

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

**LAÍS FERREIRA CAIXETA**

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA TORTA DE *Attalea speciosa* (BABAÇU) COMO  
BIOSORVENTE NA REMOÇÃO DE COBRE E ZINCO PRESENTES EM ÁGUA  
RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA ATIVIDADE DE SUINOCULTURA**

**PATOS DE MINAS - MG  
SETEMBRO DE 2023**

**LAÍS FERREIRA CAIXETA**

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA TORTA DE *Attalea speciosa* (BABAÇU) COMO  
BIOSORVENTE NA REMOÇÃO DE COBRE E ZINCO PRESENTES EM ÁGUA  
RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA ATIVIDADE DE SUINOCULTURA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-graduação em Biotecnologia  
como requisito parcial para obtenção do título  
de Mestre em Biotecnologia.

**Orientador: Dr. Edgar Silveira Campos**

**Coorientadora: Dra. Renata Nepomuceno da Cunha**

**PATOS DE MINAS - MG**

**SETEMBRO DE 2023**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C138 Caixeta, Laís Ferreira, 1995-  
2023 Avaliação da aplicação da torta de *Attalea speciosa*  
(babaçu) como biosorvente na remoção de cobre e zinco  
presentes em água residuária proveniente da atividade de  
suinocultura [recurso eletrônico] / Laís Ferreira  
Caixeta. - 2023.

Orientador: Edgar Silveira Campos.  
Coorientadora: Renata Nepomuceno da Cunha.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de  
Uberlândia, Pós-graduação em Biotecnologia.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.574>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Biotecnologia. I. Campos, Edgar Silveira, 1981-,  
(Orient.). II. Cunha, Renata Nepomuceno da, 1969-,  
(Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.  
Pós-graduação em Biotecnologia. IV. Título.

CDU: 60

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia  
 Av. Getúlio Vargas, 230, 3º andar, Sala 308 - Bairro Centro, Patos de Minas-MG, CEP  
 38700-128  
 Telefone: (34) 3823-3714 - Ramal 39 - www.ppgbiotec.ibtec.ufu.br -  
 ppgbiotec@ibtec.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado - PPGBIOT [Informar: Tese; Dissertação de Mestrado Acadêmico/Mestrado Profissional/Produto Final de Mestrado ou Doutorado, número, sigla do PPG]				
Data:	29 de setembro de 2023	Hora de início:	16:32	Hora de encerramento:	18:02
Matrícula do Discente:	42012BTC007				
Nome do Discente:	Laís Ferreira Caixeta				
Título do Trabalho:	Avaliação da aplicação da torta de <i>Attalea speciosa</i> (babaçu) como biosorvente na remoção de cobre e zinco presentes em água residuária proveniente da atividade de suinocultura				
Área de concentração:	Biociência				
Linha de pesquisa:	Prospecção de produtos bioativos de interesse médico e industrial				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Seleção de Produção de Biossurfactantes de Leveduras Isoladas da Antártica por Fermentação Submersa Utilizando Resíduos Agrindustriais do Abacaxi ( <i>Ananas comosus</i> )				

Reuniu-se virtualmente, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, assim composta: Professores Doutores: Dra. Carla Ferreira Caixeta (UNB); Raquel Cristina Cavalcante Dantas (UFU); e Dr. Edgar Silveira Campos, orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Edgar Silveira Campos, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, às examinadoras, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Edgar Silveira Campos, Presidente**, em 09/10/2023, às 14:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raquel Cristina Cavalcanti Dantas, Professor(a) do Magistério Superior**, em 09/10/2023, às 19:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carla Ferreira Caixeta, Usuário Externo**, em 15/10/2023, às 22:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4865945** e o código CRC **BCEAF33D**.

**Referência:** Processo nº 23117.070840/2023-22

SEI nº 4865945

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA TORTA DE *Attalea speciosa* (BABAÇU) COMO BIOSORVENTE NA REMOÇÃO DE COBRE E ZINCO PRESENTES EM ÁGUA RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA ATIVIDADE DE SUINOCULTURA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Aprovado em: / /

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Edgar Silveira Campos (Orientador)

---

Dra. Raquel Cristina Cavalcante Dantas

---

Dra. Carla Ferreira Caixeta

**PATOS DE MINAS - MG**

**2023**

“Nunca foi sorte, sempre foi Exú. Laroyé”

- **Autor desconhecido**

## AGRADECIMENTOS

A caminhada por mais dificultosa que se pareça, torna a conclusão imensamente enriquecedora devido ao apoio de pessoas tão especiais ao longo do processo. E a estes eu direciono meus agradecimentos!

Ao meu orientador **Dr. Edgar Silveira Campos** por aceitar me orientar e apoiar em toda a pesquisa. Agradeço por sua paciência, disposição, e principalmente por todo auxílio prestados mesmo com todos os contratemplos.

À minha coorientadora **Dra. Renata Nepomuceno** por suas palavras enriquecedoras e por ter disponibilizado o Laboratório de Engenharia Química ao qual ocorreu a realização de toda a pesquisa.

A **Dra. Carla Ferreira Caixeta**, a **Me. Juliana Silva Ferreira** e a **Esp. Maria Clara e Silva** que são meu exemplo profissional e fruto da minha profunda admiração, os conselhos ao longo do processo foram essenciais para a conclusão dessa fase tão importante na minha vida.

Aos meus pais **Maria Aurora Ferreira Caixeta** e **Odorico Pereira Caixeta**, estes que acompanharam de perto minha trajetória e não mediram esforços para me apoiar em todas as etapas, com carinho e compreensão até nos momentos que desacreditei da minha capacidade.

Aos meus companheiros de graduação e grandes amigos **André Luiz Ramos; Rayane Kelle Nobre de Carvalho; Leandro Belchior Gonçalves da Silva; Larissa Cristina Ribeiro Porto** e **Stheferson Bruno da Silva** que participaram constantemente de todos os momentos que acarretaram nessa conquista e foram os principais apoiadores do sonho de me tornar mestre. Vocês são luz!

Aos meus amigos **Gabriele Oliveira Moura; Henrique Pereira Batista; Vitória Aparecida de Almeida** e **Guilherme de Oliveira Gonzaga** que não me deixaram desistir e se mostraram presentes em todos os momentos, pela ajuda e apoio moral que foi essencial ao longo da pós-graduação. Vocês têm um lugar especial no meu coração.

Ao meu namorado e parceiro de vida **Gustavo César de Lima e Silva** por ser meu porto seguro e ponto de paz. Agradeço por todo carinho, compreensão, apoio em todos os momentos e por sempre me fazer acreditar nos meus propósitos e me ajudar a reconhecer minhas conquistas. Te amo muito!

Aos meus orixás e guias que sempre me direcionaram no caminho certo, por serem minha força em todas as situações. As palavras de sabedoria foram pontos chave desde a minha infância, trazendo o discernimento necessário para me tornar a profissional e pesquisadora que sou hoje!

E por fim, aos professores ao qual tive contato do ensino fundamental até a pós-graduação, pelos ensinamentos passados a mim e todas as experiências que me trouxeram a esse momento tão especial!

Meus mais sinceros agradecimentos a todos vocês!

## RESUMO

A suinocultura é um processo antigo que movimentava a economia de todo país, no entanto a prática utiliza um grande volume de água em várias etapas. Diante disso, são geradas cargas exorbitantes de água residual contendo cobre (Cu) e zinco (Zn), metais pesados. Visto que cursos hídricos recebem diversos lançamentos de resíduos, que por algumas vezes são até clandestinos, se torna de extrema importância que todo efluente lançado se enquadre nos valores estipulados pela Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. Para que isso ocorra, o uso do processo de biossorção é o mais indicado para remoção de metais pesados, por ser economicamente viável e contribuindo na utilização de massas vegetais considerados resíduos. Diante disso, este trabalho objetiva avaliar o potencial da torta de *Attalea speciosa* (Babaçu) como biossorvente no tratamento de água residual com Cu e Zn, onde realizou-se testes com o material natural e modificado termicamente. Dessa forma, foram realizadas análises de doze parâmetros físico-químicos e microbiológicos antes e após o processo de biossorção, comparando-os os valores máximos firmados na tabela dois da Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. Dentre os resultados, a dose de 37,5 g/L se comportou de forma excelente no presente trabalho por ter apresentado as melhores taxas de remoção de Zn e Cu, e o adsorvente carvão ativado se mostrou o mais eficiente entre os adsorventes dispostos para o tratamento de efluentes de suinocultura devido suas características descontaminantes. Os resultados obtidos contribuirão ao tratamento de água e efluentes podendo atender localidades, influenciando diretamente na qualidade ambiental dos mais diversos biomas.

**Palavras-chaves:** Babaçu; Biossorção; Metais pesados; Suinocultura.

## **ABSTRACT**

*Pig farming is an old process that moves the economy of the whole country, however the practice uses a large volume of water in several stages. In view of this, exorbitant loads of wastewater containing copper (Cu) and zinc (Zn), heavy metals, are generated. Since water courses receive several releases of waste, which are sometimes even clandestine, it becomes extremely important that all effluent released fits the values stipulated by CONAMA Resolution No. 430 of May 13, 2011. For this to happen, the use of the biosorption process is the most suitable for removing heavy metals, as it is economically viable and contributes to the use of vegetable masses considered waste. Therefore, this work aims to evaluate the potential of *Attalea speciosa* (Babassu) piece as a biosorbent in the treatment of wastewater with Cu and Zn, where tests were carried out with the natural and thermally modified material. Thus, analyzes of twelve physical-chemical and microbiological parameters will be carried out before and after the biosorption process, comparing them to the maximum values established in table two of CONAMA Resolution No. 430 of May 13, 2011. The results to be obtained will contribute to the treatment of water and effluents, being able to serve localities, directly influencing the environmental quality of the most diverse biomes. Among the results, the dose of 37.5 g/L behaved excellently in the present work because it presented the best removal rates, and activated adsorbent carbon proved to be the most efficient among the desired adsorbents for the treatment of effluents from pig farming due to its decontaminating characteristics. The results obtained contribute to the treatment of water and effluents, being able to serve localities, directly influencing the environmental quality of the most diverse biomes.*

**Keywords:** *Babassu ; Biosorption; Heavy metals; Pig farming.*

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

APHA	Associação Americana de Saúde Pública
APT	Água Peptonada Tamponada
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EC	<i>Escherichia coli</i>
EMB	Ágar Eosina Azul de Metileno
HDL	High Density Lipoproteins
ICP – OES	Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado
LAUD	Caldo Lauril de concentração Dupla
LAUS	Caldo Lauril de concentração Simples
LEQ	Laboratório de Engenharia Química
NMP	Número Mais Provável
PCA	Plate Count Agar
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
SPACs	Sistemas de Produção de Animais Confinados
VMP	Valor Máximo Permitido

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Morfologia de <i>Attalea Speciosa</i> (Babaçu). (A) Cacho com os frutos maduros, (B) Fruto inteiro e (C) Interior do fruto do Babaçu maduro. ....	18
<b>Figura 2</b> – Descrição das principais formas de poluição causadas pela suinocultura. ....	20
<b>Figura 3</b> – Visualização das etapas de floculação, coagulação e sedimentação do processo de biossorção. ....	23
<b>Figura 4</b> – Torta de babaçu doada por produtores rurais residentes das imediações de Patos de Minas - MG. ....	27
<b>Figura 5</b> – Local de coleta de efluente proveniente de suinocultura. ....	30
<b>Figura 6</b> – Equipamento Jar-Test em funcionamento, realização do tratamento com Carvão ativado (T4) e efluente bruto (tratamento controle). ....	32
<b>Figura 7</b> – Procedimento de contagem de colônias bacterianas com auxílio do contador de colônias. ....	33
<b>Figura 8</b> – Preparação das amostras para análises microbiológicas através da diluição em Água Peptonada Tamponada. ....	34
<b>Figura 9</b> – Esquema de diluição para teste presuntivo de coliformes totais. ....	35
<b>Figura 10</b> – Avaliação da formação de gás pelo teste de Durhan. ....	35
<b>Figura 11</b> – Avaliação da formação de gás pelo teste de Durhan. ....	36
<b>Figura 12</b> – Crescimento microbiano em Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB) após 16 horas de incubação. ....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Parâmetros estabelecidas pela Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011, do CONAMA. ....	26
<b>Tabela 2</b> – Parâmetros físico-químicos analisados no estudo e suas respectivas metodologias. ....	31
<b>Tabela 3</b> – Delineamento experimental do ensaio de biossorção com as dosagens dos solventes. ....	32
<b>Tabela 4</b> - Resultados das análises de sólidos sedimentáveis do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	38
<b>Tabela 5</b> - Análises de cobre (Cu) do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	39
<b>Tabela 6</b> - Análises de pH do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	41
<b>Tabela 7</b> - Análises de turbidez do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	42
<b>Tabela 8</b> - Análises de temperatura do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	43
<b>Tabela 9</b> - Análises de cor do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	44
<b>Tabela 10</b> - Resultados das análises de sólidos sedimentáveis do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	45
<b>Tabela 11</b> - Análises de DBO do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	46
<b>Tabela 12</b> - Resultado das análises de materiais flutuantes do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	48
<b>Tabela 13</b> - Análises microbiológicas do tratamento controle vs os tratamentos testes do efluente bruto proveniente de suinocultura. ....	50

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>3 REFERÊNCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
3.1 Babaçu .....	18
3.2 Poluição ocasionada pela suinocultura.....	19
3.3 Malefícios causados por metais pesados .....	20
3.4 Cobre .....	21
3.5 Zinco.....	22
3.6 Ensaio de bioSORÇÃO .....	22
3.7 Espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) ..	23
3.8 Parâmetros Físico- Químicos e Microbiológicos .....	24
3.9 Legislação.....	25
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>27</b>
4.1 Biomassa .....	27
4.1.1 Obtenção do material de pesquisa .....	27
4.1.2 Preparo da biomassa.....	27
4.1.2.1 Torta <i>in natura</i> .....	27
4.1.2.2 Cinza vegetal .....	28
4.1.2.3 Carvão ativado.....	28
4.1.3 Peneiramento e homogeneização .....	29
4.2 Amostragem .....	29
4.3 Quantificação de íons metálicos da amostra .....	30
4.4 Análises físico-químicas .....	31
4.5 Ensaio de bioSORÇÃO .....	31
4.6 Ensaio microbiológicos .....	33
4.7 Tratamento estatístico dos dados.....	36
4.8 Comparação com a legislação vigente .....	37
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
5.1 Metais pesados .....	37
5.1.1 Zinco.....	37

5.1.2 Cobre .....	38
5.2. Parâmetros físico-químicos .....	40
5.2.1 pH.....	40
5.2.2 Turbidez .....	41
5.2.3 Temperatura .....	42
5.2.4 Cor.....	43
5.2.5 Sólidos sedimentáveis .....	45
5.3 Parâmetros complementares.....	46
5.3.1 DBO .....	46
5.3.2 Óleos e Graxas .....	47
5.3.3 Materiais Flutuantes .....	48
5.4 Microbiologia .....	48
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

## CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO

### 1 INTRODUÇÃO

No tocante ao desenvolvimento tecnológico, o uso da atividade cognitiva envolvida ao avanço da ciência deu ao ser humano o material necessário para explorar recursos ambientais reconhecidos como essenciais às atividades socioeconômicas (SANTOS, 2019). Trazendo à tona, o frequente depósito de compostos tóxicos nos mais diversos ecossistemas, desestabilizando a capacidade de resiliência do meio, resultando no enfraquecimento da capacidade de autodepuração de afluentes a níveis problemáticos (SOUZA et al., 2018).

A suinocultura está presente em diversos estados do país, uma vez que o Brasil é considerado um dos maiores produtores e exportadores do mundo, com forte injeção na geração de renda no meio agropecuário (LEITE; VICH; CALLADO, 2021). A Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) destaca que a produção brasileira de carne suína cresceu 10% no ano 2020, obtendo uma receita de US\$ 2,269 milhões, colocando o Brasil em quarta posição na produção mundial (BRASIL, 2021).

Os dejetos suínos apresentam alta concentração de metais pesados principalmente o cobre (Cu) e o zinco (Zn) e microrganismos potencialmente patogênicos, oriundos dos sítios de criação, requerendo uma atenção especial voltada a necessidade de transformação do resíduo líquido gerado (TAKAMORI et al., 2019). O material sem o devido tratamento, por diversas vezes é lançado de forma clandestina em afluentes ou diretamente no solo resultando em graves desequilíbrios ambientais, promovendo riscos à saúde da população e ao ecossistema (NAGARAJAN et al., 2019).

Por serem bioacumuladores, o cobre (Cu) e o zinco (Zn) em excesso, ao entrarem em contato com organismos vivos podem tornar-se potencialmente tóxicos, devido à alta taxa de absorção através do epitélio do trato intestinal, afetando especialmente ao homem (DIAS et al., 2011). Em tal caso, alertou-se a primordialidade pela busca por tratamentos de cunho biológico, físico ou químico que possibilitem o tratamento do rejeito na promoção de melhorias na gestão de resíduos de suinocultura (VIEIRA et al., 2017).

Sobrinho et al., (2015) afirmam que na busca por métodos para a retirada de contaminantes, produtores rurais investem em processos de custo exacerbado que por diversas vezes não atendem de forma eficaz ao estipulado pela legislação vigente. Com isso, tais agressões sem o devido tratamento acarretam fortemente no declínio da qualidade hídrica,

influenciando no uso de métodos biotecnológicos que efetuem a desinfecção dos poluentes presentes com custo mais acessível (ARNOLD, 2019).

À vista disso, o uso de matéria prima vegetal para o tratamento de água residual se mostra como alternativa biotecnológica, com possível viabilidade ambiental, econômica e social (GEORGIN, 2018). Na busca por procedimentos envolvendo o tratamento de efluentes tóxicos, o meio científico tem direcionado atenções a bioissorção, por se tratar de um método eficaz no qual a biomassa vegetal é utilizada na remoção de metais pesados em soluções aquosas (SCHULTZ, 2016).

Por sua vez a bioissorção é um fenômeno de acúmulo na camada externa do bioissorvente, o que torna o método alternativo muito operativo quando se une a biomassas provenientes de insumos florestais, agrícolas, bactérias e fungos (NASCIMENTO et al., 2019). Milioli (2019) cita que além dos produtos químicos, uma classe recentemente estudada se tornou atraente por sua fácil obtenção, possibilitando que resíduos agroindustriais retornem ao processo produtivo com a finalidade de descontaminação ambiental.

Assim, diversos bioissorventes tornaram-se foco investigativo, tais como, casca de banana, casca de laranja, fibras de algodão, bagaço de cana, casca de arroz, coco babaçu, entre outros (NASCIMENTO; OLIVEIRA; LEITE, 2019). Partindo dessa perspectiva, o uso da torta do babaçu se distingue como uma opção viável no tratamento de água residual, evidenciando a necessidade de novos estudos que possam ofertar informações relevantes ao meio científico e avaliar sua real potencialidade (SILVA et al., 2018).

Ao estudar o mercado de óleo vegetal de babaçu, expôs que após a compressão do coco para a retirada da matéria prima, o material excedente em forma de torta é direcionado pontualmente ao descarte, se tornado um resíduo (PORRO, 2019). Além disso, é sabido que o mesocarpo do babaçu apresenta substâncias sequestradoras na remoção de metais pesados em efluentes têxteis (NETO, 2017).

Em síntese, o desenvolvimento de estudos a fim de correlacionar o uso da torta do babaçu à remoção de metais presentes em outros efluentes é de extrema relevância por dar uma nova finalidade ao resíduo gerado. Ademais, contribui na qualidade ambiental em ambientes lóticos, propiciando a entidades de tratamento de água um leque mais abrangente de ferramentas biológicas que possam atender as mais diversas localidades, reduzindo fatores geradores de danos.

## 2 OBJETIVOS

Avaliar a aplicação da torta de babaçu como biosorvente na remoção de cobre e zinco presentes em água residuária proveniente de suinocultura industrial.

### 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

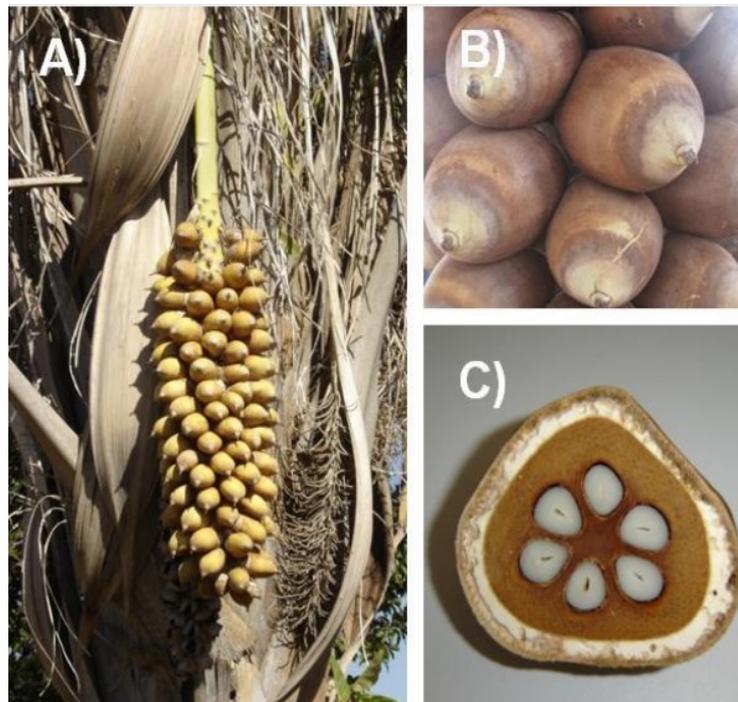
Os objetivos específicos estão associados a:

- Avaliação da remoção dos metais pesados: cobre (Cu) e zinco (Zn) utilizando a torta do babaçu em três tratamentos distintos: *in natura*, em forma de cinza vegetal e carvão ativado e relação ao tratamento controle;
- Comparação das dosagens estipuladas, sendo elas: 12,5g, 25,0g e 37,5g, estabelecendo a melhor a ser aderida ao efluente bruto;
- Avaliação da qualidade da água, através de parâmetros físico-químicos de cor, DBO, pH, temperatura, turbidez, cobre, zinco, óleos vegetais, óleos minerais, sólidos sedimentáveis e materiais flutuantes do efluente bruto e tratado;
- Avaliação das condições microbiológicas da água, com análises de bactérias heterotróficas e *Escherichia coli*;
- Comparação dos resultados com a Resolução N° 430 de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA);
- E avaliação de possível lançamento do efluente em curso hídrico.

### 3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Babaçu

O babaçu é uma nobre palmeira nativa da região norte e das áreas de Cerrado, seu plantio cobrindo cerca de 13 a 18 milhões de hectares no território brasileiro (PEREIRA et al., 2019). Sousa et al. (2020) citam que a amêndoa gerada pela palmeira é reconhecida como um dos principais produtos da extração vegetal no Brasil e uma ampla gama de produtos derivados do babaçu alavancam a produção extrativista nacional, mostrado na **Figura 1**.



**Figura 1** - Morfologia de *Attalea Speciosa* (Babaçu). (A) Cacho com os frutos maduros, (B) Fruto inteiro e (C) Interior do fruto do Babaçu maduro.

Saraiva et al. (2018) afirmam que o babaçu é de alta usabilidade em diversos setores, pois quase todas as partes da palmeira são aproveitadas, suas folhas, estirpes e seiva, nutrem os mercados alimentícios, de construção civil e na elaboração de produtos artesanais. Contudo, o carro chefe é a fabricação de óleo de coco do babaçu, sendo amplamente utilizado na indústria cosmética, lubrificante e na alimentação das comunidades da região do Cerrado (MOURA et al., 2019).

No contexto ambiental, em diversas análises a dura casca do coco ainda pode ser utilizada na produção de etanol, metanol, gases combustíveis, carvão ativado, ácido acético e alcatrão (SILVA et al., 2019). A geração de óleo resulta na formação de resíduos em larga

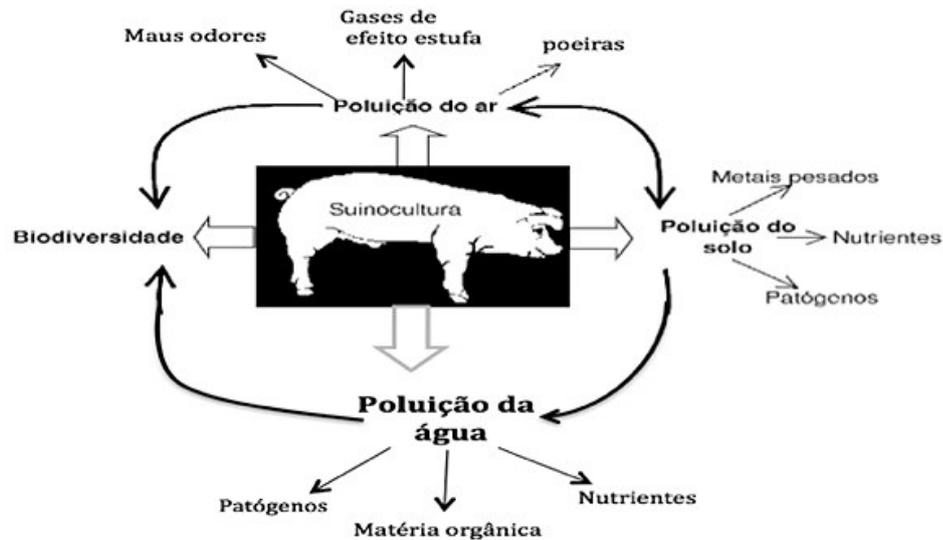
escala e um exemplo direto é a torta do babaçu, além disso o material genético possui viabilidade em diversos tratamentos ambientais de metais pesados em meios líquidos (BENDINI; SOUZA, 2019).

O uso da torta se torna relevante por dar uma nova finalidade a um resíduo sem destinação, além de constatar a real potencialidade do material em meio ao baixo gasto econômico e ainda auxiliar no retorno de rejeitos ao ambiente natural (RIBEIRO et al., 2020). Dessa forma, aponta para um possível desenvolvimento sustentável da atividade extrativista em cenário mundial e ainda influencia significativamente no cumprimento de leis de caráter ambiental (VIEIRA et al., 2020).

### **3.2 Poluição ocasionada pela suinocultura**

Devido ao panorama mundial de consumo de carne, a suinocultura por sua importância socioeconômica e ferramenta de fixação do produtor rural no mercado, vem sendo impulsionada pelos sistemas de produção (KERN, 2021). No entanto, por muitas vezes a alta carga poluidora não é levada em conta, onde aquíferos são corrompidos e o descarte inadequado torna o uso dos solos agrícolas insustentável, devido ao grande volume de dejetos (BESEN; PLEIN, 2021).

De acordo com Alencar (2022), a criação de suínos por sua alta concentração de animais em ambientes fechados, faz com que a atividade seja uma concentradora de dejetos, com potencial de transmissão de doenças patogênicas, poluição da água, do solo e do ar. Além disso, a localização dos sítios de criação, a distância das granjas em relação a propriedades adjacentes e a distância da unidade de produção em relação às vias de transporte públicas possui relevância em relação ao risco transmissional (**Figura 2**) (CRUZ, 2019).



**Figura 2** – Descrição das principais formas de poluição causadas pela suinocultura.

### 3.3 Malefícios causados por metais pesados

Por serem utilizados frequentemente em atividades industriais ao longo dos anos, os metais pesados são considerados como os agentes tóxicos mais conhecidos e utilizados pelo homem (LEITE et al., 2019). Sua presença é associada a localização geográfica afetando diretamente os recursos hídricos e o solo do local, alterando principalmente a distribuição de água para consumo humano, vindo até influenciar na produção agrícola nos mais diversos aspectos (NASCIMENTO; NASCIMENTO; CUNHA, 2020).

Logo, toda a cadeia alimentar é afetada pela presença de metais, isso se dá em relação a dosagem e a forma química que eles se encontram no ecossistema por se tratar de compostos que bioacumulam nos organismos (NEME; RODRIGUES, 2020). Oliveira et al. (2019) citam que a manifestação dos efeitos tóxicos dos metais pode acontecer de forma aguda e se distribuir por todo o organismo, afetando vários órgãos, alterando os processos bioquímicos, organelas e membranas celulares.

Por possuírem o sistema imunológico mais suscetível a contaminação, acredita-se que pessoas idosas e crianças compõem os principais grupo de risco (ANSILAGO; OTTONELLI; CARVALHO, 2016). Por consequência, pesquisadores buscaram um melhor entendimento da interação metálica em seres vivos, assim classificando os metais em três classes, sendo elas: (1) elementos essenciais, (2) micro contaminantes ambientais e (3) elementos essenciais e simultaneamente micro contaminantes (SOUZA; NOBREGA; PONTES, 2017).

Seus principais representantes são: (1) sódio, potássio cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio; (2) arsênico, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio e (3) cromo, zinco, ferro, cobalto, manganês e níquel (REIS, 2020). Destes componentes citados o cobre e o zinco se destacam como os principais metais pesados gerados em indústrias, acarretando na constante degradação do meio ambiente.

### 3.4 Cobre

De acordo com Mena-Morales, et al. (2022), o cobre (Cu) é um elemento químico reconhecido como metal, pertencente ao grupo 11 da tabela periódica (metais de transição), abundante na natureza e gerado por diversas fontes naturais ou em atividades realizadas pelo homem. As principais fontes antropogênicas são por meio da mineração, incineração de resíduos, fundição, agricultura, queima de carvão, lançamentos de esgotos e na atividade de suinocultura devido a excreção de animais (GARCIA; GALLARDO, 2022).

Conhecido principalmente por suas propriedades metálicas, sua versatilidade e facilidade de moldagem, fez com que o cobre fosse um dos primeiros metais manipulados pelo homem, sendo explorado em larga escala e conhecido desde o período neolítico (FARFÁN, 2022). Apresentando também um papel biologicamente importante no transporte de oxigênio e no sistema fotossintético, estando presente em diversos alimentos e na água transportada em canos de cobre (SILVA, 2019).

Mesmo sendo um elemento essencial em diversas funções orgânicas, o cobre possui atividade bioacumulativa, ou seja, em quantidades exacerbadas pode vir gerar reações tóxicas, tanto ao meio ambiente, quanto aos seres vivos (MOURA et al., 2022). Zambrano, Ruiz e Chango (2023) afirmam que no organismo humano, o cobre solúvel possui afinidade ao grupo tióis (SH) de diversas proteínas e enzimas e em excesso devido a sua toxicidade pode causar melanomas, doenças psiquiátricas, artrite reumatoide e até desencadear epilepsia.

A sua presença no solo por muitas vezes acarreta no declínio da qualidade da matéria orgânica e dos minerais existente na área, vindo se acumular conjuntamente em plantas e animais devido a sua não fragmentação no ambiente. Solos que apresentam cobre em sua composição ameaçam a sobrevivência de plantas, em função de um número maior de espécies não serem adaptadas a ambientes com altas concentrações do metal pesado, tornando o solo contaminado e refletindo diretamente na agricultura (ALMEIDA, 2020).

De acordo com Lima (2018), a concentração de cobre também segue fortemente presente em ecossistemas aquáticos, sendo fator de ocorrência de efeitos adversos, variando de acordo com as mudanças das características físico-químicas e microbiológicas do meio. Conseqüentemente, interferindo na cadeia trófica dos sistemas aquícolas, afetando diretamente a peixes e animais aquáticos de diversas formas por meio dos efeitos nocivos que causam severos impactos aos sistemas metabólicos, fisiológicos e estruturais aos organismos expostos (ALMEIDA et al.; 2023).

### **3.5 Zinco**

Segundo Menezes (2022), o zinco (Zn), é um metal de coloração branco-azulada de ampla aplicação na galvanização de metais e de papel crucial nas funções biológicas do organismo humano. Utilizado de forma abrangente nas atividades humanas, ao longo dos anos o elemento veio sendo encontrado em efluentes industriais, rejeitos de origem agropecuária e em plantas industriais rudimentares, onde se processavam os minérios de zinco em larga escala (PINHEIRO et al., 2022).

Em consequência, o metal pesado Zn ao entrar em contato com o ecossistema, provoca alterações em diferentes escalas, resultando na degradação ambiental e principalmente na diminuição da qualidade da água (VARGAS et al., 2022). Lopes (2022) afirma que tal aspecto ambiental, defasa a comunidade aquática que vive exposta a diversas matrizes de contaminantes e conseqüentemente afeta o ser humano a nível imunológico por usufruir do alimento e dos recursos hídricos presentes no ambiente.

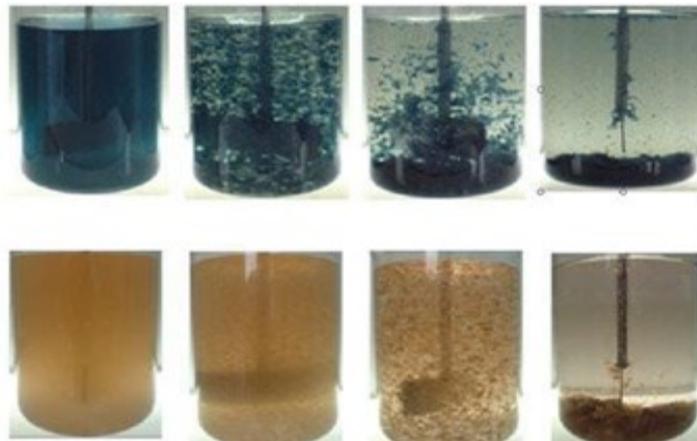
Dias (2022), constata que o zinco em concentração padrão é amplamente distribuído no organismo, sendo componente enzimático, implicando na formação de ácido ribonucleico (RNA) e ácido desoxirribonucleico (DNA). No entanto, quando encontrado em excesso no organismo se torna tóxico, causando sintomas agudos e crônicos, incluindo: náusea e vômito, diarreia, cólicas abdominais, dores de cabeça, função imunológica reduzida, diminuição dos níveis de HDL (GHOORA et al., 2020).

### **3.6 Ensaio de bio sorção**

Barreto (2016) cita que nas últimas décadas, o lançamento de água residual contendo metais pesados degradou de forma agressiva ecossistemas aquáticos, influenciando diretamente em suas significativas alterações ao receber a carga poluidora. A vista disso,

buscando minimizar os impactos, órgãos regulamentadores vem estabelecendo normas cada vez mais rígidas em busca de assegurar a qualidade ambiental de corpos receptores como rios e lagos (FROIS; PEREIRA, 2020).

Para que esse processo ocorra, se faz indispensável métodos de tratamento para o lançamento de efluentes, utilizando de técnicas, entre as quais destacam-se: a coagulação, oxidação, filtração e a biossorção (MARCHESE, 2017). A atividade de biossorção é descrita como a remoção de metais pesados e radiocluídeos de forma passiva, independente da atividade metabólica celular, onde sua descoberta e desenvolvimento fornece base tecnológica a diversas pesquisas (**Figura 3**) (MORANDIM-GIANNETTI et al., 2017).



**Figura 3** – Visualização das etapas de flocculação, coagulação e sedimentação do processo de biossorção.

Assim, o sistema executa uma ligação de uma fase líquida obtendo um adsorvato à uma fase sólida-biomassa e seus derivados, baseando-se em vários mecanismos que diferem de acordo com as espécies usadas (TAVARES; SOUZA; SANTOS, 2020). Atualmente, a tecnologia por ser atrativa, tem sido reconhecida como altamente usual para a remoção de metais pesados e degradação de compostos químicos orgânicos presentes em rejeitos líquidos (REIS; IVIS LUCAS RODRIGUES DE OLIVEIRA; CALDEIRA, 2020).

### 3.7 Espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES)

A espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) é uma técnica que utiliza do plasma em alta temperatura como forma de excitar os átomos até a condição de emitir fótons de luz no comprimento de luz específico (BATISTA et al., 2020). A condição permite a leitura simultânea de diversos elementos com ótimos limites de

quantificação, englobando elementos como boro e enxofre, expandindo a flexibilidade das análises (LOMAX-VOGT et al., 2021).

O padrão de referência e a intensidade da energia detectada no comprimento de onda vem a determinar a concentração do analito através curvas analíticas. Por realizar análises de forma simultânea e diminuir o efeito matriz dos materiais por sua alta temperatura, o ICP-OES pode analisar amostras líquidas, gasosas e até mostras sólidas com o devido tratamento prévio (SUGIYAMA, 2021).

A emissão de radiação eletromagnética no ICP OES é possível quando um íon excitado vai para o estado energético mais baixo, liberando a energia excedente, a emissão de radiação resultante contém o comprimento de onda do analito desejado (RIBEIRO, 2023). Essa é chamada de emissão espectral, que normalmente tem o formato de um pico de intensidade (MOTA, 2017). Logo, pode-se dizer que o ICP é uma fonte efetiva para emissão atômica que pode ser utilizada para a determinação de todos os elementos com energia de excitação menor que o gás que suporta o plasma (argônio) (SERRA et al., 2015).

### **3.8 Parâmetros Físico- Químicos e Microbiológicos**

No grupo dos parâmetros físico-químicos habitualmente analisados, pode-se destacar a temperatura, a turbidez, a cor e o pH. Os dados de campo contribuem diretamente e indiretamente sobre ecossistemas aquáticos e, sob condições específicas, contribuem para a precipitação de elementos químicos de alta toxicidade como os metais pesados. Dessa forma, os parâmetros influenciam de forma decisiva em processos de tratamento de água e esgoto, recebendo destaque em vários estudos do campo do saneamento ambiental (BECKER, 2015; BRASIL, 2013; CETESB, 2019).

No campo microbiológico, as bactérias heterotróficas são microrganismos que utilizam carbono orgânico como fonte de nutrientes para o seu crescimento, e são encontradas em efluentes, água, alimentos, solos, vegetação e ar. O isolamento dessas culturas e sua identificação permitem um maior entendimento sobre a qualidade bacteriológica, sendo amplamente utilizada como um parâmetro indicador da qualidade (DOMINGUES et al., 2007; MELO; MONTES; OLIVEIRA, 2017).

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é a principal representante dos coliformes termotolerantes e possui origem fecal irrefutável, sendo o indicador mais específico da presença de organismos patogênicos e de contaminação tanto em águas naturais quanto em efluentes

(BRASIL, 2013; CONTE et al., 2004; SPERLING, 2007). A *E. coli* é um microrganismo comumente encontrado no trato digestório humano e de outros animais de sangue quente. Sua transmissão ao meio ambiente pode se dar através de águas residuais e lamas, por exemplo, permitindo o contato da mesma com fontes de água, solos e vegetação (OLIVEIRA et al., 2015; PARUCH; MÆHLUM, 2012).

### 3.9 Legislação

A execução de atividades industriais, de acordo com a sua finalidade tem por consequência a geração de resíduos e efluentes, para o qual a destinação correta passa a ser exigida visando o funcionamento das operações dos empreendimentos geradores (DAMASCENO; CUNHA, 2022). O manejo do material gerado é regido por leis e normas ambientais como forma de aplicar o tratamento e descarte de forma correta evitando multas, o encerramento das atividades, o risco a saúde humana e a queda da qualidade ambiental (SOUZA; CHAGAS, 2020).

O local e método de lançamento leva em consideração as classes de enquadramento dos afluentes, requisito previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97). A classificação visa evitar a alteração da qualidade da água, pois o dano ambiental tem implicações civis, administrativas e criminais, fazendo com que a empresa tenha por obrigação o reparo e indenização dos danos causados ao meio ambiente em caso de lançamento incorreto (BRASIL, 1997)

Perdoncini (2019) cita que ao desenvolver atividade de suinocultura, volumes exacerbados de efluentes potencialmente poluidores são gerados diariamente, principalmente pela questão do excremento e o uso de quantidades consideráveis de água no processo produtivo. O material biológico, gerado por suínos, que compõe o efluente líquido é extremamente contaminante devido a metais pesados como Cobre (Cu) e Zinco (Zn), que estão presentes em sua composição (RAJAGOPAL, 2011).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Nº. 12.305/10, rege os preceitos a qual o país deve realizar de forma correta e transparente o gerenciamento de resíduos, visando a reciclagem, reutilização e tratamento de rejeitos. O PNRS norteia a Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011 do CONAMA, a qual é integralmente voltada a limitar a carga poluidora de efluentes, dispondo de forma mais pontual os padrões, parâmetros e diretrizes para a gestão do lançamento de efluentes em corpos d'águas (BRASIL, 2010).

Perante a isso, a norma estabelece que efluentes somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e obedecendo as exigências dispostas na resolução (**Tabela 1**) e em normas complementares (GALLIO, 2019). Marco (2021), ressalta que tratamentos de concessionárias locais ou mesmo tratamentos alternativos são de suma importância para eliminar ou neutralizar substâncias que possam alterar as características dos canais aquáticos.

**Tabela 1** – Parâmetros estabelecidas pela Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011, do CONAMA.

<b>Parâmetros</b>	<b>VPM</b>
<b>Sólidos Sedimentáveis</b>	1,0 mL/L
<b>Materiais Flutuantes</b>	Virtualmente Ausentes
<b>Óleos minerais</b>	20 mg/L
<b>Óleos vegetais</b>	50 mg/L
<b>DBO</b>	Remoção de 60%
<b>pH</b>	5-9
<b>Temperatura</b>	Máx. 40 °C
<b>Cobre</b>	1,0 mg/L
<b>Zinco</b>	5,0 mg/L

\*VMP: Valores Máximos Permitidos pela Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011.

Fonte: Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Biomassa

#### 4.1.1 Obtenção do material de pesquisa

A torta do babaçu e o carvão ativado de babaçu foram cedidos por produtores rurais residentes das imediações de Patos de Minas/MG. Subsequente ao recolhimento do material de estudo, ocorreu o armazenamento em caixa térmica e imediato endereçamento ao Laboratório de Engenharia Química (LEQ) da faculdade local.



**Figura 4** – Torta de babaçu doada por produtores rurais residentes das imediações de Patos de Minas - MG.

#### 4.1.2 Preparo da biomassa

##### 4.1.2.1 Torta *in natura*

Devidamente disposta em bancada, 2 Kg da torta *in natura* passaram por processo de higienização em água corrente para remoção de sujidades e secagem natural por 48 horas em temperatura ambiente, variando entre  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Subsequentemente à higienização, a

biomassa foi direcionada a estufa de secagem sob temperatura de  $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  por período de 5 dias para a umidade dissipar por completo.

Com o findar do processo de secagem, iniciou-se a fase de moagem utilizando o equipamento moinho de facas 915 Willye, que se encontrava do Laboratório de Solos, no qual o material foi completamente triturado por 20 minutos, de forma a evitar uma eventual proliferação de fungos na biomassa, visto que o crescimento dos microrganismos ocorre nas camadas externas do material, o processo de moagem se torna uma estratégia para que o material vegetal tenha uma menor propensão a contaminantes.

Por fim, após o material ser retirado do equipamento, foi separado 1,5 Kg de babaçu triturado, onde 500 gramas foram direcionados ao tratamento *in natura* e 1 Kg foi transformado no processo de obtenção de cinza vegetal.

#### **4.1.2.2 Cinza vegetal**

A parcela de material *in natura* selecionada para a obtenção de cinza vegetal necessitou passar por processo de incineração, a qual o 1 Kg de biomassa foi subdividido em 10 cadinhos previamente calcinados, estabelecido 100 gramas por recipiente. A incineração foi iniciada gradualmente aquecendo de forma igualitária todas as faces dos recipientes, utilizando o bico de Bunsen e buscando evitar esbrasear a amostra.

Assim que se tornou perceptível o início da transformação do material em massa de carvão, os cadinhos foram transferidos ao forno mufla a  $550^{\circ}\text{C}$  por período de 180 minutos para total destruição da matéria orgânica e obtenção da cinza. Subsequente a calcinação, o forno mufla foi aberto e aguardou-se a estabilização do equipamento na temperatura de  $150^{\circ}\text{C}$ , assim realizando a retirada dos cadinhos do equipamento com o auxílio de tenaz e acomodando em dessecador por 25 minutos para resfriar por completo e adquirir a cinza para as análises.

#### **4.1.2.3 Carvão ativado**

O carvão ativado doado para a pesquisa foi produzido de forma orgânica por produtores rurais que sobrevivem do comércio do óleo de babaçu e de produtos e subprodutos do material vegetal. O carvão ativado foi triturado com o auxílio do Multiprocessador PowerChop 1000 por 30 minutos e passou por secagem em estufa sob temperatura de  $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  por período de 5 dias, de forma a evitar qualquer umidade que poderia estar presente no

elemento e reduzir as partículas do material de forma a atender pontualmente a análise de biossorção.

#### **4.1.3 Peneiramento e homogeneização**

Os tratamentos: Babaçu *in natura*, cinza vegetal e carvão vegetal pós a moagem passaram por peneiramento em agitador de peneiras Hetsch AS200 no Laboratório de Solos por 30 minutos para a separação dos sólidos, estipulando a peneira de 200 mesh com abertura de 0,074 mm para padronizar da granulometria utilizada em cada tratamento. Ademais, como forma de estipular a quantidade de material por tratamento, ocorreu a pesagem e o valores estipulados das dosagens foram: 12,5 g; 25,0 g e 37,5 g de material por litro de efluente bruto e subsequentemente a pesagem, os materiais foram acondicionados em embalagens plásticas estéreis devidamente identificadas.

## **4.2 Amostragem**

### **4.2.1 Coleta**

As amostras de água residuária foram coletadas na saída do sítio de criação de suínos em empresa privada localizada na zona rural de Patos de Minas/MG, conforme **Figura 5**.

Para realizar este procedimento foram utilizados frascos plásticos estéreis com capacidade de 2 L, e caixas isotérmicas contendo gelo, para a condução das amostras até o Laboratório de Microbiologia de Água e Alimentos - onde foram realizadas as análises microbiológicas - e até o Laboratório de Engenharia Química - onde foram analisados os parâmetros físico-químicos. Ambos os laboratórios são pertencentes ao campus da faculdade local.



**Figura 5** – Local de coleta de efluente proveniente de suinocultura.

### 4.3 Quantificação de íons metálicos da amostra

O tratamento controle (efluente bruto) e os tratamentos adsorventes foram caracterizados através de espectrofotometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente por meio do uso do equipamento ICP-OEP, a fim de quantificar íons metálicos presentes nas amostras, que seriam o cobre (Cu) e zinco (Zn). Inicialmente, as amostras coletadas dos tratamentos estipulados passaram por filtragem em papel filtro previamente descontaminado e processo de digestão ácida com a adição de 50 mL de ácido nítrico para clarificação do efluente.

As amostras foram colocadas em erlenmeyers e dispostas em chapa aquecedora por uma hora até atingir a quantidade de 25 mL e assim que os compostos orgânicos presentes foram dissipados todo o material de estudo foi transferido para frascos. Após a preparação, as amostras foram expostas à tocha do plasma através de um tubo central, para que seus átomos fossem ionizados.

Durante o processo os átomos foram ionizados com a utilização de plasma induzido por argônio, com temperatura acima de 6000K e as leituras foram realizadas tendo como referência uma curva de calibração (6 pontos) para cada elemento (cobre e zinco), sendo o limite mínimo aceitável (limite de detecção) para o cobre de 0,012% e 0,010% para zinco.

Para a leitura de cobre usou-se lâmpada desse elemento com comprimento de onda de 324,7 nm, e para zinco usou-se a lâmpada desse elemento, com comprimento de onda de 213,9 nm. A calibração do aparelho foi realizada com o branco e as soluções padrão. Foi aguardada a estabilização de cada leitura antes de registrar o resultado.

Procedeu-se à leitura das soluções das amostras e da prova em branco. A determinação da concentração foi em mg/L, por meio da equação de regressão linear da curva

de calibração, ou informação direta do equipamento. As curvas de calibração foram preparadas de acordo com o descrito para cada elemento e para determinação e cálculo de cada método foi realizado as adequações de diluição e cálculo final que se fizeram necessárias.

#### 4.4 Análises físico-químicas

Por se tratar de um estudo alternativo de tratamento de água residual para possível lançamento em corpo d'água, faz-se necessário que os parâmetros estejam em concordância com os estabelecidos pela Resolução N° 430 de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Delimitando padrões analíticos, bem como seus Valores Máximos Permitidos (VMP). A **Tabela 2** apresenta os parâmetros físico-químicos realizados no estudo, bem como as metodologias empregadas.

**Tabela 2** – Parâmetros físico-químicos analisados no estudo e suas respectivas metodologias.

<b>Parâmetros</b>	<b>Métodos</b>
<b>Cor</b>	SMEWW 24 <sup>a</sup> Ed. 2120 B
<b>DBO</b>	SMEWW 24 <sup>a</sup> Ed. 5210B
<b>pH</b>	SMEWW 24 <sup>a</sup> Ed. 4500 H+B
<b>Temperatura</b>	SMEWW 24 <sup>a</sup> Ed. 2550B
<b>Turbidez</b>	SMEWW 24 <sup>a</sup> Ed. 2130
<b>Cobre</b>	SMEWW 24 <sup>a</sup> Ed. 3030 B/ 3120 B
<b>Zinco</b>	SMEWW 24 <sup>a</sup> Ed. 3030 B/ 3120 B
<b>Óleos Vegetais</b>	SMEWW, 24 <sup>a</sup> Ed., 5520 A, D e F
<b>Óleos Minerais</b>	SMEWW, 24 <sup>a</sup> Ed., 5520 A, D e F
<b>Sólidos Sedimentáveis</b>	SMEWW, 24 <sup>a</sup> Ed., 2110 B
<b>Materiais Flutuantes</b>	SMEWW, 24 <sup>a</sup> Ed., 2110 B

\* Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Fonte: APHA, 2023.

#### 4.5 Ensaio de biossorção

O delineamento experimental foi constituído pelo tratamento controle e três tratamentos com adsorventes para avaliar de forma mais abrangente a adsorção da torta do babaçu, conforme **Tabela 3**.

**Tabela 3** – Delineamento experimental do ensaio de bioissorção com as dosagens dos solventes.

<b>Delineamento Experimental</b>	
<b>Definição</b>	<b>Adsorventes</b>
<b>T1</b>	Controle
<b>T2</b>	Torta <i>in natura</i>
<b>T3</b>	Cinza Vegetal
<b>T4</b>	Carvão Ativado

Fonte: Própria, 2022.

O ensaio de bioissorção foi executado no equipamento Jar-Test JTC/3P, onde foi determinado 1 L de efluente bruto por tratamento e as avaliações foram realizadas com seis repetições. Os materiais de estudo foram adicionados às amostras, onde os adsorventes e o tratamentos controle foram agitados em velocidade de 200 rpm, com tempo de contato de 120 minutos e decantação por período de 90 minutos.



**Figura 6** – Equipamento Jar-Test em funcionamento, realização do tratamento com Carvão ativado (T4) e efluente bruto (tratamento controle).

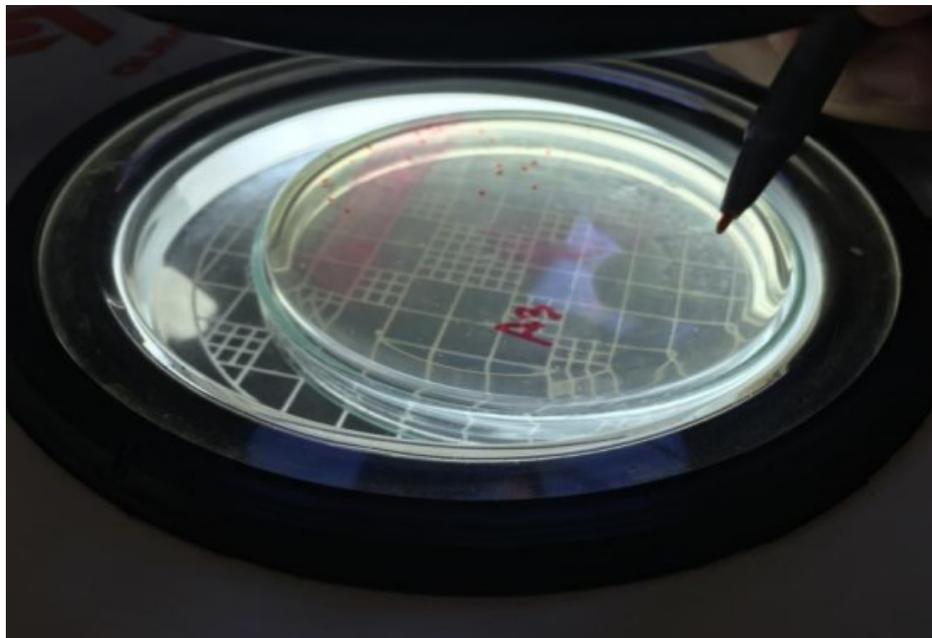
A capacidade de bioissorção dos tratamentos foi determinado com base na diferença da taxa de íons metálicos entre controle e os tratamentos envolvendo babaçu. De maneira a atender completamente ao que se é exigido por lei, o ensaio de bioissorção foi complementado com ensaios físico-químicos e microbiológicos.

## 4.6 Ensaios microbiológicos

Na Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), delimita-se juntamente aos parâmetros físico-químicos a qualificação microbiológica do efluente, salientando a importância do monitoramento da atividade microbiana do meio aquático.

### 4.6.1 Bactérias Heterotróficas

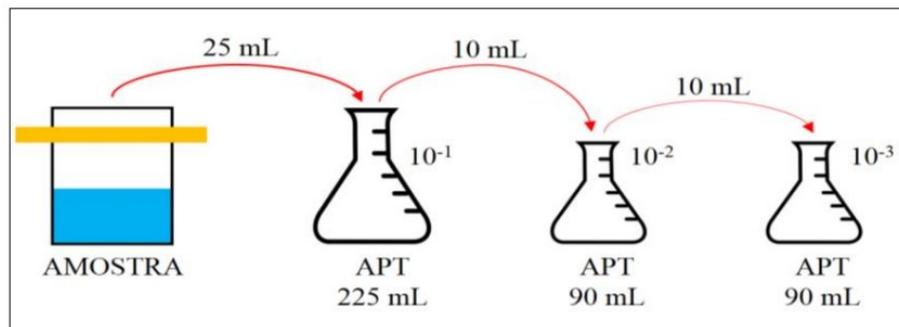
Para quantificação das bactérias heterotróficas, executou-se a atividade analítica em câmara laminar, onde foi transferida com o auxílio de micropipeta 1 mL da amostra para uma placa de Petri, previamente esterilizada. Em seguida, adicionou-se 15 mL de meio de cultura Plate Count Agar (PCA), o conteúdo foi homogeneizado e após sua solidificação a placa foi incubada em estufa a 35°C durante 48 horas no Laboratório de Microbiologia e Água e Alimentos. No final do período de incubação, realizou-se a contagem das colônias com o auxílio de um contador de colônias. Esse ensaio foi realizado em triplicata para cada amostra.



**Figura 7** – Procedimento de contagem de colônias bacterianas com auxílio do contador de colônias.

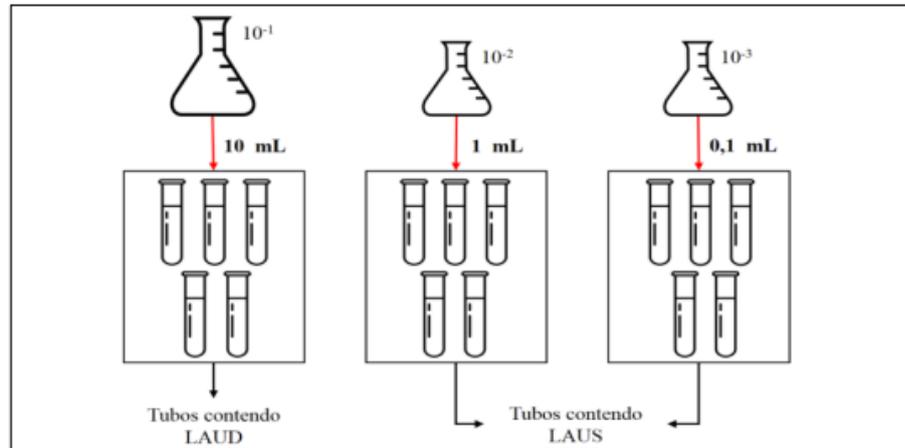
### 3.6.2 Coliformes Totais e *Escherichia coli* (*E. coli*)

Inicialmente, cada amostra foi preparada para as análises através da diluição da mesma em Água Peptonada Tamponada (APT). Transferiu-se 25 mL da amostra para 225 mL 20 da solução de APT formando a diluição  $10^{-1}$ , da diluição  $10^{-1}$  foram transferidos 10 mL para 90 mL do diluente (compondo a diluição  $10^{-2}$ ) e, finalmente, dessa diluição foram transferidos novamente 10 mL para 90 mL de APT (diluição  $10^{-3}$ ), como representado na **Figura 8**.



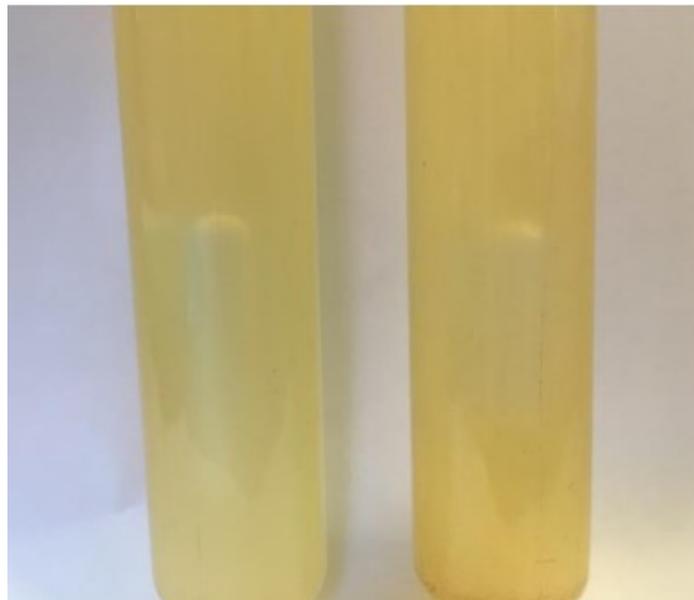
**Figura 8** – Preparação das amostras para análises microbiológicas através da diluição em Água Peptonada Tamponada.

Objetivando avaliar a presença de coliformes totais e termotolerantes foi adotada a metodologia de tubos múltiplos, a qual é realizada em três séries de cinco tubos de ensaio contendo tubos de Duhran em seu interior e o meio de cultura necessário. Esse processo foi realizado para cada uma das amostras. A primeira série foi constituída pela transferência de 10 mL de amostra, sendo a diluição  $10^{-1}$  para tubos de ensaio incluindo o meio de cultura Caldo Lauril Triptose de concentração dupla (LAUD), para as duas séries seguintes foram transferidos 1 mL da diluição  $10^{-2}$  e 0,1mL da diluição  $10^{-3}$  para tubos de ensaio com Caldo Lauril de concentração simples (LAUS), como explicado na **Figura 9**.



**Figura 9** – Esquema de diluição para teste presuntivo de coliformes totais.

Posteriormente, os tubos foram levados para incubação na estufa bacteriológica a 35°C por 24/48 horas. Essa fase constituiu o teste presuntivo e a formação de gás dentro dos tubos de Durham foi indicativo da presença de atividade microbiana.

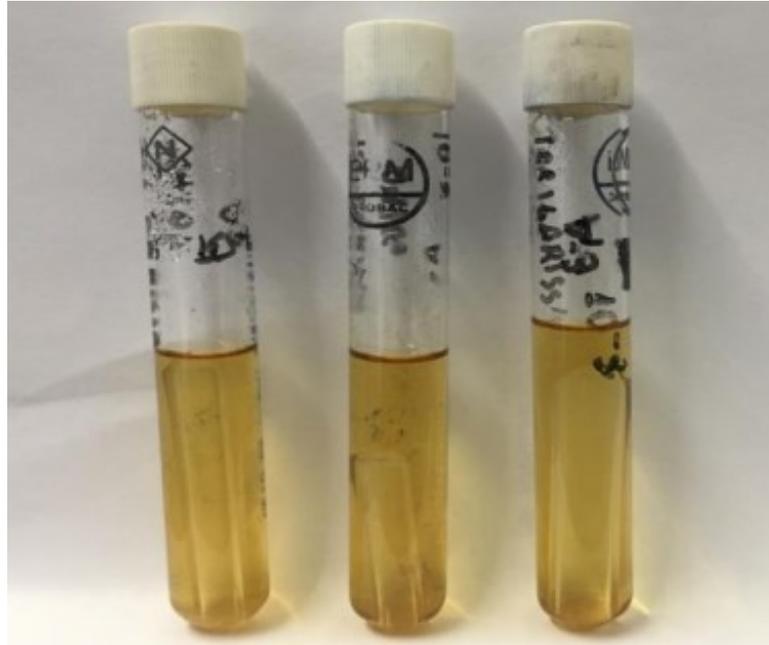


**Figura 10** – Avaliação da formação de gás pelo teste de Durham.

Após o período de incubação, a solução dos recipientes positivos foi transferida através de uma alçada calibrada de 10  $\mu$ L para novos tubos contendo Caldo Verde Brillhante (VB) e tubos de Durham, para fase confirmativa de coliformes, e os mesmos foram novamente incubados em 22 °C em estufa por mais 24/48 horas. Ao final desse período o teste foi considerado positivo para os tubos onde houve a formação de gás dentro do tubo de Durham.

Para a quantificação de coliformes termotolerantes, a solução dos tubos em que houve resultado positivo na fase presuntiva, também foi transferida para tubos contendo meio

Caldo *Escherichia coli* (EC) e estes, após repouso em banho de água durante 30 minutos, foram incubados em banho maria a 44,5°C por 24 horas. Novamente, a formação de gás é o fator que confirma a presença de coliformes termotolerantes.



**Figura 11** – Avaliação da formação de gás pelo teste de Durhan.

A partir de cada tubo contendo meio EC onde houve produção de gás, foi estriada uma alçada da cultura em placas de Petri contendo o meio de cultura Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB). Em seguida, essas placas foram incubadas a 35°C durante 24 horas. Após esse período observou-se se houve o crescimento de colônias de *E. coli* (nucleadas, com centro preto e brilho metálico).

#### **4.7 Tratamento estatístico dos dados**

Após tabelar os resultados encontrados, os valores foram submetidos ao teste ANOVA para análise de variância entre as médias dos grupos, ao teste de Tukey a 5% ( $p \leq 0,05$ ) para fins de comparação de diferença de médias dos tratamentos e ao teste de Dunnett a 5%.

#### **4.8 Comparação com a legislação vigente**

Após os testes estatísticos, foi utilizada a Resolução N° 430 de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) como base comparativa na constatação da real viabilidade do efluente tratado em retornar aos corpos hídricos do rio Paranaíba,

### **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos em todos os processos de análise foram avaliados em relação a eficiência das dosagens estipuladas, a diferenciação entre os tratamentos adsorventes e o tratamento controle e posteriormente comparados ao VMP dos parâmetros dispostos Resolução CONAMA n° 430 de 13 de maio de 2011.

#### **5.1 Metais pesados**

##### **5.1.1 Zinco**

O zinco é um dos elementos que participam ativamente do metabolismo dos suínos, sendo empregado em grande quantidade na dieta do animal e excretado na urina e fezes, agindo como elemento poluidor de ecossistemas (HOEHNE et al., 2017). Sedimentos ricos em zinco, por se apresentam como efluentes líquidos tóxicos, fizeram com que os órgãos ambientais estipulassem que a concentração máxima do metal pesado em meio aquoso seria de 5 mg/L (AGUILLAR et al., 2020).

Em confronto a isso, ao observar o tratamento controle que exibiu o resultado de 10,76 mg/L, mais que o dobro que o permitido pela Resolução CONAMA n° 430 de 2011, entende-se que todas as dosagens avaliadas foram satisfatórias ao estipulado no objetivo principal do estudo (**Tabela 4**).

**Tabela 4** - Resultados das análises de sólidos sedimentáveis do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura.

Dose	Zinco (mg/L)		
	Babaçu <i>in natura</i>	Cinza Vegetal	Carvão Ativado
12,5 g	4,34 Ab	4,06 Ba	0,96 Ca
25,0 g	4,45 Aa	4,04 Ba	0,43 Cc
37,5 g	1,64 Ac	1,27 Bb	0,76 Cb
Controle	10,76		
CV %	1,75		

Os valores apresentados correspondem à média de seis repetições. Médias seguidas por letras diferentes dentro de cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Fonte: Própria, 2022.

Ao comparar todos os resultados encontrados em relação ao tratamento controle, o carvão ativado obteve a melhor remoção entre todos os adsorventes, sendo 96,00% (0,43 mg/L) de remoção na dosagem de 25,0 g. Em contrapartida ao comparar as três dosagens, a de 37,5 g foi a que se mostrou melhor com os resultados abaixo de 2 mg/L, sendo 84,76% (1,64 mg/L) para o babaçu *in natura* e 88,20% (1,27 mg/L) para a cinza vegetal. O resultado de 92,94% (0,76 mg/L) mesmo se apresentando um pouco mais alto que o obtido na dosagem de 25,0 g, ainda se manteve com a remoção acima de 90%.

Yokel, (2006) verificou em seu estudo, que a biossorção utilizando fibras de coco como material adsorvente em relação ao método padrão de tratamento de efluentes, o processo de adsorção se apresenta demasiadamente factível para remoção de zinco, apresentando alta taxa de remoção do metal, além de ser ambiental e economicamente viável.

### 5.1.2 Cobre

O cobre é uma espécie química que se acumula manifestando sua toxicidade, no qual se torna muito difícil acompanhar o destino desta espécie metálica depois de introduzida no ambiente (SANTOS et al., 2019). O excesso de cobre no organismo pode resultar em diversas adversidades, como a doença hepática crônica grave que resulta da predisposição genética ao acúmulo de cobre (DONALD, 2002).

Diante disso, a comunidade científica vem atentando a aperfeiçoar processos que se enquadrem na química verde, diminuindo a agressividade dos impactos ambientais (CHEN et al., 2019). No defronte ao metal pesado cobre, especifica-se em norma que o efluente para retornar ao leito do rio deve conter no máximo 1 mg/L, em efluentes líquidos.

**Tabela 5** - Análises de cobre (Cu) do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura.

Dose	Cobre (mg/L)		
	Babaçu <i>in natura</i>	Cinza Vegetal	Carvão Ativado
12,5 g	4,46 Aa	0,77 Bc	0,43 Cc
25,0 g	1,67 Ac	1,28 Ba	0,94 Ca
37,5 g	3,62 Ab	0,94 Bb	0,52 Cb
Controle	9,82		
CV %	2,34		

Os valores apresentados correspondem à média de seis repetições. Médias seguidas por letras diferentes dentro de cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Fonte: Própria, 2022.

Em comparativo, os resultados encontrados sobrepostos ao VMP da norma, se entende que apenas 55,5% das amostras exibiram resultados favoráveis ao estudo, estando abaixo de 1 mg/L. O babaçu *in natura* não atendeu ao avaliado em nenhuma das dosagens analisadas, mas ainda sim na dosagem de 25,0 g o resultado ficou aproximado com a remoção de 83,0% (1,67 mg/L).

Em sequência, o tratamento realizado com cinza vegetal atendeu nas dosagens de 12,5 g com a remoção de 92,16% (0,77 mg/L) e na dosagem de 37,5 mg/L com remoção de 90,43% (0,94 mg/L), já o carvão ativado se mostrou eficiente nas três dosagens, com as remoções de 95,62% (0,43 mg/L), 98,85% (0,94 mg/L), 94,7% (0,52 mg/L), se destacando diante as três avaliações e exibindo resultados satisfatórios tanto na remoção do metal pesado quando na comparação entre adsorventes.

O resultado é explicado, visto que os carvões ativados são adsorventes versáteis, onde sem modificar a composição química do produto adsorvido tem sido amplamente utilizado na remoção de diversos contaminantes presentes em efluentes (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). Nascimento, (2023) afirma em seus estudos que o uso de biossorventes como forma de tratamento de efluentes se mostra extremamente alavancada e a aplicação das fibras de coco como biossorvente possuem alta capacidade de adsorção de cobre em efluente, podendo ser utilizado para os mais diversos fins, tendo em vista sua alta disponibilidade nacional.

## 5.2. Parâmetros físico-químicos

Dos parâmetros analisados, apenas o pH e a temperatura e os sólidos sedimentáveis são previstos na Resolução CONAMA nº 430 de 2011, posto que os demais métodos foram avaliados apenas em comparação ao tratamento controle, os resultados serviram para nortear em relação aos demais parâmetros avaliados no presente estudo.

### 5.2.1 pH

O potencial Hidrogeniônico (pH), conforme **Tabela 6** mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade das soluções (HORDONES, 2022). Reconhecido por sua influência direta sobre as funções químicas e biológicas, o pH em determinados valores pode vir a precipitar elementos tóxicos, afetar na solubilidade dos nutrientes e até sofrer bruscas alterações durante o tratamento de efluentes. (MORTATTI, 2019).

Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os fatores doses e adsorventes para a variável pH. Foi observado aumento do pH com o aumento de dose para todos os adsorventes avaliados, sendo que o pH aumentou gradativamente com o aumento da dose. A dose de 37,5g apresentou-se mais eficiente que as demais, ocasionado aumento máximo do pH de até 10,4; 6,7 e 7,4% quando comparados com a dose de 12,5g, para os adsorventes babaçu, cinza vegetal e carvão ativado, respectivamente.

Em relação aos adsorventes o babaçu demonstrou menor aumento de pH nas doses de 12,5 e 25,0g, em relação a cinza vegetal e carvão ativado, entretanto, ocorreu uma inversão na dose de 37,5g, com o babaçu apresentando o maior pH, significativamente superior aos demais adsorventes.

De acordo com Brida (2022), soluções com pH mais alcalino influenciam diretamente na concentração e oxidação de metais em efluentes, demonstrando que o valor de 6,57 do tratamento controle, mesmo atendendo a norma, ainda pode trazer anomalias ao ecossistema devido a sua acidez. Entretanto, de maneira geral, todos adsorventes e doses testadas contribuíram com o aumento de pH do efluente bruto, uma vez que todos os tratamentos foram estatisticamente diferentes do tratamento controle (pH 6,57), com incremento mínimo de 3,8% para babaçu na dose de 12,5g (pH 6,82) e máximo de 14,6% para babaçu na dose de 37,5g (pH 7,53). Pires (2021) após estudos, também afirmou que o uso do

babaçu alterou o pH do efluente doméstico para 7,16 e o carvão ativado para 7,20, demonstrando o aumento do pH para mais alcalino.

**Tabela 6** - Análises de pH do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura.

Dose	pH		
	Adsorventes		
	<i>in natura</i>	Cinza Vegetal	Carvão Ativado
12,5 g	6,82 Bc	6,86 Ac	6,86 Ac
25,0 g	7,06 Ab	7,10 Bb	7,27 Ab
37,5 g	7,53 Aa	7,32 Ca	7,37 Ba
Controle	6,57		
CV %	0,21		

Os valores apresentados correspondem à média de seis repetições. Médias seguidas por letras diferentes dentro de cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Fonte: Própria, 2022.

Conforme Resolução CONAMA nº 430 de 2011, os resultados demonstram que em sua totalidade os tratamentos foram eficientes, atendendo ao valor disposto na normativa e influenciando positivamente no aumento do pH do efluente. Constatando a viabilidade da torta do babaçu no melhoramento do pH do efluente gerado por suinocultura de forma a contribuir em seu tratamento e acarretando em resultados mais próximos aos encontrados na água bruta.

### 5.2.2 Turbidez

A turbidez é um componente do padrão organoléptico que influencia na qualidade da água e de efluentes. Altos níveis de sólidos em suspensão conferem aos resíduos uma aparência nebulosa e esteticamente indesejável (MELO, 2016). Apesar de ser um indicador da presença de material coloidal de origem orgânica ou inorgânica ou de sólidos em suspensão, a turbidez pode estar relacionada a altas concentrações de metais pesados. (SCORSAFAVA et al., 2010).

Os resultados encontrados para as doses e adsorventes, obtiveram diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao tratamento controle. Quando se avalia os adsorventes babaçu *in natura* e cinza vegetal, os mesmos apresentaram menor remoção nas doses de 25,5 g com os resultados de 10,43% e 33,75% e na dosagem de 37,5g com os resultados de 11,63% e 20,23%, o que se mostra contrário aos resultados do carvão ativado.

Com a remoção de 75,82% (264 UNT), seguido por 70,05% (327 UNT) na dose de 25,0 g e de 57,41% (465 UNT) na dosagem de 12,5 g, o carvão ativado se destacou em meio aos outros tratamentos, visto que as remoções encontradas foram todas acima de 50% e por isso apresenta uma maior diminuição da turbidez na dosagem de 37,5 g devido suas propriedades de desinfecção de poluentes.

**Tabela 7** - Análises de turbidez do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura.

<b>Turbidez (UNT)</b>			
<b>Dose</b>	<b>Adsorventes</b>		
	<b>Babaçu <i>in natura</i></b>	<b>Cinza Vegetal</b>	<b>Carvão Ativado</b>
12,5 g	596 Ac	502 Bc	465 Cc
25,0 g	978 Aa	731 Bb	327 Cb
37,5 g	865 Bb	871 Aa	264 Ca
Controle	1092		
CV %	0,49		

Os valores apresentados correspondem à média de seis repetições. Médias seguidas por letras diferentes dentro de cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Fonte: Própria, 2022.

A remoção do material suspenso de efluentes líquidos está ligada diretamente a capacidade autodepuração do meio ou de características de purificação do material agregado (GOMES, 2019), visto que diversos resultados do adsorvente carvão ativado já se mostraram bastante usuais em tratamentos de corantes e efluentes. Complementando as verificações nos estudos de Quadro, (2019) que afirma que a propriedade adsortiva dos subprodutos do babaçu como o carvão ativado, se deve, principalmente, pela característica lignocelulósica dos seus constituintes e por sua superfície mesoporosa, contribuindo na redução da turbidez de efluentes líquidos.

### 5.2.3 Temperatura

No Brasil, o lançamento de efluentes deve atender CONAMA n° 430/2011 que cita que qualquer fonte poluidora somente deve ser direcionada diretamente em corpo receptor natural se atender às condições e padrões previstos. A temperatura é um fator que pode influenciar nos padrões físico-químicos, uma vez que altas temperaturas podem acarretar em elevadas contagens microbianas e alterações de soluções (ARAÚJO et al., 2011; MENDONÇA et al., 2017).

Todavia, este não é o caso do presente estudo, uma vez que as temperaturas das amostras variaram de 21,1°C a 21,4°C não excedendo a variação de 3°C em relação ao tratamento controle (**Tabela 8**), sendo esses valores próximos a temperatura ambiente, portanto, aceitáveis para a execução dos ensaios laboratoriais sem comprometer a integridade dos mesmos.

**Tabela 8** - Análises de temperatura do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura.

Dose	Temperatura (°C)		
	Adsorventes		
	Babaçu <i>in natura</i>	Cinza Vegetal	Carvão Ativado
12,5 g	21,4 Aa	21,2 Ba	21,4 ABa
25,0 g	21,3 Ab	21,2 Aa	21,2 Ab
37,5 g	21,2 Bb	21,1 Ba	21,4 Aa
Controle	21,1		
CV %	0,49		

Os valores apresentados correspondem à média de seis repetições. Médias seguidas por letras diferentes dentro de cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Fonte: Própria, 2022.

No todo, os tratamentos e dosagens determinados atenderam a norma, que estipula que a temperatura para o lançamento de efluentes seja de no máximo 40 °C, o que afirma que a adesão de material no objeto de estudo não alterou agressivamente a temperatura das amostras em razão de que o tratamento controle apresentou o resultado de 21,1 °C.

#### 5.2.4 Cor

A cor é um indicador organoléptico, ou seja, um parâmetro que pode ser percebido pelos sentidos humanos e que afeta a aceitação da água para o consumo. Altos índices de coloração podem ocasionar efeitos adversos a ambientes aquáticos, insinuando a presença de algum agente contaminante (MELO, 2016). A normativa não estipula VMP para o parâmetro cor, mas a comparação se faz necessária visto que para os processos fotoquímicos a transparência óptica do efluente a ser tratado é de grande importância.

No presente estudo, o tratamento controle (efluente bruto) apresentou na leitura 600 uC que foi comparado as outras dosagens e adsorventes. Na concentração de 37,5 g, de maior granulometria, observou-se que não ocorreu diminuição quantitativa do parâmetro nos três tratamentos, assim não afetando qualitativamente as características do efluente. Beltrame

(2006) cita que de acordo com o tamanho das partículas, o material pode vir a ocorrer a transferência de coloração, o que justifica a falta de alteração nas unidades de cor.

No entanto, as outras duas dosagens apresentaram resultados satisfatórios. Na dosagem de 12,5 g o tratamento com a cinza vegetal apresentou uma diminuição de 0,66% (596 uC) e no tratamento onde se utilizou carvão ativado ocorreu a diminuição de 16,33% (502 uC) em relação ao tratamento controle. O adsorvente babaçu *in natura*, contrariamente não ocorreu diferenciação do resultado do tratamento controle e do resultado encontrado pós tratamento (Tabela 9).

**Tabela 9** - Análises de cor do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura.

Dose	Cor (uC)		
	Babaçu <i>in natura</i>	Cinza Vegetal	Carvão Ativado
12,5 g	600 Aa	596 Bb	502 Cb
25,0 g	579 Ab	433 Bc	327 Cc
37,5 g	600 Aa	600 Aa	600 Aa
Controle	600		
CV %	0,23		

Os valores apresentados correspondem à média de seis repetições. Médias seguidas por letras diferentes dentro de cada coluna e linha são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Fonte: Própria, 2022.

A dosagem de 25,0 g foi a que mostrou melhores resultados pós tratamento, a torta do babaçu *in natura* apresentou redução de 0,5% (597 uC), para o tratamento que utilizou de cinza vegetal reduziu em 27,84% (433 uC) e no caso do carvão ativado a redução foi cerca de 45,5% (327 uC). Com os resultados expostos, foi entendido que o tratamento com carvão ativado na dosagem de 25,0 g foi o representou resultado mais expressivo diante ao tratamento controle.

Resultado análogo foi encontrado por Tanveer et al., (2022) que identificou que além de materiais lignocelulósicos, o babaçu possui diferentes grupos específicos na superfície da parede celular, o tornando altamente eficiente no processo de adsorção de corantes presentes em efluentes. Com isso, o babaçu apresenta um potencial expressivo em vários âmbitos tecnológicos (SILVA et al., 2020).

### 5.2.5 Sólidos sedimentáveis

Garcia (2023) afirma os efluentes quando classificados quanto à decantabilidade, podem ser denominados como sedimentáveis ou não, sendo que os caracterizados por sua sedimentação são tidos como tal quando se mostram capazes de sedimentar no período de uma hora. Com relação à Resolução do CONAMA, a quantidade de sólidos sedimentáveis não pode ultrapassar de 1 mL/L em teste de uma hora em cone Imhoff.

A nível industrial, ainda não foi estipulada uma quantidade tolerável determinada pela resolução do CONAMA para o volume de lodo, ficando a critério da indústria a determinação da faixa de controle de volume de lodo de sua ETE. Conseqüentemente, métodos de tratamento alternativo são de suma importância, já que nos sólidos sedimentáveis estão presentes microorganismos de diversas tipologias.

**Tabela 10** - Resultados das análises de sólidos sedimentáveis do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura.

Dose	Sólidos sedimentáveis (mL/L)		
	Babaçu <i>in natura</i>	Cinza Vegetal	Carvão Ativado
12,5 g	311 Ab	236 Ba	155 Ca
25,0 g	111 Ac	77 Bc	37 Cc
37,5 g	407 Aa	128 Bb	64 Cb
Controle	695		
CV %	1,57		

Os valores apresentados correspondem à média de seis repetições. Médias seguidas por letras diferentes dentro de cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Fonte: Própria, 2022.

Como exposto na **Tabela 10** acima, para o parâmetro de sólidos sedimentáveis, os tratamentos não atenderam o estipulado na Resolução CONAMA nº 430 de 2011, no entanto cada adsorvente apresentou remoções significativas como: o babaçu *in natura* com a redução dos sólidos em 84,03% (111 mL/L); a cinza vegetal com remoção de 88,93% (77 mL/L) na dosagem de na dosagem de 25,00 g. Juntamente com o tratamento que apontou o resultado mais expressivo, o adsorvente carvão ativado também na dosagem de 25,0 g com 37 mL/L. Mesmo não atendendo O VMP, ao comparar o resultado encontrado em função do tratamento controle de 695 mL/L, nota-se a redução de 94,67%, assim salientando que o tratamento realizado com a torta do babaçu tem real potencialidade de uso em para futuros estudos.

### 5.3 Parâmetros complementares

#### 5.3.1 DBO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), é explicada como a quantidade necessária de oxigênio para que ocorra a oxidação da matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia (LIMA; CARVALHO; SILVA; TORRES NETO; FIGUEIREDO; CHAVES; ALMEIDA; CONTE-JUNIOR, 2023). Lançamentos de líquidos e de matérias de origem orgânica em afluentes desencadeia o aumento do DBO, se a carga for considerada alta pode resultar na remoção do oxigênio da água, resultando no desaparecimento da vida aquática (SANTOS; PARENTE; ZANINE; NASCIMENTO; LIMA; BEZERRA; MACHADO; FERREIRA; SANTOS; COSTA, 2022).

A determinação do valor é constituída pela quantidade de oxigênio consumido no período de 5 dias, na temperatura de incubação de 20 °C. Conforme a Resolução CONAMA nº 430 de 2011, determina-se o máximo de 120 mg/L e pode-se ultrapassar esse limite apenas se o sistema de tratamento possuir uma eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, conforme **Tabela 11**.

**Tabela 11** - Análises de DBO do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura.

Dose	DBO (mg/L)		
	Babaçu <i>in natura</i>	Cinza Vegetal	Carvão Ativado
12,5 g	10505 Aa	9665 Ba	8836 Ca
25,0 g	9874 Ab	8255 Bb	6098 Cc
37,5 g	7251 Bc	3482 Cc	8773 Ab
Controle	21283		
CV %	0,05		

Os valores apresentados correspondem à média de seis repetições. Médias seguidas por letras diferentes dentro de cada coluna são significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) de acordo com o teste de Tukey.

Fonte: Própria, 2022.

Para o presente estudo, utilizou-se a regra de da remoção de 60% por parte dos tratamentos, assim, a dosagem de 12,5 g não atendeu a remoção mínima em nenhum dos tratamentos. A dosagem de 25,0 g atendeu parcialmente, onde apenas o adsorvente babaçu não atingiu a remoção mínima, os adsorventes: cinza vegetal e carvão ativado demonstraram eficiência com os respectivos resultados de 8255 mg/L e 6098 mg/L.

A dosagem de 37,5 g foi a que melhor correspondeu ao teste, atendendo integralmente a remoção de 60%, onde o adsorvente cinza vegetal se mostrou o melhor tratamento para a higienização e remoção de matéria orgânica de 83,64%.

Silva et al., (2020) cita que em suas amostras, foram percebidas variação de alguns parâmetros, como turbidez, pH, OD e CO<sup>2</sup>, configurando que os resultados com os tratamentos proporcionam qualidade ao projeto. Porém o resultado obtido após filtragem com cinza vegetal foi avaliado como mais satisfatório.

### 5.3.2 Óleos e Graxas

Em suma, os efluentes provenientes de suinocultura apresentam óleos e graxas, essas substâncias orgânicas de origem animal e vegetal apresentam baixa solubilidade e baixa densidade (KATO, 2017). Tais atributos vêm a influenciar diretamente na diminuição do oxigênio dissolvido e conseqüentemente no aumento da carga orgânica, dificultando a degradação em processos de tratamentos biológicos (GEBRATI et al. 2019).

Os óleos minerais e vegetais provocam obstruções nas tubulações e o seu despejo sem o devido tratamento em corpos hídricos resulta no acúmulo destes materiais na superfície, trazendo prejuízos aos sistemas tróficos, mortandade da vida aquática e eclosão de doenças. Evidenciando a necessidade ao atendimento dos valores propostos na Resolução CONAMA nº 430 de 2011, voltada para o lançamento de efluentes em corpos hídricos.

Os parâmetros analisados apresentaram a média da quantificação de 38 mg/L para óleos vegetais e 65 mg/L para óleos minerais nos tratamentos controles estando acima do VMP e posterior as análises ambos os parâmetros apresentaram resultados satisfatórios para todas as dosagens e adsorventes utilizados como forma de tratamento.

Após a realização dos ensaios os resultados encontrados foram de <10 mg/L, (retirada de 100%) para ambos os parâmetros analisados. Exibindo que no âmbito de remoção de óleos do babaçu se mostra eficiente, atendendo ao proposto na legislação, no qual os limites propostos são: 20 mg/L para óleos minerais e 50 mg/L para óleos vegetais.

### 5.3.3 Materiais Flutuantes

O aumento de Sistemas de Produção de Animais Confinados (SPACs) vem se alavancando em território nacional, onde destaca-se a contribuição da suinocultura industrial que vem se tornando cada vez mais representativa no aumento da densidade de animais. Fator diretamente ligado ao passivo ambiental, primordialmente em virtude das elevadas taxas de matéria orgânica e materiais flutuantes contidos no efluente gerado durante a criação dos animais (MANIGLIA et al. 2017).

Materiais flutuantes presentes em efluentes, quando em contato com corpos receptores causam prejuízos a nível trófico, por serem responsáveis por efeitos tóxicos nos ambientes aquáticos. Além disso, a formação de blocos espuma não naturais expostas em efluentes, são responsáveis pela aceleração do processo de eutrofização.

**Tabela 12** - Resultado das análises de materiais flutuantes do tratamento controle vs os tratamentos teste do efluente bruto proveniente de suinocultura.

<b>Materiais Flutuantes</b>			
<b>Dose</b>	<b>Adsorventes</b>		
	<b>Babaçu <i>in natura</i></b>	<b>Cinza Vegetal</b>	<b>Carvão Ativado</b>
12,5 g	Ausente	Ausente	Ausente
25,0 g	Ausente	Ausente	Ausente
37,5 g	Ausente	Ausente	Ausente
Controle	Presente		

Fonte: Própria, 2022.

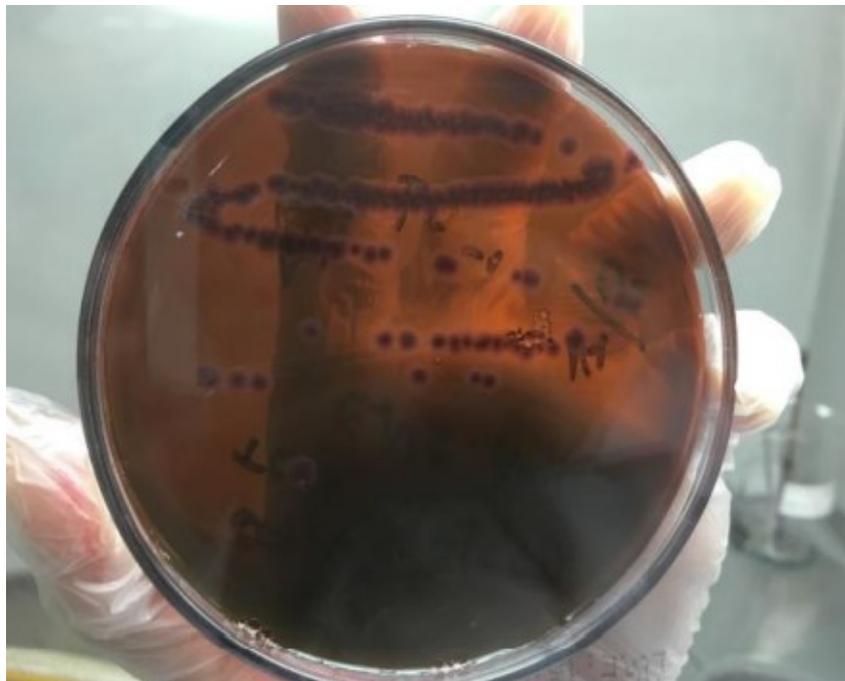
Em conformidade com Pereira et al. (2022), na busca por tratamentos alternativos que atendam a legislação vigente que estipula que materiais flutuantes devem estar visualmente ausentes, o coco babaçu surge como uma opção viável frente aos adsorventes comerciais. O que foi constatado, visto que diante ao resultado do tratamento controle que apresentou sólidos sedimentáveis, os tratamentos adsorventes pelo contrário, removeram os materiais flutuantes, conforme **Tabela 12**.

### 5.4 Microbiologia

A legislação proposta não estabelece valores de referência no tratamento de efluentes para bactérias heterotróficas e *E. coli* para efluentes, no entanto a avaliação dos

parâmetros se deu afim de avaliar a qualidade microbiológica do material de estudo e as condições de purificação dos adsorventes por meio da comparação entre o tratamento controle e os valores encontrados com o uso dos adsorventes. O efluente bruto analisado (controle) apresentou o valor de  $>5.700$  UFC/mL para bactérias heterotróficas e  $>2.419,6$  NMP/100 mL para *E. coli*.

Diante disso, realizar a quantificação de bactérias heterotróficas e *E. coli* é uma maneira eficiente de avaliar a integridade dos aquíferos e dos meios de tratamento de efluentes. Altos índices dessas populações bacterianas oferecem riscos à saúde, danificando qualidade da água dos rios e provocando odores desagradáveis (GOBIRA; DUARTE, 2018).



**Figura 12** – Crescimento microbiano em Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB) após 16 horas de incubação.

Com o findar do período de incubação, foi constatado que não houve diminuição da concentração das colônias de bactérias heterotróficas e *E. coli*, observou-se que os resultados foram insatisfatórios em 100% das amostras. A averiguação demonstrou que o babaçu nos adsorventes e dosagens dispostas não apresentou fator bactericida, conforme **Tabela 13**.

**Tabela 13** - Análises microbiológicas do tratamento controle vs os tratamentos testes do efluente bruto proveniente de suinocultura.

Dose	Bactérias heterotróficas e <i>Escherichia coli</i>		
	Babaçu <i>in natura</i>	Cinza Vegetal	Carvão Ativado
12,5 g	Presente	Presente	Presente
25,0 g	Presente	Presente	Presente
37,5 g	Presente	Presente	Presente
Controle	Presente		

Fonte: Própria, 2022.

Não obstante, os resultados insatisfatórios para bactérias heterotróficas e *E. coli* podem ser resultantes de diversos fatores, como a disposição inadequada de resíduos orgânicos, as próprias características do efluente líquido proveniente de suinocultura e até mesmo a má higienização dos sítios de criação de suínos. Indicando que para fins microbiológicos se faz necessário um maior aprofundamento científico e a adesão de tratamentos adicionais para desinfecção do material biológico presente no efluente.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou exibir a viabilidade dos estudos, apresentando o comportamento de propriedades físico-químicas num despejo industrial e constatando que é possível obter uma boa eficiência com a utilização de tratamentos alternativos voltados a biotecnologia ambiental.

O uso dos adsorventes a base da torta do babaçu surtira o efeito esperado, comprovando sua viabilidade, visto que o material não sofreu alteração química em sua composição e apenas o parâmetro sólidos sedimentáveis não atendeu a Resolução N° 430 de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), demonstrando que o efluente tem condições de retornar ao leito do rio Paranaíba.

No tocante as dosagens testadas, o valor estipulado de 37,5 g/L se destacou positivamente no estudo por ter apresentado as melhores taxas de remoção de Cu e Zn e o adsorvente carvão ativado se mostrou o mais eficiente entre os adsorventes dispostos para o tratamento de efluentes de suinocultura devido suas características descontaminantes e o efeito sobre os parâmetros analisados e principalmente em relação aos metais pesados.

Constatando que a bioissorção utilizando a torta de babaçu que é um rejeito, além de retornar o material para novos processos, ainda é uma alternativa simples e acessível para tratamento de efluente proveniente de suinocultura. Os adsorventes babaçu *in natura* e cinza vegetal também demonstraram serem bastante úteis a desinfecção do efluente, contribuindo para sustentabilidade dos ecossistemas.

Ademais, incitasse a necessidade de estudos mais aprofundados do tema para o cruzamento de dados, visto que para o quesito microbiológico a torta do babaçu não se mostrou viável, demonstrando a necessidades de testes complementares no meio científico.

## REFERÊNCIAS

- AGUILLAR, C. N.; SOARES, L. Q.; MENDES, F. Q.; CARVALHO, A. M. X. DE; NASSER, V. G. Evaluation of Heavy Metal Contents in Water in Rio Paranaíba – MG. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64781–64880, 2020.
- ALENCAR, K. R. C. **Estratégias de inovação e comercialização nas feiras da agricultura familiar em Paragominas - PA**. 2022. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2022.
- ALMEIDA, M. F. B. **Formigas bioindicadoras em floresta ecotonais: a resposta da mirmecofauna a diferentes distúrbios ambientais**. 2020. 107 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2020.
- ALMEIDA, R. R.; MENEZZI, C. H. S. DEL; TEIXEIRA, D. E. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya* sp.) to produce cement-bonded particleboard. **Bioresource Technology**, v. 85, n. 2, p. 159–163, 2016.
- ALMEIDA, R. E. M.; CUSTÓDIO, D. P.; OLIVEIRA, S. M.; LIMA, L. S.; COSTA, R. V.; CAMPOS, L. J. M. Recommendation of soil fertilization with copper and zinc for soybean crops grown in Petric Plinthosol. **Ciência Rural**, v. 53, n. 4, p. 1-14, 02 jan. 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20210722>.
- ANSILAGO, M.; OTTONELLI, F.; CARVALHO, E. M. Cultivo da microalga *Pseudokirchneriella subcapitata* em escala de bancada utilizando meio contaminado com metais pesados. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 603–608, 2016.
- ARNOLD, A. D. **Aplicação de argilas e biossorventes na remoção da cafeína por adsorção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.
- BRASIL. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual ABPA**. 8. ed. Brasília: ABPA, 2021. 100 p.
- BRASIL. Congresso. Senado. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília, 4 ed. 2013.
- BRASIL. Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, DF, Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 14 jul. 2022.
- BARRETO, B. C. **Encapsulamento de lodo de curtume com cromo em concreto não estrutural**. Universidade Tecnológico Federal do Paraná, 2016.
- BATISTA, R. M.; BARONY, F. J. A.; SANTOS, A. E.; CAMPOS, K. B. E. N.; MOREIRA, J. M. Q.; PENNA, L. F. R.; FIORAVANTE, I. A. Analysis of the silver content in the effluent generated by the radiology sector in a hospital in Governador Valadares City, Minas Gerais

State, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e213973723, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.3723. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3723>. Acesso em: 27 jan. 2023.

BEAL, L. B. **Avaliação de processo anaeróbico em duas fases tratando efluente de curtume**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

BECKER, A. C. F. **Identificação taxonômica e análise conexional de bactérias heterotróficas e fatores abióticos de ambientes lóticos sob influência de efluentes do refino de petróleo**. 2015. 37p. Trabalho de Conclusão de Curso (Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2015.

BELTRAN, L. B.; JANUÁRIO, E. F. D.; ARAÚJO, L. A. DE; SOUZA, A. C.; MELONI, C. E. P.; MAGIERO, P. E.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S. Processo de biosorção de corante utilizando casca de tangerina (*Citrus reticulata*). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41760–41771, 2020.

BELTRAME, L. T. C. **Sistemas microemulsionados aplicados à remoção da cor de efluente têxtil**. 2006. 216 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006. Cap. 1.

BENDINI, J. DO N.; SOUZA, D. C. Bee pollen from babaçu forest (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) Polen. **Research, Society and Development**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2019.

BRIDA, I. C. **Utilização de geopolímero à base de cinza da casca de arroz e resíduo cerâmico para redução da acidez, remoção de Fe e Mn e da toxicidade em drenagem ácida de mina**. 2022. 142 f. TCC (Graduação) - Curso de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2022. Cap. 1. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/234696>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BESEN, F; G; PLEIN, C. **Agricultura familiar e o desenvolvimento das agroindústrias familiares rurais: panorama, indicadores e potencialidades no Oeste do Paraná**. 2021. 228 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrárias, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2021. Cap. 1. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/5894>. Acesso em: 27 jun. 2022.

CETESB. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 44. 2017.(Apêndice E). Disponível em: Acesso em: 04 jun. 2022.  
CHEN, X., LI, H.; LIU, W.; ZHANG X.; WU, Z.; BI, S.; ZHANG, W.; ZHAN, H.. Effective removal of methyl orange and rhodamine B from aqueous solution using furfural industrial processing waste: Furfural residue as an eco-friendly biosorbent. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v.583, p.123976, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.123976>.

CRUZ, M. **Do campo para a cidade: Estudo sobre feiras livres, abastecimento urbano e comercialização da agricultura familiar no Alto Jequitinhonha**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Universidade Estadual de Montes Claros. Programa de pós-graduação em sociedade, ambiente e território. 2019.

DAMASCENO, P. B.; CUNHA, E. J. de S. Costs reduction and increased efficiency in industrial effluents treatment. Case study at a packaging company from the Industrial Pole of Manaus. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e43211528468, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.28468. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/28468>. Acesso em: 14 jul. 2022.

DIAS, L. O. F. **Efeito de substratos e da biofortificação com zinco sobre aspectos agrônômicos e conteúdo de fitoquímicos de microverdes**. 2022. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

DIAS, F. B. S.; PAULA, A. S. DE; BELISÁRIO, C. J.; LORENZO, M. G.; BEZERRA, C. M.; HARRY, M.; DIOTAIUTI, L. Influence of the palm tree species on the variability of *Rhodnius nasutus* Stål, 1859 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). **Infection, Genetics and Evolution**, v. 11, n. 5, p. 869–877, 2011.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: RiMa. Acesso em: 01 nov. 2022. , 2005.

DOMINGUES, V. O. et al. **Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano : comparação entre duas metodologias**. Saúde (Santa Maria), v. 33, n. 1, p. 15–19, 2007.

DONALD, M. **Animal nutrition**. 6 ed. Pearson: Edinburgh, 2002.

FARFÁN, R. A. M. Restauración geomorfológica sobre depósitos de relaves: caso de estudio aplicado a la concesión minera río blanco, Ecuador. **La Granja**, v. 37, n. 1, p. 1-12, 21 nov. 2022. Salesian Polytechnic University of Ecuador. <http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.10>.

FROIS, A. C. F.; PEREIRA, S. G. Qualidade da água do rio Paranaíba na região de Patos de Minas-MG: organoclorados e metais pesados e a sua relação com saúde pública e coletiva. **Scientia Generalis**, v. 1, n. 2675–2999, p. 54–99, 2020.

GALLIO, L T. , **Avaliação de métodos alternativos no processo de clarificação do caldo de cana de açúcar processado**. Dissertação, 2019 (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR- 2019.

GARCIA, F. R.; GALLARDO, M. L.V. Actualización en dispositivos sanitarios para administración de nutrición parenteral. **Ars Pharmaceutica**, v. 64, n. 1, p. 53-69, 20 dez. 2022. Editorial de la Universidad de Granada. <http://dx.doi.org/10.30827/ars.v64i1.26334>.

GARCIA, L. C. P. **Avaliação de sistemas de lodo ativado aplicados como tratamento de esgoto sanitário em condomínios residenciais**. 2023. 119 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

GEIGER, M. A. H.; SCHEFFEL, L. F.; CARONE, C. L. P.; MORISSO, F. D. P.; KUNST, S. R.; FERREIRA, J. Z.; OLIVEIRA, C. T. Evaluation of sputtering chromium coating as a

electroplating substitute. **Revista Materia**, v. 25, n. 2, p. 1–16, 2020.

GEBRATI, L.; EL ACHABY, M.; CHATOUI, H.; LAQBAQBI, M.; EL KHARRAZ, J.; AZIZ, F. Inhibiting effect of textile wastewater on the activity of sludge from the biological treatment process of the activated sludge plant. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.26, n.7, p.1753–1757, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.06.003>

GEORGIN, J. **Avaliação do potencial de cascas residuais como biossorvente para o tratamento de efluentes de simulados têxteis**. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2018.

GHOORA, M. D.; BABU, D. R.; SRIVIDYA, N. Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 91, p. 103495, 2020.

GOMES, C. N. **Avaliação da potabilidade da água em poços utilizados para consumo humano do município de Pinheirinho do Vale - RS**. 2019. p. 75. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e sanitária), Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2019.

HOEHNE, L.; SCHMALZ, F. R.; FREITAS, E. M. DE; ETGETON, H. P.; CARLESSO, W. M.; CRISTINA, M.; ORLANDI, C. R.; BRUXEL, F.; PINTO, R.; PICOLOTTO, A.; GIOVANELLA, C.; ETHUR, E. M. Aplicação da vermicompostagem no resíduo tratado de indústria de curtume para cultivo de rúculas. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 9, n. 4, p. 104–120, 2017.

HORDONES, Nayara Cristina de Oliveira. **Avaliação da qualidade da água por meio de índices numéricos: um estudo de caso do Córrego Brejo Alegre em Araguari (MG)**. 2022. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Cap. 1.

KATO, R. B. Application of the copper mining residue to improve the performance of asphalt mixtures. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 1, p. 16-24, 2017.

KERN, J. **Transformações do sistema de integração suinícola catarinense e os impactos sobre a agricultura familiar: um estudo de caso dos municípios de Arroio Trinta, Iomerê, Lindóia do Sul, Presidente Castello Branco e Xavantina**. 2021. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Centro Socioeconômico, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Florianópolis, 2021. Cap. 1. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/227915>. Acesso em: 29 jun. 2022.

LEITE, M.; GUAJAJARA, E. P. V.; SANTOS, S.; SILVA, W. L.; SANTOS, S. C. DOS. Fitorremediação de solo contaminado por metais pesados. **Soil Method Contaminated Soil Phytoremediation**, v. 12, p. 327–335, 2019.

LEITE, P. F. A. F.; VICH, D. V.; CALLADO, N. H.. Tratamento de dejetos de suinocultura em reator anaeróbio com pós-tratamento aeróbio/anóxico. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Alagoas, v. 26, n. 3, p. 567-576, 26 jun. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220200009>.

LIMA, P. S. S. **Uso de bioindicadores na avaliação de impactos ambientais provocados por mineradora do município de Muritiba/BA**. 2018. 95 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Sustentabilidade, Centro em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira, 2018. Cap. 1. Disponível em: [http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/bitstream/handle/123456789/15245/cea\\_ppgsust\\_me\\_Sofia\\_NB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/bitstream/handle/123456789/15245/cea_ppgsust_me_Sofia_NB.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 21 nov. 2022.

LIMA, R. C.; CARVALHO, A. P. A.; SILVA, B. D.; TORRES NETO, L.; FIGUEIREDO, M. R. S; CHAVES, P. H.T.; ALMEIDA, A. E. C. C.; CONTE-JUNIOR, C. A.. Green ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds of babassu (*Attalea speciosa*) mesocarp: effects of solid-liquid ratio extraction, antioxidant capacity, and antimicrobial activity. **Applied Food Research**, v. 3, n. 2, p. 100331, dez. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.afres.2023.100331>.

LISBOA, T. P.; FLORES, L. S.; CORREA, C. C.; SOUSA, R. A. Evaluation of Chromium and Manganese levels in sports supplements using graphite furnace atomic absorption spectrometry. **Revista de Nutricao**, v. 33, p. 1–13, 2020.

LOMAX-VOGT, M. C.; LIU, F.; OLESIK, J. W. A searchable/filterable database of elemental, doubly charged, and polyatomic ions that can cause spectral overlaps in inductively coupled plasma-mass spectrometry. **Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy**, v. 179, n. March, p. 106098, 2021.

LOPES, G. F. **Aplicação de molibdênio combinada com cobre, manganês e zinco no tratamento de sementes de soja**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022.

MANIGLIA., B. C. Bioactive films based on babassu mesocarp flour and starch. **Food Hydrocolloids**, v. 70, p. 383-391, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.04.022>.

MARCO, I.G, **Avaliação do Extrato de Urera Baccifera como coagulante no tratamento de efluente líquido de indústria de pescado**, Universidade Tecnológica do Paraná, 2021.

MARCHESE, R. DE S. **Biodegradação anaeróbia de gelatina e resíduos sólidos de curtume**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

MELO, Y. C.; MONTES, A. M.; OLIVEIRA, E. J. A. DE. Avaliação da qualidade de “água mineral natural” e a relevância da análise de bactérias heterotróficas. **Revista CIENTEC**, v. 9, p. 181–189, 2017.

MENA-MORALES, C.; MORALES-RODRÍGUEZ, C.; VARGAS-VENEGAS, I.; VILLALOBOS-QUINTANILLA, B.; VÍQUEZ-MUÑOZ, V. Aplicaciones biotecnológicas de la degradación bioquímica de madera por acción de hongos Xilófagos: pudrición parda y blanca. **Revista Tecnología En Marcha**, v. 1, n. 36, p. 97-105, 14 dez. 2022. Instituto Tecnológico de Costa Rica. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v36i2.5997>.

MENEZES, P. H. B. **Estudo comparativo de eletrodo de liga especial de ferro-silício-cromo (FeSiCr) e eletrodo de Zinco (Zn)**. 2022. 132 f. Monografia (Especialização) - Curso

de Engenharia de Materiais, Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Redemat, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022. Cap. 1. Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/5058>. Acesso em: 27 nov. 2022.

MILIOLI, S. S. C. **Remoção do antibiótico ciprofloxacino em meio aquoso empregando biomassa de macrófita como biossorvente**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

MORANDIM-GIANNETTI, A. .; ELIODORIO, K. P.; ANDOLFATTO, V. S.; MARTINS, M. R. G.; UMEKI, E. R. Tratamento de efluentes de curtume a partirda adsorção em quitosana submetida a tratamento com líquido iônico. **Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 03, n. 2446–9416, p. 267–280, 2017.

MORTATTI, B. C.; ENZWEILER, J. Major ions and rare earth elements hydrogeochemistry of the Atibaia and Jaguari rivers subbasins (Southeast Brazil). **Applied Geochemistry**, v. 111, n. June, p. 104461, 2019.

MOURA, D. C. G., TEIXEIRA, S. M. L., VALLE, C. M. Características físico-químicas de águas de chuva na área urbana de Manaus/AM: **Physicochemical characteristics of rainwater in the urban area of Manaus/AM. Brazilian Journal of Development**, 8(7), 49793–49801. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n7-072>, 2022.

MOURA, R. M. DE A. DA S.; OLIVEIRA, M. E. DE; HASSUM, I. C.; COSTA, J. V.; SILVA, P. O. DA. Comportamento e desempenho de caprinos a pasto suplementados com feno de leucena substituindo a torta de babaçu. **Revista Agraria Academica**, v. 2, n. 2, p. 60–71, 1 mar. 2019.

MOTA, M. F. B. **Desenvolvimento de métodos analíticos para quantificação de elementos em óleos lubrificantes**. 2017. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2017.

NAGARAJAN, D.; KUSMAYADI, A.; YEN, H.; DONG, C.; LEE, D.; CHANG, J.-S. Current advances in biological swine wastewater treatment using microalgae-based processes. **Bioresource Technology**, v. 289, 121718, 2019.

NASCIMENTO, A. R. V. J. DO; NASCIMENTO, C. W. A. DO; CUNHA, K. P. V. DA. Solos de minas de scheelita como fontes de contaminação por metais pesados. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 4, p. 555–556, 2020.

NASCIMENTO, J. M.; OLIVEIRA, J. D.; LEITE, S. G. F. Chemical characterization of biomass flour of the babassu coconut mesocarp (*Orbignya speciosa*) during biosorption process of copper ions. **Environmental Technology and Innovation**, v. 16, p. 100440, 2019.

NASCIMENTO, K. K. R.; VIEIRA, F. F.; ALMEIDA, M. M.; BURITI, J. D. S.; BARROS, A. J. M.; OLIVEIRA, R. J. Use of sweet ‘pêra’ peel as an adsorbent in the treatment of textile effluents. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 9, p. 716–722, 2019.

NASCIMENTO, R. S. **Evaluation of coconut fiber biosorbents efficiency in the copper metal removal in effluents**. 2021. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química,

Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Maranhão, São Luiz, 2021. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/handle/123456789/5191>. Acesso em: 22 maio 2023.

NEME, G.; RODRIGUES, C. S. Transtorno do espectro autista e metais pesados: uma revisão sistematica. **Revista UNILUS Ensino e Pesquisa**, v. 55, n. 13, p. 120–133, 2020.

NETO, J. S. Quebradeiras de coco: “Babaçu livre” e reservas extrativistas. **Veredas do Direito**, v. 14, n. 28, p. 147–166, 2017.

NOBRE, C. B.; SOUSA, E. O.; CAMILO, C. J.; MACHADO, J. F.; SILVA, J. M. F. L.; FILHO, J. R.; COUTINHO, H. D. M.; COSTA, J. G. M. **Antioxidative effect and phytochemical profile of natural products from the fruits of “babaçu” (Orbignia speciose) and “buriti” (Mauritia flexuosa)**. *Food and Chemical Toxicology*, v. 121, p. 423–429, 2018.

OLIVEIRA, A. J. DE et al. Coliformes termotolerantes: bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano. **Atas de Saúde Ambiental - ASA**, v. 3, n. 2, p. 24–29, ago. 2015.

OLIVEIRA, J. Â. M.; MEDEIROS, P. C.; DE OLIVEIRA, C. M. M.; SANTOS, A. F. S.; RIBEIRO, D. P. Níveis de contaminação por metais pesados na área de disposição de resíduos sólidos no município de januária-MG. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 629, 2019.

PEREIRA, S. N. G.; LIMA, A. B. S.; OLIVEIRA, T. F.; BATISTA, A. S.; JESUS, J. C. F., Sibelli Passini Barbosa; SANTOS, Leandro Soares. Non-destructive detection of soybean oil addition in babassu oil by MIR spectroscopy and chemometrics. **Lwt**, v. 154, p. 112857, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112857>.

PEREIRA, Y. F.; AGUIAR, H.; ANDRADE, F. DE; RACHEL, R. Produção de mudas de açaizeiro com substrato a base de caule decomposto de babaçu. **Agrarian Academy**, v. 2, p. 272–280, 2019.

PERDONCINI, D. M. **Cobre e zinco em dejetos líquido de suíno com adição de pó-de-metabasalto**. 2019. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Veterinária, Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019. Cap. 1.

PINHEIRO, R. B. dos S. .; COSTA JÚNIOR, A. C. da .; TÉLLEZ ZEPEDA, C. A. .; SANTOS, L.; PINTO, L. P. .; CABRAL, O. V.; SOTO, C. A. T. . In silico analysis of the pharmacokinetic and toxicological profile of Zinc II thioglycolate complex [Zn(ATG)<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>]. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e44711629430, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.29430. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29430>. Acesso em: 27 nov. 2022.

PIRES, A. R. **Obtenção de carvão ativado a partir do epicarpo do coco de babaçu para adsorção de poluentes em meio aquoso**. 2021. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Biociências, Universidade Federal do do Tocantins, Palmas, 2021.

- PORRO, R. The invisible babassu economy and its importance for livelihoods in agro-extractivist communities. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 14, n. 1, p. 169–188, 2019.
- PARUCH, A. M.; MÆHLUM, T. Specific features of *Escherichia coli* that distinguish it from coliform and thermotolerant coliform bacteria and define it as the most accurate indicator of faecal contamination in the environment. **Ecological Indicators**, v. 23, p. 140–142, 2012.
- QUADRO, M. S.; CAMARGO, F. A. DE O.; GIANELLO, C.; DALL'AGNOL, A. L. B.; DEMARCO, C. F.; ANDREAZZA, R. Growth and chrome content of castor bean plants cultivated in soil with application of tannery residues and coal mining waste. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 1095–1102, 2019.
- RAJAGOPAL, R.; ROUSSEAU, P.; BERNET, N.; BÉLINE, F. Combined anaerobic and activated sludge anoxic/oxic treatment for piggery wastewater. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 3, p. 2185–2192, 2011.
- RADHAKRISHNAN, M.; GEORGE, S.; SASEENDRAN, P.C.; ANIL, K.S.; USHA, A.P.; KANNAN, A.; ASLAM, M. Efficiency of a developed wastewater treatment model for smallholder swine production systems. **The Pharma Innovation**, v. 8, n. 4, p. 157–163, 2019.
- REIS, A. C. A. DOS; IVIS LUCAS RODRIGUES DE OLIVEIRA, K. A. B.; CALDEIRA, M. C. DOS A. Análise e comparação da cinética de adsorção da casca de banana e carvão ativado em efluentes contaminados com fármacos. **Consciência**, v. 2, p. 1–6, 2020.
- REIS, M. M. **Impactos de metais pesados presentes na água e esgoto usados para irrigação de área situada na bacia do rio Vieira e em sistema de cultivo de milho (Pennisetum glaucum)**. Universidade Estadual de Campinas, 2020.
- RIBEIRO, D. G.; OLIVEIRA, M. V. DA S.; ARAÚJO, W. S.; MENDONÇA, S. DE J. R.; NASCIMENTO, U. M.; SILVA, F. C. Synthesis of Chlorobis (pyridine) iron(III) catalyst [Fe(Py)<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub>] for obtaining biodiesel from babassu. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 4303–4308, 2020.
- RIBEIRO, M. H. F. **Efeitos de radiação eletromagnética na lixiviação de calcopirita em condição mesofílica**. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2023.
- SANTANA, J. S.; SANTOS, B. R. DOS; RESENDE, B. DE O. Utilização da casca de banana como biossorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. **Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v. 15, 2020.
- SANTOS, M. J. B. DOS. **Aplicação de casca de amendoim ativada com NaOH como biossorvente na remoção de bisfenol a em matriz aquática**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.
- SANTOS, B. A. P.; COSSOLIN, A. S.; REIS, H. C. O.; CASTRO, K. C.; SILVA, E. R.; PERERIRA, G. M.; SOUZA JUNIOR, P. T.; DALL'OGGIO, E. L.; VASCONCELOS, L. G.; MORAIS, E. B.. Baker's yeast-MnO<sub>2</sub> composites as biosorbent for Malachite green: An

ecofriendly approach for dye removal from aqueous solution. **Environment and Water Magazine**, v.14, p.1-15, 2019. DOI: <http://doi.org/10.4136/ambi-agua.2254>.

SANTOS, G. O.; PARENTE, H. N.; ZANINE, A. M.; NASCIMENTO, T. V. C.; LIMA, A. G. O. V.; BEZERRA, L. R.; MACHADO, N. A. F.; FERREIRA, D. J.; SANTOS, V. L. F. dos; COSTA, H. H. A. Effects of dietary greasy babassu byproduct on nutrient utilization, meat quality, and fatty acid composition in abomasal digesta and meat from lambs. *Animal Feed Science And Technology*, v. 287, p. 115283, maio 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115283>.

SARAIVA, A. F. DA S.; OLIVEIRA, N. M. DE; LOPES, M. X. P. F.; LOPES, W. S. Cadeia produtiva do babaçu em Cidelândia-MA: uma análise a partir da abordagem de cadeia global de valor. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1809– 239X, p. 13–23, 2018.

SCHULTZ, J. **Obtenção de carvão ativado a partir de biomassa residual para a adsorção de poluentes**. Universidade Federal Do Paraná, 2016.

SCORSALFAVA, M. A. et al. **Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano**. Instituto Adolfo Lutz. São Paulo, v. 69, n. 2, p. 229-232, 2010.

SERRA, O. A.; LIMA, J. F.; SOUSA FILHO, P. C. The Light and the Rare Earths. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 1, p. 242–266, 2015.

SHANKER, A.; CERVANTES, C.; LOZATAVERA, H.; AVUDAINAYAGAM, S. Chromium toxicity in plants. **Environment International**, v. 13, n. 5, p. 326–548, 2020.

SILVA, F. S.; LEONARDO, A. P.; MACHADO, S. T. The importance of reverse logistics of electronics materials (e-waste) aligned to education: a case study at Coopermiti. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 88006–88021, 2020.

SILVA, I., N. **Uso do carvão do coco do babaçu modificado com ácido cítrico como adsorvente de azul de metileno utilizado em experimentos de química analítica**. 2015. 1 f. Dissertação (Mestrado), Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

SILVA, J. G. **Avaliação genotóxica e mutagênica em tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) das águas do rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil**. 2019. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Departamento de Bioquímica e Fisiologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Cap. 1. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/handle/123456789/35708>. Acesso em: 21 nov. 2022.

SILVA, L. S.; CARVALHO, J.; BEZERRA, R. D. D. S.; SILVA, M. S.; FERREIRA, F. J. L.; OSAJIMA, J. A.; FILHO, E. C. D. S. Potential of cellulose functionalized with carboxylic acid as biosorbent for the removal of cationic dyes in aqueous solution. **Molecules**, v. 23, n. 4, p. 75, 2018.

SILVA, J. S.; CRUZ, L. O.; BARROS, R. S.; ANI, F. N.; CRUZ, L. O.; SALGADO, M. F..

Produção de carvão ativado da casca do babaçu e sua eficiência no tratamento de água para o consumo humano. São Luís: **Científica Digital**, 2020.

SILVA, J. S.; DOS SANTOS, M. L.; DA SILVA FILHO, E. C.; CARVALHO, M. G. F. M.; NUNES, L. C. C. Byproducts of babassu (*Orbignya* sp) as new adsorptive materials: a review. **Revista Materia**, v. 24, n. 3, 2019.

SOBRINHO, O. P. L.; SILVA, L. F. B. DA; PEREIRA, Á. I. S.; CARLOS, M. DA A.; SILVA; SILVA, J. R. DA; CANTANHEDE, E. DE K. P.; SIQUEIRA, L. F. S. Uma proposta de aula experimental utilizando mesocarpo de babaçu (*Orbignya speciosa*) na remoção do azul de metileno de soluções aquosas. **Educacion Quimica**, v. 26, n. 4, p. 314–318, 2015.

SOUSA, G. DOS S.; OLIVEIRA, P. S. T.; MELO, G. S.; AZEVEDO, G. A. DE; MENESES, K. C. DE; REIS, I. DOS S.; AGUIAR, F. I. DOS S.; SILVA-MATOS, R. R. S. DA. Production of *Chrysanthemum leucanthemum* seedlings in substrates with stem base decomposing babaçu. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 40665–40675, 2020.

SOUZA, A.T.; CHAGAS, D., **Avaliação da Eficiência de Agentes Coagulantes em Efluente de Frigorífico**. Universidade do Oeste Paulista- UNOESTE, Colloquium Exactarum, v.12, n1, p.11-19, Presidente Prudente, SP. 2020

SOUZA, E. F. DE; NOBREGA, M. A. DOS S.; PONTES, M. D. S. Musgos como bioindicadores de metais pesados no ambiente. **Acta Biomédica Brasiliensia**, v. 8, n. 2, p. 13, 2017.

SOUZA, M. L. C. DE; SOUZA, J. A. R. DE; MOREIRA, D. A.; GUIMARÃES, J. DE J.; SILVA, E. L.; COSTA, J. V. Utilização de biossorvente no tratamento de águas residuárias ricas em Cobre (II) e sua reutilização na produção de alface. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 155–170, 25 set. 2018.

SUGIYAMA, N.. Attenuation of doubly charged ion interferences on arsenic and selenium by ICP-MS under low kinetic energy collision cell conditions with hydrogen cell gas. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**, v. 36, n. 2, p. 294–302, 2021.

TAFFARELLO, D.; MOHOR, G.; CALIJURI, M. C. C.; EDUARDO MARIO MENDIONDO (2016) Investigações de campo da seca de 2013–14 por meio do monitoramento quali-quantitativo da água doce nas cabeceiras do Sistema Cantareira, Brasil, **Water International**, 41:5, 776 -800, 2022; DOI: 10.1080/02508060.2016.1188352.

TANVEER, R.; YASAR, A.; TABINDA, AB; IKLAQ, A.; NISSAR, H.; NIZAMI, S.. Comparação dos processos de ozonização, Fenton e foto Fenton para tratamento de efluentes de banho de tingimento têxtil integrado à eletrocoagulação. **Journal of Water Process Engineering**, v.46, p.102547, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102547>

TAKAMORI, D. Y.; BIZETO, M. A.; FANTINI, M. C. DE A.; RUBINGER, C. P. L.; FAEZ, R.; MARTINS, T. S. Polyaniline inclusion into ordered mesoporous silica matrices: Synthesis, characterization and electrical transport mechanism. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 274, p. 212–219, 2019.

TAVARES, F. P.; SOUZA, D. L. DE; SANTOS, K. G. DOS. Methylene Blue Biosorption using sawdust of the *Apuleia Leiocarpa* genus. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 9, p. 1–17, 2020.

VARGAS, G.; LUBIAN, J. E. .; HARTER, L. . Influência do zinco na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Enciclopédia biosfera**, v. 19, n. 41, 2022. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/5525>. Acesso em: 22 nov. 2022.

VIEIRA, F. F.; NASCIMENTO, K. K. R. DO; ALMEIDA, M. M. DE; CAVALCANTE, G. G.; LIMA, C. A. P. DE. Adsorção do corante têxtil bordô-16 em biossorvente oriundo da casca de laranja modificado com HCL. **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 30, n. 1, p. 1–6, 2017.

VIEIRA, J. S. C.; CHAVES, D. C.; FIDELIS, Q. C.; PEREIRA, E. C.; MORAIS, M. M.; ALVES, W. S.; MACHADO, F. M.; GOMES, G. C. Clarification and Deodorization of Babassu Vegetable Oil (*Orbinya Speciosa*) for Food Purposes. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 67489–67498, 2020.

YOKEL, R.A. The Speciation of Metals in Mammals Influences their Toxicokinetics and Toxicodynamics and Therefore Human Health Risk Assessment. **Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews. Lexington**, v. 9, p. 63-85, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1080/15287390500196230>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15287390500196230>. Acesso em: 12 abr. 2023.

ZAMBRANO, L. O. A.; RUIZ, D. V. P.; CHANGO, J. L. G. El impacto ambiental que provoca la minería en el Recinto Estero Hondo del cantón la Maná – Cotopaxi. **Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores**, v. 2, n. 54, p. 1-21, 1 jan. 2023. Asesorias y tutorias para la Investigacion Cientifica en la Educacion Puig-Salabarría S.C. <http://dx.doi.org/10.46377/dilemas.v2i10.3525>.