,05	0,047	33	28±18,03	16800	16,80
		0,045	43			
		0,052	8			

Tabela 2: Quantificação de Barba de Bode, Caatinga de Porco, Erva de Santa Maria, Gerema, Maria Preta e Purga de Batata.

De acordo com os resultados obtidos expressos nas Tabelas 1 pode-se observar que estes indicaram uma produção elevada de taninos condensado na Gerema e na Caatinga de Porco, sendo 56,72% no extrato metanólico de Gerema, 69,1% no extrato aquoso liofilizado de Gerema e 48,20% no extrato metanólico de Caatinga de Porco. Entretanto, os extratos de Barba de Bode, Maria Preta, Erva de Santa Maria e Purga de batata apresentaram menor teor sendo 18,32%, 13,84%, 27,56% e 16,80% respectivamente, a Figura 5 retrata o resultado obtido.

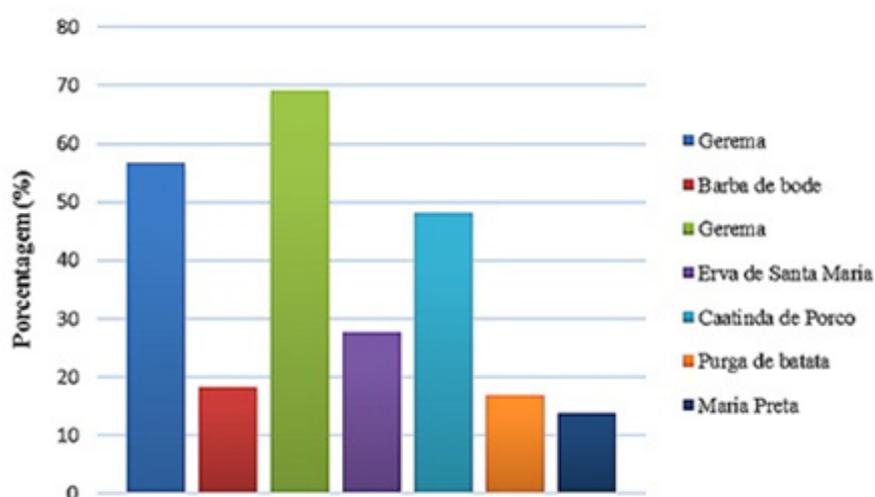


Figura 5: Porcentagem de Taninos Condensados nos extratos estudados.

Observa-se que a quantidade de taninos variou entre as espécies, porém estes resultados estão em conformidade com a literatura, pois de acordo com Hergert (1962)

os taninos variam entre 2 e 40% da massa de muitas espécies. Ainda, evidencia-se que a quantidade de taninos condensados é característica inerente a cada espécie.

Cabe-se ressaltar que a diferença de TC nos extratos da espécie Gerema pode estar relacionada ao processo de liofilização sofrida pelo extrato aquoso, isto porque a liofilização é um procedimento de estabilização, onde o extrato é previamente congelado acarretando a diminuição do solvente, impedindo atividades biológicas e reações químicas. Ao fim do processo de liofilização o produto seco manteve-se inalterado tanto sua composição química quanto sua atividade terapêutica.

5 | CONCLUSÃO

Os teores de taninos condensados variaram entre as espécies. Contudo, todas as plantas estudadas apresentam valores condizentes com a literatura.

Dentre as espécies estudadas, a Gerema e a Caatinga de Porco são espécies promissoras para a produção do polímero catiônico orgânico para o tratamento da água. Diante disto, reforça-se a possibilidade de maior aproveitamento da Gerema, espécie considerada como uma “praga” no contexto da agricultura.

6 | APOIO

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC); Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB); Ciência, Tecnologia e Ensino de Química (CITEQ).

REFERÊNCIAS

AHMAD, I.; BEG, A.Z. Antimicrobial and Phytochemical Studies on 45 Indian Medicinal Plants against Multi-Drug and Resistant Human Pathogens. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 74, n. 2, p. 113-123, 2001.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. Ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408 p.

Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf>
Acesso em: 12 dez 2018.

HERGERT, H.L. **Economic importance of flavonoid compounds: Wood and Bark**. In: **The chemistry of flavonoid compounds**. New York: The Macmillan company, p. 553- 595, 1962.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água**. 2008. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 2010. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (*Especialização em Análise Ambiental*) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

SANCHES, M. C. R. **Caracterização do fruto de cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg.) e**

efeito da destanização sobre o potencial funcional in vitro. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos e Nutrição Experimental) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SILVA, T.S.S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto.** 1999. 87f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 1999.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FARMACOGNOSIA. **Taninos.** 2018.

Disponível em: <<http://www.sbfgnosia.org.br/Ensino/taninos.html>> acesso em 19 dez 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Saneamento.** Rio de Janeiro: WHO; 2018

UTILIZAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA PARA IDENTIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS PRESENTES EM CINCO PONTOS DO RIO BUCANHA LOCALIZADO NA CIDADE DE TRACUATEUA, NORDESTE PARAENSE

Renata Conceição Silveira Sousa

Instituto Federal do Pará

Laboratório de Biologia Molecular e Neuroecologia
Bragança – Pará.

Sávio Costa de Carvalho

Instituto Federal do Pará, Campus Bragança,
Graduando no curso de Tecnologia em Gestão
Ambiental.
Bragança – Pará.

Mauro André Damasceno de Melo

Professor no Instituto Federal do Pará, Campus
Bragança.

Cristovam Guerreiro Diniz

Professor no Instituto Federal do Pará, Campus
Bragança.

RESUMO: A água é de fundamental importância para a manutenção de todos os organismos vivos, entretanto, esse recurso vem sofrendo grandes perturbações no decorrer dos últimos anos. Várias ferramentas foram criadas afim de atingir esse propósito. O município de Tracuateua está localizado no nordeste paraense. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar cinco pontos distintos ao longo do rio Bucanha, através da utilização de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats como ferramenta de análise ambiental, proposto por Callisto et al. (2002). Todos os pontos estão localizados

adjacentes ao centro urbano da cidade. Para avaliar os níveis de preservação ecológica dos pontos coletados foi aplicado tal protocolo o qual avalia não apenas o ambiente aquático, mas também, a utilização e a ocupação do solo na região de entorno dos trechos do rio, e um protocolo utilizado por Hannaford et al. (1997) no qual avalia-se o estado do ambiente e a conservação das condições naturais. Os resultados obtidos a partir da aplicação do protocolo sugerem que os pontos 1, 2 e 3 possuem pouca ou nenhuma alteração, e os pontos 4 e 5 classificam-se como alterados e isso se deve por conta da eliminação de partes da mata ciliar e a utilização do corpo d'água para lavagem em geral. Os resultados mostram que as condições identificadas para os pontos 4 e 5 são passíveis de serem revertidas.

PALAVRAS-CHAVE: Impacto, Avaliação, Antrópico.

ABSTRACT: Water is of fundamental importance for the maintenance of all living organisms, however, this resource has been suffering great disturbances in the last years. Several tools were created to achieve this purpose. The municipality of Tracuateua is located in the northeast of Pará. The objective of this study was to characterize five distinct points along the Bucanha River, through the use of a rapid assessment protocol of habitat

diversity as an environmental analysis tool, proposed by Callisto et al. (2002). All points are located adjacent to the urban center of the city. In order to evaluate the levels of ecological preservation of the points collected, a protocol was applied which assesses not only the aquatic environment, but also, the use and occupation of the soil in the region surrounding the stretches of the river, and a protocol used by Hannaford et al. (1997) in which the state of the environment and the conservation of natural conditions are evaluated. The results obtained from the application of the protocol suggest that points 1, 2 and 3 have little or no change, and points 4 and 5 are classified as altered and this is due to the elimination of parts of the riparian forest and use of the water body for washing in general. The results show that the conditions identified for points 4 and 5 can be reversed.

KEYWORDS: Impact, Evaluation, Anthropic.

1 | INTRODUÇÃO

A água é de fundamental importância para a manutenção de todos os organismos vivos, entretanto, esse recurso vem sofrendo grandes perturbações no decorrer dos últimos anos, em grande parte causada por ações antrópicas (Moraes e Jordão, 2002). Os ecossistemas lóticos não se distanciam desta realidade, sendo poluídos constantemente e de diferentes maneiras, tendo sua qualidade hídrica e biodiversidade comprometida (Callisto *et al.*, 2001). Efluentes industriais e domésticos lançados nesses ambientes, sem nenhuma forma de tratamento adequado, são os impactos que atuam com maior periodicidade e de forma mais expressiva, bem como mineração, desmatamento da mata ciliar, construções de represas e barragens mudando o curso natural do corpo d'água, exploração desordenada dos recursos pesqueiros, introdução de espécies exóticas, dentre outros (Goulart e Callisto, 2003).

Estudar esses impactos é um meio de contornar esses transtornos, para isso, várias ferramentas foram criadas afim de atingir esse propósito, uma vez que é de suma relevância a preservação e a conservação desses ecossistemas. Um desses métodos é o protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats, o qual consiste em avaliar as características da água e do sedimento, perfil de ocupação das margens, assoreamento e erosão, dimensão da mata ciliar, cobertura vegetal bem como a largura dos rápidos e remansos e seu estado de conservação. (Callisto et al., 2002).

O município de Tracuateua está localizado no nordeste paraense e possui uma área territorial de aproximadamente 934,272 km² com uma população estimada em 27.455 habitantes (IBGE 2010; 2015). A maioria das cidades amazônicas tem uma relação estreita com rios, córregos e riachos (Santos e Júnior, 2012) e Tracuateua não foge a este contexto. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar cinco pontos distintos ao longo do rio Bucanha, que atravessa o município de Tracuateua – Pará, através da utilização de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats como ferramenta de análise ambiental, proposto por Callisto

et al. (2002).

As amostragens foram realizadas em 5 (cinco) pontos ao longo do rio da Bucanha, que corta a cidade de Tracuateua, no nordeste do estado do Pará. Sendo os pontos P1 (S01°05'15.1"/W046°54'24.5") e P2 (S01°05'04.3"/W046°54'36.2") localizados a montante do centro da cidade de Tracuateua, e os pontos P3 (S01°04'43.8"/W046°54'39.3") P4 (S01°04'29.2"/W046°54'37.2") e P5 (S01°04'14.6"/W046°54'31.7") localizados adjacentes ao centro urbano da cidade. A coleta de dados ocorreu em novembro de 2016 em pleno o período de estiagem.



Figura 1. Pontos de coleta das amostras.

Para avaliar os níveis de preservação das características ecológicas dos pontos coletados foi aplicado um protocolo proposto por Callisto et al. (2002), o qual avalia não apenas o ambiente aquático, mas também, a utilização e a ocupação do solo na região de entorno dos trechos do rio.

A abordagem metodológica organizou-se inicialmente em 10 quesitos que avaliaram as características dos trechos e os impactos ambientais derivados das ações antrópicas, onde a pontuação variou de 0 a 4. Os 12 quesitos seguintes foram adaptados do protocolo utilizado por Hannaford et al. (1997) no qual avalia-se o estado do ambiente e a conservação das condições naturais, com a pontuação variando de 0 a 5.

As análises de cada ambiente são feitas de modo visual, observando as condições de cada habitat, as pontuações totais podem variar de 0 (alto grau de degradação) a 150 (condições prístinas ou sem degradação).

A pontuação final aponta a preservação das condições ecológicas do riacho no trecho em foco. Callisto et al. (2002), define três níveis de preservação: 0 a 40 pontos (indicam trechos impactados), 41 a 60 pontos (trechos alterados) e superior a 61 pontos (trechos naturais).

Os resultados obtidos a partir da aplicação do protocolo sugerem que os pontos 1, 2 e 3 possuem pouca ou nenhuma alteração, enquanto que os últimos dois pontos demonstraram a existência de uma degradação ambiental moderada (Figura 1). Os pontos 4 e 5 se diferenciam classificando-se como alterados por não excederem o

valor 60.

O ponto 4 fica localizado próximo ao centro da cidade de Tracuateua e é um espaço privado onde funciona como área de lazer e para fins comerciais, estando o ambiente em processo de degradação pois já se nota a falta de boa parte da vegetação ripária, resultado da urbanização nos arredores daquele trecho. E por conta dessas aceleradas ações possui a menor pontuação no protocolo de avaliação. O ponto 5 é uma área aberta utilizada não só para o lazer, mas também para outras finalidades como, lavar roupas, banhar animais e etc.

Há também ausência de parte da mata ciliar e presença da ocupação humana. Tal degradação nos dois últimos pontos está diretamente associada a expansão urbana existente nas adjacências destes locais de coleta. Nestes últimos dois pontos é possível se observar a eliminação de partes da mata ciliar e a utilização do corpo d'água para lavagem de roupa e animais.

Abordagem semelhante fora realizada em pontos da sub-bacia do ribeirão Mestre d'Armas – DF, onde foi possível identificar pontos classificados como alterados em virtude principalmente de modificações como: barramento de rio, canalização de rio, desflorestamento (solo exposto), erosão e assoreamento (Padovesi-Fonseca et al. 2010).

Mesmo apresentando pontos naturais e de mata ciliar preservada, é possível se identificar pontos de vulnerabilidade das condições ambientais do rio Bucanha, principalmente em virtude da proximidade do mesmo com a área urbana da cidade de Tracuateua. No entanto, os resultados mostram que as condições identificadas para os pontos 4 e 5 são passíveis de serem revertidas.

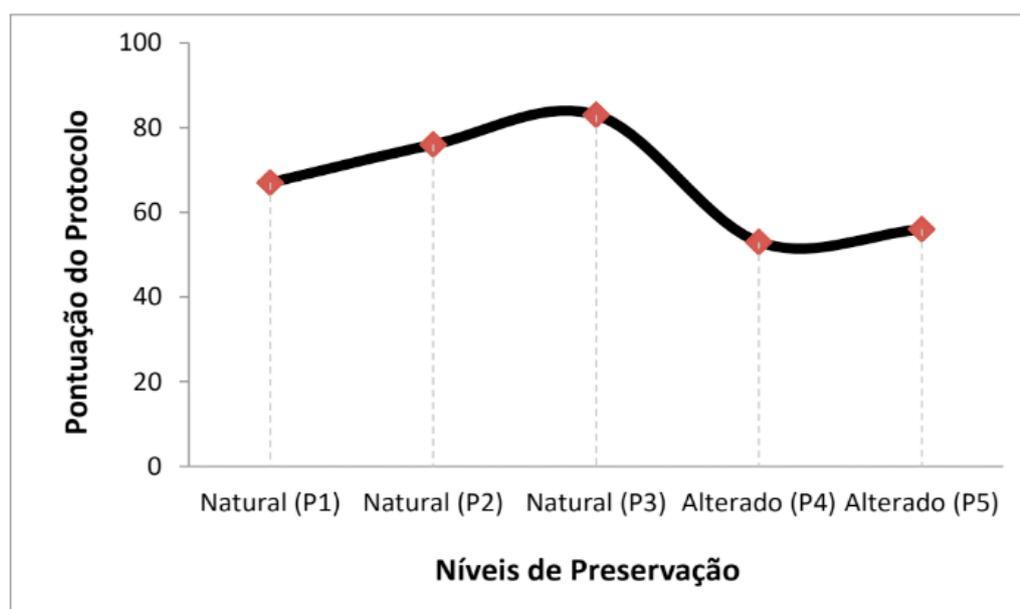


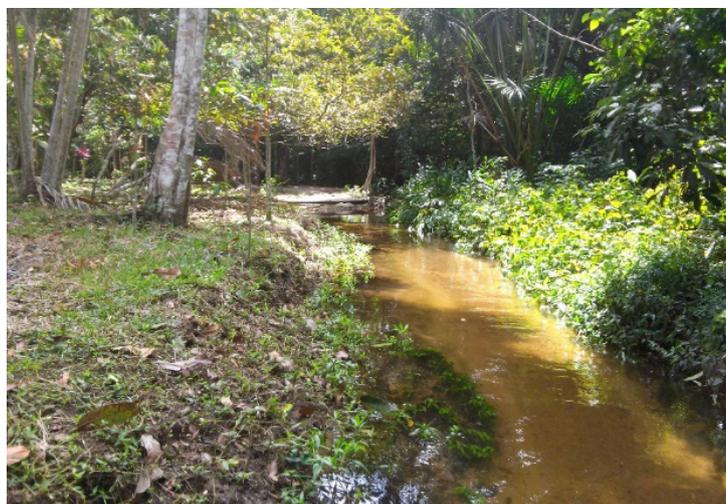
Figura 2. Resultados da aplicação do protocolo de avaliação rápida de diversidade de Hábitats (Callisto et al. 2002) no rio Bucanha, nordeste paraense.

O protocolo de Callisto mostrou-se eficaz como ferramenta para determinar o

grau de alteração nos 5 pontos do trecho do rio Bucanha, evidenciando que apesar da expansão urbana desordenada, os três primeiros pontos ainda apresentam condições naturais com índices superiores a 60, requerendo monitoramento apenas os pontos 4 e 5 por estarem associados a eventos mais evidentes de impactos ambientais ocasionados por ações antrópicas, sendo estes últimos os locais com maior grau de retirada da mata ciliar e lançamentos de efluentes.



Ponto 1 (P1)



Ponto 3 (P3)



Ponto 4 (P4)



Ponto 5 (P5)

REFERÊNCIAS

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. Training reduces observer variability in visual-based assessment of stream habitat. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 16(4): 853-860. 1997.

IBGE | Cidades | Pará | Tracuateua Disponível em: <cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150803>

MORAES, D. S. D. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-4, 2002.

PADOVESI-FONSECA C., CORRÊA A. C. G., LEITE G. F. M., JOVELI J. C., COSTA L. S., PEREIRA S. T. Diagnóstico da sub-bacia do ribeirão Mestre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 5, n. 1, 2010

SANTOS, M. R. D. S.; JÚNIOR, C. N. S. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE BRAGANÇA, PARÁ. 2012.

UTILIZAÇÃO DO CAROÇO DE AÇAÍ COMO LEITO FILTRANTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E RESIDUÁRIA

Letícia dos Santos Costa

Instituto Federal do Pará

Belém – Pará

Rui Guilherme Cavaleiro de Macedo Alves

Universidade Federal do Pará

Belém – Pará

RESUMO: A pesquisa consistiu em transformar os resíduos gerados pelo despulpamento do fruto do açaí em um carvão alternativo para ser utilizado como leito filtrante no processo de tratamento de água de abastecimento e água residuária, conferindo a esse resíduo valor agregado e uma destinação final adequada. O trabalho foi desenvolvido em 4 etapas, primeiramente foi feita a coleta e a preparação dos caroços, para posterior caracterização do carvão alternativo, montagem dos filtros e verificação qualidade da água e do esgoto tratado. O monitoramento dos filtros com leito filtrante de caroço de açaí calcinado apresentou bom desempenho, principalmente, no processo de retenção de sólidos suspensos e remoção da matéria orgânica representado pela DQO. Para o tratamento de água, o caroço de açaí calcinado deve ser utilizado na composição do leito filtrante, barateando o processo e aumentando a sua eficiência. O tempo de contato de 48hs foi o mais eficiente para a filtração alternativa por

ter conseguido promover reduções significativas em algumas das variáveis estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Caroço de açaí, carvão alternativo, filtração alternativa.

ABSTRACT: The research consisted in transforming the waste generated by the pulping of the açaí fruit into an alternative coal to be used as a filter bed in the process of treatment of water supply and wastewater, giving this waste an added value and an adequate final destination. The work was developed in 4 stages, first the collection and the preparation of the cores, for later characterization of the alternative coal, assembly of the filters and quality check of the water and treated sewage. The monitoring of the filters with calcined açaí stone filter bed showed good performance, mainly in the process of retention of suspended solids and removal of the organic matter represented by the COD. For the treatment of water, the calcined açaí stone should be used in the composition of the filter bed, reducing the process and increasing its efficiency. The contact time of 48 hours was the most efficient for alternative filtration because it managed to promote significant reductions in some of the studied variables.

KEYWORDS: acai, alternate coal, alternative filtration.

1 | INTRODUÇÃO

Muitas das atividades econômicas geram uma quantidade elevada de resíduos de diferentes origens, que independente da intensidade e propriedades físico-química, acarreta alteração no meio e necessitam de destinação e tratamento apropriado (MACEDO *et al.*, 2006; HAMEED, 2009).

A agroindústria produz ao longo de sua cadeia uma grande quantidade de resíduos, o que gera perda de divisas, além de inúmeros problemas ambientais. No entanto, é desejável o aproveitamento integral desses resíduos como matéria-prima para a formulação subprodutos, tais como a produção de carvão ativado, a partir dos resíduos gerados pelo processo agroindustrial do açaí. A utilização de outras biomassas naturais como aditivos ou reforços para produtos poliméricos vem aumentado significativamente, devido a fatores como o alto preço das fibras sintéticas e do carvão ativado comercial e à busca crescente por materiais de baixo custo e que sejam provenientes de fontes renováveis, possuam boas propriedades mecânicas e térmicas, e não causem danos ambientais.

De acordo com Queiroz e Melem Júnior (2008), o açaizeiro se destaca frente às outras da região Norte do Brasil por sua importância econômica, social e cultural, onde o Estado do Pará se destaca como o maior produtor e consumidor. Seu grande potencial sócio-econômico está baseado na exploração do fruto e do palmito, porém a utilização da palmeira do açaí é integral. As folhas são usadas para cobertura de casas, alimentação verde para animais e fabricação de papel; a madeira é usada em construções rústicas; as fibras das folhas são usadas para tecer chapéus, esteiras e cestas utilizadas como medida-padrão no transporte e comércio da fruta; os cachos secos são aproveitados como vassouras (SILVA & ALMEIDA, 2004).

São comercializadas cerca de 800.000 toneladas de frutos de açaí por ano, sendo que cerca de 90% deste volume corresponde aos resíduos gerados após o processamento agroindustrial do fruto (SAGRI, 2012).

Esses resíduos são constituídos basicamente do caroço e de fibras. Apesar de ser uma fonte de material lignocelulósico renovável, esse resíduo representa, atualmente, um grave problema de limpeza pública devido a grande quantidade de resíduo gerado (ROGEZ, 2000; RODRIGUES *et al.*, 2006). Os caroços são amontoados em locais inadequados tais como sarjetas e calçadas, sem nenhum tipo de aproveitamento previsto, sendo normalmente considerado “lixo”.

Diferentes métodos têm sido investigados para a utilização do resíduo da agroindústria do açaí, como a sua utilização para geração de energia (REIS *et al.*, 2002; RODRIGUES *et al.*, 2002), para produção de adubo (TEIXEIRA *et al.*, 2004) e para extração de antioxidante. Entretanto, sua caracterização física e química, e a forma para sua reutilização ainda não foram bem definidas.

Para minimizar o desperdício, uma alternativa proposta é a produção de um carvão alternativo a partir do produto residual coletado, sendo utilizado como leito

filtrante para o tratamento de água de abastecimento e residuária, conferindo a esse resíduo valor agregado e uma destinação final adequada.

O carvão ativado é um material poroso de origem natural, é importante devido as suas propriedades adsorptivas, capazes de reterem substâncias contaminantes no processo de purificação de água. Esse tipo de carvão é considerado o melhor e mais estável adsorvedor de líquidos e gases (HAMEED, 2009).

Entretanto, a utilização do carvão ativado comercial no tratamento de água de abastecimento é o material mais caro utilizado na filtração. E por esse motivo há uma busca por carvão ativado a partir de produtos alternativos como os resíduos da casca do coco, o ouriço da castanha do Pará, a casca do cupuaçu e o caroço de açaí, dentre outros. Já foram realizados alguns trabalhos utilizando produtos alternativos para a obtenção de carvão ativado, obtendo resultados satisfatórios nas pesquisas.

Nesse sentido, o aproveitamento do caroço de açaí como leito filtrante em um filtro para tratamento de água e esgoto daria uma destinação final conveniente, bem como, fecharia o ciclo de vida do produto de maneira sustentável e ambientalmente correta.

2 | OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho consistiu em transformar os resíduos gerados pelo despulpamento do fruto do açaí em um carvão alternativo para ser utilizado como leito filtrante no processo de tratamento de água de abastecimento e água residuária, conferindo a esse resíduo valor agregado e uma destinação final adequada. Os objetivos específicos foram três, os quais viabilizaram o objetivo geral, são eles: Caracterizar as propriedades físicas e químicas do caroço de açaí e definir uma rotina de produção do carvão alternativo a partir da queima do caroço de açaí; Avaliar dois filtros pilotos de tubo PVC, um alimentado com água bruta e outro com esgoto tratado, utilizando o caroço de açaí calcinado como leito filtrante e realizar análises físico-químicas da água e do esgoto comparando resultados com as Normas estabelecidas; Avaliar mediante testes de hipótese se as características físico-químicas geradas para água e esgoto após passagem pelo filtro alternativo nos tempos de contato de 24hs e 48hs são equivalentes ou não.

3 | METODOLOGIA

3.1 Caracterização do Sistema Experimental

A pesquisa foi desenvolvida em um sistema experimental piloto, constituído de duas colunas de tubos de PVC, linha esgoto, DN100 mm, com leito filtrante alternativo, um para o tratamento de águas de abastecimento e outro para pós-tratamento de

esgoto, ambos com 1,0 m de altura. Utilizou-se apenas uma única camada de leito filtrante de 30 cm de carvão alternativo oriundo da calcinação do caroço de açaí.

Para alimentação dos filtros, foram necessários 5,0 L de água bruta (AB), obtidos na entrada da Estação de Tratamento de Água - ETA Bolonha, em Belém-Pa e 5,0 L de esgoto tratado (ET) obtidos na saída da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE da Vila da Barca, em Belém-Pa. Após a coleta, as amostras eram levadas para o Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas (LAMAG), localizado na Universidade Federal do Pará. Cada filtro era abastecido com 4,0 L de amostra, reservando uma alíquota de 1,0 L de água bruta e esgoto, para serem realizadas as análises das variáveis físico-químicas, para posterior comparação com dados encontrados. As variáveis da pesquisa foram analisadas 2 vezes por semana (3^a e 4^a feira). O tempo de contato da amostra de água e esgoto no filtro alternativo foi de 24hs e 48hs. A Figura 1, mostra o desenho esquemático e a fotografia do filtro construído.

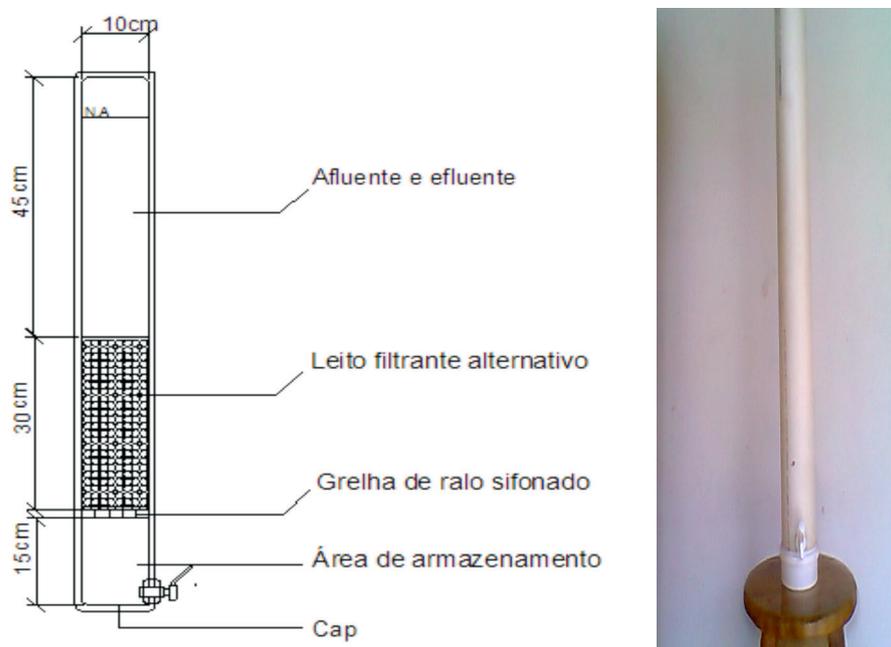


Figura 1: Desenho esquemático e fotografia do filtro construído.

Fonte: Autores, 2018.

3.2 Coleta e Preparação dos Caroços

A fim de reproduzir a realidade da população ribeirinha paraense, principal foco como beneficiário da possível utilização do leito filtrante alternativo, os caroços de açaí foram coletados em vários pontos de venda da polpa do produto na cidade de Belém. Em seguida as amostras foram submetidas a uma lavagem por 10 minutos somente com água corrente, onde foram retirados os resíduos provenientes do despulpamento do fruto e posteriormente foram expostas ao sol, por aproximadamente 6 horas, com o objetivo de obter uma secagem efetiva da biomassa. Os caroços de açaí foram calcinados em um forno rústico de simples construção composto por tijolos e telhas

cerâmicas, no qual 1,0kg de caroços eram queimados por aproximadamente 30 minutos em fogo alto até a percepção visual de que o material estivesse sido totalmente calcinado. Posteriormente, com os caroços já transformados em carvão fez-se uma segunda lavagem de 15 minutos com água corrente, para a retirada das cinzas da superfície dos caroços. Após todo o processo o material obtido foi submetido a uma nova pesagem e armazenados em vasilhas plásticas.

3.3 Caracterização física e química do carvão alternativo

Os ensaios realizados com o carvão alternativo tiveram como objetivo de conhecimento e investigação das características texturais e morfológicas do carvão utilizado, assim como buscar relações que permitam explicar o desempenho resultante na aplicação desse adsorvente no tratamento de água e esgoto. As metodologias utilizadas para obtenção do teor de umidade, densidade e teor de cinzas da biomassa, foram as mesmas empregadas por Nagalshi (2007).

3.4 Qualidade da água e do esgoto tratado

A qualidade da água e do esgoto proveniente do processo de filtração alternativo foi determinada no Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas (LAMAG) da UFPA, conforme os procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

4 | RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Resultados da caracterização física e Química do Carvão Alternativo

Os caroços de açaí coletados apresentaram elevados teores de umidade, sendo registrado o valor médio de 40,72 % conforme mostrado na Tabela 1. A variação foi pequena, resultado já esperado, uma vez que os caroços coletados tinham sido recentemente despulpados e precisariam de uma secagem natural mais efetiva até atingir a umidade equilíbrio com o meio ambiente. Nagalshi (2007), verificou que todas as estruturas do açaí podem ser utilizadas, para fins energéticos e outros, sendo que o caroço foi o mais promissor, pois além de oferecer melhores características físicas, químicas e térmicas, em comparação com as demais analisadas em sua pesquisa (cacho, folha e estipe), apresenta melhor material para o manuseio e maior disponibilidade. O valor médio para o teor de umidade encontrado por Nagalshi (2007), foi de 43,57% bem próximo do encontrado nesta pesquisa.

Pinho (2005) em seus estudos de caracterização de resíduos do setor agroindustrial e madeireiro, tais como cacho seco de amêndoa, serragem, caroço de açaí, fibra de dendê, casca de castanha do Pará, encontrou teores de cinzas entre 0

a 5%. A média de teores de cinza encontrados nesta pesquisa foi de 1,09% conforme mostrado na Tabela 1. Os resultados mostram que as cinzas do caroço de açaí estão próximas aos valores médios encontrados nos carvões vegetais obtidos a partir de outros produtos residuais, pois um bom carvão não deve exceder a 3% - 4% de cinzas (BARROS, 2006).

O baixo teor de cinzas apresentado pelo caroço de açaí faz com que após a ativação haja um aumento na área superficial do material (SHIN *et al.*, 2008) sendo essencial no processo de adsorção. Assim, ocorre um aumento nos microporos que são importantes no processo de adsorção (AWORN *et al.*, 2008).

Análise Descritiva	Teor de Umidade %	Teor de Cinzas %
Média	40,72	1,09
Máximo	43,26	1,25
Mínimo	39,79	0,96
Desvio Padrão	1,46	0,1
Erro Padrão	0,65	0,04

Tabela 1- Análise descritiva do Teor de umidade e Teor de cinzas.

Fonte: Autores, 2018.

Na Tabela 2, encontram-se a análise descritiva de densidade a granel referente aos caroços de açaí antes e pós-calcinação, tendo valores médios de $1,65 \pm 0,21$ g/cm³ antes da calcinação e $0,93 \pm 0,19$ g/cm³ pós-calcinação. Densidade considerada alta devido à estrutura desse material ser bastante sólido.

Nagalshi (2007), constatou em sua pesquisa que a alta densidade dos caroços em relação às demais estruturas vivas da planta, associado à abundância, ao fácil manuseio e estocagem favorece o uso dessa biomassa como combustível seja em seu estado natural ou em forma de carvão vegetal. Deste modo para a finalidade desta pesquisa, a biomassa em estudo torna-se também favorável.

Verificou-se que em um metro cúbico de caroço despulpado a granel e calcinado representa em média 930 kg. Esta informação é importante, haja vista que o transporte e o manuseio, em sua grande maioria são realizados em recipiente. Houve uma redução de 43% na densidade dos caroços de açaí após calcinação. Na Tabela 2, encontra-se a média de densidade a granel dos caroços de açaí antes e após calcinação.

Análise descritiva	D (g/cm³) não calcinado	D (g/cm³) calcinado
Média	1,65	0,93
Máximo	2,03	1,25
Mínimo	1,21	0,56
Desvio padrão	0,21	0,19
Erro padrão	0,05	0,05

Tabela 2- Densidade a granel dos caroços de açaí antes e após calcinação.

4.2 Resultados da qualidade da água pelo filtro alternativo.

4.2.1 Resultado do processo de filtração para água bruta

Os resultados das variáveis estudadas no processo de filtração alternativo foram expostos na Tabela 3, no qual exibiu os resultados do processo de filtração alternativo para água bruta do Lago Bolonha com suas respectivas médias e eficiência de remoção de cada variável para os tempos de contato de 24hs e 48hs.

Os valores de pH analisados no processo de filtração alternativo, apresentaram uma pequena variação. Observando a distribuição da média entre a água bruta (AB) no tempo de contato de 0hs, tratado 1 (AT-1) no tempo de contato de 24hs e tratado 2 (AT-2) no tempo de contato de 48hs, a menor média foi de $6,51 \pm 0,45$ indicada por AB e a maior de $6,81 \pm 0,29$ indicada pelo AT-2, ficando próximo da neutralidade o que mostra a eficiência do filtro em relação a esse parâmetro e também encontra-se de acordo com a Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, no qual estabelece um pH variando entre 6,0 à 9,5.

Para a variável Turbidez obteve-se médias variando entre $11,41 \pm 2,79$ uT para AB, $10,46 \pm 5,14$ para AT-1 e $7,7 \pm 2,97$ uT para AT-2, observando-se que houve um decréscimo de 8,33% desta variável para um tempo de 24hs e 32,51% para o tempo de 48hs. A filtração alternativa mesmo mostrando-se eficiente quanto à variável em estudo, a mesma não se enquadrou ao VMP de 1 uT para filtração lenta, recomendado pela Portaria nº 2.914/11 do MS.

Quanto aos resultados da variável Cor para AB, AT-1, AT-2, com os tempos de contato de 0h, 24hs e 48hs, apresentaram valores médios de $130,73 \pm 17,44$ uC, $113,44 \pm 36,77$ uC, $86,07 \pm 32,18$ uC, respectivamente. Obtendo-se uma maior eficiência de remoção de 34,16 % para AT-2. A Portaria nº 2.914/11 do MS, estabelece como valor máximo permitido (VMP) de 15 uC para água de consumo, portanto, a referida variável não enquadrou-se no limite estabelecido pela supracitada legislação.

Para a variável Condutividade Elétrica obteve-se valores médios de $46 \pm 9,72$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ para AB, $90 \pm 4,97$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ para AT-1 e $102 \pm 6,78$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ para AT-2, observando-se uma elevação gradativa dos valores após passarem pelo filtro alternativo. Segundo Von Sperling (1998 *apud* Ruas, 2006) à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Afirmação esta que pode justificar o aumento dos valores de condutividade elétrica encontrada pós-filtração.

Os valores médios encontrados para a variável Dureza ficaram compreendidos entre $80 \pm 7,72$ mg- CaCO_3/L para AB, $75,1 \pm 21,93$ mg- CaCO_3/L para AT-1 e $74 \pm 22,91$ mg- CaCO_3/L para AT-2, havendo uma redução de 6,1% para AT-1 e 7,5% para AT-2. Para os resultados de Dureza correspondentes a quantidade de MgCO_3/L , foram

encontrados médias $2,97 \pm 0,17$ mg-MgCO₃/L para AB, $2,51 \pm 0,34$ mg-MgCO₃/L para AT-1 e $2,38 \pm 0,19$ mg-MgCO₃/L para AT-2, havendo uma redução de 15% para AT-1 e 19% para AT-2. De acordo com a UFV (2008) a classificação das águas em termo de dureza é de: menor que 50 mg/L CaCO₃ água mole, entre 50 e 150 mg/L CaCO₃ água com dureza moderada, entre 150 e 300 mg/L CaCO₃ água dura e maior que 300 mg/l CaCO₃ água muito dura. Conforme a classificação supracitada, a água após passagem do filtro obteve-se como dureza total valores médios de aproximadamente 83,2 mg/L para AB, 77mg/L para AT-1 e 76mg/L para AT-2, enquadrando-as como moderadamente duras. Todos os valores de dureza total encontrados estão de acordo com o valor permitido pela Portaria n° 2.914/11 do MS.

De acordo com os resultados da série de sólidos, os valores médios de Sólidos Totais (ST) ficaram compreendidos entre $99,6 \pm 82,16$ mg/L para AB, $102,1 \pm 49,09$ mg/L para AT-1 e $175 \pm 107,62$ mg/L para AT-2, ocorrendo um aumento significativo desta variável para os tempos de 24hs e 48hs. Os resultados elevados podem ser justificados pela presença de grande quantidade de resíduos de cinza do caroço de açaí calcinado sendo eliminados na água.

Com relação aos valores médios de Sólidos Suspensos (SS) para os tempos de detenção de 0hs, 24hs e 48hs, apresentaram valores iguais a $11,7 \pm 7,73$ mg/L para AB, $11,58 \pm 8,17$ mg/L para AT-1 e $9,02 \pm 8,78$ mg/L para AT-2. Obtendo –se uma eficiência de remoção de 1,02% para o tempo de contato de 24hs e 23% para o tempo de contato de 48hs conforme mostrado na.

Para variável sólidos dissolvidos (SD) os valores médios obtidos foram: $87,9 \pm 76,11$ mg/L para AB, $91,17 \pm 42,5$ mg/L para AT-1 e $168,9 \pm 105,5$ mg/L para AT-2 ocorrendo um aumento gradativo desta variável no sistema, não alcançando nenhuma eficiência. O aumento pode ser justificado pela grande quantidade de cinzas depositados na água por conta do caroço de açaí calcinado, mesmo com o aumento desta variável no sistema, a mesma ainda encontra-se em conformidade com a Portaria n° 2.914/11 do MS que estabelece como valor máximo permitido para água de consumo de 1000 mg/L de sólidos dissolvidos na água.

A Tabela 3 mostra os resultados do processo de filtração alternativo para água bruta do Lago Bolonha com suas respectivas médias e eficiência de remoção de cada variável para os tempos de contato de 24hs e 48hs.

Variáveis	Média água bruta	Média de AT-1 (TD 24hs)	Média de AT-2 (TD 48hs)	Eficiência de remoção (%) TD 24hs	Eficiência de remoção (%) TD 48hs	Padrões de Potabilidade (Portaria 2914/11)
pH	6,51	6,79	6,81	-	-	6 a 9,5
Cor Aparente	130,7 uC	113,4 uC	86,07 uC	13,2	51,85	15 uC
Turbidez	11,4 uT	10,46 uT	7,7 uT	8,32	32,45	1 uT

Condutividade	46 $\mu\text{S}/\text{cm}$	90,02 $\mu\text{S}/\text{cm}$	102 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0	0	
Sólidos Totais	99,6 mg/L	102,37 mg/L	175 mg/L	0	0	
Sólidos Suspensos	11,7 mg/L	11,58 mg/L	9,02 mg/L	1,02	23	
Sólidos Dissolvidos	87,9 mg/L	91,17 mg/L	168,91 mg/L	0	0	100 mg/L

Tabela 3- Resultados do processo de filtração para água

Fonte: Autores, 2018.

Para o tratamento de água, o filtro alternativo apresentou uma remoção de 32% para a turbidez e 51% para cor aparente, essa diminuição ocorreu devida, a remoção de sólidos em suspensão que foi de 23%. A elevação do pH de 6,51 para 6,81, também é de suma importância para o tratamento de água, já que, esse crescimento o deixou mais próximo da neutralidade.

4.2.3 Resultado do processo de filtração para o esgoto pós-tratamento

Os resultados das variáveis estudadas no processo de filtração alternativo para o esgoto pós-tratamento, foram expostas na Tabela 4, no qual exibi os resultados do processo de filtração alternativo com as respectivas médias e eficiência.

Os valores médios de pH analisados no processo de filtração alternativo para esgoto pós-tratamento para os tempos de contato (TC) de 0hs, 24hs e 48hs ficaram compreendidos entre $7,14 \pm 0,13$ para EPT (esgoto pós-tratamento com TC de 0hs), $6,78 \pm 0,16$ para EPT-1 (esgoto pós-tratamento com TC de 24hs) e $6,63 \pm 0,23$ para EPT-2 (esgoto pós-tratamento com TC de 48hs). Apesar de se ter observado uma redução da variável pH com o passar do tempo, a mesma encontra-se em conformidade com a legislação vigente, que estabelece como condição de lançamento de efluente tratado no corpo receptor uma faixa de pH compreendida entre 5 a 9.

De acordo com os resultados da variável Nitrogênio Amoniacal, os valores médios ficaram compreendidos entre $63 \pm 43,58$ mg/L para EPT, $23,88 \pm 6,9$ mg/L para EPT-1 e $17,7 \pm 8,51$ mg/L para EPT-2. Obtendo-se uma eficiência de remoção de 62,7% para EPT-1 com tempo de contato de 24hs e 72% para EPT-2 para o tempo de contato de 48hs. A variável em estudo, apesar de ter apresentado uma eficiência de remoção significativa, apenas EPT-2 apresentou valor médio de 17,7 mg/L, enquadrando-se aos padrões preconizados pela legislação vigente que determina como valor máximo permitido de 20mg/L.

Para a variável nitrato, os valores médios encontrados para o tempo de contato TD de 0hs, 24hs e 48hs foram respectivamente, $0,41 \pm 0,05$ mg/L para EPT, $3,13 \pm 1,69$ mg/L para EPT-1 e $3,9 \pm 2,23$ mg/L para EPT-2. A variável apresentou ineficiência quanto ao sistema de filtração alternativo, visto que houve o aumento da variável ao

longo dos tempos de contato. O aumento da concentração de nitrato pode ter sido ocasionado pela oxidação da matéria orgânica presente no esgoto, no qual neste processo a amônia é transformada em nitritos e estes em nitratos, no fenômeno denominado de nitrificação.

Os valores médios de fósforo total avaliados no processo de filtração alternativo para esgoto pós-tratamento com tempos de contato (TC) de 0hs, 24hs e 48hs ficaram compreendidos entre $20,08 \pm 17,3$ mg/L para EPT, $27,41 \pm 10,98$ mg/L para EPT-1 e $30,05 \pm 19,8$ mg/L para EPT-2. A variável apresentou aumento gradativo com o passar do tempo, não obtendo eficiência de remoção. Os valores de fósforo total analisados do esgoto tratado da ETE Vila da Barca para o tempo de contato de 0hs, em todas as amostras os valores encontravam-se acima do preconizado pela legislação no qual determina que o efluente após passar por tratamento adequado deveria apresentar valores de até 0,05 mg/L. Júnior (2010) produziu carvões ativados de caroço de açaí, ouriço de castanha e casca de cupuaçu. Os CA's obtidos apresentaram eficiência na retenção de fenóis e metais pesados específicos. As cinzas do caroço de açaí apresentaram 21,1% de fósforo em sua composição, valor elevado que pode justificar o elevado do teor desta variável no esgoto tratado no filtro alternativo, visto que, era visível nas amostras analisadas a presença de cinzas em meio ao efluente que era coletado do filtro. Observou-se a presença de três *outliers*, são valores muito superiores aos valores médios encontrados em todo o período de coleta. Os valores extremos (*outliers*) ocorreram na quarta semana de coleta onde o esgoto tratado e coletado na ETE de Vila da Barca apresentava uma concentração de fósforo total de 67,9 mg/L e com o passar do tempo para 24hs o mesmo apresentou uma redução chegando ao valor de 55mg/L e em seguida para o tempo de 48hs a concentração desta variável aumentou para 81,6 mg/L.

Para os resultados da variável DQO, os valores médios ficaram compreendidos entre $59,2 \pm 13,57$ mg/L para EPT, $35,4 \pm 11,65$ mg/L para EPT-1 e $26,2 \pm 9,6$ mg/L para EPT-2. Obtendo-se uma eficiência de remoção de matéria orgânica de 40% para EPT-1 com tempo de contato de 24hs e 55,7% para EPT-2 para o tempo de contato de 48hs.

De acordo com os resultados da série de sólidos apresentados na Tabela 8. Os valores médios de sólidos totais (ST) ficaram compreendidos entre $244,7 \pm 118,2$ mg/L para EPT, $450 \pm 54,68$ mg/L para EPT-1 e $415 \pm 121,3$ mg/L para EPT-2, ocorrendo um aumento significativo desta variável para os tempos de 24hs e 48hs.

Com relação aos valores médios de Sólidos Suspensos (SS) para os tempos de detenção de 0hs, 24hs e 48hs, apresentaram valores iguais a $11,9 \pm 6,8$ mg/L para EPT, $15,04 \pm 9,9$ mg/L para EPT-1 e $6,15 \pm 2,81$ mg/L para EPT-2. Obtendo uma eficiência de remoção de 48,7% somente para o tempo de contato de 48hs conforme mostrado na Tabela 4.

A variável Sólidos Dissolvidos (SD) apresentou valores médios de $227,9 \pm 108,7$ mg/L para EPT, $434,8 \pm 55,7$ mg/L para EPT-1 e $428,5 \pm 120$ para EPT-2. Verificou-se

um aumento gradativo da variável em estudo com o passar do tempo, ocasionando ineficiência da filtração alternativa para este parâmetro. A legislação vigente estabelece como valor máximo permitido para sólidos dissolvidos no esgoto tratado de até 500 mg/L.

Para a variável Sólidos Fixos (SF), os valores médios encontrados foram de $118 \pm 87,44$ para EPT, $303 \pm 93,4$ para EPT-1 e $286,8 \pm 98,02$ para EPT-2, não tendo alcançando também nenhuma eficiência na filtração.

Já a variável Sólidos Voláteis (SV) apresentou valores médios de $126,6 \pm 64,83$ para EPT, $146,9 \pm 51,7$ para EPT-1 e $127,7 \pm 43,51$ para EPT-2, verificando-se uma oscilação dos resultados com o passar do tempo. A variável em estudo também não apresentou eficiência quanto à filtração.

Os resultados elevados ocorreram em praticamente toda série de sólidos com exceção de sólidos suspensos. O aumento de sólidos pode ser justificado pela presença de grande quantidade de resíduos de cinza do caroço de açaí calcinado sendo componente também do esgoto, elemento que influenciou negativamente na filtração.

Variáveis	Média Esgoto Tratado	Média Esgoto Pós-Tratamento (TD 24hs)	Média Esgoto Pós-Tratamento (TD 48hs)	Eficiência de remoção (%) TD 24hs	Eficiência de remoção (%) TD 48hs	Condições e padrões de lançamento de Efluentes (CONAMA 430/11)
pH	7,14	6,78	6,63			5 a 9
N Amoniacal	63,8 mg/L	23,8 mg/L	17,69 mg/L	62,7	72	20 mg/L
N Nitrato	0,41 mg/L	3,13 mg/L	3,9 mg/L	0	0	
Fósforo Total	20,8 mg/L	27,4 mg/L	30,5 mg/L	0	0	0,05 mg/L
DQO	59,2 mg/L	35,4 mg/L	26,2 mg/L	40	55,7	
Sólidos Totais	245 mg/L	450 mg/L	415 mg/L	0	0	
Sólidos Suspensos	12 mg/L	15 mg/L	6,15 mg/L	0	48,7	
Sólidos Dissolvidos	228 mg/L	435 mg/L	428 mg/L	0	0	500 mg/L
Sólidos Fixos	118 mg/L	303 mg/L	286 mg/L	0	0	
Sólidos Voláteis	127 mg/L	147 mg/L	127 mg/L	0	0	

Tabela 4: Resultados do processo de filtração para pós-tratamento de esgoto.

Fonte: Autores, 2018.

De acordo com a Tabela 4, o uso do leito filtrante alternativo para o pós-

tratamento de esgoto, apresentou uma remoção de aproximadamente 56% de DQO, conseqüentemente diminuindo o risco de consumo de oxigênio no corpo receptor por parte da estabilização da matéria orgânica. Foram observados uma diminuição do N-Amoniacal (NH_3) e um ligeiro aumento do N-Nitrato (NO_3), provavelmente a redução do N-Amoniacal nessa unidade deva-se a adsorção dessa substância no leito filtrante, o que favorece de maneira positiva para o lançamento do efluente em um corpo receptor, já que, essa forma de nitrogênio consome altas taxas de oxigênio dissolvidos em um rio, além de enquadrar-se no padrão de lançamento estabelecido pela Resolução 430 – CONAMA. Outro resultado positivo foi uma pequena diminuição nas concentrações de sólidos em suspensão em ambos os filtros, o que indica que o leito filtrante alternativo tem uma boa eficiência na retenção de sólidos.

5 | CONCLUSÕES

A partir da caracterização físico-química do caroço de açaí calcinado é possível afirmar que o carvão alternativo produzido apresentou valores médios de cinzas próximos aos valores médios encontrados nos carvões vegetais obtidos a partir de outros produtos residuais. O baixo teor de cinzas encontrado faz com que após a ativação haja um aumento na área superficial do material sendo essencial no processo de adsorção. Foi observada uma redução da densidade do caroço de açaí após calcinação, característica que favorece ao fácil manuseio e estocagem do material.

O monitoramento dos filtros com leito filtrante de caroço de açaí calcinado apresentou bom desempenho, principalmente, no processo de retenção de sólidos suspensos e remoção da matéria orgânica representado pela DQO. Uma vantagem bastante notada, quanto ao tratamento de esgoto, é que o leito filtrante alternativo é bastante leve, o que diminuiria os custos na construção de um filtro anaeróbio, pois, o mesmo tem que ser dimensionado para suportar o peso do leito filtrante de pedra britada. Para o tratamento de água, no geral, a conclusão é que o caroço de açaí calcinado deve ser utilizado na composição do leito filtrante, com outros materiais, barateando o processo e aumentando a sua eficiência.

Para o prosseguimento desta pesquisa, sugere-se que o caroço de açaí seja ativado quimicamente transformado o mesmo em um carvão ativado alternativo, visto que nesta pesquisa observou-se que a biomassa estudada tem grande capacidade de adsorção, podendo ter uma maior eficiência se for ativado.

REFERÊNCIAS

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução N° 430**: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Meio Ambiente, 2011.

HAMEED, B.H., “**Evaluation of papaya seeds as a novel non-conventional lowcost adsorbent for removal of methylene blue.**” Journal of Hazardous Materials 162 (2009) 939-944.

MACEDO, J.S., COSTA JÚNIOR, N.B., ALMEIDA, L.E., VIEIRA, E.R.S., CESTARI, A.R., GIMENEZ, I.F. CARREÑO, N.L., BARRETO, L.S., "Kinetic and calorimetric study of the adsorption of dyes on mesoporous activated carbon prepared from coconut coir dust." Journal of Colloid and Interface Science 298 (2006) 515- 522.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria N° 2.914/2011** – Norma de qualidade da água para consumo humano.

NAGAISHI, T. Y. R. **Açaí (*Euterpe oleracea mart*): extrativismo, características, energia e renda em uma comunidade na Ilha de Marajó/ Pa.** 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

NOGUEIRA, O. L.; CONCEIÇÃO, H. E. O. . **Análise de crescimento de açaizeiros (*Euterpe oleracea Mart.*) em áreas de várzea do estuário amazônico.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2167-2173, 2000.

QUEIROZ, J.A.L.; MELÉM Jr., N.J. **Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*).** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.23, n.2, p.460-462, 2008.

REIS, B.O.; SILVA, I.T.; SILVA, I.M.O.; ROCHA, B.R.P. **Produção de briquetes energéticos a partir de caroços de açaí.** In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas-SP.

RODRIGUES, R.B.; LICHTENTHÄLER, R.; ZIMMERMANN, B.F.; PAPAGIANNPOULOS, M.; FABRICIUS, H.; MARX, F. **Total oxidant scavenging capacity of *Euterpe oleracea Mart.* (açaí) seeds and identification of their polyphenolic compounds.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v.54, n.12, p.4162-4167, 2006.

RODRIGUES, L.D.; SILVA, I.T.; ROCHA, B.R.P.; SILVA, I.M.O. **Uso de briquetes compostos para produção de energia no Estado do Pará.** In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 2002, 4. Campinas-SP.

ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação.** Belém: EDFPA, 2000. 313p

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA. **A importância do Açaí no Contexto Econômico, Social e Ambiental do Estado do Pará.** Belém, 2011. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras.../App_Acai.pdf> acesso em: 20 de novembro de 2012.

SILVA, P. J. D.; ALMEIDA, S. S. **Estrutura ecológica de açaizais em ecossistemas inundáveis da Amazônia.** In: JARDIM, M. A. G.; MOURÃO, L.; GROSSMANN, M. (Eds.). **Açaí (*Euterpe oleracea Mart.*): possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico** Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2004. p.37-51.

TEIXEIRA, L.B. de OLIVEIRA, R.F.; FURLAN Jr.; J.; GERMANO, V.L.C. **Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano e caroço de açaí.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 4p. (Circular Técnica, 105)

VARIABILIDADE DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PARÁ

Jakeline Oliveira Evangelista

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA)
Marabá-Pará

Samira Alves Silva

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA)
Marabá-Pará

Phaloma Aparecida

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA)
Marabá-Pará

Tathiane Santos da Silva

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA)
Marabá-Pará

Glauber Epifânio Loureiro

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestre em Hidrologia. Professor assistente na Universidade do Estado do Pará (UEPA)
Marabá-Pará

RESUMO: As inundações são resultado do déficit de escoamento das águas no meio urbano, por falta de saneamento adequado ou pela presença de barragens físicas advindas de ações antrópicas, como disposição de resíduos em bueiros e na entrada de galerias. Frente a isso, o presente trabalho tem por objetivo

caracterizar os índices de pluviometria do município de Marabá no Estado do Pará, bem como ressaltar sua influência com o histórico de inundações na região. Por meio da utilização de séries históricas disponibilizadas pela Agência Nacional das águas, e dados da defesa civil da região que demonstram a ocorrência desse fenômeno, que por vezes causam transtornos socioeconômicos para a população local, além de riscos relacionados a transmissão de doenças de veiculação hídrica. Com o estudo, foi possível observar que as regiões de maior e menor precipitação média estão ao oeste e ao sudeste, respectivamente, o que pode ser explicado devido à antropização da região ou condições topográficas. Já o índice pluviométrico da região nordeste do município destacou-se chegando a valores máximos de 4300 mm e o menor índice observado foi de 430 mm. Como disposto na literatura pode-se afirmar que o uso do solo nas suas diversas formas, incluindo edificações e a pavimentação propiciam considerável impermeabilização do solo acarretando na maior velocidade de escoamento superficial da precipitação, que aliado a intensidade desta pode gerar prejuízos ao meio ambiente e à população de maneira geral.

PALAVRAS-CHAVE: Inundações, Índice Pluviométrico, Séries Históricas.

ABSTRACT: The floods are the result of the lack of adequate water supply in the urban environment due to the lack of adequate sanitation or the presence of physical dams from anthropic actions, such as waste disposal in sewers and galleries. The objective of this study is to characterize the rainfall indices of the municipality of Marabá in the State of Pará, as well as to emphasize its influence with the history of floods in the region. Through the use of historical series provided by the National Water Agency, and data from the region's civil defense that demonstrate the occurrence of this phenomenon, which sometimes cause socioeconomic disturbances for the local population, as well as risks related to the transmission of waterborne diseases. With the study, it was possible to observe that the regions with higher and lower average precipitation are to the west and southeast, respectively, which can be explained due to the anthropization of the region or topographic conditions. The rainfall index of the northeastern region of the city stood out reaching maximum values of 4300 mm and the lowest observed index was 430 mm. As stated in the literature, it can be stated that the use of the soil in its various forms, including buildings and paving provides a considerable waterproofing of the soil, causing greater precipitation, which, together with the intensity of the soil, can generate damages to the environment and to the population in general.

KEYWORDS: Floods, Pluviometric Index, Historical Series.

1 | INTRODUÇÃO

O desastre natural pode ser caracterizado por uma significativa alteração das condições geográficas e atmosféricas naturais que causam distúrbios no meio físico acarretando prejuízos socioambientais, tais como enchentes, inundações, estiagem, seca, vendaval, terremotos, dentre outros.

Consonante a isso, as cheias podem ser caracterizadas por um quadro natural de aumento do nível dos rios, provocado por chuvas intensas ou contínuas, resultando no transbordo do mesmo (enchentes). Já as inundações são resultado do déficit de escoamento das águas no meio urbano, por falta de saneamento adequado ou pela presença de barragens físicas advindas de ações antrópicas, como disposição de resíduos em bueiros e na entrada de galerias.

Segundo Raiol (2010), o município de Marabá está situado em uma região de baixa altitude, cuja umidade relativa do ar varia entre 73% a 93% e a precipitação anual gira em torno 1.976 mm³. Sendo uma região historicamente acometida por cheias do Rio Tocantins.

Situação que, para Almeida (2008) poderia ser explicado devido ao fato de Marabá ter sido alvo de grandes transformações em seu espaço urbano desde o início de sua ocupação, saindo do quadro de cidade ribeirinha para tornar-se um centro urbano. No entanto, a ocupação precoce da região sem o planejamento apropriado para seu desenvolvimento, acarretou na ocupação de áreas anteriormente alagáveis, tornando a problemática das enchentes uma questão de saúde pública.

Isso se deve ao fato de que, a ocorrência de alagamentos gera uma gama de

riscos para população local. Além dos danos materiais como perda e danificação de moradias e bens, transtornos na locomoção para pedestres e automóveis, prejuízos para o comércio local, também há a incidência de diversas doenças de veiculação hídrica, como: esquistossomose, leishmaniose, micoses, e doenças gastrointestinais.

Dentre o histórico de enchentes na região, a enchente decorrente da década de 1980 tornou-se até então, a mais marcante para a população, uma vez que houve um aumento de 17,42 m do nível normal do rio Tocantins, atingindo a cidade no ápice de seu crescimento pela intensificação fluxo migratório (ALMEIDA, 2011).

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 REGIÃO HIDROGRAFICA

Cada região hidrográfica é formada por uma ou por um agrupamento de bacias ou sub-bacias com características ambientais, sociais e econômicas similares. As bacias hidrográficas que constituem as regiões hidrográficas são delimitadas a partir de divisores topográficos. Os divisores topográficos são caracterizados pelos pontos altos entre duas ou mais bacias, que dividem a água precipitada que escoam superficialmente para cada bacia contida na região hidrográfica considerada (PLANEJAMENTO, 2017).

2.2 CICLO HIDROLOGICO

A água é um dos recursos mais intensamente utilizados. É fundamental para a existência e a manutenção da vida e, para isso, deve estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas (BRAGA et al., 2005).

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água. Entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (TUCCI et al., 2010).

Segundo Sperling (2014) e Derisio (2012) é importante o conhecimento de como a água se movimenta de um meio para outro na Terra, essa circulação se dá o nome de ciclo hidrológico. Nesse ciclo distinguem-se os seguintes mecanismos de transferência da água: precipitação; escoamento superficial; infiltração; evaporação e transpiração.

O uso do solo é fator de importância fundamental na ocorrência natural da água. O desmatamento e a urbanização podem modificar o ciclo hidrológico ao diminuírem, por exemplo, a evapotranspiração. Com o desmatamento, há maior presença da umidade no solo, e sua capacidade de infiltração também diminui.

Assim, existe uma tendência do aumento do escoamento superficial durante eventos chuvosos, o que amplia a frequência de ocorrência de cheias. Tal fato tende a tornar-se gradativamente mais intenso pela diminuição da proteção do solo contra erosão e a conseqüente diminuição de sua permeabilidade pelo desmatamento

(BRAGA et al., 2005).

2.3 PRECIPITAÇÃO

Entende-se por precipitações atmosféricas como o conjunto de águas originadas do vapor de água que cai, em estado líquido ou sólido, sobre a superfície da terra. O conceito engloba, portanto, não somente a chuva, mas também a neve, o granizo, o nevoeiro, o sereno e a geada. A precipitações atmosféricas representa no ciclo hidrológico, o importante papel de elo entre os fenômenos meteorológicos propriamente ditos e os do escoamento superficial, de interesse maior aos engenheiros. Deriva daí, sobre tudo, a importância do estudo das precipitações atmosféricas (GARCEZ; ALVAREZ, 1999).

A disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outro, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. A determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo. Por sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante na hidrologia (TUCCI et al., 2010).

Exprime-se a quantidade de chuva pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Ela é avaliada por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se aparelhos chamados pluviômetros ou pluviógrafos, conforme sejam simples receptáculos da água precipitada ou registrem essas alturas no decorrer do tempo. Os pluviogramas obtidos nos pluviógrafos fornecem o total de precipitação acumulado no decorrer do tempo e apresentam grandes vantagens sobre os medidores sem registro, sendo indispensáveis para o estudo de chuvas de curta duração (PINTO et al., 2011).

Concomitante a isto Tucci et al. (2010) ressaltam que a disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outras coisas, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. A determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo. Por sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante na hidrologia.

2.4 DADOS HIDROLÓGICOS

Segundo Beskow et al. (2015), os conjuntos de dados pluviométricos diários ou sub-diários são utilizados para a modelagem de eventos de chuvas fortes, sendo este último o mais adequado, pois permite a determinação das intensidades de chuvas associadas a diferentes durações. Segundo Kwon et al. (2009) existem vários estudos que analisam a anormalidade destes dados no planejamento e projeto de recursos hídricos.

2.4.1 Series Hidrológicas

As séries hidrológicas podem incluir todas as observações disponíveis, coletadas em intervalos de tempo regulares ao longo de vários anos de registros, ou apenas alguns de seus valores característicos como, por exemplo, os máximos anuais ou as médias mensais (NAGHETTINI E PINTO, 2007).

2.5 METODO DE ISOIETAS

As isoietas são linhas de igual precipitação, estas podem ser traçadas para um evento ou para uma duração específica, este método mostra a variabilidade espacial dos valores médios obtidos através de uma serie amostral, logo, dos resultados alcançados sobre precipitação pluvial, dentre outros.

Bielenki e Barbassa (2004), ressaltam que em estudos de geoprocessamento de recursos hídricos as isoietas são linhas de mesma altura pluviométrica, as quais plotadas em planta permitem identificar a altura da chuva em qualquer ponto da bacia, ou sub-região para o caso específico tornando mais sofisticado a forma de estimar a distribuição espacial da precipitação máxima diária anual.

Evangelista et al. (2016), mencionam que a representação espacial da pluviosidade dos valores obtidos através da estatística descritiva podem ser representados mediante cartas de isoietas, elaboradas a partir de Golden Software (2012), que utiliza um arquivo com o contorno da área de estudo digitalizado, com os valores de longitude (variável x) e latitude (variável y) e com os resultados obtidos, tais como a média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação de cada posto pluviométrico da área de estudo (variável z).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho consiste na exposição de ocorrências climáticas na região marabaense, a fim de relacioná-las aos pontos de precipitação na região, em um recorte temporal que compreende os anos de 1988 a 2013.

Estas medidas de precipitação consistem na altura pluviométrica, ou na altura de precipitação geralmente expressa em mm, e na quantidade de água que cai por unidade de área horizontal (CARVALHO; SILVA, 2006).

Trata-se de um estudo descritivo, não participativo, observativa, associado ao levantamento de dados documentais diversos, contidos em artigos, livros e links eletrônicos, para caracterização de ocorrências climáticas.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área em análise está localizada na Região hidrográfica Tocantins-Araguaia, que segundo MMA (2006) está entre a confluência dos rios Tocantins-Araguaia

O estudo foi realizado no município de Marabá, localizado na região sudeste do estado do Pará, às margens da BR 230, à 553 km (quilômetros) da capital Belém, a figura 01 mostra a área de estudo.

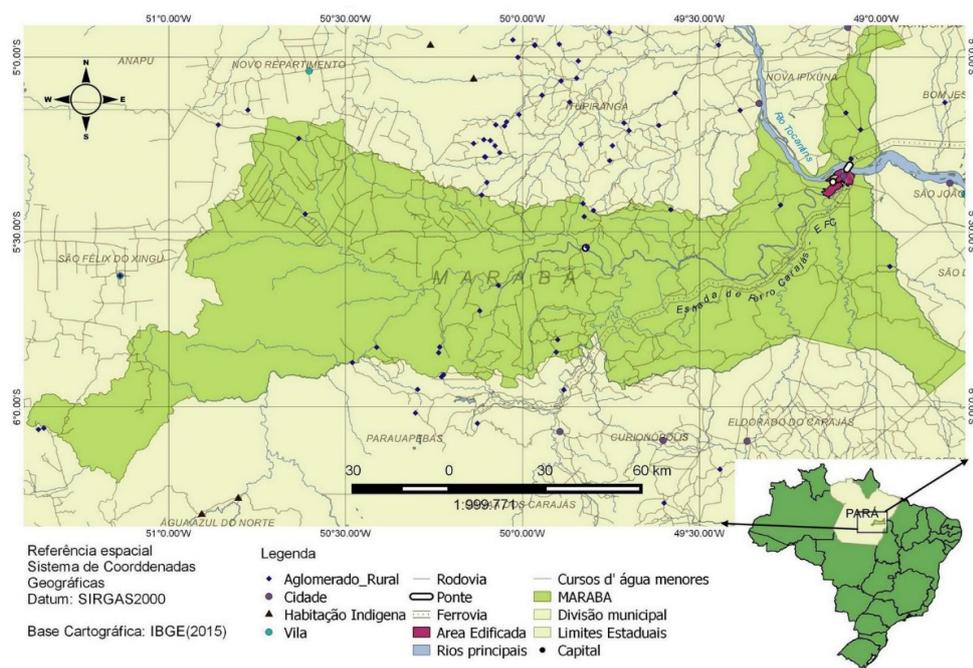


Figura 1 – Localização do Município de Marabá, no sudeste do estado do Pará, Brasil.

3.2 ANÁLISE DOS DADOS

Para isso, utilizou-se de dados disposto no portal HIDROWEB (2017), da Agência Nacional de Águas (ANA) a qual fornece todas as informações coletadas por rede hidrometeorológica, que reúne informações a respeito de precipitação para a área em estudo, formando assim uma série histórica de 26 (vinte e seis) anos a partir de 6 (seis) Estações Pluviométricas.

Feita as análises dos dados advindos da referida série histórica, foi realizada a plotagem dos resultados obtidos, culminando na interpolação destes resultados pelo método de Krigagem, para confecção dos mapas de isoietas, o qual forneceu a melhor estimativa dos valores médios de precipitação da área completa, através da utilização de Golden Software (2012).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As linhas de mesma altura pluviométrica advindas do método de isoietas, permitem identificar a altura de chuva em qualquer ponto da área estudada, isto posto, a figura 2 mostra a Precipitação Média Total ocorrida no município de Marabá.

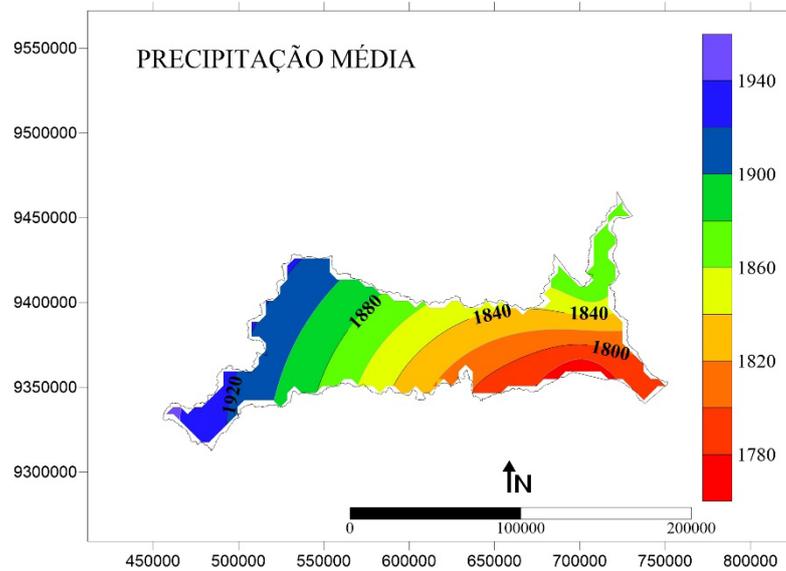


Figura 02- Precipitação Média Total.

Segundo Tucci et al. (2010) aceita-se a precipitação média como sendo uma lâmina de água de altura uniforme sobre toda a área considerada, associada a um período de tempo dado especificamente em anos para este caso, logo, a média é uma medida de tendência central e dá uma noção sobre qual valor representa o centro de uma distribuição ordenada (rol), ou simplesmente um valor que melhor represente essa distribuição.

Pode-se aferir a partir da figura 02 que os valores médios observados variam de 1780 à 1940 mm, tendo na porção oeste os maiores valores médios de precipitação o que justifica-se por ser uma área de altos valores de altitude, onde localiza-se Serra dos Carajás, Serra Misteriosa e Serra do Cinzento com 792 metros de altitude (RAIOL, 2010).

O valor mínimo representa o valor do menor número que estiver dentro do intervalo de células passado como parâmetro, a figura 03 mostra o mapa de isoietas das precipitações mínimas contidas na série histórica. Os valores encontrados variam entre 430 a 630 mm.

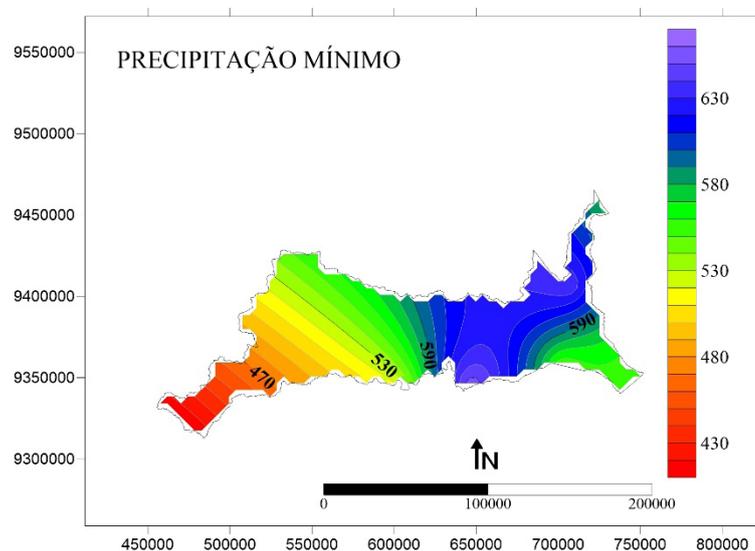


Figura 03- Precipitação Mínima Total.

Nota-se que na porção sudoeste encontram-se os menores valores mínimos de precipitação dos anos analisados. Richter (2015), ressalta que os conflitos pela água aumentaram de número no mundo inteiro e se intensificaram com o tempo, enquanto o suprimento de água tem se reduzido cada vez mais, a partir desta afirmação insere-se as questões relativas a incentivo de tecnologia e políticas públicas que visem soluções hídricas com o escopo de beneficiar a natureza e os seres humanos principalmente nos períodos de menor incidência pluviométrica, e até mesmo máximos.

Raiol (2010), afirma que o período mais chuvoso se inicia em janeiro e termina em março, a figura 04 apresenta os valores máximos de precipitação, que variam de 3700 a 4300 mm, encontrando-se os maiores valores na parte sudoeste (serrana) e nordeste (encontro dos Rios Itacaiúnas e Tocantins).

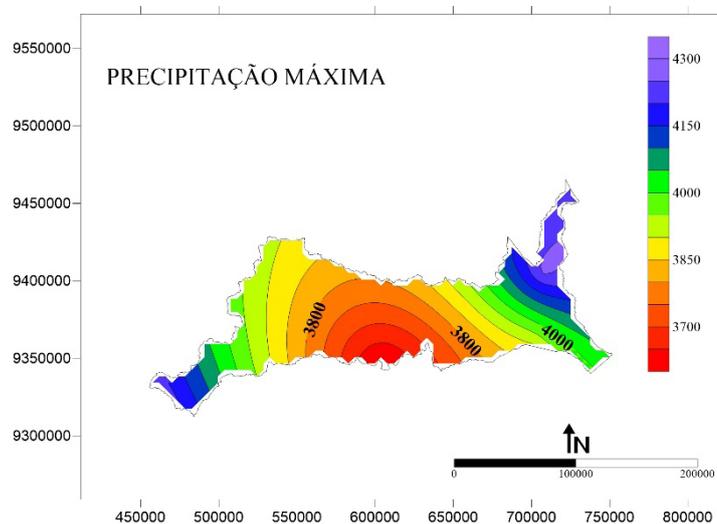


Figura 04- Precipitação Máxima Total.

Tucci et al. (2010), explana que a precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área, podendo atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros, sendo que a distribuição espacial destas chuvas máximas não apresenta um padrão uniforme.

Para Lorenzon et al. (2015), esses fatores climáticos associados a ocorrência de serras e picos do município o qual possui uma altitude significativamente alta, estabelecem condições que podem apresentar um alto potencial para causar enchentes, mediante esta afirmação e estudos correlacionados com relação a avanço de áreas urbanizadas isto também pode propiciar as posteriores inundações.

Nas áreas urbanas ocorre e impermeabilização do solo por meio das construções e da pavimentação das ruas. Assim, quando a precipitação atinge o solo, ocorre escoamento superficial mais intenso em consequência de pouca ou nenhuma capacidade de infiltração disponível. Essa impermeabilização do solo pela urbanização

é uma das principais causas de inundações nos meios urbanos. (BRAGA et al., 2005)

Quando se tem a impermeabilização do solo, observa-se alteração da água superficial quanto ao comportamento, reduzindo parte da água que infiltra no perfil do solo. (MOTA, 2003).

Conclui-se que a urbanização tem interferência direta na ocorrência de inundações em áreas urbanas, visto que altera o ciclo hidrológico aumentando a taxa de escoamento superficial e prejudica a impermeabilização do solo entre outros fatores.

Nota-se ainda a falta de instrumentos de planejamento e gestão de projetos e legislação específica que contemplem a drenagem pluvial urbana, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, os resíduos sólidos e principalmente a educação ambiental.

5 | CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A partir da análise das variáveis abordadas ratifica-se que as regiões de maior e menor precipitação média estão ao oeste e ao sudeste, respectivamente, tais fatos talvez sejam oriundos da antropização da região ou condições topográficas. O índice pluviométrico da região nordeste destacou-se chegando a valores máximos de 4300 mm e o menor índice observado foi de 430 mm.

Para suprimir esses problemas, de forma básica, podem ser adotados dois tipos de medidas: as estruturais e as não-estruturais. As primeiras são obras de engenharia, utilizadas para reduzir o risco de inundações. As soluções não-estruturais também podem ser aplicadas afim de reduzir os danos ou consequências das inundações através de intervenções não constituídas por obras, mas fundamentalmente pela introdução de normas, regulamentos e programas que procurem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a efetivação do sistema de alerta, a conscientização da população quanto à manutenção dos diversos seguimentos do sistema de drenagem e outros.

Como disposto na literatura pode-se afirmar que o uso do solo nas suas diversas formas, incluindo edificações e a pavimentação propiciam considerável impermeabilização do solo acarretando na maior velocidade de escoamento superficial da precipitação, que aliado a intensidade desta pode gerar prejuízos ao meio ambiente e a população de maneira geral.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. J. **A cidade de Marabá sob os impactos governamentais**. São Paulo. 2008. 272 p.

ALMEIDA, J. J., **Políticas públicas e comunidades da Amazônia- o Caso de Marabá**. Histórias e perspectivas, Uberlândia. Junho de 2011.

BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; GUEDES, H. A. Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme Southern Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**. Pelotas, RS, Brazil. v.4, p.123–133, 2015.

BIELENKI, Cláudio; BARBASSA, Ademir Paceli. **Geoprocessamento e Recursos hídricos: aplicações práticas**. São Carlos: EdUFSCar, 2014. 257p.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2005. 318p.

CARVALHO, D. F., SILVA, L.D.B. **Hidrologia**. Agosto de 2016.

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

EVANGELISTA, Jakeline Oliveira; PEREIRA, José Danilo Santana; SILVA, Samira Alves e LOUREIRO, Glauber Epifânio. **Análise do comportamento pluviométrico da Sub-Região Hidrográfica Tocantins 08**. XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Aracaju. **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**. Aracaju: ABRH, 2016. 9 p.

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.

GOLDEN SOFTWARE, 2012. *Surfer*, versão 12. Conjunto de programas. 1 CD-Rom e manuais. (informações em <http://www.goldensoftware.com>).

HIDROWEB. Portal ANA- Agência Nacional das Águas: << <http://www2.ana.gov.br>>> Acessado em 25 de Abril de 2017.

KWON, Young-Moon; PARK, Jin-Won; KIM, Tae-Wong. Estimation of Desing Rainfalls Considering na Increasing Trend in Rainfall Data. **The Korean of Soil Science and Engeneering**. Korean. Article 29. n. 2B, p 131-139, March 2009.

LORENZON, Alexandre Simões et al. **Influência das características morfometrias da bacia hidrográfica do rio Benevide nas enchentes no município de Alfredo Chaves – ES**. Revista Ambiente&Água. V.10. n. 01. Taubaté-SP, p. 195-206. jan-mar 2015.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia**. Secretaria de Recursos Hídricos – Brasília: MMA, 132 p. 2006

MOTA, Suetônio. **Urbanização e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2003.

PINTO, Nelson Sousa et al. **Hidrologia básica**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2011.

PLANEJAMENTO. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**. Disponível em:< http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/bacias_hidrograficas/planejamento_manejo_e_gestao_unidade_1.pdf>. Acesso em 26 de setembro de 2017.

RAIOL, J. A. **Perspectivas para o meio ambiente urbano: GEO Marabá**. Belém, Pará. 2010. 136

RICHTER, Brian. **Em busca da água: um guia para passar da escassez à sustentabilidade**. São Paulo: oficina de textos, 2015. 188p.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4ª ed. Belo Horizonte- MG: UFMG. 2014. 472p.

Tucci, C.E.M; Bertoni, J.C. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, Org. Carlos E. M. Tucci, 4ª ed., 5. Reimpr., Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2010. 943 p.

WETLAND CONSTRUÍDO DE FLUXO SUBSUPERFICIAL NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS DE BOVINOCULTURA DE LEITE

Kiane Cristina Leal Visconcin

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG - E-mail: kivisconcin@gmail.com

Henrique Moreira Dutra

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG - E-mail: henriquedutr@gmail.com

Liniker Rafael Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG - E-mail: rodrigues.liniker22@gmail.com

Edu Max da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG - E-mail: edu.max@ifsuldeminas.edu.br

RESUMO: Os wetlands construídos possuem algumas características importantes, como, construção simples, operação e manutenção simplificadas. Este trabalho avaliou entre Julho/2012 e Agosto/2013 o comportamento de um wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial, utilizado como pós-tratamento de efluente oriundo de um reator anaeróbio compartimentado. O wetland construído apresentou índices de eficiência com relação

a remoção da carga dos seguintes parâmetros como se segue: sólidos totais - 73 %, sólidos dissolvidos totais - 80%, demanda química de oxigênio - 85%, demanda bioquímica de oxigênio - 85%, nitrogênio amoniacal - 66%, nitrato - 55%, nitrogênio total - 77% e fósforo - 65%. Os wetlands construídos apresentaram-se com grande potencial para aplicação em tratamento de resíduos de bovinocultura de leite além de serem de fácil operação e manutenção.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de efluentes. Confinamento. Gado leiteiro.

ABSTRACT: Built wetlands possess some important features, such as simple construction, simplified operation and maintenance. This study evaluated between July/2012 and August/2013 the behavior of a wetland constructed from subsurface horizontal flow, used as post-treatment of effluent from an anaerobic compartmented reactor. The wetland constructed presented efficiency indices with respect to the removal of the load of the following parameters as follows: Total solids-73%, total dissolved solids-80%, chemical oxygen demand-85%, biochemical oxygen demand-85%, nitrogen Ammoniacal-66%, nitrate-55%, total nitrogen-77% and phosphorus-65%. The constructed wetlands presented great potential for application in the treatment of dairy cattle residues, besides being easy to operate and

maintain.

KEYWORDS: Wastewater treatment. Confinement. Dairy cattle.

1 | INTRODUÇÃO

Os wetlands construídos utilizados sob uma ampla variação de carga removem sólidos e matéria orgânica, com especial atenção para a remoção de nitrogênio e fósforo, os quais podem causar eutrofização de águas superficiais (GOTTSCHALL et al., 2007).

Os wetlands construídos possuem uma série de vantagens, são relativamente baratos para construir e operar, fácil manutenção, tratamento efetivo e seguro de águas residuárias, relativamente tolerantes as variações hidráulicas e de cargas, fornecem benefícios indiretos como área verde, habitats para a vida selvagem, áreas recreativas e educacionais.

Os wetlands construídos de fluxo horizontal possuem zonas de entrada e de saída. A alimentação ocorre por uma tubulação superficial disposta na zona de entrada, o efluente infiltra pelo material filtrante até chegar à zona inferior de saída, onde o efluente tratado é coletado pela tubulação de saída (PELLISSARI, 2013).

O trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial que trata o efluente do reator anaeróbio compartimentado em relação à remoção da carga de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo dos resíduos líquidos de bovinos leiteiros manejado em regime de confinamento.

2 | MATERIAL E METODOS

O estudo foi realizado na estação de tratamento de efluente (ETE) da unidade educativa de produção (UEP) animais de grande porte - bovinocultura leite, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Inconfidentes.

O wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial foi implantado em uma das unidades da ETE e vegetado com mini papiro (*Cyperus papyrus nanus*), para promover um polimento no tratamento do efluente oriundo do reator anaeróbio compartimentado. A unidade foi construída em alvenaria, com 10,50 m de comprimento, 3,50 m de largura, 1,20 m de altura total. O meio suporte utilizado foi brita no. 2, com índice de vazios de 50%. O Tempo de Detenção Hidráulico teórico foi de 3,6 dias. A entrada do afluente foi pela parte superior do wetland e o efluente tratado, foi coletado no lado oposto na parte inferior.

Durante os meses de Julho/2012 até Agosto/2013, foram coletadas amostras na saída do reator anaeróbio compartimentado (entrada do wetland construído) e na saída do “wetland” construído (efluente tratado).

Os parâmetros utilizados para avaliar a eficiência do wetland construído quanto

à eficiência de remoção da carga foram: Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos Totais, Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Nitrogênio Total Kjeldahl e Fósforo.

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP. As variáveis avaliadas e os métodos utilizados nas análises laboratoriais são descritos, a seguir:

Parâmetros	Métodos
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Colorimétrico: Método 5220D Standard Methods 21th edition 2005
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Medidor respiratório DBOTRAK – Hach
Determinação de Resíduos ou Sólidos: Série Completa	Sólidos suspensos totais 2540D; Sólidos fixos e voláteis 2540E e Sólidos sedimentáveis 2540F. Standard Methods 21th edition 2005
Nitrogênio Amoniacal Método 4500 - NH	Standard Methods 21th edition 2005
Nitrogênio – Nitrato	Método Hach usando NitraVer 5. Method Reduction Cadmium
Nitrogênio Total Kjeldahl	Standard adaptado 4500 – ORG B. Standard Methods 20ed.
Fósforo	Método Ácido Ascórbico. Método 4500 – PE Standard Methods 20ed.
pH	Método 4500 H + B. Método eletrométrico. Standard Methods 20ed.

Fonte: Lab. de Saneamento da FEAGRI/Unicamp - Campinas/SP.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A carga afluente de Sólidos Totais (ST) na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 163 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 43 g/m²/dia no ponto de saída do efluente tratado. A eficiência de remoção foi em torno de 73%.

Matos et al. (2009), aplicaram 68,7 g/ST/m²/dia de carga em wetland construído horizontal vegetado com macrófitas tratando resíduos líquidos da suinocultura e chegaram a uma eficiência de remoção em torno de 60% de ST, um pouco abaixo que o obtido neste trabalho.

A carga afluente de DQO foi de 110 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 16 g/m²/dia no ponto de saída do efluente tratado. A eficiência média de remoção foi de 85,0%.

Pelissari, (2013), avaliou a aplicabilidade de wetland construído horizontal vegetados com macrófitas para tratar efluente de instalação de bovinocultura de leite, com capacidade de produção diária de 140 litros de leite, pós-lagoa de armazenamento (área 116 m²), por meio do monitoramento físico-químico e biológico ao longo de 12 meses. Obteve percentagens médias de remoção, em termos de carga, de 87% para

DQO, 81% para DBO e 90% para Sólidos Sedimentáveis.

A carga afluyente de DBO5 na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 42 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 6 g/m²/dia no ponto de saída da unidade. A eficiência média de remoção foi de 86%.

Newman et al. (2000) avaliaram o desempenho de remoção de DBO5 de um wetland construído horizontal no tratamento de efluente de laticínios, quando foi empregado uma carga de 7,3 g/m²/dia. A eficiência média de remoção encontrada foi de 85% para esse parâmetro.

A carga afluyente de N-Amoniacal na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 16 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 5 g/m²/dia no ponto de saída da unidade. A eficiência de remoção foi em torno de 66%.

Lee et al. (2004) estudaram e avaliaram wetland construído horizontal vegetado com macrófitas operados em três fases: fase I os autores aplicaram uma carga de 11 g/N-Amoniacal/m²/dia e conseguiram uma eficiência de remoção média de 22%, fase II a carga aumentou para 22 g/N-Amoniacal/m²/dia, e a remoção foi de apenas 1% e na fase III foi aplicada uma carga de 6 g/N-Amoniacal/m²/dia e os autores obtiveram uma eficiência média de 6%.

A eficiência média de remoção de fósforo na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 65%.

Stefanakis e Tsihrintzis (2012) relataram que as baixas remoções de fósforo em wetland construído de fluxo vertical em relação às ocorridas no wetland construído de fluxo horizontal estão relacionadas com as características hidráulicas de cada filtro, pois no de fluxo horizontal o efluente permanece em contato com o maciço filtrante por mais tempo quando comparado ao fluxo vertical.

Os valores relativos ao pH na entrada (afluente) e na saída (efluente tratado) do wetland também foram monitorados durante o período de avaliação da ETE. O pH variou pouco em torno do neutro demonstrando a capacidade tampão do sistema de wetland construído não afetando, portanto, as complexas reações bioquímicas no interior do leito que requerem pH o mais próximo possível de 7.

Em se tratando de resíduos líquidos da produção animal, a eficiência do wetland construído é positiva, o que demonstra que esta opção de tratamento tem grande potencial de aplicação (MATOS, 2005).

4 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesse estudo pode-se recomendar a utilização dos wetlands construídos como alternativa tecnológica de tratamento de resíduos líquidos das instalações de bovinocultura de leite.

O wetland construído se mostrou eficiente na redução das cargas de DBO, DQO, Sólidos, Nitrogênio e Fósforo.

REFERÊNCIAS

- Gottschall, N., Boutin, C., Crolla, A., Kinsley, C., Champagne, P., 2007. The role of plants in the removal of nutrients at a constructed wetland treating agricultural (dairy) wastewater, Ontario, Canada. *Ecol. Eng.* 29, 154–163.
- Lee et al. Performance of subsurface flow constructed wetlands taking pretreated swine effluent under heavy loads. *Bioresource Technology.* v. 92, p.173-179, 2004.
- Matos, A. T. Tratamento de resíduos agroindustriais. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental/UFV. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Viçosa / MG. 2005.
- Matos, A. T.; Freitas, W. S.; Fia, R.; Matos, M. P. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura visando seu reuso. *Engenharia na Agricultura*, v.17, p.383-391, 2009.
- Newman, J. M.; Clausen, J. C.; Neafsey, J. A. Seasonal performance of a wetland constructed to process dairy milkhouse wastewater in Connecticut. *Ecological Engineering*, vol. 14, p. 181-198, 2000.
- Pelissari, C. Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando wetlands construídos de escoamento subsuperficial / Catiane Pelissari. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Recursos Hídricos e Saneamento, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), - 2013. 147 p.
- Stefanakis, I. A.; Tsihrintzis. Effects of loading, resting period, temperature, porous media, vegetation and aeration on performance of pilot-scale vertical flow constructed wetlands. *Chemical Engineering Journal*, vol. 181 - 182, p.416 a 430. 2012.
- Vymazal, J., Kropfelova, L., 2008. Types of constructed wetlands for wastewater treatment. In: Springer Netherlands (Ed.), *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-surface Flow*, vol. 14. Springer, New York, p. 121.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alan Mario Zuffo - Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-252-4

