



# Aplicação do bagaço de malte na biossorção do corante azul de efluente de lavanderia têxtil

*Application of malt bag in biosorption of blue dry from laundry effluent*

**Aline Resmini Melo** ([aline.melo@satc.edu.br](mailto:aline.melo@satc.edu.br))

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e coordenadora na Faculdade Satc.

**Carolina Resmini Melo Marques** ([carolina.melo@satc.edu.br](mailto:carolina.melo@satc.edu.br))

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e professora da Faculdade Satc.

**Larissa Bento Bortolatto** ([larissa.bortolatto@satc.edu.br](mailto:larissa.bortolatto@satc.edu.br))

Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e professora da Faculdade Satc.

**Débora de Pellegrin Campos** ([debora.campos@satc.edu.br](mailto:debora.campos@satc.edu.br))

Mestranda em Engenharia Metalúrgica pela Faculdade Satc e professora da Faculdade Satc.

**Schaiane Langer Junkes** ([chaianejunkes@hotmail.com](mailto:chaianejunkes@hotmail.com))

Graduando em Engenharia Química pela Faculdade Satc.

FTT Journal of Engineering and Business. •  
SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

NOV. 2019 • ISSN 2525-8729

**Submissão:** 09 mar. 2019. **Aceitação:** 19 ago. 2019

**Sistema de avaliação:** às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE TECNOLOGIA  
TERMOMECANICA, p. 38-52

## *Resumo*

O objetivo foi avaliar a capacidade de utilização do bagaço de malte como bioadsorvente na remoção do corante azul royal tiafix MER 100% de efluente de lavanderia têxtil. Foram avaliadas as influências do tempo de contato, temperatura, pH e massa de adsorvente. Foi elaborado o planejamento experimental baseado na metodologia de planejamento fatorial  $2^4$  com 3 repetições do ponto central (para analisar o desvio em triplicata), totalizando 19 experimentos. Durante a realização dos ensaios, não foi possível notar a melhoria na cor e turbidez da amostra, mas após os resultados das análises foi possível constatar a diminuição destes parâmetros. A isoterma foi considerada favorável, pois os valores de  $R_L$  variaram entre  $0 < R_L < 1$ . O melhor resultado de adsorção de cor foi 75,69 % no teste 7 com temperatura 50 °C, tempo de contato 30 minutos, pH 1 e 6 gramas de adsorvente. Foi obtido o resultado de adsorção de turbidez em 98,81 % em dois testes, no teste 7 e 15 com temperatura 50 °C, tempo de contato 120 minutos, pH 1 e 6 gramas de adsorvente. Os resultados obtidos demonstraram que o bagaço de malte pode ser utilizado em lavanderias têxteis na adsorção deste corante de forma eficiente.

**Palavras-chave:** Bagaço de malte. Bioadsorção. Efluente de lavanderia têxtil. Corante.

## *Abstract*

The objective was to evaluate the ability of malt bagasse as a biosorbent in the removal of royal blue dye tiafix MER 100 % of textile laundry effluent. The influences of contact time, temperature, pH and adsorbent mass were evaluated. The experimental design was based on the factorial planning methodology  $2^4$  with 3 replicates of the central point (to analyze the deviation in triplicate), totaling 19 experiments. During the tests, it was not possible to notice the improvement in the color and turbidity of the sample, but after the results of the analyzes it was possible to verify the decrease of these parameters. The isotherm was considered favorable because  $R_L$  values ranged from  $0 < R_L < 1$ . The best color adsorption result was 75.69 % in test 7 with temperature 50 °C, contact time 30 minutes, pH 1 and 6 grams of adsorbent. The result of adsorption of turbidity was obtained in 98.81% in two tests, in test 7 and 15 with temperature 50 °C, time of contact 120 minutes, pH 1 and 6 grams of adsorbent. The results obtained showed that the malt bagasse can be used in textile laundries in the adsorption of this dye efficiently.

**Keywords:** Malt cake. Biosorption. Laundry effluent textile. Dye.

# Introdução

O Brasil tem atualmente 610 cervejarias registradas no MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) até agosto de 2017. Santa Catarina está em terceiro lugar no ranking com 73 cervejarias, ficando atrás de São Paulo com 122 e Rio Grande do Sul com 119. O acentuado crescimento do número de cervejarias é decorrente da abertura de pequenas cervejarias categorizadas como microcervejarias ou artesanais, com média de 20.000 L de cerveja produzidas por mês (MARCUSO e MULLER, 2017; FERREIRA, 2016).

Casca de banana, quitosana, casca de laranja, plantas aquáticas, fibras de algodão, serragem de madeira, bagaço de cana, casca de arroz, sabugo de milho e coco são alguns dos biossorventes que estão sendo estudados para a remoção de corantes têxteis (CUNHA, 2014).

Uma nova opção de utilização é a aplicação do bagaço de malte como adsorvente de pigmentos ou corantes de efluentes têxteis, uma alternativa que vem sendo bastante estudada. A adsorção é uma técnica eficiente e de baixo custo que pode empregar vários adsorventes.

O bagaço de malte é o principal subproduto do processo cervejeiro, sendo que para cada 100 L de cerveja produzida são gerados 20 kg de bagaço. A crescente produção de cerveja no Brasil dá ideia da quantidade deste subproduto gerado, considerando cerca de 85% do total (SANTOS e RIBEIRO, 2005; REINOLD, 1997). O bagaço de malte possui várias utilizações e estudos científicos, citados por diversos autores, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Utilizações do bagaço de malte, segundo diversos autores.

Utilização	Referência
Produção de biopigmentos produzidos por <i>Monascus Ruber</i> CCT 3802.	Oliveira et al. (2016)
Produção de goma xantana pela fermentação da bactéria <i>Xanthomonas Campestris</i> .	Menezes (2013)
Geração de Biogás	Salvadori et al. (2012)
Fonte de energia	Cordeiro (2011)

Fonte: Elaboração das autoras (2019)

O corante têxtil de maior quantidade no efluente da empresa é o Azul Royal Tiafix MER 100 %. Segundo a FISPQ (Ficha de informações de segurança de produtos químicos) do Azul Royal Tiafix MER 100 %, o corante é de natureza química antraquinona/vinilsulfônico.

Na isoterma de Langmuir, a superfície do adsorvente consiste de sítios ativos livres onde ocorre a adsorção, sem que ocorram interações entre as moléculas adsorvidas (RAFAEL, 2015). A reação (1) demonstra a isoterma de Langmuir em que M representa a molécula e L o sítio ativo livre.



Petroni (1999) define que a capacidade de bioadsorção pode ser escrita pela Eq. (1), onde: “q” é a capacidade de bioadsorção do adsorvato pelo bioadsorvente ( $\text{mg L}^{-1}$ ); “ $C_i$ ” é a concentração inicial do corante ( $\text{mg L}^{-1}$ ); “ $C_f$ ” é a concentração final do corante ( $\text{mg L}^{-1}$ ); “V”, o volume da solução (L); “m”, a massa de bagaço de malte (g).

$$q = \frac{(C_i - C_f) \cdot V}{m} \quad (1)$$

Rangabhashiyam e Balasubramanian (2019) afirmam que o modelo de isoterma de Langmuir pode ser elucidado em termos de fator de separação constante adimensional, também chamado de parâmetro de equilíbrio ( $R_L$ ) representado pela Eq. (2), onde: “ $C_o$ ” é a concentração inicial dos íons metálicos ( $\text{mg L}^{-1}$ ); “ $R_L$ ”, a natureza do processo de bioadsorção.

$$R_L = \frac{1}{(1 + K_L \cdot C_o)} \quad (2)$$

Quando o valor de  $R_L$  estiver entre 0 e 1, indica que a bioadsorção é favorável. O valor de  $R_L > 1$  representa a bioadsorção desfavorável, o valor de  $R_L$  igual a 1 representa a bioadsorção linear e especifica o processo de bioadsorção irreversível em caso de valor de  $R_L$  igual a 0.

## *Procedimentos experimentais*

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos e metodologias empregadas para avaliar a eficiência do bagaço de malte como bioadsorvente de corante em efluente de lavanderia têxtil.

O planejamento experimental foi baseado na metodologia de planejamento fatorial  $2^4$  com 3 repetições do ponto central (para analisar o desvio e realizado em triplicata) totalizando 19 experimentos.

A concentração inicial da solução foi de  $21000 \text{ mg L}^{-1}$  e os parâmetros como pH, massa de adsorvente, temperatura e tempo foram variados de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Planejamento experimental de pontos centrais.

Ensaio	pH	Massa de adsorvente (g)	Temperatura (°C)	Tempo (min)
1	1	2	30	30
2	5	2	30	30
3	1	6	30	30
4	5	6	30	30
5	1	2	50	30
6	5	2	50	30
7	1	6	50	30
8	5	6	50	30
9	1	2	30	120
10	5	2	30	120
11	1	6	30	120
12	5	6	30	120
13	1	2	50	120
14	5	2	50	120
15	1	6	50	120
16	5	6	50	120
17 C	3	4	40	60
18 C	3	4	40	60
19 C	3	4	40	60

Fonte: Elaboração das autoras (2019)

## ***Materiais***

O bagaço de malte foi cedido pela Cervejaria Santa Catarina LTDA, localizada na cidade de Forquilha/SC. Ele é gerado durante o preparo do mosto no processo de brasagem. Atualmente, o bagaço de malte é utilizado na alimentação de animais da região.

O efluente de lavanderia têxtil foi coletado na Empresa Lavest Lavanderia Industrial, localizada na cidade de Içara/SC, que cedeu a amostra para estudos, na saída do equipamento de tingimento.

Os ensaios de adsorção foram realizados no laboratório de Operações Unitárias e Fenômenos de Transferência II do Curso de Engenharia Química da Faculdade Satc.

## *Caracterizações do bagaço de malte*

A caracterização do bagaço de malte compreendeu os procedimentos de determinação de umidade e porosidade. A análise morfológica do bagaço de malte foi realizada a partir da técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

A umidade foi determinada em medidor de umidade DSH-50, por tempo automático e configurado em temperatura de 105 °C.

Para o cálculo da porosidade, foi realizado o teste em célula baseado na porosidade do leito, adicionando uma massa conhecida de bagaço de malte e completando os interstícios com água deionizada, onde a hidratação da biomassa durante o preenchimento não foi considerado. Em seguida, realizou-se a leitura do volume ocupado pela mistura e a porosidade foi calculada a partir da Eq. (3), onde: “ $\varepsilon$ ” representa a Porosidade (%); “ $V_{\text{vazios}}$ ” o volume de vazios da amostra, sendo este, a medida de água utilizada (mL); “ $V_{\text{total}}$ ” é o volume total ocupado pelo bagaço de malte e seus espaços vazios, valor conhecido na célula de porosidade (mL).

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{vazios}}}{V_{\text{total}}} \quad (3)$$

Foi realizada a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), pelo LAQUA, Laboratório de Análises Químicas e Ambientais da Satc. As imagens tridimensionais possibilitaram a avaliação da estrutura superficial da amostra.

## *Caracterizações do efluente de lavanderia têxtil*

As análises iniciais do efluente de lavanderia têxtil foram realizadas no laboratório de Operações Unitárias e Fenômenos de Transferência II do Curso de Engenharia Química da Faculdade Satc. Foram analisados parâmetros que influenciam no aspecto visual da amostra (cor e turbidez) e pH.

## *Testes de adsorção*

Para os testes de adsorção, foi utilizada a amostra seca ao sol por 24 horas. Desta forma, foram determinadas as influências das condições de adsorção, variando pH, massa de adsorvente, temperatura e tempo de contato. Os testes de adsorção foram feitos em batelada, utilizando erlenmeyers de 125 mL.

Todos os testes de adsorção foram analisados em banho termostático sob baixa rotação e utilizado 100 mL de efluente de lavanderia têxtil. Os testes alterando valores de pH, temperatura e tempo de

contato foram baseados nos estudos de Zanutto e Da Silva (2016) e o teste variando massa de adsorvente foi estudado por Gonçalves et al. (2016).

- pH: os valores avaliados foram 1; 3 e 5, visto que Zanutto e Da Silva (2016) comprovaram em estudos que a utilização do bagaço de malte como adsorvente em meios ácidos favorece a adsorção. O ajuste de pH foi feito no início da operação, utilizando HCl 1 N. O pH é o parâmetro mais importante a ser definido, por isso será o primeiro a ser verificado.
- Massa de adsorvente: foram testadas três opções, utilizando 100 mL de efluente e 2; 4 e 6 g de adsorvente. A quantidade de massa de adsorvente foi determinada referente ao tamanho do erlenmeyer e a quantidade de efluente utilizado para não ficar uma quantidade muito grande ou pequena para o teste.
- Temperatura: a variação ocorreu nas temperaturas de 30 °C, 40 °C e 50 °C. A alteração da temperatura foi feita configurando o equipamento de banho termostático pré-aquecido. Assim que cada temperatura do banho chegou ao valor desejado deu-se início ao tempo reacional de contato.
- Tempo de Contato: para estabelecer o tempo de contato ideal, trabalhou-se com as faixas de 30, 60 e 120 minutos. O tempo de contato foi escolhido conforme disponibilidade de tempo para realizar os testes no laboratório.

Após todos os testes de adsorção, foram realizadas análises de cor e turbidez com as amostras para comparar com a amostra inicial.

O bagaço de malte foi analisado via Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). A amostra analisada foi seca em estufa a 105 °C pelo LAQUA, Laboratório de Análises Químicas e Ambientais da Satc.

## *Resultados e discussões*

Após realização do procedimento experimental e análises em laboratório, foi possível aplicar e discutir os resultados encontrados, com auxílio do software Statistica 7.0.

### *Caracterizações dos bagaços de malte*

As análises de umidade e porosidade foram realizadas no laboratório da Cervejaria Santa Catarina e os resultados são respectivamente: 82,9 % e 0,6. O bagaço de malte tem um valor de porosidade 0,6, sendo assim, possibilita a remoção de contaminantes do efluente na superfície dos grãos do bagaço a fim de deixá-lo mais puro.

A Figura 1 apresenta as micrografias obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura para ampliações de 50 e 200 vezes.

Na Figura 1 (A), é possível observar que o material apresenta uma estrutura rígida, com superfície pouco regular e na Figura 1 (B), uma superfície com certa rugosidade. Essas características da superfície do bagaço de malte facilitam o processo de adsorção, em que o bagaço de malte poderá adsorver o corante com maior facilidade tendo uma superfície rugosa.

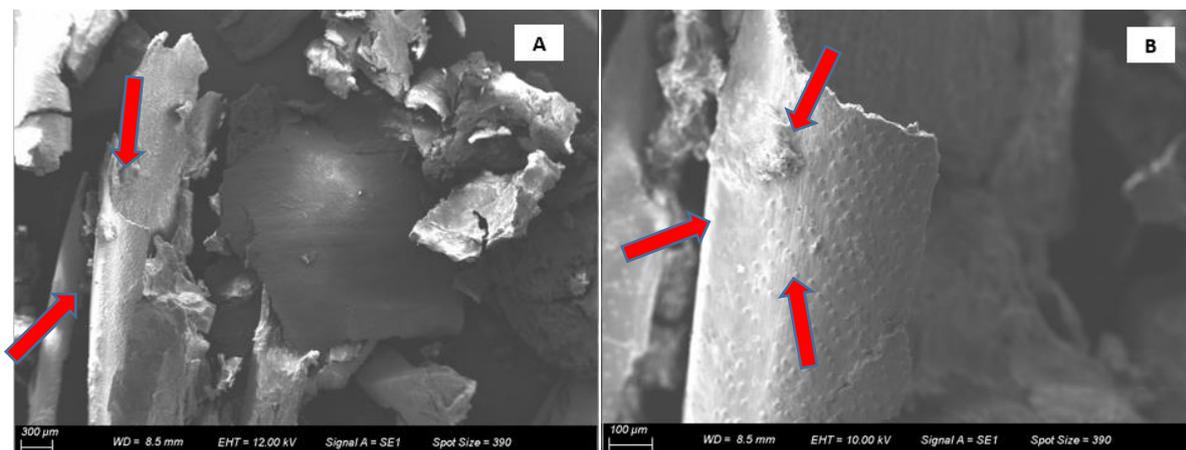


Figura 1: Micrografias do bagaço de malte obtidas por MEV, com ampliação de (A) 50 e (B) 200 vezes.  
 Fonte: Elaboração das autoras (2019)

## Caracterizações do efluente de lavanderia têxtil

As análises de cor, turbidez e pH foram realizadas no laboratório de Operações Unitárias e Fenômenos de Transferência II do Curso de Engenharia Química da Faculdade Satc. Na Tabela 3 seguem as análises feitas com o efluente da Lavanderia Têxtil.

Pode-se notar a alta concentração de cor e turbidez presente na amostra, isto se deve ao fato de a mesma ser coletada logo na saída da máquina de tingimento, onde a concentração de corante ainda é muito alta. O pH foi analisado apenas para corrigir os parâmetros escolhidos para o teste, pois o seu valor está dentro do valor permitido pelo CONAMA n°430. Desta forma, é possível verificar a necessidade de tratamento do efluente.

Tabela 3: Análise do Efluente Bruto de Lavanderia Têxtil.

Parâmetro	Resultado	Unidade	Valor máximo CONAMA n°430/2011
pH	8,60/23 °C	-	6,0 A 9,0
Cor	9050	UH	N.E
Turbidez	21000	FAU	N.E

Fonte: Elaboração das autoras (2019)

## Ensaio de adsorção

O objetivo do planejamento experimental foi avaliar a influência na adsorção de corante em efluente de lavanderia têxtil utilizando bagaço de malte. Sendo assim, foi realizado um planejamento fatorial 2<sup>4</sup> com 3 repetições dos pontos centrais (para analisar o desvio), totalizando 19 experimentos. As variáveis utilizadas foram tempo, temperatura, massa de adsorvente e pH (Tabela 4).

Após análise em laboratório, chegou-se aos percentuais de cor e turbidez da concentração, descritos na Tabela, quando comparados aos valores iniciais.

Durante a realização dos ensaios não foi possível notar a melhoria na cor e turbidez da amostra, mas após as análises foi possível constatar a diminuição destes parâmetros.

Para melhorar a leitura das amostras no espectrofotômetro, foi preciso centrifugar as mesmas por 2 minutos a 4000 rpm e realizar uma diluição de 50 vezes para a leitura ficar dentro da curva do equipamento. O ensaio 7 obteve um melhor resultado tanto para adsorção de cor quanto para turbidez, já o ensaio de número 15 obteve um bom resultado referente a adsorção de cor. Mesmo a legislação não estabelecendo um padrão de lançamento para os dois parâmetros, não é conveniente para a empresa eliminar um efluente com este aspecto visual (alta cor e turbidez). Na Figura 2, é possível ver a diferença de resultados, em que (A) mostra a aparência do efluente bruto antes dos testes, (B) o ensaio número 7 e (C), o ensaio número 15.

Para obter a curva de calibração, as soluções foram lidas em espectrofotômetro. Os valores de absorbância das amostras foram utilizados para construir o gráfico da Figura 3 - absorbância versus concentração. Com a equação da reta obtida no gráfico é possível calcular a concentração de todas as amostras após ensaio de adsorção.

Tabela 4: Resultados do planejamento experimental.

Ensaio	pH	Massa de adsorvente (g)	Temperatura (°C)	Tempo (min)	Capacidade de adsorção cor (%)	Capacidade de adsorção turbidez (%)
1	1	2	30	30	60,77%	76,90%
2	5	2	30	30	67,40%	88,81%
3	1	6	30	30	70,72%	94,52%
4	5	6	30	30	72,38%	94,76%
5	1	2	50	30	63,54%	81,19%
6	5	2	50	30	67,40%	89,52%
7	1	6	50	30	75,69%	98,81%
8	5	6	50	30	73,48%	98,10%
9	1	2	30	120	61,33%	85,48%
10	5	2	30	120	67,40%	86,67%
11	1	6	30	120	70,17%	89,76%
12	5	6	30	120	71,27%	94,05%
13	1	2	50	120	65,75%	83,81%
14	5	2	50	120	67,96%	90,00%
15	1	6	50	120	72,93%	98,81%
16	5	6	50	120	74,03%	98,33%
17 C	3	4	40	60	75,14%	97,14%
18 C	3	4	40	60	73,48%	97,38%
19 C	3	4	40	60	75,14%	97,38%

Fonte: Elaboração das autoras (2019)

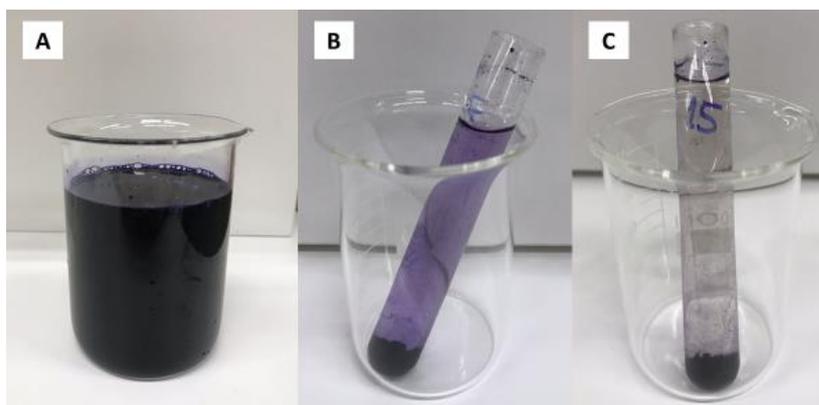


Figura 2: Efluente Bruto de Lavanderia Têxtil (A), ensaio 7 (B) e ensaio 15 (C).  
Fonte: Elaboração das autoras (2019)

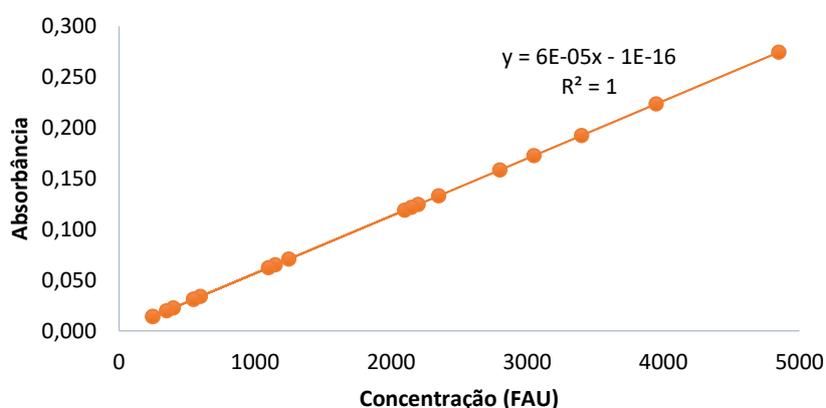


Figura 3: Curva de Calibração.  
Fonte: Elaboração das autoras (2019)

A Figura 4 apresenta o gráfico da Isoterma de Langmuir, onde é possível observar que em ambas as retas construídas para as massas de adsorvente de 2 e 6 gramas obtiveram um valor de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) satisfatórios muito próximos de 1.

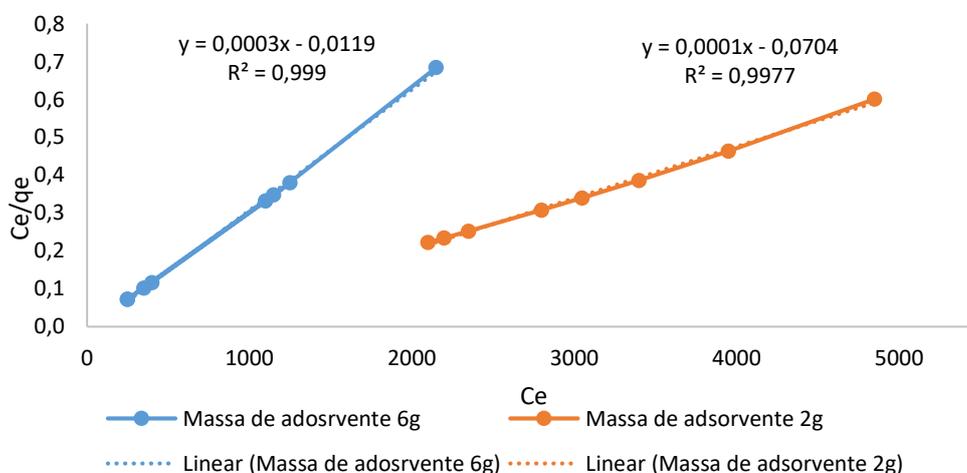


Figura 4: Isoterma de Langmuir.  
Fonte: Elaboração das autoras (2019)

Com os coeficientes angular (inclinação) e linear (intercepto) do gráfico, foi possível também encontrar valores lineares como capacidade máxima de adsorção ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) e a constante de interação adsorvato/adsorvente ( $K_L$ ), como mostra a Tabela 5. Para o cálculo do  $K_L$ , foi utilizada a Eq. (2).

Em ambos os casos, o processo de adsorção é considerado favorável e é possível verificar que apenas a massa de adsorvente influencia significativamente a capacidade de adsorção.

Os valores de  $Q_{m\acute{a}x}$  para as mesmas condições experimentais como pH e temperatura não foram semelhantes para 2 g e 6 g devido à quantidade adsorvida em cada teste. A quantidade absorvida em mg não alterou muito entre os parâmetros e as massas descritas. Uma possibilidade é que o adsorvente já estivesse saturado quando utilizadas 6 g.

Tabela 5: Resultados encontrados através do gráfico da Isoterma de Langmuir.

Amostra	$Q_{m\acute{a}x}$ (mg g <sup>-1</sup> )	$K_L$ (L mg <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
2g de adsorvente	10.000	0,03244	0,9977
6g de adsorvente	3333.33	0,02521	0,999

Fonte: Elaboração das autoras (2019)

Através da Tabela 6, a qual apresenta a análise de variância, ANOVA, é possível verificar que existe uma diferença significativa entre as médias e se os fatores exercem influência em alguma variável dependente. As variáveis analisadas foram pH, massa de adsorvente, temperatura e tempo. A massa de adsorvente foi o parâmetro que mais influenciou no ensaio considerando o mesmo grau de liberdade (df), em que obteve a maior soma quadrática (SS), média quadrática (MS) e fator (F) referente aos outros parâmetros. Em consequência, a massa de adsorvente obteve o menor *p-level* (p), uma vez que os parâmetros dependem de todos os fatores igualmente e um altera o outro de forma consecutiva.

Tabela 6: Valores de análise de variância (Anova) para turbidez.

Fator	SS	df	MS	F	p
(1) pH	0,005988	1	0,005988	1,94347	0,235744
(2) Massa de Adsorvente	0,044904	1	0,044904	14,57441	0,018816
(3) Temperatura	0,004768	1	0,004768	1,54742	0,281436
(4) Tempo	0,000115	1	0,000115	0,03726	0,856343
Erro	0,012324	4	0,003081		
Total SS	0,077840	18			

Fonte: Elaboração das autoras (2019)

O diagrama de Pareto apresenta de forma rápida e clara os efeitos que são estatisticamente fundamentais. Os efeitos cujos retângulos estiverem à direita da linha divisória ( $p = 0,05$ ) devem ser considerados o modelo matemático.

Neste estudo, o Diagrama de Pareto, na Figura 5, mostra que apenas a massa de adsorvente é significativa no processo, sendo que o valor do seu efeito é positivo, mostrando que quando aumentamos a massa de adsorvente, aumentamos também o processo de adsorção.

Os resultados apresentados anteriormente podem também ser visualizados através de uma superfície, chamada superfície de resposta, que no caso de um planejamento fatorial comum terá a forma de um plano, visto que o modelo matemático é quadrático. As curvas de nível, obtidas através da opção *Contour do Statistica*, fornece uma análise da tendência de resposta da variável dependente.

Cada linha tem um mesmo valor da variável de resposta. Quando essas linhas não têm curvatura, pode-se dizer que não há efeito de interação entre as variáveis colocadas nos eixos.

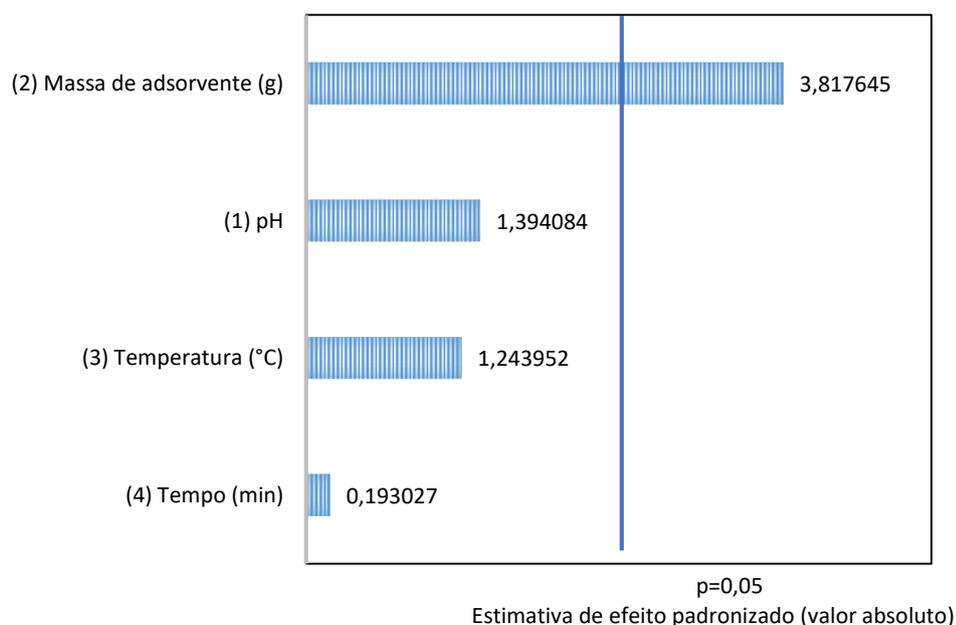


Figura 5: Diagrama de Pareto em função dos valores da estatística de teste t.

Fonte: Elaboração das autoras (2019)

Como apenas a massa de adsorvente foi significativa no processo, foi plotado o gráfico de superfície de resposta entre a massa de adsorvente, turbidez e temperatura, para avaliar o comportamento da adsorção ao variar a quantidade de adsorvente. O gráfico de superfície de resposta está apresentado na Figura 6.

É possível observar que ao variar os fatores pH, temperatura e tempo existe uma pequena variação na adsorção, mas essa variação não foi significativa no processo ao nível de significância de 5 %. Já com relação a massa de adsorvente, é possível observar que a variação é elevada quando se vai do nível menos para o nível mais do planejamento, ratificando a sua significância no processo.

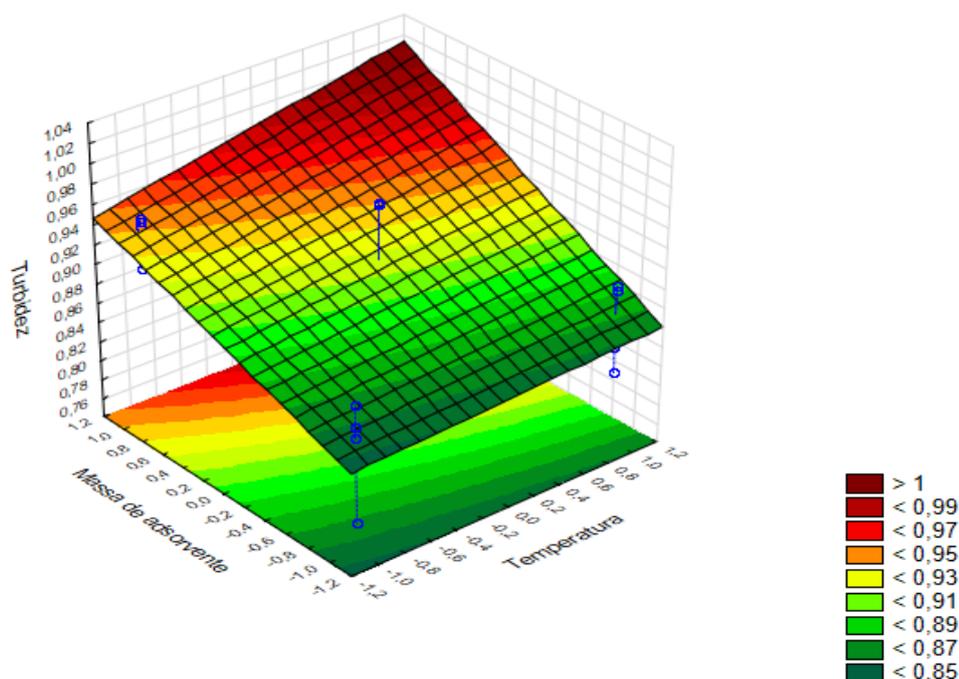


Figura 6: Gráfico de superfície de resposta, Turbidez versus Massa de Adsorvente versus Temperatura.  
Fonte: Elaboração das autoras (2019)

## Considerações finais

Os resultados dos testes de adsorção de cor e turbidez se mostraram promissores. O melhor resultado de adsorção de cor foi 75,69 % no teste 7 com temperatura 50 °C, tempo de contato 30 minutos, pH 1 e 6 gramas de adsorvente. Foi obtido o resultado de adsorção de turbidez em 98,81% em dois testes, no teste 7 e no teste 15 com temperatura 50 °C, tempo de contato 120 minutos, pH 1 e 6 gramas de adsorvente. Conforme o Diagrama de Pareto apresentou, apenas a massa de adsorvente foi significativa no processo, sendo que quando aumenta a massa de adsorvente aumenta também o processo de adsorção.

Dessa forma, o bagaço de malte se mostrou eficiente na remoção de cor e turbidez de efluente de lavanderia têxtil, contribuindo no processo de tratamento e uma possibilidade de baixo custo no processo e contribuição com o meio ambiente.

A partir dos resultados apresentados e discutidos, pode-se propor que na continuação deste trabalho sejam realizados os seguintes estudos:

1. Avaliar outros parâmetros, como velocidade de agitação do banho de guarda e o comportamento cinético dos testes;
2. Analisar a área específica e porosidade do bagaço de malte por fisissorção N<sub>2</sub> e porosimetria de Hg;
3. Analisar o processo de dessorção a fim de verificar a condição de equilíbrio através da sua velocidade (taxa) em comparação a adsorção;
4. Analisar o bagaço de malte após a adsorção;
5. Estudar um local adequado para descartar o bagaço de malte após a adsorção;
6. Utilizar o bagaço de malte como adsorvente de outros corantes.

## Referências

CONAMA. Resolução nº430, de 16 de Maio de 2011. Dispõe sobre As Condições e Padrões de Lançamentos de Efluentes. *Diário Oficial do [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 01 out. 2017.

CORDEIRO, L. G. *Caracterização e viabilidade econômica do bagaço de malte oriundo de cervejarias para fins energéticos*. 2011. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/4012/1/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2017.

CUNHA, B. S. *Utilização de bioissorvente alternativos na remoção de corantes têxteis*. Universidade Tecnológica do Paraná, Medianeira, 63 f., 2014. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4397/1/MD\\_COEAM\\_2014\\_2\\_02.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4397/1/MD_COEAM_2014_2_02.pdf)>. Acesso em: 27 set. 2017.

FERREIRA, A. *Cervejas artesanais no Brasil*. Instituto da Cerveja Brasil, 2016 Disponível em: <<https://www.institutodacerveja.com.br/blog/n113/novidades/cervejarias-artesanais-no-brasil>> Acesso em: 11 set. 2017.

GONÇALVES, C; ECHEVARRIA, E. R; ROSA, G. S; ROSA, G. S; OLIVEIRA, E. G. Biossorção de corante catiônico utilizando o bagaço de malte. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2016, Fortaleza.

MARCUSSO, E. F; MULLER, C. V. *A cerveja no Brasil: O ministério da agricultura informando e esclarecendo*. MAPA (Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>> Acesso em: 07 set. 2017.

MENEZES, J. D. S. *Produção de goma xantana a partir da bioconversão de resíduo e malte de cervejaria por Xanthomonas Campestris pv, campestris IBSBF 1866*. 2013. 97f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2013.

OLIVEIRA, C. F. D.; VENDRUSCULO, F.; COSTA, J. P. V.; ARAÚJO, W. D. B. Bagaço de malte como substrato para produção de biopigmentos produzidos por *Monascus ruber* CCT 3802. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 3, n. 3, p. 6–9, jul./set. 2016.

PETRONI, S. L. G. *Potencialidades de utilização de um bioadsorvedor natural em sistemas de tratamento de efluentes*. 1999. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações), IPEN/UPP, São Paulo, 1999.

RAFAEL, H. M. *Biossorção do corante têxtil preto reafix super 2R com bagaço de malte*. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso II em Engenharia Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 67 f., 2015.

RANGABHASHIYAM, S; BALASUBRAMANIAN, P. Characteristics, performances, equilibrium and kinetic modeling aspects of heavy metal removal using algae. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X18300690?via%3Dihub#!>> Acesso em: 23 ago. 2019.

REINOLD, M. *Manuel Prático de Cervejaria*. 1ª ed. São Paulo: Aden, 1997.

SALVADORI, S; KONRAD, O; CASARIL, C; LUMI, M; SCHMITZ, M. Geração de biogás a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes na fabricação de proteína isolada de soja. *Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal*, v. 9, n. 1, p. 128-141, jan./mar.2012. Disponível em: <file:///C:/Users/SB-FORQF06/Desktop/arquivo%20laboratorio/Downloads/EAPT-2011-730.pdf>. Acesso em: 27 set. 2017.

SANTOS, M. S; RIBEIRO, F. M. *Cervejas e Refrigerantes*. 1ª ed. São Paulo: CETESB, 2005.

ZANUTTO, A, DA SILVA, B. C. *Avaliação de malte como biossorvente do corante amarelo reafix B2R*. 2016. 84f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.