

## Valorização de resíduos industriais no desenvolvimento de novos produtos

## Valorization of industrial waste in the development of new products

### RESUMO

A geração de resíduos é intrínseca a qualquer setor produtivo. O descarte inadequado de rejeitos e efluentes tem causado graves impactos, refletindo em danos ao meio ambiente e a saúde humana. O bagaço de malte representa cerca de 85% dos resíduos do processo produtivo da cerveja. Assim, é necessário o estudo de alternativas para utilização deste. O presente trabalho tem como objetivo o estudo da remoção de corantes em efluentes utilizando carvão ativado obtido a partir do bagaço de malte. Foi determinado o ponto de carga zero (PCZ) para avaliar a carga superficial do carvão ativado. Para análise do tratamento via adsorção, os testes foram realizados em batelada, sob agitação constante a 30 °C. Pelos resultados, conclui-se que o carvão produzido e analisado apresenta potencial promissor no tratamento de efluentes e novos estudos devem ser realizados para otimizar o processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorção. Bagaço de Malte. Carvão ativado.

### ABSTRACT

Waste generation is intrinsic to any productive sector. Inappropriate disposal of tailings and effluents has been causing severe impacts, resulting in damage to the environment and human health. Malt bagasse accounts for around 85% of the waste from the beer production process. Therefore, it is necessary to study alternatives for its use. The present work aims to study the removal of dyes present in effluents using activated carbon obtained from malt bagasse. The zero charge point (ZCP) was determined to evaluate the surface charge of the activated carbon. For the treatment analysis through adsorption, the tests were performed by batches, under constant stirring at 30 °C. Through the results, it is concluded that the carbon produced and analyzed shows promising potential in the treatment of effluents and further studies must be performed to optimize the process.

**KEYWORDS:** Adsorption. Malt bagasse. Activated carbon.

**Joelma Correa**

[jcorrea@alunos.utfpr.edu.br](mailto:jcorrea@alunos.utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli**

[jpietrobelli@utfpr.edu.br](mailto:jpietrobelli@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil

**Helder Teixeira Gomes**

[htgomes@ipb.pt](mailto:htgomes@ipb.pt)

Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTiG), Bragança, Portugal.

**José Luis Díaz de Tuesta**

[j.l.diazdetuesta@ipb.pt](mailto:j.l.diazdetuesta@ipb.pt)

Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTiG), Bragança, Portugal.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de rejeitos e efluentes tem causado graves impactos, refletindo em danos ao meio ambiente e a saúde humana. Diante deste contexto, a Economia Circular vem sendo inserida como uma alternativa para diminuir o uso de recursos naturais e a geração de resíduos. Neste modelo, materiais e recursos são utilizados em fluxos cíclicos, através de estratégias de redução, reutilização e reciclagem.

O aproveitamento de resíduos agroindustriais, frente ao desperdício de alimentos, e ao beneficiamento e processamento desses, tem apresentado uma grande oportunidade de desenvolvimento de subprodutos, como também agregação de valor perdido, e utilização sustentável desses resíduos (COSTA FILHO, 2017).

Em Ponta Grossa, atualmente estão instaladas grandes cervejarias como a Heineken e Ambev, além de cinco microcervejarias. A produção de cerveja é realizada a partir do malte, produto resultante da germinação parcial dos grãos da cevada, pela sua fermentação. Este bagaço provém do processo de obtenção do mosto, pela fervura do malte moído e dos adjuntos, que após a filtração, resulta num resíduo que atualmente é destinado para ração animal (AQUARONE et al., 2001). O bagaço de malte é responsável por 85% dos resíduos oriundo do processo produtivo da cerveja. É um material lignocelulósico, rico em fibras e proteínas, que contém 28% de lignina, 28% de hemicelulose e 17% de celulose (MELLO et al., 2013). O elevado teor de umidade presente no bagaço de malte, cerca de 77%, favorece o crescimento microbiano e dificulta o processo de armazenagem e transporte e (KLAGENBOECH et al. 2012). Assim, é necessário o estudo de alternativas para utilização desse resíduo.

O tratamento de efluentes contendo corantes tem sido alvo de diversos estudos, pois os métodos convencionais físicos, químicos e biológicos, muitas vezes não são eficientes. Parte dos corantes utilizados no processo não são absorvidos na etapa do tingimento e ao final do processo fazem parte do efluente, que quando lançados em corpos hídricos sem tratamento prévio afetam na sua qualidade.

O método da adsorção tem sido empregado como uma alternativa para o tratamento de efluentes, neste método utiliza-se carvão ativado como adsorvente, porém apresenta uma desvantagem devido ao elevado custo deste material. Neste sentido, há necessidade de buscar soluções alternativas e sustentáveis, como exemplo a utilização de resíduos industriais para a produção de adsorventes.

Processos que possuem o termo sorção se referem à passagem de substâncias de uma fase para outra (BALDISSARELLI, 2006). A adsorção é um fenômeno interfacial que permite a transferência física de um soluto (adsorvato) presente em uma fase fluida (líquida) para uma superfície sólida (adsorvente), ficando retido em virtude das interações com as partículas constituintes do sólido. Uma das principais diferenças entre a adsorção e a bioadsorção está no adsorvente utilizado, que no caso da bioadsorção é chamado de bioadsorvente (biomassa).

O carvão ativado é um material com alto teor de carbono, sua forma cristalina é constituída de heteroátomos, principalmente oxigênio ligado aos átomos de carbono. Apresentam uma estrutura porosa interna extremamente desenvolvida e elevada área superficial o que confere uma eficiente capacidade de adsorver moléculas (GORGULHO et al. 2008).

O carvão ativado pode ser obtido de diferentes materiais, desde que possuam alto teor de carbono. Alguns exemplos resíduos empregados na obtenção do carvão ativado são casca de arroz casca de arroz, cascas de coco, resíduos de erva mate, entre outros materiais (SOMASUNDARAM et al. 2013; SCHNEIDER, 2009; GONÇALVES, 2007).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo o estudo da remoção de corantes em efluentes utilizando carvão ativado obtido a partir do bagaço de malte.

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi baseada nos trabalhos realizados pelos autores Silva e Zanutto (2016) e Pietrobelli (2012). Os ensaios experimentais foram realizados com bagaço de malte cedido pela microcervejaria Brauerei Schultz, carvão ativado obtido pelo bagaço de malte, produzidos pelo Instituto Politécnico de Bragança, corante amarelo AR-B8G e efluente do processo de coloração de caixas de ovos de uma indústria localizada na região dos Campos Gerais (Corante Basf - Basazol® Yellow 5G).

**Preparo da biomassa** O bagaço de malte (BM) foi seco em estufa com circulação e renovação de ar, SL 102 – SOLAB, a 30°C e em seguida triturado em um moinho de facas para a obtenção de granulometrias menores. Parte do material foi enviado para o Instituto Politécnico de Bragança para produção do carvão ativado (CA).

**Curva de calibração para o corante AR-B8G** Foi realizada uma varredura da solução do corante em espectrofotômetro UV-Vis Femto – 800 XI, entre comprimentos de onda de 390 a 650 nm para conhecer a banda de absorção máxima, cujo comprimento de onda foi fixado em todos os testes com este corante. Para a curva de calibração, foram reparadas soluções aquosas do corante nas concentrações entre 0 a 150 mg L<sup>-1</sup>. Sendo esta necessária para fornecer a concentração de adsorvato em função da absorbância obtida das leituras em UVVis.

**Testes preliminares** Para os testes preliminares foram testados quatro tipos de carvão ativado obtidos pelo bagaço de malte ativado por três diferentes métodos. Para verificar a eficiência da remoção dos carvões produzidos, foram preparadas soluções sintéticas do corante amarelo AR-B8G 75 mgL<sup>-1</sup>, utilizou-se 0,075 g de carvão para 12,5 mL de solução de corante. Os testes foram realizados em batelada, em sistema fechado, sob agitação em 130 rpm a 30°C por 24 horas. As amostras foram centrifugadas e alíquotas foram lidas no UV-Vis Femto – 800 XI. Realizou-se o mesmo procedimento para o bagaço de malte (BM) sem tratamento para comparar os resultados.

**Ponto de carga zero** Com o melhor resultado obtido nos testes preliminares, determinou-se o ponto de carga zero (PCZ) para avaliar a carga superficial do carvão ativado. Para isto, preparou-se de amostras contendo 25 mL de solução de cloreto de sódio 0,01 molL<sup>-1</sup> com pH ajustado de 1 a 12 e 0,05g de CA. As amostras foram mantidas por 24 horas sob agitação constante a 30°C e 130 rpm em incubadora com agitação rotativa. O pH final das amostras foi medido.

**Ensaio de remoção de cor do efluente** A metodologia para verificar o percentual de remoção de cor no efluente foi baseada nos trabalhos de Silva e Zanutto (2016). Para análise do tratamento de adsorção, realizou-se uma varredura no espectrofotômetro UV-Vis Femto – 800 XI do efluente, entre comprimentos de onda de 200 a 800 nm. Os testes de remoção do corante presente no efluente foram realizados em batelada, em sistema fechado, sob agitação em 130 rpm a 30°C por 24 horas, adicionou-se 12,5mL de efluente para 0,075g de adsorvente. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas e alíquotas foram lidas no UV-Vis pelo método de varredura. Os percentuais de remoção foram obtidos a partir da integral da área abaixo dos espectros das leituras em UV-Vis, calculadas a partir do *software* Origin 6.0. Este procedimento foi realizado para ambos os adsorventes: biomassa (bagaço de malte) o carvão ativado (CA).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes aos testes preliminares com os adsorventes obtidos pelo carvão ativado do bagaço de malte e do bagaço de malte *in natura* em solução sintética do corante AR-B8G seguem na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos testes preliminares

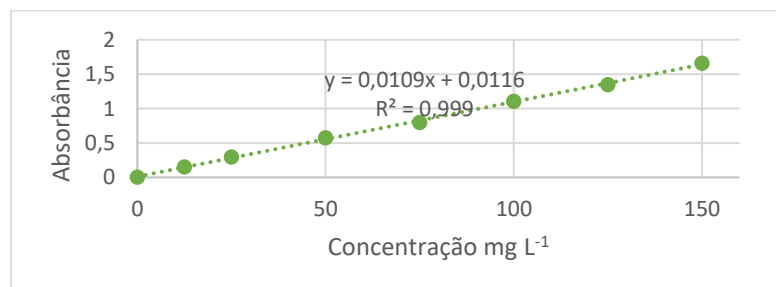
Adsorvente	Remoção (%)
A	83,58
B	94,96
C	95,67
D	100
Bagaço de malte	92,61

Fonte: Autoria própria (2019)

Verifica-se que o carvão (CA) que apresentou melhor remoção de cor foi o D, e que o bagaço de malte apresenta remoção de 92,61% do corante AR-B8G 75 mg L<sup>-1</sup>. Assim, o carvão escolhido para realizar os demais testes foi o D, nomeado de (CA).

Para o corante AR-B8G o maior comprimento de onda foi de 425 nm, deste modo, este valor foi utilizado na obtenção da curva de calibração e nas demais leituras realizadas no UV-Vis para determinar as concentrações de corante. A curva de calibração foi obtida a partir das soluções padrão de corante (0 a 150 mg L<sup>-1</sup>) em leituras UV-Vis, o resultado pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Curva de calibração para o corante AR-B8G

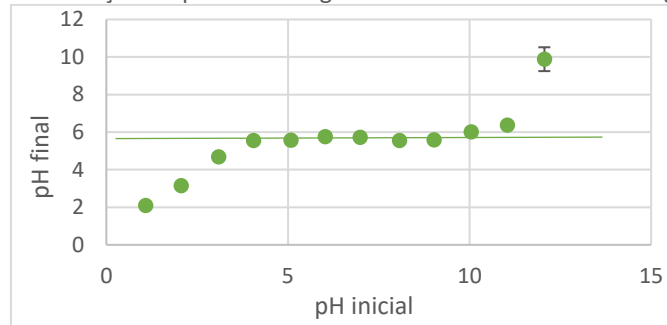


Fonte: Autoria própria (2019)

Conforme o Gráfico 1, podemos verificar um excelente coeficiente de regressão linear ( $R^2 = 0,999$ ), indicando que a equação  $y=0,0109x+0,0116$  pode ser utilizada para determinar a concentração real do corante.

Por definição, o PCZ é o pH em que a carga líquida externa e interna dos grupos funcionais na superfície do material é nula e não contribui para o pH da solução. Desta forma, o número de sítios positivos e negativos é o mesmo (CUEVA-ORJUELA et al. 2013). Sendo um fator importante no entendimento da adsorção, visto que dependendo do pH da solução a superfície pode apresentar uma carga positiva, negativa ou nula, refletindo na interação eletrostática entre o adsorvato e o adsorvente. O PCZ encontrado para o carvão ativado (CA) foi de pH=5,7, conforme Gráfico 2.

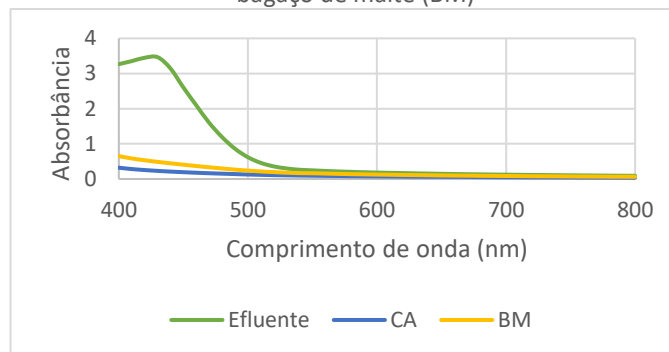
Gráfico 2 - Determinação do ponto de carga zero do carvão ativado do bagaço de malte



Fonte: Autoria própria (2019)

O PCZ corresponde ao ponto que o pH se torna constante após o atingir o equilíbrio. Em soluções com pH abaixo do PCZ a superfície está carregada positivamente e um grande número de ânions é adsorvido de modo a balancear cargas positivas. Para soluções com pH acima do PCZ cátions são adsorvidos com maior facilidade.

Gráfico 3 – Espectros do efluente antes e após a adsorção com carvão ativado (CA) e bagaço de malte (BM)



Fonte: Autoria própria (2019)

Como pode ser observado no Gráfico 3, foi obtido elevado valor de absorbância para o efluente antes da adsorção, devido à alta concentração de corante na amostra. Após a adsorção, verifica-se que tanto para o carvão ativado obtido pelo bagaço de malte (CA) quanto para o bagaço de malte (BM) obteve-se baixos valores de absorbância, o que comprova a remoção do corante. Para o carvão ativado, a remoção foi de 86,08%, já para o bagaço de malte foi de 73,87%. Isto indica que o carvão ativado e o bagaço de malte apresentam grande potencial de adsorção na remoção de corantes em efluentes.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foi avaliado o potencial de remoção do efluente contendo corante Basazol® Yellow 5G, pelo carvão ativado obtido do bagaço de malte e também pelo bagaço de malte. Os estudos realizados mostraram eficácia de 86,08%, na remoção de cor do efluente tratado com carvão ativado e 73,87% pelo bagaço de malte. A partir destes resultados, conclui-se que o carvão produzido apresenta como uma alternativa promissora para tratamento de efluentes e que estudos mais aprofundados devem ser realizados para otimizar o processo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação Araucária pela bolsa e auxílio financeiro. Agradeço imensamente a Profª Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli, pela oportunidade,

orientação e pela compreensão. Bruna Cássia e Emanue Sansana Delgobo, pelo companheirismo e pela oportunidade de termos trabalhado juntas.

## REFERÊNCIAS

- AQUARONE, E. et al. *Biotecnologia industrial*. São Paulo: Editora BlücherLtda, 2001. v. 4
- BALDISSARELLI, Vanessa Zanon. *Estudo da Adsorção do Corante Reativo Preto 5 sobre Carvão Ativado: Caracterização do Adsorvente e Determinação de Parâmetros Cinéticos e Termodinâmicos*. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Química, Universidade Regional de Blumenau. 2006.
- COSTA FILHO, D. V. et al. *Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos*. In: II Congresso Internacional das Ciências Agrárias– COINTER–PDVAgro. 2017.
- CUEVA-ORJUELA, J. C.; HORMAZA-ANAGUANO, A.; MERINO-RESTREPO, A. Sugarcane bagasse and its potential use for the textile effluent treatment. *DYNA*, v.84, n. 203, p. 291-297, 2017.
- GONÇALVES, M. et al. *Produção de carvão a partir de resíduo de erva-mate para a remoção de contaminantes orgânicos de meio aquoso*, *Revista Ciência Agrotécnica*, v. 31, p. 1386-1391. 2007.
- GORGULHO, H. F.; MESQUITA, J. P.; GONÇALVES, F.; PEREIRA, M. F. R.; FIGUEIREDO, J. L. Characterization of the surface chemistry of the carbon materials by potentiometric titrations and temperature-programmed desorption. *Carbon*, v. 46, p. 1544-1555, 2008.
- KLAGENBOECH, R., SILVA, G.M.C. *Influência da velocidade cinética de secagem e nas características nutricionais da mistura de bagaço de malte e levedura (Saccharomyces cerevisiae)*. In: XVII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 17., 2012, Paraná. 2012.
- MELLO, L. R. P. F.; VERGÍLIO, R. M.; MALI, S. *Caracterização Química e Funcional do Resíduo Fibroso da Indústria Cervejeira*. *Anais do III Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia. BBR – Biochemistry and Biotechnology Reports*, v. 2, n. 3, p. 191-194. Londrina, 2013.
- PIETROBELLI, Juliana Martins Teixeira de Abreu. *Remoção dos íons Cádmio, Cobre e Zinco utilizando Macrófita Egeria Densa*. 2012. 125 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.
- SCHNEIDER, E. L. *Adsorção de compostos fenólicos sobre carvão ativado*. Toledo: Centro de Engenharias e Ciências Exatas da UNIOESTE, 2008. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Química)
- SOMASUNDARAM, S., SEKAR, K., GUPTA, V.K., GANESAN, S. Synthesis and characterization of mesoporous activated carbon from rice husk for adsorption of glycine from alcohol-aqueous mixture. *Journal of Molecular Liquids*, v. 177, p. 416- 425. 2013.
- ZANUTTO, Adriane; SILVA, Bruna Cassia da. *Avaliação do bagaço de malte como biossorvente do corante Amarelo Reafix B2R*. 2016. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.