

EDIÇÃO 2025 – RESUMO EXPANDIDO

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DO BAGAÇO DE MALTE

PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS OF MALT BAGASSE

Júlia Borges Ferreira Manduca^I

Nayara Lança de Andrade^{II}

Anna Carolina De Oliveira Souza^{III}

Vitor Teixeira^{IV}

Luiz Flávio José dos Santos^V

RESUMO

Este estudo propõe o bagaço de malte, um subproduto da indústria cervejeira, como um absorvente natural e sustentável para derramamentos de óleo diesel. As análises físico-químicas revelaram um material com alta umidade (70,25%), que requer secagem prévia, baixo teor de matéria orgânica (10,11%) e densidade de 0,99 g/ml, indicando alta porosidade e rápida capacidade de absorção. O teor de cinzas (19,64%) não comprometeu a eficiência. Concluiu-se que o bagaço de malte é uma alternativa viável e eco-friendly para substituir os absorventes sintéticos derivados do petróleo atualmente em uso.

Palavras-chave: subprodutos agroindustriais; remediação ambiental; derramamentos de óleo diesel; análise físico-química do bagaço de malte.

ABSTRACT

This study proposes malt bagasse, a byproduct of the brewing industry, as a natural and sustainable absorbent for diesel oil spills. Physicochemical analyses revealed a material with high moisture content (70.25%), which requires prior drying, low organic matter content (10.11%), and a density of 0.99 g/ml, indicating high porosity and rapid absorption capacity. The ash content (19.64%) did not compromise efficiency. It was concluded that malt bagasse is a viable and eco-friendly alternative to the synthetic petroleum-derived absorbents currently in use.

Keywords: agro-industrial by-products; environmental remediation; diesel oil spills; physical-chemical analysis of malt bagasse.

Data de submissão: 03/09/2025.

Data de aprovação: 20/10/2025.

DOI: <https://doi.org/10.52138/sitec.v5i1.477>

^I Técnica, Etec – Bento Carlos Botelho do Amaral, julia.manduca@etec.sp.gov.br

^{II} Mestre, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani, nayara.andrade3@etec.sp.gov.br

^{III} Doutora, Etec – Bento Carlos Botelho do Amaral, anna.souza87@etec.sp.gov.br

^{IV} Doutor, Etec – Bento Carlos Botelho do Amaral, vitorteixeira@ites.com.br

^V Doutor, Faculdade de Tecnologia de Ribeirão Preto, luiz.santos167@fatec.sp.gov.br

EDIÇÃO 2025 – RESUMO EXPANDIDO

1 INTRODUÇÃO

O petróleo bem como seus derivados, dentre eles o óleo diesel, é uma das mais importantes fontes de produtos diversos e energia da atualidade, historicamente utilizado pelo ser humano e um dos pilares de seu desenvolvimento tecnológico até os dias de hoje. Mas não podemos ignorar que solo e água contaminados com hidrocarbonetos de petróleo são uma importante pauta ambiental da atualidade devido aos efeitos negativos causados em diferentes ecossistemas (Kaur *et al.*, 2024).

Os derramamentos de óleo diesel representam uma série preocupação ambiental em todo o mundo, esses eventos podem ocorrer em corpos d'água, rodovias, ferrovias, portos ou mesmo em instalações industriais, resultando em consequências devastadoras para o meio ambiente e a saúde pública. Sendo que os impactos desses derramamentos incluem a contaminação do solo, da água subterrânea e de corpos d'água adjacentes, afetando negativamente os ecossistemas e a biodiversidade (Andrade; Augusto; Jardim, 2010).

Uma abordagem promissora para mitigar esses impactos é a utilização de subprodutos agroindustriais como materiais adsorventes alternativos, em especial os de origem vegetal (Annunciado; Sydenstricker; Silva, 2005), mas sabemos que a composição química destes resíduos é complexa e heterogênea, sendo influenciada por diversos fatores como o tipo de planta, a parte utilizada (fruto, caule, folha), a idade da planta, as condições de cultivo e os processos industriais a que a biomassa será submetida. Os principais componentes estruturais são a celulose, hemicelulose e lignina, que formam a parede celular das plantas. Além desses, estão presentes minerais, proteínas, lipídios e outros compostos em menor proporção. (Célico, 2014).

Um desses subprodutos é o bagaço de malte, que é gerado durante o processo de produção de cerveja, pois o malte é um dos principais ingredientes da cerveja e seu bagaço o maior subproduto desta indústria, representando cerca de 85 % do total de resíduos gerados, sendo geralmente descartado ou subutilizado. No entanto, o bagaço de malte pode possuir características que o tornam potencialmente adequado como absorvente de óleo diesel (Paul-Loup; Villain-Gambier; Trébouet, 2024).

O bagaço de malte, resíduo lignocelulósico rico em proteínas (cerca de 20%) e fibras (cerca de 70%), é um subproduto da indústria cervejeira obtido após a etapa de brassagem, a uma temperatura aproximada de 75°C. Devido à sua composição nutricional, o bagaço de malte tem sido amplamente estudado para diversas aplicações, incluindo alimentação animal e humana, produção de energia (combustível, biogás, etanol), produção de carvão vegetal, fabricação de papel e como substrato em processos fermentativos (Paul-Loup; Villain-Gambier; Trébouet, 2024).

Este projeto teve como objetivo caracterizar as propriedades físico-químicas do bagaço de malte, visando utilizá-lo como absorvente para controle de possíveis derramamentos de óleo diesel em pista.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Essa seção apresenta os procedimentos metodológicos da pesquisa.

EDIÇÃO 2025 – RESUMO EXPANDIDO

2.1 Coleta do bagaço de malte

O bagaço de cevada foi obtido por meio de parceria com a “Cervejaria Cigana”, localizada no município de Jaboticabal-SP, como subproduto do processo de produção de cerveja. O material foi coletado em quantidade suficiente para realização dos experimentos e utilizado da maneira como foi adquirido.

2.2 Determinação de densidade

Uma massa conhecida de bagaço de malte foi transferida para a proveta com 50 mL de água destilada, e foi calculado o volume deslocado (diferença entre volume final e inicial).

A densidade (g/mL) foi calculada pela fórmula $D = m/v$.

O procedimento foi repetido 6 vezes para obtenção de uma média.

2.3 Teor de umidade

Foi utilizada balança de umidade automática com sistema de aquecimento, onde foi registrada a massa inicial da amostra úmida (P_i), a amostra foi seca até estabilização da massa, obtendo-se o valor final (P_f). O teor de umidade (%) foi calculado pela fórmula:

$$\text{Teor de umidade} = (P_i - P_f) / P_i \times 100.$$

A amostra foi dispersa em prato de alumínio para secagem uniforme, o método foi repetido 4 vezes para cálculo da média.

2.4 Teor de matéria orgânica

Foi aferida a massa do cadinho vazio e depois com amostra úmida (~20 g), a amostra foi carbonizada em mufla e pesada novamente para obter a massa carbonizada. Então foi calculada a amostra sem água: $A_u \times 0,2975$ (onde A_u = amostra úmida). O teor de matéria orgânica foi calculado por: $(1 - \text{amostra carbonizada} / \text{amostra sem água}) \times (100 - \text{umidade})$.

Realizaram-se 4 repetições para média dos resultados.

2.5 Teor de Cinzas

O teor de cinzas foi determinado com base em informações já adquiridas anteriormente. Para a realização do cálculo, utilizou-se a expressão: $(\text{amostra carbonizada} / \text{amostra sem água}) \times (100 - \text{umidade})$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão expressos na tabela 1, sendo que os valores dos desvios padrão mostram que os valores são significativos.

EDIÇÃO 2025 – RESUMO EXPANDIDO

Tabela 1 - Média dos valores e desvio padrão dos resultados.

Caracterização do Bagaço	
Umidade (%)	70,25 ± 0,19
Cinzas (%)	19,64 ± 1,59
Matéria orgânica (%)	10,11 ± 1,59
Densidade (g.mL ⁻¹)	0,99 ± 0,13

Fonte: elaboração própria (2025)

Em comparação as pesquisas de Annunziado, Sydenstricker e Silva (2025) que estudaram a capacidade sortiva de paina, sisal, serragem, fibra de coco, bucha vegetal, e rejeitos folhosos, observou-se discrepância entre os resultados que propõem o bagaço de malte como subproduto mais interessante quando se busca imobilizar o óleo de maneira mais ágil, assim o bagaço de malte seco dentre os elementos citados possui capacidade sortiva inferior apenas à paina. Este desempenho agora pode ser comprovado por conta da densidade aferida, que está diretamente relacionada com a porosidade dos tecidos da fibra.

Segundo Barbosa e colaboradores, a densidade das partículas e composição da matéria influenciam diretamente as propriedades físicas e químicas da fibra, devido à relação direta entre a quantidade de “vazios” existentes na fibra, e de sua área de contato. Assim a alta porosidade do bagaço de malte pode ser estimada, pois a baixa densidade aparente calculada em 0,99g/ml evidencia um alto espaçamento entre os poros do bagaço, que consequentemente resultam em uma rápida absorção devido à fácil acessibilidade do poluente.

A umidade aferida em 70,25% indica um elevado índice de água presente no bagaço de malte, o que leva a conclusão de que a utilização deste resíduo em forma úmida para fins absorventes deve ser evitada, pois a alta concentração de água impede que a fibra retenha grande parte do óleo derramado, já que o óleo, substância apolar, não se mistura com a água polar. Sendo assim, recomenda-se a secagem da matéria para eliminação da água (por mais que o processo seja mais trabalhoso) para utilização em derramamentos de óleo diesel.

Segundo Massardi (2020) a composição desse resíduo é diversa e varia com meio de produção, mas em geral, encontra-se: celulose, hemiceluloses, lignina, proteínas, extractivos e cinzas. Entre as hemiceluloses, os polímeros constituintes mais comuns são a xilana formada pelo açúcar xilose, e arabinana formada pelo açúcar arabinose. O teor de matéria orgânica calculado em 10,11% Indica pouca quantidade de matéria orgânica presente no bagaço de malte, esse valor difere de outros estudos provavelmente devido a poucas repetições da análise. Um alto teor de matéria orgânica possibilita mais interações entre o óleo.

De acordo com Santos (2023) as cinzas são compostas por resíduos inorgânicos provenientes da queima da matéria orgânica, sendo constituídas principalmente por potássio, sódio, cálcio, silício e magnésio, podendo conter em menores quantidades: alumínio, cobre, ferro, manganês e zinco. As cinzas obtidas em 19,64% representam um valor razoável, já que quanto maior o teor de cinzas, maior a concentração de minerais que diminuem a capacidade absorptiva do bagaço de malte.

EDIÇÃO 2025 – RESUMO EXPANDIDO

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A densidade de 0,99 g/ml da fibra sugere a presença de poros bem acessíveis que lhe oferece uma rápida absorção do óleo. Em relação ao alto teor de umidade aferido em 70,25%, conclui-se que o bagaço precisa de uma pré-secagem para melhor retenção do óleo diesel derramado. O baixo teor de matéria orgânica, medido em 10,11%, dificulta a interação de diferentes compostos com o efluente, enquanto o teor de cinzas de 19,64%, representa um alto valor de minerais, mas que provavelmente não influenciará, em grande escala, a absorção do bagaço de malte em relação ao diesel.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Ecl. Quím.**, São Paulo, v. 35, n. 3, p.17-43. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-467020> h. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eq/a/sGLvgg5B6qBspNBtncd9GKq/?lang=pt>. Acesso em: 14 maio 2025.

ANNUNCIADO, T. R.; SYDENSTRICKER, T. H. D.; SILVA, F. W. L. Sorção de óleo cru e derivados do petróleo por diferentes fibras vegetais. **Petro & Química**, p. 71-76. 2005. Disponível em: https://www.ufrgs.br/gcomp/imagens/pdfs/sorcao_de_oleo.pdf. Acesso em: 14 maio 2025.

BARBOSA, A. de M. et al. Caracterização de partículas de açaí visando seu potencial uso na construção civil. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 24, n. 3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620190003.0750>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/gXWgf5vhc7Y6fqWNj7W9dwQ/?lang=pt>. Acesso em: 14 maio 2025.

CÉLINO, A.; FRÉOUR, S.; JACQUEMIN, F.; CASARI, P. The hygroscopic behavior of plant fibers: a review. **Frontiers in Chemistry**, v. 1, 24 jan. 2014. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3982556/>. Acesso em: 14 de maio.

KAUR, V. et al. Oil spill cleanup: A review. **International Journal of Science and Research** Archive, v. 12, n. 2, p. 2737–2754, 2024.

MASSARDI, M. M.; MASSINI, R. M. M.; SILVA, D. de J. 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. 1, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jec/article/view/9418>. Acesso em: 14 maio 2025.

SANTOS, M. M.; PASOLINI, F. S.; COSTA, A. P. O. Caracterização físico-química do caroço e da fibra do açaí (*Euterpe oleracea mart.*) via métodos clássicos e instrumentais. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 9, n. 2, p. 143–160, 2023. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.47456/bjpe.v9i2.40688>. Acesso em: 14 maio 2025.