



**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E  
INOVAÇÃO COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
*STRICTO SENSU* MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO DE  
PROCESSOS AMBIENTAIS - MESTRADO**

**JOÃO VITOR DA SILVA CHAGAS**

**BAGAÇO DE MALTE COMO  
BIOSSORVENTE PARA  
REMOÇÃO DE CONTAMINANTES  
HIDROFÓBICOS E METAIS  
PESADOS DE EFLUENTE**

**Recife  
2025**

**JOÃO VITOR DA SILVA CHAGAS**

**BAGAÇO DE MALTE COMO BIOSSORVENTE  
PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES  
HIDROFÓBICOS E METAIS PESADOS DE  
EFLUENTE**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais.

**Área de Concentração:**

Desenvolvimento de Processos Ambientais

**Linha de Pesquisa:**

Biotecnologia e Meio Ambiente

**Orientadora: Profa. Dra. Raquel Diniz Rufino**

**Co-orientadora: Profa. Dra. Leonie Asfora Sarubbo**

**Recife  
2025**

**Ficha Catalográfica**

C433b Chagas, João Vitor da Silva.

Bagaço de malte como bioissorvente para remoção de contaminantes hidrofóbicos e metais pesados de efluente /

João Vitor da Silva Chagas, 2025.

70 f. : il.

Orientadora: Raquel Diniz Rufino.

Coorientadora: Leonie Asfora Sarubbo.

Mestrado (Dissertação) - Universidade Católica de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2025.

1. Biotecnologia. 2. Malte. 3. Resíduos Agroindustriais.  
4. Petróleo. 5. Metais pesados. 6. Biorremediação. I. Título.

CDU 574.6

Luciana Vidal - CRB4/1338

# BAGAÇO DE MALTE COMO BIOSSORVENTE PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES HIDROFÓBICOS E METAIS PESADOS DE EFLUENTE

**JOÃO VITOR DA SILVA CHAGAS**

Examinadores:

Documento assinado digitalmente  
 **RAQUEL DINIZ RUFINO**  
Data: 08/04/2025 18:52:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa<sup>a</sup>. Dra<sup>a</sup>. Raquel Diniz Rufino(Orientadora)  
Universidade Católica de Pernambuco

Documento assinado digitalmente  
 **JULIANA MOURA DE LUNA**  
Data: 08/04/2025 22:47:16-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Juliana Moura de Luna (Titular Interno)  
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

Documento assinado digitalmente  
 **ITALO JOSE BATISTA DURVAL**  
Data: 09/04/2025 14:21:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Italo José Batista Durval (Titular Externo)  
Instituto Avançado de Tecnologia e Inovação (IATI)

Defendida em: 24/02/2025

Coordenador do curso: Prof. Dr. Sérgio Mendonça de Almeida

## AGRADECIMENTOS

Nesses anos de mestrado, gostaria de agradecer algumas pessoas que me acompanharam e foram fundamentais para a realização desse sonho. Por isso expresso aqui, através das minhas sinceras palavras, um pouquinho da gratidão por ter cada uma delas.

Primeiramente, agradeço aos meus pais Selma Jacinto e Eraldo Chagas; ao meu tio, Edmar José, e as minhas amigas Rayanne Simões e Elannie Salvina; pela compreensão, e de todas as formas, pelo constante apoio, e por me estimularem nos momentos mais difíceis. Obrigado por desejar sempre o melhor para mim, pelo esforço que fizeram para que eu pudesse superar cada obstáculo em meu caminho, e chegar até aqui.

Minha gratidão especial à Professora Dra. Raquel Diniz Rufino, minha orientadora e, sobretudo, uma querida e grande inspiração, pela pessoa e profissional que é. Obrigado por sua dedicação, que a fez, por muitas vezes, deixar de lado seus momentos de descanso para me ajudar e me orientar. E, essencialmente, obrigado por sempre ter acreditado e depositado sua confiança em mim ao longo desses dois anos de parceria. À minha co-orientadora Profa. Dra Leonie Asfora Sarubbo pelo suporte e atenção

Um agradecimento às minhas companheiras de laboratório, Izabelly Rodrigues e Pollyana Nascimento, e ao Laboratorista Lucas Rocha. Aos meus companheiros de turma, Jéssica Cavalcanti, Virginia Batista, Leidson Ramos, Itamar Victor e Júlia Guedes, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e torcendo por mim. E a todos professores que participaram desta jornada, especialmente à Professora Dra. Galba Campos-Takaki.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>12</b>
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo Geral	15
2.2. Objetivos Específicos	15
3. REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1 Contaminantes hidrofóbicos	16
3.1.1 Metais pesados	17
3.1.2 Composição química do óleo lubrificante de motor e as consequências no meio ambiente	18
3.1.3 Composição química dos metais pesados e as consequências no meio ambiente	21
3.2 O malte da cana de açúcar	23
3.3 Bagaço de malte, o uso de um resíduos agroindustrial	25
3.4 A indústria cervejeira no Brasil	28
REFERÊNCIAS	29
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>35</b>
USO DO BAGAÇO DE MALTE PARA BIORREMEDIAÇÃO DE CONTAMINANTES DERIVADOS DO PETRÓLEO	36
RESUMO	36
1 INTRODUÇÃO	37
2 MATERIAL E MÉTODOS	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4 CONCLUSÃO	40
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
6 AGRADECIMENTOS	41
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>42</b>
BAGAÇO DE MALTE COMO BIORSORVENTE PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES HIDROFÓBICOS E METAIS PESADOS DE EFLUENTES	43
João Vitor da Silva Chagas	43
Elannie Salvina Costa da Silva	43
Leonie Asfora Sarubbo	43
Raquel Diniz Rufino	43
RESUMO	44
ABSTRACT	44
1. INTRODUÇÃO	46
2. MATERIAIS E MÉTODOS	48
2.1 Bagaço de Malte	48
2.2 Efluente sintético e óleos	48
2.3 Caracterização do bagaço de malte	48
2.3.1 Determinação do perfil lipídico do bagaço de malte	48
2.3.2 Capacidade de retenção de água e óleo	49
2.4 Utilização do bagaço de malte para remoção dos compostos derivados do petróleo e metais pesados contidos no efluente proveniente de termelétrica	49
2.6 Determinação da genotoxicidade do efluente sintético	50
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.4 Determinação da genotoxicidade do efluente	54
4. CONCLUSÃO	56

REFERÊNCIAS	56	vii
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>59</b>	
1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60	
ANEXOS	61	
1.1 Línguas: Serão aceitos trabalhos redigidos em inglês, português ou espanhol.	63	
3 Forma de Apresentação dos Artigos	64	
3.2.1 Folha de rosto personalizada contendo:	64	
3.2.2 Corpo do texto: Fonte Arial, tamanho 12, contendo:	65	
Citação com dois autores no texto:	65	
Citação com três autores no texto:	66	
Citação com quatro ou mais autores no texto:	66	
3.2.6 Materiais Ilustrativos	67	
Itens separados devem ser anexados no Passo 4. Transferência de documentos Suplementares localizado no processo de submissão do artigo.	67	
3.2.6.1 Artigos em periódicos	67	
3.2.6.2 Livros	68	
3.3 Comitê e Comissão de Ética – CEP e Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA	69	
4 Direitos Autorais	69	
Artigos	69	
Declaração de Direito Autoral	69	
Política de Privacidade	70	

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

- Figura 1 - Porcentagem de cada componente químico do óleo lubrificante 21
- Figura 2 - Bagaço de malte *in natura* 26
- Figura 3 - Porcentagem de distribuição de cervejeiras pelas regiões do Brasil 27

### CAPÍTULO III

- Figura 1 - Análise de microscopia óptica das células presentes na raiz da cebola (*Allium cepa*), sem a presença de micronúcleo. 52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores das variáveis independentes nos níveis -1 e +1 e no ponto central	46
Tabela 2- Matriz do delineamento, com valores reais de estudo (granulometria do bagaço de malte, bagaço de malte e concentração do efluente ou óleo) com percentuais de remoção dos metais pesados e óleos do bagaço de malte, no tempo de 48 horas de incubação	48
Tabela 3- Teste da variável do tempo, com a mesma condição, a padrão (respectivamente 96, 144 e 288 horas de incubação), em triplicata, com percentuais de remoção de óleos com bagaço de malte	49

## RESUMO

O descarte inadequado de efluentes industriais é uma preocupação ambiental crescente, pois esses resíduos frequentemente contêm poluentes capazes de causar danos significativos aos ecossistemas terrestres e aquáticos. Setores industriais geram efluentes com substâncias tóxicas, como metais pesados e derivados de petróleo, que, sem tratamento adequado, comprometem a qualidade da água, do solo e da biodiversidade. Com isso, o principal objetivo do presente trabalho foi avaliar o perfil de remoção de derivados do petróleo e metais pesados de efluente por bagaço de malte. Foram realizadas a determinação dos percentuais de remoção do poluente hidrofóbico e dos metais pesados, presentes no efluente sintético, por meio de um planejamento fatorial completo  $2^3$ , tendo como variáveis independentes: a granulometria, a quantidade do bagaço de malte, e a concentração do óleo no efluente sintético. O tempo de incubação (96, 144 e 288 horas) não influenciou significativamente a remoção. Portanto, essa variável não é relevante para o processo. Após essa etapa foi realizado o teste para determinação do perfil de genotoxicidade do efluente sintético, utilizando o vegetal *Allium cepa*, antes e após o processo de biossorção realizado pelo bagaço de malte. Os resultados obtidos demonstraram que em 24h houve uma biossorção de 76% do contaminante oleoso e de valores em torno de 67% para os metais pesados avaliados, cobre e chumbo, presentes no efluente sintético. Os testes de genotoxicidade realizados demonstraram a ausência de formação de micronúcleos nas células vegetais, o que indica redução no perfil de toxicidade do efluente contendo os contaminantes estudados. Dessa forma, pode-se concluir que o bagaço de malte é uma alternativa promissora para o tratamento de poluentes ambientais, por se tratar de um resíduo agroindustrial de baixo custo e com alto valor agregado. Suas propriedades adsorventes possibilitam sua aplicação na remoção de contaminantes, representando uma solução sustentável e economicamente viável para a mitigação dos impactos ambientais.

**Palavras-chave:** agrícola; efluentes; metais pesados; mitigação; termelétrica.

## ABSTRACT

The improper disposal of industrial effluents is a growing environmental concern, as these wastes often contain pollutants capable of causing significant damage to terrestrial and aquatic ecosystems. Industrial sectors generate effluents with toxic substances, such as heavy metals and petroleum derivatives, which, without proper treatment, compromise the quality of water, soil, and biodiversity. Thus, the main objective of this study was to evaluate the removal profile of petroleum derivatives and heavy metals from effluents using malt bagasse. The removal percentages of the hydrophobic pollutant and heavy metals present in synthetic effluent were determined through a full factorial design  $2^3$ , considering independent variables such as particle size, the amount of malt bagasse, and the oil concentration in the synthetic effluent. The incubation time (96, 144, and 288 hours) did not significantly influence the removal, indicating that this variable is not relevant to the process. After this stage, a test was conducted to determine the genotoxicity profile of the synthetic effluent using the plant *Allium cepa*, before and after the biosorption process with malt bagasse. The results showed that within 24 hours, 76% of the oily contaminant was biosorbed, along with approximately 67% of the heavy metals evaluated (copper and lead) present in the synthetic effluent. Genotoxicity tests demonstrated the absence of micronucleus formation in plant cells, indicating a reduction in the toxicity profile of the effluent containing the studied contaminants. Therefore, it can be concluded that malt bagasse is a promising alternative for treating environmental pollutants, as it is a low-cost agro-industrial residue with high added value. Its adsorbent properties enable its application in contaminant removal, representing a sustainable and economically viable solution for mitigating environmental impacts.

**Keywords:** agricultural; effluents; heavy metals; mitigation; thermoelectric.

# **CAPÍTULO I**



## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de investigações e explorações de recursos naturais, como combustíveis fósseis, e o uso de hidrocarbonetos, como petróleo bruto, e metais pesados, tiveram um impacto positivo na economia e na sociedade de hoje por meio do avanço paralelo da ciência (Casas; Henkes, 2024).

Dessa forma, embora o progresso científico e tecnológico tenha impulsionado o crescimento econômico por meio da exploração de recursos naturais, seus subprodutos prejudiciais geram desafios ambientais significativos (Da Silva Souza; Tonella, 2024). A contaminação de ecossistemas por poluentes persistentes, como componentes hidrofóbicos e metais pesados, evidencia os impactos negativos dessas atividades (De Lara, 2025). Efluentes são gerados na manutenção mecânica de motores e peças metálicas nas termelétricas, quando as mesmas estão na fase de gestão de manutenção ativa, conhecida por “Over All” (Farias *et al.*, 2021).

Os efluentes podem ser formados por despejos provenientes das diversas modalidades do uso das águas, esses compostos são classificados em dois grupos principais: os efluentes sanitários ou domésticos e os industriais. O tratamento correto de efluentes contaminados com óleos lubrificantes é necessário para garantir o cuidado com o meio ambiente (Castro, Mereuner; Colpini, 2021). Portanto, torna-se essencial buscar soluções sustentáveis que equilibrem desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

O bagaço de malte é um dos principais resíduos das indústrias cervejeiras, muito utilizado como ração animal e já empregado em processos de remoção de corantes e outros compostos recalcitrantes para o meio ambiente (Thyssen; Ott; Petrucci, 2024). Esse resíduo é uma alternativa de utilização como composto com ação bioissorvente (Tombini *et al.*, 2024). Estes podem ser caracterizados como materiais biológicos que possuem potencial de adsorção (bioissorvente). Em suma, são biomassas, matéria orgânica, de origem vegetal ou animal, que são capazes de desenvolver o mecanismo de bioissorção. Esse resíduo também é utilizado para produção de energia limpa e alimentação de animais de gado (Pereira; Martins; De

Morais, 2024).

Vale ressaltar, a economia circular complementa essa visão ao promover a ideia de um ciclo de vida contínuo e renovável dos materiais, incentivando o reaproveitamento e a reciclagem dos recursos naturais e evitando a geração excessiva de resíduos (De Magalhães; Ramos; Da Silva Bezerra, 2024).

Atualmente, há uma grande demanda do mercado, para que as empresas possuam uma espécie de selo verde, que abrange uma ação de marketing e sustentabilidade que pode acarretar mais lucratividade, e medidas efetivas para enfrentamento de problemáticas ambientais (Nascimento; Accorsi, 2024). Desse modo, o principal objetivo do presente estudo foi avaliar o perfil de remoção de derivados do petróleo e metais pesados de efluente por bagaço de malte.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar o perfil de remoção de derivados do petróleo e metais pesados de efluente por bagaço de malte.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Utilizar um planejamento fatorial completo para determinar a melhor condição de adsorção do bagaço de malte;
- Realizar a caracterização do bagaço de malte;
- Analisar as características físico-químicas do efluente e dos óleos;
- Mensurar a presença de óleos e metais pesados no efluente;
- Detalhar por cromatografia o perfil do efluente;
- Estudar a cinética de remoção dos contaminantes;
- Determinar o perfil de genotoxicidade do efluente

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1 Contaminantes hidrofóbicos**

Seguindo as proposições de João Machado e Durval de Carvalho (2021), o contexto histórico de exploração do petróleo está diretamente relacionado ao avanço tecnológico na indústria mundial devido às suas versatilidade produtiva, que engloba de combustíveis à medicamentos.

Os primeiros registros de perfuração para extração de petróleo em poços datam de 1859, na segunda metade do século XIX. Neste ano, na Pensilvânia, Estados Unidos, Edwin Drake, conhecido como Coronel Drake, perfurou o primeiro poço de petróleo comercialmente viável do mundo. Com isso, ele se tornou o pioneiro na produção de petróleo ao desenvolver uma técnica inovadora para extraí-lo do subsolo (Machado; Carvalho, 2021).

Iniciou uma grande divulgação e uma luta pela obtenção de poços e territórios que possivelmente também teriam o na época popularmente chamado “ouro negro”, naquele momento apenas dentro dos limites dos solos norte-americanos (Ferreira; De Queiroz; De Souza Carvalho, 2024). Os primeiros relatos sobre o interesse na exploração do petróleo em terras brasileiras datam dos anos 1860, não muito após as descobertas americanas. No entanto, muito do desenvolvimento e descoberta de poços com grandes capacidades produtivas para a indústria no Brasil tenha ocorrido de maneira tardia quando comparado aos Estados Unidos (Machado; Carvalho, 2021)

O Brasil tornou-se referência em extrair petróleo em águas profundas e ultraprofundas. Ambos os países são notados como pioneiros na extração de petróleo, mesmo seus contextos históricos e ascensão industrial ocorreram de formas distintas (Da Silva, 2023). Atualmente, o petróleo ainda é um dos principais recursos naturais utilizado como fonte de energia, chega a representar 37% da matriz energética mundial, 93% da matriz de transportes e 71% da indústria química, sem contar que é a base das matrizes energéticas dos exércitos, o que evidencia a sua importância para a economia e a geopolítica internacional (IEA, 2019).

Dentre os maiores produtores, lideram os Estados Unidos da América,

Arábia Saudita e Rússia, e os principais consumidores, Estados Unidos da América, China e Índia. Quando trata-se de exportações, destacam-se Arábia Saudita, Rússia, Iraque e Irã e, no que se refere às importações lideram, China, EUA e Índia (IEA, 2019).

No que diz respeito às reservas mundiais, dois terços estão concentradas no território de quinze países, dos quais treze controlam suas reservas por meio do estado e de empresas de petróleo estatais (Fiori; Nozaki, 2019).

### **3.1.1 Metais pesados**

Já os metais pesados, como o cobre e o chumbo, possuem origens naturais e antropogênicas. Naturalmente, esses elementos estão presentes na crosta terrestre, sendo liberados no ambiente através de processos geológicos como erupções vulcânicas e intemperismo de rochas (Miguel *et al.*, 2024). No entanto, atividades humanas, especialmente a mineração e a fundição, aumentam significativamente as concentrações desses metais no meio ambiente. Por exemplo, a mineração de cobre no Chile tem sido associada a problemas de saúde infantil, incluindo um aumento nos diagnósticos de autismo, possivelmente devido à exposição a metais pesados liberados durante o processo de extração (Godfrid, 2023).

O cobre é amplamente utilizado em diversas indústrias devido às suas propriedades condutoras e maleáveis. Entretanto, a extração e o processamento desse metal podem levar à liberação de partículas finas e metais pesados no ar e na água, afetando a saúde humana e o meio ambiente (De Vasconcelos *et al.*, 2024). Estudos indicam que regiões próximas a atividades mineradoras apresentam concentrações elevadas de metais tóxicos na vegetação e no solo, sugerindo uma correlação entre a mineração de cobre e a contaminação ambiental (Miguel *et al.*, 2024).

O chumbo, por sua vez, é extraído principalmente do minério galena (PbS) e tem sido utilizado desde a antiguidade em diversas aplicações, como na fabricação de baterias, pigmentos e tubulações (Bispo *et al.*, 2024). No entanto, sua toxicidade é bem documentada, e a exposição ao chumbo pode causar sérios danos à saúde humana, incluindo efeitos neurológicos e comportamentais, especialmente em crianças (Ferreira *et al.*, 2024). Atualmente, a maior parte do

chumbo utilizado na indústria provém da reciclagem de sucata, como baterias descartadas, o que ajuda a reduzir a extração mineral, mas ainda requer cuidados para evitar a contaminação ambiental durante o processo de reciclagem (Piardi; Conde, 2024).

### **3.1.2 Composição química do óleo lubrificante de motor e as consequências no meio ambiente**

Como reitera Moreira e Marques (2020), a composição química do petróleo pode variar conforme o local, a região e a profundidade mesmo quando trata-se do mesmo poço. Considerando a possibilidade de diversidade em sua composição, não há dois petróleos idênticos.

Porém, é sabido que os elementos majoritários são o carbono e o hidrogênio, já os minoritários são: nitrogênio (0,1-2,0% m/m), enxofre (0,05-6,0% m/m) e oxigênio (0,05-1,5% m/m), quando se trata da composição elementar do petróleo, sem esquecer de alguns metais, como vanádio, níquel, ferro e cobre, presentes em partes por milhão (Batista; Faria; Brondani, 2020). Também é notável, que o teor de carbono é relativamente constante (83,0- 87,0% m/m) sendo os teores de hidrogênio e heteroátomos, o que representa a distinção entre os óleos (Dos Santos *et al.*, 2022).

O petróleo é majoritariamente composto de hidrocarbonetos, essa classe pode ser dividida em parafinas, isoparafinas, olefinas, naftênicos e aromáticos, tal classificação é conhecida pela sigla PIONA (Dos Santos *et al.*, 2022). As parafinas são hidrocarbonetos alifáticos acíclicos não ramificados e ocorrem em proporções variáveis na maioria dos óleos brutos, assim como no petróleo (Prauchner *et al.*, 2023). Um óleo considerado parafínico contém de 20% a 50% em massa de não parafinas na fração de gás. Isoparafinas se diferem das n-parafinas devido às ramificações em sua composição. É obtida por meio do intervalo de ebulição das frações do petróleo e são visadas na fração da gasolina, trata-se dos derivados mais abundantes 2- e 3-metil (Batista; Faria; Brondani, 2020).

Sabe-se que há uma imensa variedade, devido a possibilidade de ocorrência de diversos isômeros, não há em abundância uma única espécie. As olefinas são hidrocarbonetos insaturados contendo uma ou mais ligações duplas

entre os carbonos (Praucher *et al.*, 2023). Conforme Silva (2021), os naftênicos são hidrocarbonetos saturados, abundantes no óleo bruto. Mas eles são compostos cíclicos, apresentando, na maioria das vezes, anéis de cinco ou seis átomos de carbono em sua composição. A classe de aromáticos é caracterizada pela presença de um ou mais anéis aromáticos em sua estrutura, tanto condensados quanto substituídos com cadeias parafínicas (Duarte *et al.*, 2022).

Há combinações com outros heteroátomos em sua composição, mas com enxofre ou oxigênio, gerando mais moléculas contendo NO, NS e NOS. São de caráter básico ou ácido, dependendo das condições (Souza-Silva *et al.*, 2023). E os compostos nitrogenados, as classes que apresentam natureza básica são: os derivados de piridina, alguns pirróis, os azos, as aminas primárias, os N-alquil-indóis e alquil-aril-aminas. Já os compostos que apresentam caráter ácido são atribuídos aos indóis, carbazóis, sete porfirinas, pirróis e são a maior parte das amidas (De Araújo *et al.*, 2021).

No contexto da composição do petróleo, é importante entender as diferenças entre hidrocarbonetos e não-hidrocarbonetos, bem como suas implicações na indústria petroquímica. Os hidrocarbonetos constituem a maior parte do petróleo (cerca de 85-95%) e são compostos apenas por carbono e hidrogênio (De Araújo *et al.*, 2021). Eles são classificados em: Parafinas (alcanos: cadeias lineares ou ramificadas, como metano e octano. Naftenos (cicloalcanos): estruturas cíclicas saturadas, como ciclo-hexano. Aromáticos: compostos insaturados com anéis benzênicos, como o benzeno (Souza-Silva *et al.*, 2023).

Logo, causam desafios operacionais, como corrosão, formação de emulsões (misturas estáveis de água e óleo que dificultam o processamento) e coque (depósitos de carbono que entopem equipamentos). Além de que, influenciam a qualidade dos produtos finais, afetando a estabilidade e a cor dos combustíveis. Também, servem como marcadores geoquímicos, auxiliando na identificação da origem e no processo de formação do petróleo, essencial para estudos de prospecção (Souza-Silva *et al.*, 2023).

Essa dualidade entre efeitos negativos na operação e o valor para análises geoquímicas torna a compreensão dos não-hidrocarbonetos essencial para a indústria do petróleo. Se precisar de referências para embasar essa

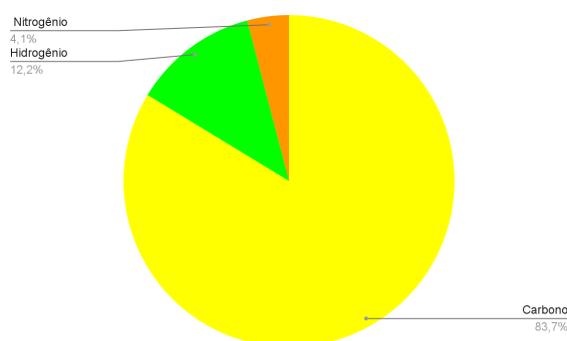
contextualização ou mais detalhes sobre os impactos operacionais, é só falar! (Souza-Silva *et al.*, 2023). Compostos nitrogenados possuem uma concentração de compostos nitrogenados no óleo bruto baixa, variando entre 0,1-2,0%. Já os compostos sulfurados, é um dos compostos heteroátomos do petróleo, que estão presentes entre os mais importantes. Os compostos sulfurados são normalmente instáveis termicamente e estão divididos em cinco grandes classes (Vanali *et al.*, 2024).

Os tióis, sulfetos, dissulfetos, sulfóxidos e tiofenos. Os quatro primeiros podem ser divididos em espécies cíclicas e acíclicas (alquil e aril e seus derivados), já os tiofenos correspondem aos compostos que apresentam anéis aromáticos em sua composição como benzo, dibenzo, nafta benzotiofenos e outros derivados (Santos, Wisniewski Jr., 2023).

Nos compostos oxigenados, da mesma forma que os compostos contendo nitrogênio e enxofre, os compostos oxigenados, também são associados à corrosão. São quase tão abundantes quanto os compostos de enxofre. Conclui-se que, estão relacionados à acidez, coloração e odor (Santos, Wisniewski Jr., 2023). Ácidos carboxílicos (classe O2) e fenóis (classe O1) são os principais compostos oxigenados que compõem o petróleo. É essencial fixar que mesmo que os ácidos naftênicos mantenham, os ácidos alifáticos também estão presentes no petróleo. Os fenóis e particularmente os cresóis, também conhecidos como hidroxitoluenos ou metilfenóis, são grande quantidade na fração ácida do petróleo (Vanali *et al.*, 2024).

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2024), a composição química do petróleo, no que tange à proporção de seus componentes, seria, de forma geral, como apresentado na Figura 1 (Santamaría; Ortega; Rubio, 2024).

Figura 1- Porcentagem de cada componente na composição química do óleo lubrificante.



Fonte: Autor (2024).

### 3.1.3 Composição química dos metais pesados e as consequências no meio ambiente

Quando se trata dos metais possuem composições químicas variadas, que influenciam suas propriedades físicas e químicas, bem como suas aplicações industriais (Leandro Da Silva *et al.*, 2024). O cobre (Cu) e o chumbo (Pb) são exemplos de metais pesados com composições químicas distintas, que determinam seus comportamentos únicos na natureza e na indústria (Leandro Da Silva *et al.*, 2024). O cobre é um metal de transição pertencente ao grupo 11 da tabela periódica, com número atômico 29 e configuração eletrônica [Ar] 3d<sup>10</sup> 4s<sup>1</sup> (Santana *et al.*, 2024). Ele é conhecido por sua alta condutividade elétrica e térmica, resistência à corrosão e maleabilidade, características que o tornam ideal para aplicações elétricas, como em fios e cabos (Griggio; Luvizão, 2021).

O cobre é encontrado na natureza principalmente em minerais como calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>), bornita (Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub>) e malaquita (Cu<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>) (Griggio; Luvizão, 2021). A composição química desses minerais influencia o processo de extração e refino do cobre (Leandro Da Silva *et al.*, 2024). Durante o beneficiamento, o cobre é separado de outros elementos presentes nos minérios, como ferro e enxofre, utilizando métodos como flotação e fundição. Esse processo resulta em cobre metálico de alta pureza, utilizado em ligas como o latão (cobre e zinco) e o bronze (cobre e estanho), que ampliam suas aplicações devido à combinação de resistência e durabilidade (Griggio; Luvizão, 2021).

Por outro lado, o chumbo (Pb) é um metal pós-transição, pertencente ao grupo 14 da tabela periódica, com número atômico 82 e configuração eletrônica [Xe] 4f<sup>14</sup> 5d<sup>10</sup> 6s<sup>2</sup> 6p<sup>2</sup> (Griggio; Luvizão, 2021). É conhecido por sua densidade elevada, maleabilidade e resistência à corrosão (Nascimento *et al.*, 2021). Na natureza, o chumbo é encontrado principalmente na forma de galena (PbS), seu principal minério (Nascimento *et al.*, 2021). A composição química da galena influencia o processo de extração do chumbo, que envolve etapas de britagem, moagem, flotação e fundição (Nascimento *et al.*, 2021). Embora o chumbo tenha

sido amplamente utilizado em baterias, pigmentos e soldas, sua toxicidade trouxe preocupações ambientais e de saúde, levando à redução de seu uso em várias indústrias (Griggio; Luvizão, 2021)

Seguindo as proposições de Fernandes e Campello (2024), na década de 1980, foi cogitada uma nova época geológica, o Antropoceno, na qual o principal fator de transformação é a ação humana sobre o meio ambiente (Araújo; Ramalho; Melo, 2020). De acordo com as pesquisas analisadas, as possíveis datas para o Antropoceno estão entre o ano de 1610 a 1964. Apesar que, entende-se, que ainda não houve um consenso entre os cientistas sobre o início dessa nova época (Andrade, 2020).

Em vista dos argumentos apresentados, infere-se que as atividades desenvolvidas despertaram a consciência dos alunos para a questão do consumo consciente, produção e destino final dado aos resíduos, bem como uma constante busca da sustentabilidade, de forma equilibrada, para que essa geração e as futuras possam utilizar de forma sustentável os recursos do planeta, embora as respostas não tenham sido uniformes (De Andrade, 2020). Por bloquear a luminosidade, o petróleo é responsável por impedir que o fitoplâncton realize fotossíntese, o que afeta negativamente todos os seres vivos que respiram oxigênio. E como o fitoplâncton serve de alimento para o zooplâncton, este também é atingido. Desse modo, toda a cadeia alimentar do ecossistema marinho é prejudicada (Araújo; Ramalho; Melo, 2020).

A ciência é indispensável para que haja promoção de qualidade de vida e mais acesso à saúde pública (Araújo; Ramalho; Melo, 2020). Considerando o petróleo, percebe-se que esse recurso continua essencial para os diversos meios de desenvolvimento, soberania e hegemonia de grandes potências mundiais, evidenciando os Estados Unidos da América, que trata esta matéria prima como uma questão de segurança nacional, por tratar-se do principal combustível da economia e das forças militares modernas (Cruz Merchán; Bonilla Ovallos; Reyes James, 2024).

Por outro lado, nota-se que a ascensão do petróleo também esteve associada a disputas e conflitos, esse crescimento exponencial, por sua vez, gera

mais disputas e conflitos entre diversos e diferentes países e organizações, revelando essa situação para diversos territórios e necessitando de cada vez mais pesquisas multidisciplinares sobre o combustível e sua relação com a ascensão de potências internacionais (Martinez; D Matos, 2024).

Metais pesados, como chumbo e cobre, podem causar graves consequências ao meio ambiente devido à sua alta toxicidade e persistência no solo e na água (Junior *et al.*, 2022). Quando liberados através de atividades industriais, como mineração, fundição e descarte inadequado de resíduos eletrônicos, esses metais contaminam solos e corpos d'água, afetando a fauna e a flora locais (Rocha *et al.*, 2023). O chumbo, por exemplo, pode se acumular em plantas, prejudicando o crescimento e afetando a cadeia alimentar ao ser ingerido por herbívoros, que por sua vez afetam predadores em níveis tróficos superiores (Ferreira *et al.*, 2021).

A contaminação por metais pesados também impacta os ecossistemas aquáticos (Rocha *et al.*, 2023). O cobre, quando presente em altas concentrações na água, é tóxico para organismos aquáticos, como peixes e invertebrados, interferindo em suas funções fisiológicas e reduzindo sua taxa de reprodução (Ferreira *et al.*, 2021). Além disso, esses metais podem se depositar no sedimento do fundo de rios e lagos, permanecendo no ambiente por longos períodos e sendo reintroduzidos na cadeia alimentar por organismos bentônicos, perpetuando o ciclo de contaminação (Junior *et al.*, 2022).

As consequências não se limitam à biota; os metais pesados também afetam a qualidade da água e do solo, tornando-os inadequados para consumo humano e agrícola (Ferreira *et al.*, 2021). Portanto, é essencial adotar práticas de manejo adequado de resíduos e implementar tecnologias de remediação ambiental para minimizar os impactos desses poluentes no meio ambiente e na saúde humana (Rocha *et al.*, 2023).

### **3.2 O malte da cana de açúcar**

O malte da cana de açúcar é o principal ingrediente do processo da produção de cerveja, o bagaço de malte representa cerca de 85% do total de resíduo sólido gerado no processo de produção cervejeira (Capelezzo *et al.*,

2020). Trata-se de um material rico em amido que fornece açúcares redutíveis que são substratos para as leveduras produzirem etanol (Dos Santos Silva *et al.*, 2024). O bagaço de malte de cana de açúcar é o principal resíduo industrial do processo de produção da cerveja, que possui uma grande importância econômica, considerando que é uma das bebidas mais produzidas e consumidas ao longo do tempo (Martins *et al.*, 2023).

O principal subproduto dessa produção é conhecido como bagaço de malte, derivado do processo de obtenção do mosto é constituído de restos de casca e polpa de malte (Martins *et al.*, 2023). O bagaço de malte produzido pode ser oriundo de diferentes cereais maltados, tais como: cevada, trigo, aveia, centeio, sorgo, e outros (Dos Santos Silva *et al.*, 2024). Contudo, o principal cereal utilizado na indústria cervejeira é o malte de cevada. Além dos maltes, adjuntos cervejeiros também podem ser utilizados, tais como: arroz e milho (Capelezzo *et al.*, 2020).

Como salienta, o bagaço de malte instiga o conhecimento de suas características, de forma a promover agregação de valor, evitando sua subutilização ou descarte inadequado (Capelezzo *et al.*, 2020). Logo, foram preteridos trabalhos que evidenciam suas características químicas e sua vasta utilização em complexos industriais, além de contextos gerais (Dos Santos Silva *et al.*, 2024).

Atualmente, há uma preocupação com o aperfeiçoamento de métodos para o seu reaproveitamento (Capelezzo *et al.*, 2020). De acordo com os últimos dados, compilados e disponibilizados pela Associação Brasileira da Indústria da Cerveja, o parque industrial soma mais de 50 grandes complexos industriais e 690 empresas cervejeiras no país (Tombini *et al.*, 2024).

Os resíduos da indústria cervejeira, quando não tratados e dispostos adequadamente, causam sérios problemas ecológicos, ocasionados pela poluição do solo e dos corpos hídricos, que, por sua vez, pode causar a morte de peixes e outros animais, a toxicidade em plantas e a eutrofização dos corpos de água (Thyssen; Ott; Petrucci, 2024).

O potencial do bagaço de malte como matéria-prima para diversos

processos industriais, incluindo a produção de biocombustíveis e compostos químicos de alto valor agregado (Dos Santos Silva *et al.*, 2024). Uma referência que aborda esse tema é o estudo de Massardi *et al.*, (2020), que realizou a caracterização química do bagaço de malte e avaliou suas possíveis aplicações (Tombini *et al.*, 2024). Os resultados indicaram teores significativos de hemiceluloses (29,92%), proteínas (21,16%), lignina total (20,80%) e celulose (15,99%), sugerindo diversas aplicações para esse resíduo, como a produção de etanol de segunda geração, carvão hidrotérmico, ácido lático, HMF e produtos para nutrição humana.

Com isso, há pesquisas sendo desenvolvidas com o intuito de testar o potencial de biossolvente do bagaço de malte em amostra de efluente líquido de termoelétrica (Cruz *et al.*, 2024).

### **3.3 Bagaço de malte, o uso de um resíduos agroindustrial**

Bertolo *et al.*, (2022), reitera ao considerar a indústria de combustíveis fósseis, sendo o principal deles o petróleo, os resíduos tanto dos processos de produção quanto da comercialização e do descarte incorreto continuam sendo um problema grave que a nossa sociedade enfrenta (Tombini *et al.*, 2024). Quando se fala especificamente sobre o Brasil, ainda no ano de 2019, o país entrou na rota de acidentes internacionais decorrentes do derramamento de petróleo no mar, no litoral sul de Pernambuco (Miguel; Gomes; Da Silva, 2021).

O tratamento dos efluentes industriais cumpre uma atribuição fundamental na conservação e preservação do meio ambiente e na efetiva sustentabilidade das atividades fabris (Cruz *et al.*, 2024). O insumo destinado à pesquisa acadêmica é de fundamental importância para que haja medidas mitigadoras e de biorremediação que melhorem as condições desse efluentes, ou até mesmo resolvam o problema de forma eficaz, o que desperta o interesse da indústria (Bertolo *et al.*, 2022).

Com o intuito de remover contaminantes de efluentes industriais, como o petróleo, os experimentos de adsorção são bem divulgados por causa das altas

taxas de remoção desses compostos com o emprego de carvão vegetal e ativado, também há estudos como biossorvente (Dos Santos Silva *et al.*, 2024).

Logo, a desvantagem do alto custo pode ser reduzida com a utilização de carvões produzidos de bagaço do malte de cervejarias locais, sendo resíduos industriais e ambientais (Miguel; Gomes; Da Silva, 2021). Ainda, para fins comparativos, foram analisadas a implantação de uma unidade de produção de carvão vegetal nas cervejarias e também a análise de uma empresa direcionada exclusivamente para a compra do bagaço e produção do carvão (Almerindo; Rossol, 2023).

O ácido láctico (ácido 2-hidroxiopropanóico) é um composto orgânico bastante versátil utilizado nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, químicas, têxteis e cosméticas, tendo bastante apelo comercial. E por ser uma proteína, é usada para nutrição humana (Massardi; Massini; Jesus Silva, 2020). Segundo Correia *et al.*, (2020) o bagaço de malte apresenta eficiência na remoção do azul de metileno em efluente sintético, portanto, torna-se uma excelente alternativa por ser economicamente viável. Com o objetivo de discutir sobre uma possível solução de remediação do petróleo e seus derivados em efluentes industriais, usando amplamente o óleo de motor por conta do maquinário.

Entende-se que o bagaço de malte é uma alternativa viável para ser utilizado como bioabsorvente, pois é produzido em grandes quantidades durante o processo de produção da cerveja. O bagaço de cana de açúcar em em natura, teve um percentual de remoção de aproximadamente 94% para o maior nível de concentração (80 mg/L), menor nível de pH (6) e menor tempo (4 horas). Provando que seu valor mercadológico tende a subir, há cervejarias que despertaram o interesse de realizar processos para gerar novos produtos com seu próprio resíduo do malte (Correia *et al.*, 2020).

Para remoção de óleo lubrificante em meio aquoso” que trazem a certeza que há uma alta afinidade entre as moléculas do adsorvato com o adsorvente, chegando a valores próximos de 0,8 g de óleo de motor sendo adsorvidas em 1 g de adsorvente, o que são bem promissores, tornando o bagaço de malte um candidato considerável para a remoção deste contaminante de efluentes líquidos (Castro; Meurer; Colpini, 2021).

A partir dos resultados e conclusões apresentados nestes estudos, principalmente no de Castro, Meurer e Colpini (2021), é demonstrado que o bagaço de malte seco, ilustrado na Figura 2, pode ser utilizado para processos de descontaminação ambiental, através de processos de adsorção de óleo lubrificante, proveniente de indústrias.

Figura 2 - Bagaço do malte *in natura*



Fonte: Autor (2024).

É necessário enfatizar que a implantação de uma unidade de reaproveitamento do bagaço de malte dentro da própria indústria cervejeira, pode ser de interesse econômico tanto para uma cervejaria quanto para uma indústria nova, que deseja ingressar no segmento de produção de um produto rentável por meio de resíduos (Almerindo; Rossol, 2023).

Além do que já foi dito, resolveria a problemática de empresas que não realizam a gestão, o gerenciamento e o tratamento adequado de seus resíduos, correm o risco de sofrer penalidades dos órgãos de controle, que podem aplicar multas, paralisar as atividades industriais ou ainda impedir a comercialização dos produtos, retornando às atividades apenas se houver adequação dos parâmetros ambientais (De Oliveira, 2024).

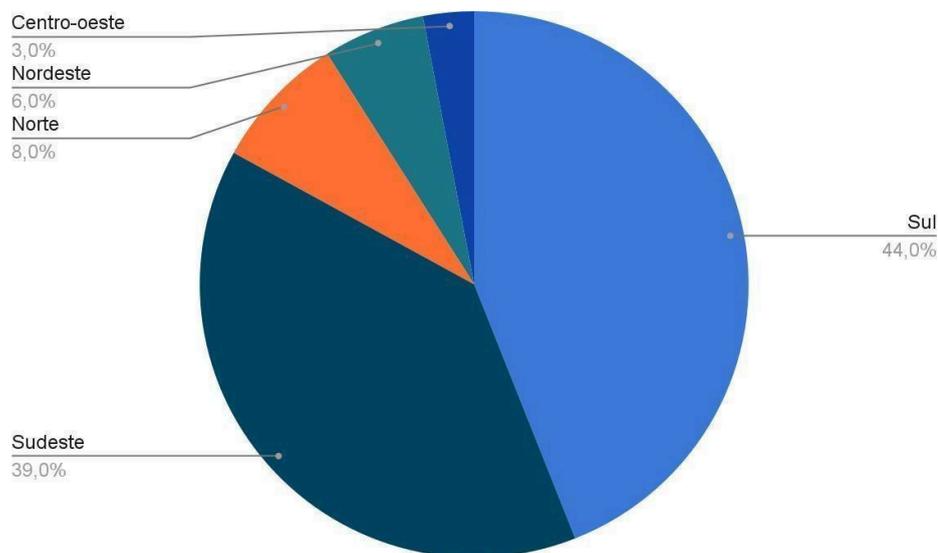
Salienta-se que todos os estudos pesquisados, analisados e discutidos, a partir do uso de bagaço do malte, auxiliam a ampliar o total de pesquisas na biorremediação de poluentes ambientais (Almerindo; Rossol, 2023). Para que haja cobrança na aplicabilidade dessas soluções, por meio das gestões responsáveis, é ideal que haja acesso à educação ambiental para todas as gerações (De Oliveira, 2024). Diante disso, os altos percentuais de poluentes em corpos

hídricos, é de extrema necessidade que haja cada vez mais pesquisas para diminuir ou pelo menos mitigar tais prejuízos ao meio ambiente, e o bagaço de malte provou ser uma alternativa bastante viável (Massardi; Massini; De Jesus Silva, 2020).

### 3.4 A indústria cervejeira no Brasil

A cadeia produtiva do setor cervejeiro emprega cerca de 2,2 milhões de pessoas, sendo um dos maiores empregadores do Brasil, e ainda é responsável por 1,6% do PIB do país. As regiões sul e sudeste respondem por 83% da produção de cerveja, podendo ser reflexo de contextos históricos e geográficos, logo, a concentração econômica do país está localizada nessas regiões conforme na Figura 3 (Da Rosa Almeida; De Conto, 2024).

Figura 3 - Porcentagem de distribuição de cervejarias pelas regiões do Brasil.



Fonte: Autor (2024).

A indústria cervejeira importa a maior parte do malte empregado para a produção de cerveja, cerca de 60%, a qual é realizada por todo o território nacional (Ricardino; Souza; Da Silva Neto, 2021). Objetivando reduzir a dependência do país em relação ao malte estrangeiro, suprir a crescente demanda, e ainda reduzir os custos de logística, as indústrias malteiras e as empresas de melhoramento genético passaram a concentrar-se na adaptação da

cevada ao cerrado brasileiro (Muller; Guimarães; Ghesti, 2021).

Para a aplicação dessas cevadas no processo de malteação, são necessários estudos para o desenvolvimento de cultivares com qualidade malteira adequada, que sejam adaptadas à região e que ainda possuam potencial produtivo (Arantes *et al.*, 2024). Evidencia a importância do uso de materiais renováveis e resíduos agrícolas na produção de materiais biodegradáveis (Muller; Guimarães; Ghesti, 2021). A economia circular dá grande importância ao reaproveitamento e reciclagem de resíduos, e o uso do bagaço da indústria cervejeira para outras funções é um bom exemplo dessa abordagem. Evitando o gasto para que haja descarte correto do material, ou até mesmo seu descarte irregular (Ricardino; Souza; Da Silva Neto, 2021).

Abrangendo o agronegócio por meio do aumento da extensão da cadeia produtiva, que tem início nas atividades da cultura e na distribuição dos insumos até a destinação final, que envolve grandes frotas de veículos brasileiros, para disponibilizar a bebida em diversos mercados, tornando-se acessível para 99% da população do Brasil (Muller; Guimarães; Ghesti, 2021). Pode-se reiterar ainda com um ponto de vista que une o econômico e o sustentável. Considerar as propriedades dos materiais na produção de produtos sustentáveis pode ser incentivado no ensino, incentivando a consciência ambiental e a valorização de resíduos como potenciais recursos na economia circular (Arantes *et al.*, 2024).

A integração da Química Verde e da economia circular no currículo e nas recomendações pedagógicas reforça a Educação Ambiental como ferramenta essencial na formação de cidadãos conscientes e engajados na busca de soluções sustentáveis (Muller; Guimarães; Ghesti, 2021). Além disso, a preocupação responsável com o meio ambiente é de responsabilidade social de empresas que já são popularmente conhecidas pelo seu potencial poluidor e o descaso com a falta de punição de âmbito governamental (Ocelllo, 2023).

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Brasília: Diário Oficial da União**. ANP. (2024).

ALMERINDO, G. I; ROSSOL, H. V. Análise da viabilidade econômica da produção industrial de carvão vegetal por bagaço de malte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**,

v. 28, p. e20220183, 2023.

ALVARENGA, A. A; DANTAS, A. T. O Brasil no contexto das guerras por recursos: o caso do petróleo. **Revista del CESLA**, v. 26, p. 377-392, 2020.

ARANTES, G. C. A; DA SILVA, S. C; DUTRA, R. C; DRUMMOND, A. L; GHESTI, G. F. Utilização do Bagaço de Malte para Preparação de Bioplásticos: Uma Proposta de Economia Circular ao Setor Cervejeiro. **Química Nova**, v. 47, p. e-20240023, 2024.

ARAÚJO, M. E; RAMALHO, C. W. N; MELO, P. W. Pescadores artesanais, consumidores e meio ambiente: consequências imediatas do vazamento de petróleo no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, p. e00230319, 2020.

BATISTA, A.; FARIA, F. L.; BRONDANI, P. B. A Química do Petróleo: a utilização de vídeos para o ensino de Química no Nível Médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 237-245, 2020.

BERTOLO, A. J; KOPPLI. B. W; BERTOLO, J. P; DA SILVA, L; CASSOL, F. Combustíveis fósseis: panorama de produção e consumo no Brasil. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 8, n. 1, p. 102-123, 2022.

BISPO, A. M; PAULA, I. S; HILARIO, L. S; ROCHA, S. A. P; DA SILVA, D. R; GONDIM, A. D; ARAUJO, A. M. M. Aplicação do biochar na adsorção de metais pesados. in: anais do ii congresso da rede brasileira de bioquerosene e hidrocarbonetos sustentáveis de aviação. **Editora Científica Digital**, 2024. p. 21-23.

CAPELEZZO, L; AGNOL, J. D; TOMBINI, C; GODOY, J. S; ONOFRE, S. B; JUNIOR, F. R.S. M. Elaboração e avaliação físico-química de uma barra de cereal utilizando resíduo cervejeiro. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 3, p. 5107-5121, 2020.

CASAS, L. J.; HENKES, J. A. Gestão energética sustentável: novos combustíveis para a aviação e estruturas de suporte: sustainable energy management: new fuels for aviation and support structure. **Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas**, v. 4, n. 2, p. 192-242, 2024.

CASTRO, L. E. N; MEURER, F; COLPINI, L. M. S. Estudo da aplicação de bagaço de malte Como adsorvente Para remoção de óleo lubrificante em meio aquoso/study of the application of brewers' spent grains as an adsorbent for the removal of lubricating oil in an aqueous medium. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 120522-120527, 2021.

CERVBASIL, A. **Associação Brasileira da Indústria da Cerveja- Anuário 2016**. 2016.

CORREIA, L. F; BARROS, J. M. H. F; MARINHO, A. F; CLERICUZI, G. Z; SOUZA, K. S. M. G. Aproveitamento do bagaço de malte como adsorvente para a remoção do corante azul de metileno. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e730997781-e730997781, 2020.

CRUZ, C. S. L; FREITAS. G. M; SOUZA, C. D. D; FREITAS, L. N; DA SILVA, M. R. A; DA SILVA, J. P; GONÇALVES, A. B. D; DA SILVA, L. A. B; NUNES, F. C. B; BRITO, M. G. S. L. Análise das condições operacionais de um reator UASB tratando efluentes líquidos de frigorífico industrial. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 1, p. 1838-1858, 2024.

CRUZ MERCHÁN, C. A; BONILLA OVALLOS, M. E; REYES JAIMES, J. M. Conflito socioambiental no departamento de Santander, Colômbia (2016- 2022): Uma caracterização baseada na construção de um estado da arte. **Revista Logos Ciencia & Tecnologia**, v. 16, n. 1, p. 214-225, 2024.

DA COSTA, S. A; EVARISTO, B. W; DA SILVA, M. L; BRAGA, P. R. S; GHESTI, G. F. Prospecção tecnológica e científica de bioprocessos de conversão do bagaço de malte com ênfase em compostagem e biodigestão. **Revista Virtual de Química**, v. 16, n. 1, 2024.

DA ROSA ALMEIDA, A; DE CONTO, L. C. Lúpulo no Brasil: Uma cultura promissora em ascensão. **Food Science Today**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2024.

DA SILVA, R. C. A dinâmica geopolítica do petróleo: a interseção da economia, do poder e das estratégias dos EUA na perspectiva de David Harvey. **Peer Review**, v. 5, n. 26, p. 197- 213, 2023.

DA SILVA SOUZA, M. L.; TONELLA, L. H. Capitalismo e meio ambiente: uma análise dos impactos industriais por meio da legislação brasileira. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 14, p. e141250-e141250, 2024.

DE ANDRADE, L. C. M.. Mar limpo é vida. **Revista Marítima Brasileira**, v. 140, n. 01/03,p. 177-188, 2020.

DE ARAÚJO, T. P; BRIGHENTI. L. S; SANTOS, H. B; CASTRO, A, H, F; THOME, R. G. Toxicidade de compostos nitrogenados em peixes influenciada por parâmetros físico-químicos da água: uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e359101119779-e359101119779, 2021.

DE LARA, J. T.. Ecologia e Poluição: a atuação do Laboratório de Radioisótopos nos corpos hídricos fluminenses (décadas de 1970 a 2000). **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 18, p. 1-20, 2025.

DE LIMA DANTAS, H. L; COSTA, C. R.B; COSTA, L. M. C; LUCIO, I. M. L; COMASSETO, I. Como elaborar uma revisão integrativa: sistematização do método científico. **Revista Recien-Revista Científica de Enfermagem**, v. 12, n. 37, p. 334-345, 2022.

DE MAGALHÃES, M. F; RAMOS, H. R; DA SILVA BEZERRA, C. M. Economia circular e práticas sustentáveis adotadas por agricultores familiares. **Revista de Administração da UFSM**, v. 17, n. 1, p. e6-e6, 2024.

DE OLIVEIRA, C. S. Intervenção das instituições financeiras no meio ambiente: da sustentabilidade ao ESG. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 19, n. 2, 2024.

DE SOUSA, A. S; DE OLIVEIRA, G. S; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da FUCAMP**, v. 20, n. 43, 2021.

DOS SANTOS, C. M; BRAGA, A. L. C; SANTOS, J. M; OLIVEIRA, M. B; MADUREIRA, M. T. A indústria do petróleo e energia frente aos novos desafios de se inserir nos modelos da transição energética. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e40711932000- e40711932000, 2022.

DOS SANTOS SILVA, E. M; DA SILVA, J. A. P; FERREIRA, A. F. B; DA SILVA, M. R;

TAVARES, F. F. C; ALMEIDA, M. D. C. Produção e caracterização de cerveja artesanal estilo Saison Ale com extrato da polpa de Bacuri (*Platonia insignis* Mart.). **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 1, p. 4100-4121, 2024.

DE VASCONCELOS, E. S. A. G; SILVA, B. F; MESQUITA, F. O; MELO, D. M. A; GOMES, V. S; MEDEIROS, V. N. Valores naturais de metais pesados de solos de referência em região semiárida do Brasil. **REVISTA DELOS**, v. 17, n. 62, p. e3003-e3003, 2024.

DUARTE, I. F. et al. Mecanismos de remediação dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos do petróleo utilizando microalgas e cianobactérias com vistas a bioeconomia circular. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e512101119954- e512101119954, 2021.

FERNANDES, T. F. N. U; CAMPELLO, L. G. B. A Proteção Jurídica do Pantanal, na Época do Antropoceno, e a Garantia do Direito Humano ao Meio Ambiente Equilibrado. **Revista Argumentum-Argumentum Journal of Law**, v. 24, n. 3, p. 477-500, 2024.

FERREIRA, K. S. et al. Metais nos Sedimentos em Reservatórios: há Toxicidade Potencial?. **Sociedade & Natureza**, v. 33, p. e58794, 2021.

FERREIRA, P. G. et al. Aqui tem Química Parte XII. A Água nas Instalações Sanitárias: Uso Eficiente e Sustentável. **Revista Virtual de Química**, v. 16, n. 5, 2024.

FERREIRA, F. R. M; DE QUEIROZ, F. A; DE SOUZA CARVALHO, L. F. A Revolução Biotecnológica: História e Indústria no Brasil. **Khronos**, n. 16, p. 72-98, 2024.

FIORI, J. L; NOZAKI, W. Petróleo, guerra e corrupção: para entender Curitiba. **Carta Maior**, v. 27, 2019.

GODFRID, J. Capítulo 5: Los pasivos ambientales mineros en Chile desde una perspectiva social. In: **Transiciones, movilización ciudadana y cambios institucionales**. 2023. p. 235.

GRIGGIO, R. C; LUVIZÃO, G. Avaliação das características químicas, volumétricas e mecânicas, quando incorporado escória de chumbo proveniente da reciclagem de baterias. **Conhecimento em Construção**, v. 8, p. 61-78, 2021.

IEA, Statistics. **International Energy Agency**, 2016. Key World Energy Statistics, ed, 2019. FARIAS, Charles Bronzo B. et al. Production of green surfactants: Market prospects. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 51, p. 28-39, 2021.

JUNIOR, A. S. A. et al. Plantas medicinais e fitoterápicos regulamentados no Brasil: risco de toxicidade por metais pesados. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e39111124994-e39111124994, 2022.

JÚNIOR, R. N. C. C. et al. Revisão integrativa, sistemática e narrativa-aspectos importantes na elaboração de uma revisão de literatura. **Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina**, v. 28, n. 1, p. 4, 2023.

LEANDRO DA SILVA, S. et al. Estudo da composição química e microbiológica das argilas de uso cosmético em manaus. **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 17,n. 1, 2024.

MACHADO, J. D. O. A; DE CARVALHO, R. A. Exploração de Petróleo no Brasil e Estados Unidos: história e relevância. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 52499- 52515, 2021.

MARTINEZ, E. H; DE MATOS, M. B. A Observância do Princípio da Seletividade na Cobrança do Icms dos Combustíveis. **Revista Foco**, v. 17, n. 3, p. e4656- e4656, 2024.

MARTINS, C. G. et al. Identificação e quantificação de compostos bioativos do coproduto de cervejaria, bagaço de malte, e determinação da capacidade antioxidante. **Nutrivisa- Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, v. 10, n. 1, p. e10912-e10912, 2023.

MASSARDI, M. M; MASSINI, R. M. M; DE JESUS SILVA, Deusanilde. Caracterização química do bagaço de malte e avaliação do seu potencial para obtenção de produtos de valor agregado. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 1, p. 0083-0091, 2020.

MENDES SIMBA, E. Minerais Críticos para a Transição Energética. Enquadramento na Ordem Jurídica Angolana e Uma Abordagem Comparada a partir de uma Visão Africana. *Eunomia. Rivista di Studi su Pace e Diritti Umani*, n. 2, p. 161-186, 2024.

MIGUEL, I. D et al. Potencial terapêutico e toxicidade de produtos homeopáticos de origem animal e mineral. **Revista Eletrônica Acervo Científico**, v. 47, p. e16799-e16799, 2024.

MIGUEL, D. C. A; GOMES, V. B; DA SILVA, R. R. Estratégias de leitura aplicadas a textos de divulgação científica para abordar o vazamento de petróleo nas praias do nordeste. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 4, 2021.

MOREIRA, I. T. A; MARQUES, I. M. Biorremediação de áreas costeiras impactadas por Petróleo. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, v. 18, 2020.

MULLER, C. V.; GUIMARÃES, B. P.; GHESTI, G. F. O controle oficial de uso de adjuntos em cerveja no Brasil. **Revista Processos Químicos**, v. 15, n. 29, 2021.

NASCIMENTO, D. C. B. et al. Chumbo: Extração e aplicações, uma revisão Lead: Extraction and applications, a review. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 103824- 103836, 2021.

NASCIMENTO, L. A. S; ACCORSI, F. A. O futuro (do rosa) é verde? Infância, consumo e educação ambiental a partir da Barbie Loves The Ocean. **Revista Sergipana de Educação Ambiental**, v. 11, p. 1-35, 2024.

OCCELLO, V. S. Economía circular:: desafíos y oportunidades para la química. **Bitácora Digital**, v. 10, n. 14, p. 87-90, 2023.

PEREIRA, V. R; MARTINS, G. A; DE MORAIS, R. M. Sustentabilidade e educação profissional tecnológica: a gestão de resíduos sólidos em um campus do IFSP. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 3, p. e3697-e3697, 2024.

PIARDI, R; CONDE, A. Odontologia Sustentável: reciclagem de lâminas de chumbo de películas radiográficas. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6,

n. 1, p. 153-164, 2024.

PRAUCHNER, M. J. et al. Combustíveis Derivados do Petróleo: Obtenção, Propriedades e Usos. **Revista Virtual de Química**, v. 15, n. 1, 2023.

RICARDINO, I. E. F; SOUZA, M. N. C; DA SILVA NETO, I. F. Vantagens e possibilidades do reaproveitamento de resíduos agroindustriais. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 8, p. 55-79, 2020.

ROCHA, J. S. et al. Bioacumulação de metais pesados em peixes: impactos sobre a saúde humana e meio ambiente. **Ciência Animal**, v. 33, n. 1, p. 40-43, 2023.

SANTAMARÍA, A. P; ORTEGA, F; RUBIO, R. G. Quitosano como alternativa a los polímeros tradicionalmente usados como acondicionadores en formulaciones de cuidado capilar. **Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros**, v. 127, n. 797, p. 1, 2024.

SANTANA, D. L. et al. Adsorção de Cu (II) em solução utilizando zeólita tipo A sintetizada a partir de rejeito de beneficiamento de caulim do estado do Pará. in: processamento sustentável de produtos naturais amazônicos: transformação de matérias-primas e resíduos na economia circular. **Editores Científicos Digital**, p. 8-27, 2024.

SANTOS, I. G. A; WISNIEWSKI JR, A. Sequestrantes de Compostos de Enxofre para Petróleo. **Revista Virtual de Química**, v. 15, n. 3, 2023.

SILVA, D. C. P. et al. Derramamento de Óleo no Mar e Implicações Tóxicas da Exposição aos Compostos Químicos do Petróleo: Oil Spill in The Sea and Toxic Implications of Exposure to Petroleum Chemical. **Revista Contexto & Saúde**, v. 21, n. 44, p. 332-344, 2021.

SOUZA-SILVA, G. et al. Contaminação por compostos nitrogenados e coliformes em águas subterrâneas da região metropolitana de Belo Horizonte, Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 3, 2023.

TOMBINI, C. et al. Centesimal, Physico-Chemical, Bioactive and Microbiological Characterization of Pilsen-Type Malt Bagasse. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. e04391-e04391, 2024.

THYSSEN, P. J; OTT, T. M; PETRUCCI, M. S. C. Anais do II INSETEC 2023. **Insect Farming Technologies**, v. 2, n. Edição Especial, 2024.

VANALI, A. C. et al. Degradação em Aço Carbono com e sem Revestimentos Gerada pela Exposição a Ácido Clorídrico. **Conhecimento Interativo**, v. 17, n. 2, p. 402- 411, 2024.

# **CAPÍTULO II**

CAPÍTULO DE LIVRO PUBLICADO NO:  
IV CONGRESSO NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA,  
AMBIENTE, SAÚDE E EDUCAÇÃO - 2024

# USO DO BAGAÇO DE MALTE PARA BIORREMEDIAÇÃO DE CONTAMINANTES DERIVADOS DO PETRÓLEO

**João V. da S. Chagas**<sup>1\*</sup>, Elannie S. C. da Silva <sup>1</sup>, Pollyana P. do Nascimento <sup>2</sup>, Rayanne N.

R. B. Simões <sup>3</sup>, Leonie Asfora Sarubbo<sup>4,5</sup>, Raquel D. Rufino<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais/  
Universidade Católica de Pernambuco, Rua do Príncipe, n.  
526, Boa Vista, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>2</sup> Doutorado em Biotecnologia/Rede Nordeste de Biotecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil.

<sup>3</sup> Ciências Biológicas/Escola de Saúde e Ciências da Vida, Universidade Católica de Pernambuco, Rua do Príncipe, n. 526, Boa Vista, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>4</sup> Instituto Avançado de Tecnologia e Informação/IATI, Rua Potira, 31, Prado, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>5</sup> Engenharia Ambiental/Escola de Tecnologia e Comunicação, Universidade Católica de Pernambuco, Rua do Príncipe, n. 526, Boa Vista, Recife, Pernambuco, Brasil.

\* Endereço de e-mail do autor correspondente: [vtorchagas@gmail.com](mailto:vtorchagas@gmail.com)

## RESUMO

O descarte de efluentes gerados por diversos segmentos industriais tem sido objeto de estudos, pois apresentam poluentes que causam impactos para os ecossistemas terrestres e aquáticos. Pela necessidade de desenvolvimento de estratégias que utilizem produtos menos tóxicos nos processos de remediação ambiental, o bagaço de malte se mostra como resíduo com alto valor agregado, de baixo custo, para processos de remoção de derivados de petróleo e metais pesados. Dessa forma, o principal objetivo do presente estudo foi evidenciar, através de uma revisão integrativa da literatura, as pesquisas mais recentes na área de biorremediação de efluentes industriais, com o aproveitamento do do bagaço de malte. Foram encontradas 1.005 publicações, das quais 964 foram removidas após filtragem automática. 41 artigos foram selecionados, e após a leitura de títulos e resumos. Após leitura integral, 16 compuseram a amostra final da revisão. De acordo com o levantamento da literatura, observou-se que diante dos altos percentuais de poluentes em corpos hídricos, é crucial promover mais pesquisas para reduzir ou mitigar os danos ambientais. Sendo assim, com a discussão dos resultados desses estudos, observa-se que a utilização do bagaço de malte é uma alternativa viável, tanto para indústria cervejeira, quanto para a petrolífera, pois apresenta potencial para utilização como agente adsorvente, que poderá ser mais explorado para utilizações futuras de descontaminação ambiental.

**Palavras-chave:** Bagaço de Malte. Biorremediação. Indústria Cervejeira. Petróleo.

## 1 INTRODUÇÃO

Em aspecto global a demanda por energia, a disputa por sobrevivência, e por recursos naturais, ocasionalmente, acontece em várias situações tanto na vida selvagem quanto no meio socioeconômico. Essa disputa pode ser notada através de lutas geopolíticas e econômicas, estratégias, ações, conflitos e entre potências internacionais e domésticos por locais que possuem recursos como petróleo, terras raras, carvão, gás natural, terras agricultáveis, ouro, urânio, e recursos hídricos, gerando as conhecidas como de guerras por recursos ou economia geopolítica de guerras por recursos (Alvarenga; Dantas, 2020).

Uma ordem internacional marcada por conflitos pela detenção e pelo manejo de recursos naturais e energéticos enfrentando um cenário de crescente escassez, logo esses recursos são cada vez mais essenciais para a segurança, soberania e desenvolvimento dos atores envolvidos. Dentre esses os recursos, destaca-se o petróleo. Uma das matérias primas de uso mais antigo que ganhou notoriedade na sociedade mundial inicialmente como fonte de iluminação e depois com o combustível (Mendes Simba, 2024).

Vale ressaltar, a economia circular complementa essa visão ao promover a ideia de um ciclo de vida contínuo e renovável dos materiais, incentivando o reaproveitamento e a reciclagem dos recursos naturais e evitando a geração excessiva de resíduos. Atualmente, há uma grande demanda do mercado, para que as empresas possuam uma espécie de selo verde, que abrange uma ação de marketing e sustentabilidade que pode acarretar mais lucratividade, e medidas efetivas para enfrentamento de problemáticas ambientais (Nascimento; Accorsi, 2024).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a busca dos estudos primários, foram selecionados os descritores: “bagaço de malte”, “indústria cervejeira” e “biorremediação”, através de plataformas online de pesquisas. As plataformas online de pesquisa científica escolhidas para a coleta de dados foram: Biblioteca Eletrônica Científica Online (SCIELO), Scientific Electronic Library Online e Google Acadêmico. Como critérios de inclusão, foram selecionados artigos completos e disponíveis na íntegra, em português brasileiro, dos últimos dez anos e que respondem à temática. Foram excluídos os artigos incompletos, fora do recorte temporal e da temática, além dos duplicados e teses. Buscar apresentar e discutir alguns dos argumentos, sobreposições, contraposições e lacunas que fizeram parte do debate acadêmico em torno da biorremediação com bagaço de malte proveniente da indústria cervejeira no Brasil. Dentre todos os artigos apresentados pelos motores de busca e pela técnica de bibliografia reticulada, selecionados em bases de dados como: Scielo e Google Acadêmico, apenas aqueles publicados de 2020 a 2024.

Por meio da busca nas bases de dados, foram encontradas 1.005 publicações relacionadas aos descritores. Foram removidas 964 antes da triagem, pois não se adequaram ao método de filtragem automática. Restaram 41 publicações para leitura de títulos e resumos, onde 25 foram excluídas por estarem fora da temática. Os 16 artigos restantes foram selecionados para a leitura integral. Encerrada a etapa de pré-seleção e seleção do material, permaneceram 16 artigos, que

contemplam a amostra final que compõem esta revisão.

A pesquisa não implicou na participação de seres humanos, portanto, não apresenta análise ética. A verificação da originalidade deste trabalho foi realizada com a utilização de ferramentas de detecção de plágio, garantindo assim a autenticidade da escrita. Assegura-se uma análise minuciosa e imparcial do tema, seguindo os princípios da área escolhida, sem qualquer forma de preconceito, discriminação ou distorção intencional dos dados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro poço de petróleo no Brasil foi perfurado em 1897, em São Paulo, pelo fazendeiro Eugênio Ferreira de Camargo, com uma sonda importada dos EUA, atingindo 488 metros de profundidade, foram retirados apenas dois barris. Sabe-se que as maiores reservas de petróleo brasileiras estão em campos marítimos, logo ocorreu esse atraso por falta de recursos para exploração. O Brasil é referência em extrair petróleo em águas profundas e ultraprofundas. Ambos os países são notados como pioneiros na extração de petróleo, mesmo seus contextos históricos e ascensão industrial ocorreram de formas distintas (Da Silva, 2023).

Como reitera Moreira e Marques (2020), a composição química do petróleo pode variar conforme o local, a região e a profundidade mesmo quando trata-se do mesmo poço. Considerando a possibilidade de diversidade em sua composição, não há dois petróleos idênticos. Porém, é sabido que os elementos majoritários são o carbono e o hidrogênio, já os minoritários são: nitrogênio (0,1-2,0% m/m), enxofre (0,05-6,0% m/m) e oxigênio (0,05-1,5% m/m),

quando se trata da composição elementar do petróleo, sem esquecer de alguns metais, como vanádio, níquel, ferro e cobre, presentes em partes por milhão. Também é notável, que o teor de carbono é relativamente constante (83,0- 87,0% m/m) sendo os teores de hidrogênio e heteroátomos, o que representa a distinção entre os óleos (Dos Santos *et al.*, 2022).

Em vista dos argumentos apresentados, infere-se que as atividades desenvolvidas despertaram a consciência dos alunos para a questão do consumo consciente, produção e destino final dado aos resíduos, bem como uma constante busca da sustentabilidade, de forma equilibrada, para que essa geração e as futuras possam utilizar de forma sustentável os recursos do planeta, embora as respostas não tenham sido uniformes. Por bloquear a luminosidade, o petróleo é responsável por impedir que o fitoplâncton realize fotossíntese, o que afeta negativamente todos os seres vivos que respiram oxigênio. E como o fitoplâncton serve de alimento para o zooplâncton, este também é atingido. Desse modo, toda a cadeia alimentar do ecossistema marinho é prejudicada (Araújo; Ramalho; Melo, 2020).

A cadeia produtiva do setor cervejeiro emprega cerca de 2,2 milhões de pessoas, sendo um dos maiores empregadores do Brasil, e ainda é responsável por 1,6% do PIB do país. As regiões sul e sudeste respondem por 83% da produção de cerveja, podendo ser reflexo de contextos históricos e geográficos, logo, a concentração econômica do país está localizada nessas regiões conforme no Gráfico 2 (Da Rosa; Almeida; De Conto, 2024).

A indústria cervejeira importa a maior parte do malte empregado para a produção de cerveja, cerca de 60%, a qual é realizada por todo o território nacional. Objetivando reduzir a dependência do país em relação ao malte estrangeiro, suprir a crescente demanda, e ainda

reduzir os custos de logística, as indústrias malteiras e as empresas de melhoramento genético passaram a concentrar-se na adaptação da cevada ao cerrado brasileiro (Muller; Guimarães; Ghesti, 2021). O quadro 1 evidencia os trabalhos publicados acerca da viabilidade e utilização do bagaço de malte como matéria prima.

**Quadro 1.** Trabalhos selecionados, avaliando o potencial aproveitamento do bagaço de malte em diferentes usos para a indústria e meio ambiente.

TÍTULO	ANO	AUTORES	OBJETIVO
1. Combustíveis fósseis: panorama de produção e consumo no Brasil.	2022.	Ademar José Bertolo <i>et al.</i>	Apresentou uma revisão sobre combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) focando a produção industrial e seus reflexos na sociedade.
2. Análise da viabilidade econômica da produção industrial de carvão vegetal por bagaço de malte.	2023.	Gizelle Inacio Almerindo e Henrique Veeck Rossol.	Contribuir com uma análise referente à viabilidade econômica da produção industrial desse carvão.
3. Caracterização Química do Bagaço de Malte e Avaliação do seu Potencial para Obtenção de Produtos de Valor Agregado.	2020.	Matheus Moreira Massardi, Rodrigo Manhães Motta Massini e Deusanilde de Jesus Silva.	Caracterizar a biomassa e avaliar as possibilidades para seu reaproveitamento como matéria-prima para produtos de valor agregado.
4. Aproveitamento do bagaço de malte como adsorvente para a remoção do corante azul de metileno.	2020.	Larissa Fernandes Correia <i>et al.</i>	Avaliar a porcentagem de remoção do teor de azul de metileno em efluentes sintéticos utilizando bagaço de malte como adsorvente.
5. Estudo da aplicação de bagaço de malte como adsorvente para remoção de óleo lubrificante em meio aquoso	2021.	Luiz Eduardo Nochi Castro, Fabio Meurer e Leda Maria Saragiotto Colpini.	Estudar a aplicação do bagaço de malte na adsorção de óleo lubrificante em meio aquoso.

No primeiro artigo, Bertolo *et al.* (2022), reitera ao considerar a indústria de combustíveis fósseis, sendo o principal deles o petróleo, os resíduos tanto dos processos de produção quanto da comercialização e do descarte incorreto continuam sendo um problema grave que a nossa sociedade enfrenta. Desde o momento da sua extração até a sua utilização, pode provocar sérios danos ao meio ambiente. Quando se fala especificamente sobre o Brasil, ainda no ano de 2019, o país entrou na rota de acidentes internacionais decorrentes do derramamento de petróleo no mar, no litoral sul de Pernambuco (Miguel; Gomes; Da Silva, 2021).

O tratamento dos efluentes industriais cumpre uma atribuição fundamental na conservação e preservação do meio ambiente e na efetiva sustentabilidade das atividades fabris. O insumo destinado à pesquisa acadêmica é de fundamental importância para que haja medidas mitigadoras e de biorremediação que melhorem as condições desse efluentes, ou até mesmo resolvam o problema de forma eficaz, o que desperta o interesse da indústria (Bertolo *et al.*, 2022).

O artigo número 2 demonstra o intuito de remover contaminantes de efluentes industriais, como o petróleo, os experimentos de adsorção são bem divulgados por causa das altas taxas de remoção

desses compostos com o emprego de carvão vegetal e ativado, também há estudos como bioissorvente. Logo, a desvantagem do alto custo pode ser reduzida com a utilização de carvões produzidos de bagaço do malte de cervejarias locais, sendo resíduos industriais e ambientais. Ainda, para fins comparativos, foram analisadas a implantação de uma unidade de produção de carvão vegetal nas cervejarias e também a análise de uma empresa direcionada exclusivamente para a compra do bagaço e produção do carvão (Almerindo; Rossol, 2023).

O foco do terceiro artigo, traz diversas outras soluções sustentáveis com o bagaço de malte como: a produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica, também chamado de etanol de segunda geração ou etanol celulósico, já é um processo estudado amplamente e aplicado industrialmente para materiais como os resíduos da cana-de-açúcar. O ácido láctico (ácido 2- hidroxipropanoico) é um composto orgânico bastante versátil utilizado nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, químicas, têxteis e cosméticas, tendo bastante apelo comercial. E por ser uma proteína, é usada para nutrição humana (Massardi; Massini; De Jesus Silva, 2020). Segundo Correia *et al.* (2020) mostrado no quarto artigo, o bagaço de malte apresenta eficiência na remoção do azul de metileno em efluente sintético, portanto, é uma alternativa por também ser economicamente viável. Que basicamente o intuito dessa discussão, uma solução remedia o petróleo e seus derivados em efluentes industriais, usando amplamente o óleo de motor por conta do maquinário.

Entende-se que o bagaço de malte é uma alternativa viável para ser utilizado como bioabsorvente, pois é produzido em grandes quantidades durante o processo de produção da cerveja. Os resultados são satisfatórios visto a viabilidade econômica do produto, que além disso, não deixa de ser um processo mais ecológico, que reaproveita um resíduo. O bagaço teve um percentual de remoção de aproximadamente 94% para o maior nível de concentração (80 mg/L), menor nível de pH

(6) e menor tempo (4 horas). Provando que seu valor mercadológico tende a subir, há cervejarias que despertaram o interesse de realizar processos para gerar novos produtos com seu próprio resíduo do malte (Correia *et al.*, 2020).

Como tais resultados preliminares do quinto artigo, “Estudo da aplicação de bagaço de malte como adsorvente para remoção de óleo lubrificante em meio aquoso” que trazem a certeza que há uma alta afinidade entre as moléculas do adsorvato com o adsorvente, chegando a valores próximos de 0,8 g de óleo sendo adsorvidas em 1 g de adsorvente, o que são bem promissores, tornando o bagaço de malte um candidato considerável para a remoção deste contaminante de efluentes líquidos (Castro; Meurer; Colpini, 2021). Com a discussão dos resultados desses estudos, observa-se que a utilização do bagaço de malte é vantajosa tanto para indústria cervejeira, quanto para a petrolífera e o meio ambiente.

## 4 CONCLUSÃO

A alta produção de bagaço de malte, resultado da crescente indústria cervejeira, oferece diversas possibilidades de aproveitamento. Este resíduo orgânico, de baixo custo, possui grande potencial como agente de adsorção, destacando-se no uso em processos de remediação ambiental, especialmente na remoção de óleos e metais pesados de efluentes contaminados. Devido à sua capacidade de adsorção, o bagaço de malte é uma alternativa sustentável e eficiente para mitigar

poluentes em ecossistemas aquáticos e terrestres, contribuindo para soluções ambientalmente corretas no tratamento de resíduos industriais.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMERINDO, G., I.; ROSSOL, H., V.. Análise da viabilidade econômica da produção industrial de carvão vegetal por bagaço de malte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, p. e20220183, 2023.
- ALVARENGA, A., A.; DANTAS, A., T.. O Brasil no contexto das guerras por recursos: o caso do petróleo. **Revista del CESLA**, v. 26, p. 377-392, 2020.
- ARAÚJO, M., E., DE; RAMALHO, C., W., N; MELO, P., W., DE.. Pescadores artesanais, consumidores e meio ambiente: consequências imediatas do vazamento de petróleo no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, p. e00230319, 2020.
- BERTOLO, A., J. *et al.* Combustíveis fósseis: panorama de produção e consumo no Brasil. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 8, n. 1, p. 102-123, 2022.
- CASTRO, L., E., N.; MEURER, F.; COLPINI, L., M., S.. Estudo da aplicação de bagaço de malte Como adsorvente Para remoção de óleo lubrificante em meio aquoso/study of the application of brewers' spent grains as an adsorbent for the removal of lubricating oil in an aqueous medium. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 120522-120527, 2021.
- CORREIA, L., F. *et al.* Aproveitamento do bagaço de malte como adsorvente para a remoção do corante azul de metileno. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e730997781-e730997781, 2020.
- DA SILVA, R., C.. A dinâmica geopolítica do petróleo: a interseção da economia, do poder e das estratégias dos EUA na perspectiva de David Harvey. **Peer Review**, v. 5, n. 26, p. 197-213, 2023.
- DE LIMA DANTAS, H., L. *et al.* Como elaborar uma revisão integrativa: sistematização do método científico. **Revista Recien-Revista Científica de Enfermagem**, v. 12, n. 37, p. 334-345, 2022.
- DA ROSA, A., A. DE CONTO, L., C. . Lúpulo no Brasil: Uma cultura promissora em ascensão. **Food Science Today**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2024.
- DOS SANTOS, C., M. *et al.* A indústria do petróleo e energia frente aos novos desafios de se inserir nos modelos da transição energética. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e40711932000-e40711932000, 2022.
- MASSARDI, M., M.; MASSINI, R., M.; DE JESUS SILVA, D.. Caracterização química do bagaço de malte e avaliação do seu potencial para obtenção de produtos de valor agregado. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 1, p. 0083-0091, 2020.
- MENDES, E., S. Minerais Críticos para a Transição Energética. Enquadramento na Ordem Jurídica Angolana e Uma Abordagem Comparada a partir de uma Visão Africana. **Eunomia. Revista di Studi su Pace e Diritti Umani**, n. 2, p. 161-186, 2024.
- MIGUEL, D., C., A.; GOMES, V., B.; DA SILVA, R., R.. Estratégias de leitura aplicadas a textos de divulgação científica para abordar o vazamento de petróleo nas praias do nordeste. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 4, 2021.
- MOREIRA, I., T., A; MARQUES, I., M.. Biorremediação de áreas costeiras impactadas por petróleo. **Seminário Estudantil de Produção Acadêmica**, v. 18, 2020.
- MULLER, C., V.; GUIMARÃES, B., P.; GHESTI, G., F. O controle oficial de uso de adjuntos em cerveja no Brasil. **Revista Processos Químicos**, v. 15, n. 29, 2021.
- NASCIMENTO, L., A., S.; ACCORSI, F., A.. O futuro (do rosa) é verde? Infância, consumo e educação ambiental a partir da Barbie Loves The Ocean. **Revista Sergipana de Educação Ambiental**, v. 11, p. 1-35, 2024.

## 6 AGRADECIMENTOS

As agências de Fomento; Fundação de Amparo à Ciência e a Tecnologia do estado de Pernambuco - FACEPE. CNPq, por toda ajuda financeira para as pesquisas desenvolvidas.

# **CAPÍTULO III**

ARTIGO A SER SUBMETIDO NA REVISTA

*ENSAIOS E CIÊNCIA: CIÊNCIAS BIOLÓGICAS,  
AGRÁRIAS E DA SAÚDE  
QUALIS B1*

**BAGAÇO DE MALTE COMO BIOSSORVENTE PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES HIDROFÓBICOS E METAIS PESADOS DE EFLUENTES**

**MALT BAGASSE AS A BIOSORBENT FOR THE REMOVAL OF HYDROPHOBIC CONTAMINANTS AND HEAVY METALS FROM EFFLUENTS**

**João Vitor da Silva Chagas**

Mestrando em Desenvolvimento em Processos Ambientais  
Universidade Católica de Pernambuco  
Email: vtorchagas@gmail.com

**Elannie Salvina Costa da Silva**

Mestranda em Desenvolvimento em Processos Ambientais Universidade Católica de Pernambuco  
Email: elannie.salvina@gmail.com

**Pollyana Pereira do**

**Nascimento** Doutoranda  
em Biotecnologia Industrial  
Universidade Federal Rural  
de Pernambuco

Email: pollyanapereiradonascimento@gmail.com

**Leonie Asfora Sarubbo**

Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais Universidade Católica de Pernambuco  
Email: leonie.sarubbo@unicap.br

**Raquel Diniz Rufino**

Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais Universidade Católica de Pernambuco  
Email: raquel.rufino@unicap.br

## RESUMO

Os vazamentos de combustíveis e óleos lubrificantes ocorrem durante o abastecimento de máquinas, armazenamento em tanques e limpeza de equipamentos. Essas são fontes significativas de contaminação ambiental, ou seja, esses derramamentos estão entre as principais causas de poluição nos ecossistemas, provocando mudanças significativas nas características físicas e químicas desses ambientes. Com isso, os solventes naturais se tornam uma solução eficiente para as tecnologias inovadoras, tratamento de efluentes contaminados e industriais. Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o perfil de remoção de derivados do petróleo e metais pesados por bagaço de malte. Foi realizado um planejamento fatorial  $2^3$ , com as variáveis independentes nos níveis - 1 e +1 e no ponto central para avaliação da melhor condição de remoção do óleo e dos metais pesados. Foram realizados testes de caracterização do bagaço de malte, remoção de contaminantes e metais pesados, além de avaliar a sua capacidade de atuar na bioissorção dos compostos tóxicos estudados, e determinar a toxicidade das amostras após o processo de remoção do óleo e dos metais pesados através do teste de genotoxicidade, com o crescimento de raízes (*Allium cepa*). O bagaço de malte demonstrou uma remoção de 76% dos derivados de petróleo e uma eficiência média de 67% na adsorção de metais pesados, como cobre e chumbo, após 24 horas de contato. O teste de genotoxicidade não apresentou a presença de micronúcleos, demonstrando assim, que o bioissorvente removeu a toxicidade dos compostos estudados. Esses resultados indicam seu potencial, mas também ressaltam a necessidade de avaliar seus impactos ecológicos e à saúde humana antes de sua aplicação em larga escala.

**Palavras-chave:** agrícola. efluentes. metais pesados. mitigação. termelétrica.

## ABSTRACT

Fuel and lubricant oil spills occur during machine refueling, storage in tanks, and equipment cleaning. These are significant sources of environmental contamination, meaning that these spills are among the leading causes of pollution in ecosystems, causing significant changes in the physical and chemical characteristics of these environments. As a result, natural solvents become an effective solution for innovative technologies, treatment of contaminated effluents, and industrial waste. The objective of this study was to evaluate the removal profile of petroleum derivatives and heavy metals by malt bagasse. A  $2^3$  factorial design was carried out, with independent variables at levels -1 and +1 and at the central point

to evaluate the best condition for removing oil and heavy metals. Characterization tests of malt bagasse, contaminant and heavy metal removal tests, and an evaluation of its capacity to act in the biosorption of the studied toxic compounds were conducted, as well as determining the toxicity of the samples after the removal process of oil and heavy metals through a genotoxicity test, with root growth (*Allium cepa*). Malt bagasse showed a 76% removal of petroleum derivatives and an average efficiency of 67% in adsorbing heavy metals, such as copper and lead, after 24 hours of contact. The genotoxicity test did not show the presence of micronuclei, demonstrating that the biosorbent removed the toxicity of the studied compounds. These results indicate its potential but also highlight the need to assess its ecological and human health impacts before large-scale application.

**Keywords:** agricultural. effluents. heavy metals. mitigation.

thermoelectric.

## 1. INTRODUÇÃO

O descarte de efluentes gerados por diversos segmentos industriais tem sido foco de pesquisas, por conterem poluentes que geram impactos para o meio ambiente (De Oliveira; De Melo Júnior, 2024). Nos dias atuais, contaminantes hidrofóbicos e metais pesados, assim como química ambiental, produtos mais sustentáveis e biodegradáveis são assuntos rotineiros em âmbito interdisciplinar, nas diferentes engenharias (De Farias, 2024). As indústrias e os pesquisadores buscam a melhoria dos processos a fim de reduzir a geração de resíduos e poluentes em ambiente marinho, a gestão sustentável de efluentes industriais exige a redução de resíduos e a substituição de substâncias tóxicas, buscando minimizar impactos ambientais e otimizar processos de remediação de contaminantes de forma viável (De Brito *et al.*, 2020).

Sabe-se que por geração de resíduos fala-se automaticamente de materiais gerados ao longo de determinados procedimentos que possuem características ambientalmente prejudiciais, e desta forma, surge a necessidade de desenvolvimento de estratégias que utilizem produtos menos tóxicos nos processos de remediação ambiental, principalmente quando os mesmos possuem elevados níveis de toxicidade e são caros (Hansen; Froehlich, 2024). Diante disso, muitos processos de remediação ainda dependem de solventes convencionais, que também podem causar impactos ambientais, exigindo soluções mais eficientes para atender às normas de descarte.

Normalmente esses processos são realizados por solventes convencionais que também geram impacto ambiental (Almeida, 2024). Há empresas que são criadas apenas para o tratamento de resíduos, e principalmente em função da composição dos mesmos, logo quanto maior potencial poluidor do efluente, mais complexa é sua remediação a níveis que atinjam as exigências de despejo estabelecidas pela legislação (Ambrósio *et al.*, 2021). Nesse sentido, a busca por alternativas sustentáveis, como o uso de resíduos de baixo custo, torna-se essencial para reduzir os impactos ambientais e atender às exigências legais de forma mais eficiente.

O bagaço de malte da cana de açúcar se mostra como resíduo com alto valor agregado, de baixo custo, para processos de remoção de derivados de

petróleo e metais pesados (Arantes, *et al.*, 2024). Estudos e melhorias dos métodos de tratamento de resíduos e efluentes são, portanto, necessários, pois assim pode-se estabelecer métodos de tratamentos mais eficazes e menos custosos, e o desenvolvimento do uso de novos materiais classificados como “verdes” é um caminho interessante a se seguir, que além dos benefícios já citados, estabelecem um marketing positivo da empresa mediante a mercado atual (Da Costa *et al.*, 2020). Com isso, a aplicação do bagaço de malte como alternativa sustentável para a remediação de efluentes surge como uma solução promissora, unindo eficiência na remoção de contaminantes e redução dos impactos ambientais.

O estudo propõe a utilização do bagaço de malte, um resíduo agroindustrial de grande importância comercial, para a remediação de efluente contaminado por componentes hidrofóbicos e metais pesado, o que pode acarretar maior eficácia de remoção e menor impacto ambiental em meio aquático e, conseqüentemente, a melhora na degradação de contaminantes de petróleo (De Queiroz Barbosa *et al.*, 2021). Logo, o uso de resíduos orgânicos na remediação ambiental se destaca como uma abordagem eficaz, promovendo soluções sustentáveis para a descontaminação de solos e águas afetadas por poluentes.

A utilização de resíduos orgânicos tem se tornado uma estratégia eficiente para descontaminação de solos e águas impregnados com compostos derivados do petróleo e metais pesados (Dias; Balieiro; Pedreiro, 2024). O desenvolvimento de experimentos com repercussão nas indústrias petrolíferas e químicas e o crescimento de atividade humana qualificada em áreas estratégicas que possam dar suporte aos problemas causados pelos derivados do petróleo ao meio ambiente, com a utilização de produtos biodegradáveis (Bruno; Almeida, 2021). Assim, a valorização de resíduos orgânicos não apenas contribui para a descontaminação ambiental, mas também oferece uma alternativa sustentável para o reaproveitamento de subprodutos industriais, como o bagaço de malte.

Além disso, espera-se que este trabalho possa contribuir de forma significativa no descarte de matéria orgânica nas indústrias cervejeira e agrícola, conseqüentemente obtendo um melhor desempenho deste sistema tanto em diminuição dos impactos em ambiente marinho, quanto no tratamento de resíduos

da indústria termelétrica. Desse modo, o principal objetivo do presente estudo foi avaliar o perfil de remoção de derivados do petróleo e metais pesados de efluente por bagaço de malte.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Bagaço de Malte

O bagaço de malte utilizado foi originado das produções de cerveja realizadas no laboratório de Engenharia Química da Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP).

### 2.2 Efluente sintético e óleos

O efluente foi formulado em laboratório contendo contaminante hidrofóbico. De acordo com o planejamento fatorial (Tabela 1), foi realizada uma simulação do efluente, na qual, foram misturados a quantidade de óleo lubrificante de motor, também conhecido como óleo de “motor queimado”, proveniente da manutenção de motocicleta, de uma oficina local. Sendo similar ao utilizado em termelétrica, de acordo com o experimento fatorial.

**Tabela 1** - Valores das variáveis independentes nos níveis -1 e +1 e no ponto central.

Nível	Granulometria do Bagaço de Malte (mesh)	Bagaço de Malte (g/L)	Concentração do Efluente ou óleo (g/L)
-1	20	5	100
0	60	7,5	150
+1	100	10	200

Fonte: Autor (2024).

### 2.3 Caracterização do bagaço de malte

#### 2.3.1 Determinação do perfil lipídico do bagaço de malte

A quantidade de lipídeos presente no bioissorvente foi determinada utilizando clorofórmio: metanol em diferentes proporções (1:1 e 1:2 v/v). Posteriormente, foram utilizados 25 ml de cada solvente, misturados separadamente com 5g de bagaço de malte. Após esse processo foram submetidos a uma agitação em um período de 15 minutos. O extrato orgânico foi extraído e o conteúdo de lipídeos foi determinado por gravimetria (Rufino *et al.*, 2013).

### **2.3.2 Capacidade de retenção de água e óleo**

As capacidades de retenção de água (CRA) e óleo (CRO) foram determinadas de acordo com o método de Beuchat (1977). As amostras (equivalente de proteína 0,5 g) foram misturados 5 mL água destilada e 5 mL de óleo de soja, em uma duração de 30 min. A suspensão foi centrifugada a 866 x g por 10 min, e a água/óleo não retido foi decantado e pesado. O sobrenadante foi recuperado, e sua massa medida. Os valores de retenção de água e óleo foram calculados conforme a Equação (1).

Eq (1) Capacidade de retenção de água e óleo (g/g) =  $R / m$ , na qual, “R” corresponde a quantidade de água ou óleo retido (g)  
“m” a massa de amostra (g)

### **2.4 Utilização do bagaço de malte para remoção dos compostos derivados do petróleo e metais pesados contidos no efluente proveniente de termelétrica**

A remoção do composto derivado de petróleo foi realizada a partir dos experimentos realizados tendo três variáveis independentes avaliadas, de acordo com um planejamento fatorial completo  $2^3$ , citado anteriormente (Tabela 1). Com isso, foi adicionado o bagaço de malte em diferentes granulometrias (mesh) e em quantidades (g/L) do efluente e/ou óleo (Diesel) separadamente, em diferentes concentrações. Os experimentos foram mantidos sob agitação em incubadora orbital a 250 rpm por 48 horas a 25 °C. Com o objetivo de haver a separação da fase orgânica e aquosa. Após esse processo, foi adicionado sulfato de sódio para remoção da água remanescente, restando assim, apenas o óleo removido.

O mesmo parâmetro foi estabelecido para a remoção de metais pesados. Os experimentos foram realizados a partir do Ponto Central, com a condição

selecionada de acordo com os melhores resultados obtidos da remoção de óleo motor. Diante disso, foram incubados o bagaço de malte e água, e a água foi utilizada como controle. Foram mantidos sob agitação orbital na incubadora a 250 rpm por 24 horas à 25 °C.

## **2.6 Determinação da genotoxicidade do efluente sintético**

Foram utilizadas as células das raízes de cebola (*Allium cepa*), conforme Parvan *et al.* (2020). Após raspagem superficial dos bulbos, foram colocados em água destilada para o crescimento das raízes, com exposição realizada no período da manhã, quando as divisões mitóticas são mais frequentes. As cebolas permaneceram em condições controladas por 72 horas, com trocas diárias de água para evitar proliferação de fungos. Após esse período, os bulbos foram distribuídos aleatoriamente em 4 grupos, com três bulbos por grupo: um com controles e os outros três com efluentes contaminados por óleo, chumbo e cobre, após o processo de remoção com o bagaço de malte.

Ao final dos 72 horas, foi realizada uma análise macroscópica das raízes, contabilizando o número total de raízes e medindo o comprimento das três maiores raízes de cada bulbo. As extremidades das raízes foram então fixadas em solução de Carnoy por 12 horas, transferidas para álcool 70% e armazenadas em geladeira. Após a remoção do fixador, as raízes foram tratadas com HCl 5N e lavadas com água destilada. O material foi colocado sobre lâmina de microscópio, fragmentado, e corado comorceína acética para observação. O exame de microscopia óptica foi realizado, com o objetivo de verificar a presença de micronúcleos, indicativos de toxicidade.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da retenção de água e óleo pelo bagaço de malte foram de 13g 8g, respectivamente. Esses resultados mostram o potencial do bagaço de malte como matéria-prima em diversos processos de bioissorção, já que o mesmo apresenta potencial de se ligar a compostos mais ou menos solúveis (Massardi; Massini; De Jesus Silva, 2020).

De acordo com os resultados obtidos, as condições 9, 10 e 11 do

planejamento fatorial (Tabela 2) se destacaram por apresentarem um percentual de remoção superior a 25% de óleo, sendo, portanto, selecionadas para as próximas etapas.

**Tabela 2** – Matriz do delineamento experimental, com valores reais de estudo (Granulometria do Bagaço de Malte, Bagaço de Malte e Concentração do Efluente ou óleo) com percentuais de remoção dos metais pesados e óleos do Bagaço de Malte, no tempo de 48 horas.

Ensaio	Granulometria do Bagaço de Malte (mesh)	Bagaço de Malte (g/L)	Concentração do Efluente ou óleo (g/L)	Percentual de remoção dos compostos derivados do petróleo (%)
1	20 (-1)	5 (-1)	100 (-1)	23,5
2	100 (+1)	5 (-1)	100 (-1)	19,1
3	20 (-1)	10 (+1)	100 (-1)	10,0
4	100 (+1)	10 (+1)	100 (-1)	15,4
5	20 (-1)	5 (-1)	200 (+1)	19,3
6	100 (+1)	5 (-1)	200 (+1)	21,8
7	20 (-1)	10 (+1)	200 (+1)	16,9
8	100 (+1)	10 (+1)	200 (+1)	13,0
9	60 (0)	7,5 (0)	150 (0)	26,7
10	60 (0)	7,5 (0)	150 (0)	33,1
11	60 (0)	7,5 (0)	150 (0)	31,3
12	60 (0)	7,5 (0)	150 (0)	18,0

Fonte: Autor (2024).

Após estabelecer a melhor condição de remoção, foi testada a variável do tempo, 96, 144 e 288 horas de incubação, com essa mesma condição, conforme mostrado na Tabela 3. A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o tempo não é uma variável relevante, pois com alteração desta variável não houve diferença

significativa no percentual de remoção das amostras.

**Tabela 3** - Teste da variável do tempo, com essa mesma condição, a padrão (respectivamente 96, 144 e 288 horas de incubação), em triplicata, com percentuais de remoção de óleos com Bagaço de Malte.

<b>Ensaio</b>	<b>Tempo (horas)</b>	<b>Percentual de adsorção dos compostos derivados do petróleo (%)</b>
1	96	71
2	96	67
3	96	84
4	144	74
5	144	69
6	144	87
7	288	75
8	288	80
9	288	77

Fonte: Autor (2024).

Ao calcular a média de todos os tempos, obteve-se uma remoção de 76% do derivado de petróleo usando o bagaço de malte em sua granulometria original, tal como é descartado pela indústria cervejeira. Com o cobre, a média de adsorção foi de 67%. Já para o chumbo, a triplicata apresentou uma média de 67% de remoção.

A eficácia do bagaço de malte na remoção de chumbo foi comparada com outro estudo que usou resíduos agrícolas diferentes. Neste contexto, é interessante observar o estudo de Raasch *et al.* (2024), que investigou a adsorção de chumbo (II) usando carvão ativado do caroço de manga. Eles demonstraram uma redução significativa de metais pesados em soluções aquosas, mostrando-se eficiente no tratamento de efluentes. Além disso, foi analisado o potencial de transformar os resíduos de bagaço de malte em carvão ativado, que tem diversas aplicações, como na purificação da água. Pesquisas mostraram que o carvão ativado pode reduzir até 90% da concentração de chumbo em soluções aquosas, demonstrando ser uma opção eficiente para o tratamento de efluentes químicos.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o bagaço de malte tem um grande potencial como bioissorvente, tanto para a remoção de derivados de petróleo quanto para metais pesados, como cobre e chumbo. A remoção de 76% dos derivados de petróleo e a adsorção de 67% de cobre e chumbo evidenciam sua eficácia. Essa eficiência está em linha com outros estudos, como o de Raasch *et al.* (2024), que também utilizaram resíduos orgânicos para remover metais pesados.

Comparando com o estudo de Correia *et al.* (2020), que avaliou a remoção de azul de metileno com bagaço de malte, os resultados de remoção são igualmente promissores. O bagaço de malte alcançou aproximadamente 94% de remoção do azul de metileno em um efluente sintético nas melhores condições experimentais, que envolveram alta concentração (80 mg/L), pH 6 e um curto período de 4 horas (Correia *et al.*, 2020).

Esse estudo também destacou a eficiência do bagaço de malte em efluentes sintéticos, com uma alta taxa de remoção a baixo custo, o que o torna uma alternativa economicamente viável para o tratamento de águas contaminadas (Correia *et al.*, 2020). Ao comparar com os resultados deste trabalho, observa-se que, embora o bagaço de malte tenha alcançado taxas de remoção igualmente altas no tratamento de derivados de petróleo e metais pesados, a adsorção de azul de metileno foi mais eficaz em um curto espaço de tempo.

A eficiência do bagaço de malte pode variar dependendo do tipo de contaminante, sendo uma opção promissora tanto para tratamentos de águas com compostos orgânicos, como o azul de metileno, quanto para metais pesados e hidrocarbonetos (Correia *et al.*, 2020). Esses resultados reforçam o potencial do bagaço de malte como uma solução sustentável e de baixo custo para a purificação

de águas contaminadas (Correia *et al.*, 2020).

Os resultados deste estudo destacam que o bagaço de malte é uma alternativa eficaz para a remoção de contaminantes, como derivados de petróleo e metais pesados, de águas contaminadas. No entanto, ao compararmos os dados obtidos neste trabalho com os de outros estudos, como o realizado com óleos lubrificantes para motores, nota-se que a capacidade de adsorção pode variar dependendo do tipo de poluente. No estudo mencionado, o bagaço de malte demonstrou uma capacidade de adsorção de óleos lubrificantes variando de 0,64 a 0,79 g de óleo por grama de adsorvente (Castro; Meurer; Colpini, 2021).

Esses valores indicam uma performance satisfatória, mas inferior à remoção observada com derivados de petróleo no presente trabalho, que atingiu 76% de remoção. Esse contraste pode ser atribuído às diferentes naturezas dos poluentes, onde os derivados de petróleo, por sua composição, podem ser mais facilmente adsorvidos pelo bagaço de malte, enquanto os óleos lubrificantes contêm compostos químicos e metais pesados que podem dificultar a adsorção.

Apesar dessa variação na eficácia, ambos os estudos mostram o potencial do bagaço de malte como um bioissorvente eficiente e de baixo custo, capaz de tratar diferentes tipos de efluentes.

A remoção de metais pesados, como cobre e chumbo, com o bagaço de malte, obteve um bom desempenho, alcançando 67% de adsorção, enquanto a remoção de óleos lubrificantes também demonstrou resultados promissores.

### **3.4 Determinação da genotoxicidade do efluente**

Há diversos métodos para avaliar a genotoxicidade, os quais são capazes de identificar aberrações cromossômicas, trocas de cromátides irmãs e a presença de micronúcleos. No entanto, o teste do cometa, considerado um método complementar, é utilizado para investigar de forma mais precisa os danos ao DNA (Parvan *et al.*, 2020).

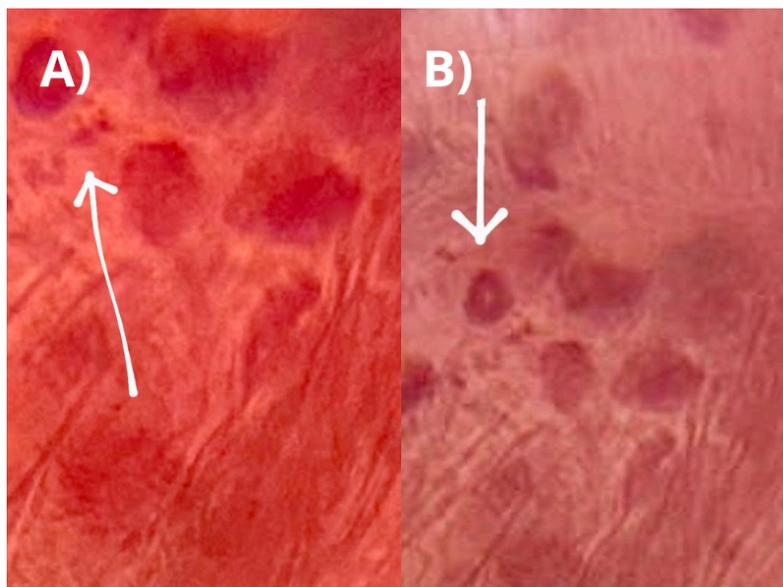
O bioensaio com cebola (*Allium cepa*) se baseia na detecção de anomalias cromossômicas como indicadores biológicos para avaliar os efeitos tóxicos, citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos de substâncias químicas nas raízes da cebola. O uso de diferentes sistemas vegetais em ensaios para detectar danos

causados por compostos químicos tem se mostrado relevante, sendo as espécies do gênero *Allium* as mais comumente empregadas para estudar os mecanismos biológicos e os impactos de substâncias químicas específicas (Costa *et al.*, 2025).

Apesar das diferenças metabólicas entre plantas e animais, a ativação de potenciais pró-mutagênicos em plantas é importante, já que os seres humanos estão frequentemente expostos a esses riscos por meio do consumo de vegetais tratados com substâncias químicas. Dentro do gênero *Allium*, a espécie *A. cepa* é amplamente reconhecida como um modelo padrão para a avaliação dos efeitos clastogênicos e aneugênicos no material genético (Pires *et al.*, 2025).

Diante disso, na figura 1, não foram observados micronúcleos nas células da raiz da cebola (*Allium cepa*) em nenhuma das condições testadas. Tanto na solução controle, contendo apenas óleo (A), quanto na solução resultante da exposição ao bagaço de malte (B), as células permaneceram sem alterações nucleares indicativas de efeitos mutagênicos. No entanto, pequenas alterações externas foram registradas nas raízes das plantas em ambas as condições testadas, tanto na solução controle quanto na exposição ao bagaço de malte. Esses resultados sugerem que, apesar das modificações externas observadas, não ocorreram danos genéticos detectáveis nas células analisadas (Pires *et al.*, 2025).

**Figura 1** – Observação de microscopia óptica das células presentes nas raízes de *Allium cepa*, onde, Imagem (A): Ausência de alterações nucleares ou micronúcleos presentes nas células, na solução controle contendo o óleo; Imagem (B): Ausência de alterações nucleares ou micronúcleos presentes nas células, na solução após exposição ao bagaço de malte.



Fonte: Autor (2024).

#### 4. CONCLUSÃO

A utilização do bagaço de malte como bioissorvente contribui de forma significativa para a remoção de poluentes, permitindo o reaproveitamento de um resíduo que, caso não tratado corretamente, geraria impactos ambientais. No Brasil, onde a indústria cervejeira e agrícola geram grandes quantidades de resíduos, essa prática se torna ainda mais relevante. O bagaço de malte tem demonstrado alta eficiência, removendo metais pesados como cobre e chumbo. Além de ser uma alternativa de baixo custo, essa tecnologia ajuda a reduzir a dependência de processos químicos prejudiciais. A adoção do bagaço de malte para o tratamento de efluentes representa, portanto, uma solução sustentável que auxilia na preservação ambiental e na promoção de práticas industriais mais responsáveis.

#### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. O. Análise da geração de resíduos sólidos da obra de um condomínio residencial multifamiliar com blocos de concreto. *recima21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, v. 5, n. 1, p. e515887-e515887, 2024.

AMBRÓSIO, N. et al. Remoção de metais pesados de efluentes utilizando líquidos iônicos: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 50189-50209, 2021.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19th ed. Washington: EPS Group, 1995. 1.268 p.

ARANTES, G. C. A. et al. Utilização do bagaço de malte para preparação de bioplásticos: uma proposta de economia circular ao setor cervejeiro. **Química Nova**, v. 47, p. e-20240023, 2024.

BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. **Journal of Agricultural and Food chemistry**, v. 25, n. 2, p. 258-261, 1977.

BRUNO, C. M. A; ALMEIDA, M. R. Óleos essenciais e vegetais: matérias-primas para fabricação de bioprodutos nas aulas de química orgânica experimental. **Química Nova**, v. 44, n. 7, p. 899-907, 2021.

CASTRO, L. E. N.; MEURER, F.; COLPINI, L. M. S. Estudo da aplicação de bagaço de malte Como adsorvente Para remoção de óleo lubrificante em meio aquoso/study of the application of brewers' spent grains as an adsorbent for the removal of lubricating oil in an aqueous medium. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 120522-120527, 2021.

CORREIA, L. F. et al. Aproveitamento do bagaço de malte como adsorvente para a remoção do corante azul de metileno. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e730997781-e730997781, 2020.

COSTA, G. B. et al. Avaliação do potencial tóxico de nanopartículas de naringenina usando modelos ex vivo e in silico. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e290560, 2025.

DA COSTA, G. M. et al. Elaboração e caracterização físico-química de farinha de bagaço de malte. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 11-25, 2020.

DE FARIAS, N. M. Iluminação pública: eficiência e sustentabilidade na engenharia civil. **recima21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 5, n. 1, p. e515972-e515972, 2024.

DE OLIVEIRA, R. L; DE MELO JÚNIOR, J. C. F. Potencial poluidor de

atividades industriais em uma cidade de médio porte sul brasileira como indicador para o biomonitoramento passivo da flora. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 1, p. 22-37, 2024.

DE QUEIROZ BARBOSA, J. W. et al. Consumers of craft beer from Pernambuco: the perception of product quality by gender. **Cenário: Revista Interdisciplinar em Turismo e Território**, v. 9, n. 2, p. 188-204, 2021.

DIAS, F. B.; BALIEIRO, L. T.; PEDREIRO, M. ATERROS SANITÁRIOS: GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 12, p. 2891-2936, 2024.

HANSEN, L; FROEHLICH, C. Responsabilidade ambiental em uma empresa do setor calçadista. **REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO DOM ALBERTO**, v. 10, n. 1, p. 51-75, 2024.

HEREDIA-SANDOVAL, N. G. et al. Phenolic acids, antioxidant capacity, and estimated glycemic index of cookies added with brewer's spent grain. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 75, p. 41-47, 2020.  
LEME, D. M; MARIN-MORALES, M. A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. **Mutat Res.** v. 682, n. 1, p. 71-81, 2009.

MASSARDI, M. M; MASSINI, R. M. M; DE JESUS SILVA, D. Caracterização química do bagaço de malte e avaliação do seu potencial para obtenção de produtos de valor agregado. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 1, p. 0083-0091, 2020.

PARVAN, L. G. et al. Bioensaio com *Allium cepa* revela genotoxicidade de herbicida com flumioxazina. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 11, p. 10-10, 2020.

RAASCH, L. B. et al. Adsorção de chumbo (II) em solução aquosa usando carvão ativado do caroço da manga (*Mangifera indica* L.). **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 29, n. 4, p. e20240219, 2024.

RUFINO, R. D. et al. Removal of petroleum derivative adsorbed to soil by biosurfactant Rufisan produced by *Candida lipolytica*. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 109, p. 117-122, 2013.

## **CAPÍTULO IV**

## 1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A investigação realizada neste estudo permite tirar as seguintes conclusões:

- O bagaço de malte é destacado como solução promissora para remoção de poluentes e diminuição de impactos ambientais.
- O bagaço de malte alcança até 76% de remoção de derivados de petróleo e 67% para metais pesados como cobre e chumbo.
- Bagaço de malte como alternativa eficiente e econômica ao tratamento de efluentes industriais.
- A biorremediação com bagaço de malte reduz a dependência de processos químicos prejudiciais e caros, promovendo práticas sustentáveis.
- O uso do bagaço de malte pode ser incorporado em políticas para reduzir a poluição industrial e incentivar práticas ambientais responsáveis no Brasil.

## **ANEXOS**

**CAPÍTULO DE LIVRO PUBLICADO NO:  
IV CONGRESSO NACIONAL DE BIOTECNOLOGIA,  
AMBIENTE, SAÚDE E EDUCAÇÃO - 2024**

**USO DO BAGAÇO DE MALTE PARA BIORREMEDIAÇÃO DE  
CONTAMINANTES DERIVADOS DO PETRÓLEO**

**João V. da S. Chagas**<sup>1\*</sup>, Elannie S. C. da Silva<sup>1</sup>, Pollyana P. do Nascimento<sup>2</sup>, Rayanne N. R. B. Simões<sup>3</sup>, Leonie Asfora Sarubbo<sup>4,5</sup>, Raquel D. Rufino<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais/ Universidade Católica de Pernambuco, Rua do Príncipe, n. 526, Boa Vista, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>2</sup>Doutorado em Biotecnologia/Rede Nordeste de Biotecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil.

<sup>3</sup>Ciências Biológicas/Escola de Saúde e Ciências da Vida, Universidade Católica de Pernambuco, Rua do Príncipe, n. 526, Boa Vista, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>4</sup>Instituto Avançado de Tecnologia e Informação/IATI, Rua Potira, 31, Prado, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>5</sup>Engenharia Ambiental/Escola de Tecnologia e Comunicação, Universidade Católica de Pernambuco, Rua do Príncipe, n. 526, Boa Vista, Recife, Pernambuco, Brasil.

\* Endereço de e-mail do autor correspondente: [vtorchagas@gmail.com](mailto:vtorchagas@gmail.com)

**RESUMO**

O descarte de efluentes gerados por diversos segmentos industriais tem sido objeto de estudos, pois apresentam poluentes que causam impactos para os ecossistemas terrestres e aquáticos. Pela necessidade de desenvolvimento de estratégias que utilizem produtos menos tóxicos nos processos de remediação ambiental, o bagaço de malte se mostra como resíduo com alto valor agregado, de baixo custo, para processos de remoção de derivados de petróleo e metais pesados. Dessa forma, o principal objetivo do presente estudo foi evidenciar, através de uma revisão integrativa da literatura, as pesquisas mais recentes na área de biorremediação de efluentes industriais, com o aproveitamento do do bagaço de malte. Foram encontradas 1.005 publicações, das quais 964 foram removidas após filtragem automática. 41 artigos foram selecionados, e após a leitura de títulos e resumos. Após leitura integral, 16 compuseram a amostra final da revisão. De acordo com o levantamento da literature, observou-se que diante dos altos percentuais de poluentes em corpos hídricos, é crucial promover mais pesquisas para reduzir ou mitigar os danos ambientais. Sendo assim, com a discussão dos resultados desses estudos, observa-se que a utilização do bagaço de malte é uma alternativa viável, tanto para indústria cervejeira, quanto para a petrolífera, pois apresenta potencial para utilização como agente adsorvente, que poderá ser mais explorado para utilizações futuras de descontaminação ambiental.

**Palavras-chave:** Bagaço de Malte. Biorremediação. Indústria Cervejeira. Petróleo.

## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

**1 Procedimentos para Submissão de Artigos:** Os artigos enviados devem ser originais, isto é, não devem ser publicados em outro periódico ou coletânea no país. O procedimento adotado para aceitação definitiva será o seguinte:

- **Primeira Etapa:** seleção dos artigos segundo critério de relevância, adequação às diretrizes editoriais e normas da revista;
- **Segunda Etapa:** parecer a ser elaborado por no mínimo dois consultores “*ad hoc*”, de forma cega, isto é, sem o conhecimento dos nomes por parte dos pareceristas e dos autores. No caso dos pareceres não serem conclusivos, ou divergentes, o artigo será enviado a novos pareceristas. Sendo que a aceitação final é de responsabilidade do Conselho Editorial.

**1.1 Línguas: Serão aceitos trabalhos redigidos em inglês, português ou espanhol.**

**1.2 As submissões devem ser realizadas no Portal de Periódicos da Cognia, acessando o link:**

<https://ensaiociencia.pgsscogna.com.br/ensaiociencia/about/submissions>

**2 Tipos de Colocações Aceitas pela Revista:** serão aceitos trabalhos originais que se enquadrem nas seguintes categorias:

**2.1 Artigos Científicos:** Apresentam, geralmente, estudos teóricos ou práticos referentes à pesquisa e desenvolvimento que atingiram resultados conclusivos significativos. As publicações de caráter científico devem conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês ou Espanhol e Inglês); Resumo e Palavras-chave; Abstract e Keywords; Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão; e Referências.

**2.2 Artigos de Revisão (Somente mediante convite do Conselho Editorial):** Apresentam um breve resumo de trabalhos existentes, seguidos de uma avaliação das novas ideias, métodos, resultados e conclusões, e bibliografia relacionando as publicações significativas sobre o assunto. Devem conter os seguintes tópicos: Título (Português ou Espanhol e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Desenvolvimento (incluir os procedimentos de busca e seleção dos artigos utilizados na revisão); Conclusão; e Referências.

### **3 Forma de Apresentação dos Artigos**

**3.1** Os artigos devem ser digitados em editor de texto Word no formato .doc, em espaço 1,5 linha, em fonte tipo Arial, tamanho 12. A página deverá ser em formato A4, com formatação de margens (3 cm).

**3.2** A apresentação dos trabalhos deve seguir a seguinte ordem:

**3.2.1** Folha de rosto personalizada contendo:

- Título em português
- Título em inglês
- Nome de cada autor, seguido por afiliação institucional, titulação por ocasião da submissão do trabalho e e-mail de contato.

### 3.2.2 Corpo do texto: Fonte Arial, tamanho 12, contendo:

**Resumo** em português (mínimo de 200 e máximo de 250 palavras), redigido em parágrafo único, **espaço simples** e alinhamento justificado; e **Palavras-chave** (mínimo 3 e máximo 5). O resumo deve iniciar com a problematização, seguido dos objetivos, metodologia, resultados e finalização com a conclusão.

**Abstract e Keywords.** O **Abstract** deve obedecer às mesmas especificações para a versão em português, seguido de Keywords, compatíveis com as palavras-chave.

Texto de acordo com as especificações recomendadas para cada tipo de colaboração.

•As **citações bibliográficas** devem estar de acordo com as normas **ABNT NBR 10520:2023 – Informação e Documentação - Citações em documentos - Apresentação / Segunda edição de 19.07.2023**), adotando-se o sistema

**autor-data. Citação com um autor no**

**texto:**

Yales (2024) descreveu...

Segundo Barros (1990 *apud* Antunes, 1998, p.10), ...

**Citação com dois autores no texto:**

Moraes e Silva (1988) observaram...

... fatores de risco (Moraes; Silva, 1988).

**Citação com três autores no texto:**

Grilli, Tabellini e Malinvaud (1991) encontraram...

...independência entre política e economia (Grilli; Tabellini; Malinvaud, 1991).

**Citação com quatro ou mais autores no texto:**

Barcellos *et al.* (1977) encontraram...

... com problemas urinários de suínos (Liebhold *et al.*, 1995, p.20).

### 3.2.6 Materiais Ilustrativos

- **Tabelas** com as respectivas legendas. As tabelas devem ser formatadas no sentido retrato e não em paisagem. Devem ser numeradas na sequência que são citadas no texto. As legendas e o título devem ser autoexplicativa.
- **Gráficos** devem ser acompanhados dos parâmetros quantitativos utilizados em sua elaboração, na forma de tabela.
- **Figuras** devem ser gravadas em extensão \*.JPEG, em modo CMYK para as coloridas e modo grayscale (tons de cinza) para as P&B, com resolução de 300dpi.

**Itens separados devem ser anexados no Passo 4. Transferência de documentos Suplementares localizado no processo de submissão do artigo.**

**3.2.6 Referências** (ABNT NBR 10520:2023 – *Informação e Documentação - Referências - Elaboração* / julho 2023). Devem conter todos os dados necessários à identificação das obras, **dispostas em ordem alfabética, não enumerada**. Para distinguir trabalhos diferentes de mesma autoria, será levada em conta a ordem cronológica, segundo o ano da publicação. Se num mesmo ano houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es), acrescentar uma letra ao ano (Ex. 1999a; 1999b). Todos os autores e obras citados no corpo do artigo devem constar nas referências. Para cada trabalho referenciado deve ser separado do seguinte por 2 (dois) espaços.

Visando aumentar e/ou manter o extrato Qualis/Capes da Ensaios e Ciências é necessário maior número de citações. Recomendamos fortemente que os autores cite referências de artigos já publicados na Ensaios e Ciências, relacionados de alguma forma ao assunto do seu artigo. Ressaltamos que as citações contribuem para que o periódico adquira métricas científicas.

A seguir, alguns modelos de referências dos principais tipos de documentos:

#### 3.2.6.1 Artigos em periódicos

NELSEN, R.J.; WOLCOTT, R.B.; PAFFENBARGER, G.C. Fluid exchange at

the margins of dental restorations. J. Am. Dent. Assoc., v.44, n.3, p.288-295, 1952.

DE MUNCK, J. *et al.* Effect of water storage on the bonding effectiveness of 6 adhesives to Class I cavity dentin. Oper. Dent., v.31, n.4, p.456-465, 2006.

### **3.2.6.2 Livros**

MCCABE, J.F.; WALLS, A. Applied dental materials. 8th ed. Oxford; Malden, MA: Blackwell Science, 1998.

PELCZAR JUNIOR, M.J.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. Microbiologia: conceitos e aplicações. São Paulo: Makron Books, 1996.

### **3.3 Comitê e Comissão de Ética – CEP e Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA**

Toda pesquisa que envolve seres humanos deve constar o número do protocolo de aprovação de um Comitê de Ética em Pesquisa - CEP. Toda pesquisa que envolve animais deve constar o número do protocolo de aprovação de uma Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA. A informação é item imprescindível para aceite do artigo.

## **4 Direitos Autorais**

Os autores devem ceder expressamente os direitos autorais à Editora Científica, sendo que a cessão passa a valer a partir da submissão do artigo, ou trabalho em forma similar, ao sistema eletrônico de publicações institucionais. A revista se reserva o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores. As provas finais serão enviadas aos autores. Os trabalhos publicados passam a ser propriedade da Editora Científica, ficando sua reimpressão total ou parcial, sujeita à autorização expressa da direção da Editora Científica. O conteúdo relatado e as opiniões emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade.

Contato com Equipe Técnica das revistas: [editora@kroton.com.br](mailto:editora@kroton.com.br);  
[cientifica@kroton.com.br](mailto:cientifica@kroton.com.br)

## **Artigos**

Política padrão de seção

## **Declaração de Direito Autoral**

Os autores devem ceder expressamente os direitos autorais à Editora Científica, sendo que a cessão passa a valer a partir da submissão do artigo, ou trabalho em forma similar, ao sistema eletrônico de publicações institucionais. A revista se reserva o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, respeitando, porém, o estilo dos autores. Os trabalhos publicados passam a ser propriedade da Editora Científica,

ficando sua reimpressão total ou parcial, sujeita à autorização expressa da Editora Científica. O conteúdo relatado e as opiniões emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade.

### **Política de Privacidade**

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.