

# ESTUDO SOBRE O POTENCIAL DA CORTIÇA REUTILIZADA NA ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO

**Janaina Patel Lazarini, Jordana Westphal da Costa, Júlio Spézzia de Souza, Lucas Gabriel Alves, Rúbia Batista Viana, Valeska Francener da Luz e Vinícios Rosa Buzzi**

Discentes do Curso Técnico em Química (Modalidade Integrado) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul

\*E-mail: valeska.francener@hotmail.com

**Claudio Mendes Cascaes\* e Luciana Valgas de Sousa**

Docentes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Campus Jaraguá do Sul

\*E-mail: claudio.cascaes@ifsc.edu.br

**Resumo:** *A capacidade de adsorção da cortiça reutilizada de rolhas de garrafas de vinho foi avaliada em relação ao corante azul de metileno buscando a aplicação em processos de tratamento da indústria têxtil visto que o tratamento do efluente contendo esses compostos é complexo e de alto custo. Os grãos de cortiça, utilizados como material adsorvente foram triturados e peneirados para obtenção de granulometria padronizada, estes foram testados nas formas natural e funcionalizados quimicamente com  $H_3PO_4$ , para aumento da sua área superficial. A adsorção aconteceu em batelada e sistema contínuo, com filtro de leito fixo, buscando a aplicação em grande escala. A cortiça funcionalizada quimicamente apresentou eficiência de adsorção acima de 95% e a cortiça não funcionalizada, entre 78% e 94%. A reutilização da cortiça como material adsorvente para corantes mostrou-se promissora, sendo a funcionalização e o processo contínuo boas indicações da possibilidade do uso em filtros de escala industrial. O corante azul de metileno é comumente utilizado em grande escala na indústria têxtil e, pelo tratamento do seu efluente gerado ser complexo e de alto custo, avaliou-se uma forma alternativa, como a cortiça reutilizada de rolhas de vedação, na capacidade de adsorção do corante.*

**Palavras-Chave:** *Cortiça. Adsorção de Corantes. Funcionalização química. Filtro leito fixo.*

## 1 INTRODUÇÃO

A cortiça é um material natural, proveniente das cascas do sobreiro *Quercus suber L*, árvore nativa da região do Mediterrâneo. Possui diversas características atrativas para diversos setores da indústria, como baixa densidade, leveza, elasticidade e capacidade de adsorção. Além destas características, o fato de não permitir a troca gasosa em seu interior, fez com que este material fosse o escolhido para vedar as garrafas de vinho, na forma de rolhas, evitando a oxidação da bebida (APCOR, 2016).

Anualmente, cerca de 201 mil toneladas de cortiça são extraídas e passam por processos industriais ao redor do mundo, sendo que Portugal assume a liderança desta produção, com 100 mil toneladas anuais extraídas e uma produção de 40 milhões de rolhas diariamente em 670 empresas do país (APCOR, 2016). Sabe-se que a cortiça é utilizada por vários ramos da indústria, como componente de inúmeros produtos, porém, 72% do material extraído, é utilizado na indústria vinícola, como rolhas vedantes.

Apesar da cortiça ser ecológica e 100% reciclável – material de origem vegetal e composto em média por 45% de suberina, 27% de lenhina, 12% de polissacarídeos e 6% de ceróides e os taninos - na maioria dos países, incluindo o Brasil, não há um descarte correto deste material, como redes de coleta e transformação. Sendo assim, as rolhas utilizadas como vedantes, geralmente são descartadas no lixo comum, tendo como destino final, aterros sanitários e lixões. Quando isso ocorre, a cortiça assume danos potenciais ao meio ambiente, pois a partir da sua decomposição ou incineração, são liberados gases como CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, absorvidos durante sua “vida útil”, pela interação química dos reagentes (DIREITO, 2011).

Considerando a grande área superficial da cortiça e a possibilidade de potencializar essa característica a partir de uma funcionalização química, esta ação é capaz de modificar a sua estrutura, permitindo uma melhor eficiência na adsorção (Mourão, Carrott e Carrott, s/d, p. 283 e DOMINGUES, 2005). Com isso, pretende-se realizar a adsorção do corante têxtil azul de metileno utilizando a cortiça natural e funcionalizada. Busca-se também, oferecer uma alternativa mais barata e ecológica para o tratamento de efluentes têxteis, colaborando na prevenção de problemas ambientais e na preservação dos sistemas aquíferos próximos a indústrias.

Tais efluentes necessitam de tratamento, pois a indústria têxtil produz uma grande quantidade de resíduos líquidos, sendo que esses possuem composição bastante diversificada e heterogênea, apresentando: uma grande quantidade de sólidos suspensos, grandes concentrações de Demanda Química de Oxigênio (DQO), considerável quantidade de metais pesados (ex. Cr, Ni ou Cu) e compostos orgânicos clorados e surfactantes (YOKOYAMA, *et al.*, 2005). Os corantes são utilizados para o tingimento de peças de roupa, devido sua boa estabilidade durante a lavagem. Porém, um grande volume desses corantes é solúvel em água e apresentam baixos níveis de fixação nas fibras, sendo evacuados junto com o efluente.

Um desses corantes têxteis é o azul de metileno, um composto orgânico, catiônico e aromático heterocíclico, quando em estado sólido é verde escuro, porém é solúvel em água, produzindo solução azul e inodora, de fórmula molecular:  $C_{16}H_{18}ClN_3S$ , massa molar  $319,85 \text{ g/mol}^{-1}$ . É amplamente utilizado pelos setores industriais, no tingimento de algodão, lãs e papéis.

À vista disso a pesquisa teve como objetivo a diminuição da concentração do corante azul de metileno em soluções aquosas, a partir do fenômeno da adsorção, que é proporcionada a partir dos grânulos de cortiça, funcionalizados e não funcionalizados. Além disso, realizou-se testes em batelada, onde uma pequena massa dos materiais adsorventes fora mergulhada nas soluções que continham o corante em concentrações conhecidas.

Para potencializar os grânulos de cortiça, parte do material total obtido da cortiça natural foi submetido ao processo de funcionalização, utilizando a metodologia abordada por Gomes *et al.* (2017). Ao passar por uma lavagem com ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) e posterior aquecimento, o potencial de adsorção da cortiça torna-se mais elevado, devido ao fato de o  $H_3PO_4$  possuir características dessecante, que retira as moléculas de água e aumenta o espaço entre os poros e, conseqüentemente, a sua área superficial.

Após os testes iniciais, foram produzidos filtros de leito poroso com cortiça em colunas cromatográficas em fluxo contínuo de azul de metileno para adsorção. Buscou-se com este procedimento, testar a eficiência da adsorção em maior escala, de modo que esse possa ser uma alternativa a outros tratamentos utilizados na indústria, como a osmose reversa. Além disso, o processo de adsorção trata-se de um método de menor custo e que o material utilizado, como os grânulos de cortiça, pode ser reaproveitado a partir do processo de dessorção, tornando-se um método ideal para ser empregado no ramo industrial (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

## 2 METODOLOGIA

O potencial de adsorção da cortiça não funcionalizada e funcionalizada quimicamente para adsorção do corante azul de metileno em solução aquosa, foi analisado, através da aplicação de duas etapas de testes: (a) em batelada<sup>1</sup>, para verificar a capacidade de adsorção e determinar as condições ótimas de algumas variáveis, como o tempo de adsorção e a quantidade de material, etc. e (b) em operação contínua, confeccionando um filtro de leito

---

<sup>1</sup> Processo que utiliza-se um pequeno volume em várias amostras para se determinar as condições ótimas.

poroso, para verificar a viabilidade desta aplicação. A concentração de corante foi analisada antes e depois do processo de adsorção, por meio da técnica de espectrofotometria de UV-Vis para averiguar a ocorrência e quantificar a adsorção.

## **2.1 Preparação da Cortiça**

As rolhas de cortiça utilizadas foram coletadas em diversos pontos da cidade de Jaraguá do Sul. A cortiça foi inicialmente preparada com a retirada da camada externa da rolha, constituída por um verniz, com o propósito desse não influenciar na adsorção. A cortiça foi granulada e padronizada com a técnica de separação granulométrica, sendo utilizado dois tamanhos de grânulos para todas as análises: os maiores de 20 Tyler (0,85 mm) e os grânulos entre 20 e 60 Tyler (entre 0,8 a 0,250 mm).

Os grânulos já padronizados passaram por uma breve limpeza com água destilada, sendo secos a 50 °C, uma vez que nessa temperatura não ocorre a degradação da cortiça. Por fim, metade desses grãos passaram pelo processo de funcionalização, descrito no tópico 2.1.1 a seguir.

### **2.1.1. Funcionalização da Cortiça**

Para a realização da funcionalização da cortiça, foi utilizada a metodologia adaptada de Gomes *et al.* (2017), na qual procedeu-se através das seguintes etapas:

- 1) adicionar 20 mL de uma solução 50% (v/v) de ácido fosfórico, a cada 30 g de cortiça;
- 2) manter a mistura em aquecimento, à cerca de 80°C, sob agitação magnética durante duas horas;
- 3) submeter a mistura a uma filtração a vácuo, realizando lavagens com água destilada para separação da fração ácida;
- 4) manter na estufa por 1 hora à 100 °C, a fim de secá-la;
- 5) submeter o material à temperatura de 380 °C na mufla, com rampa de aquecimento de 12 °C por minuto, a partir da temperatura de 100 °C;
- 6) manter novamente na estufa por 1 hora à 100 °C;
- 7) armazenar a cortiça no dessecador, para que não haja traços de umidade.

Este processo foi realizado a fim de proporcionar um aumento na capacidade de adsorção, uma vez que o tratamento com  $H_3PO_4$  consiste na modificação de determinados parâmetros da cortiça, sendo um deles o aumento da área superficial - através do dessecamento da cortiça, a qual baseia-se na eliminação de água favorecendo maior área de interação para o adsorvato com o adsorvente - e a remoção de impurezas presente na cortiça.

## 2.2 Análise dos Dados

Com o intuito de analisar a variação da concentração do azul de metileno pré e pós adsorção, utilizou-se a técnica de espectrofotometria no UV-Vis, no comprimento de onda de 665 nm, região na qual o corante mais absorve luz. A fim de se obter uma confiabilidade nas análises, foi construída uma curva de calibração com um padrão externo.

A curva de calibração (Figura 1) foi construída a partir de 11 soluções aquosas padrão de azul de metileno com concentrações entre 1,96 a 9,91  $mg.L^{-1}$ . Além disso, a curva construída foi elaborada em conjunto com Mezomo *et al.* (2017) os quais realizaram também estudos sobre adsorção do corante azul de metileno.

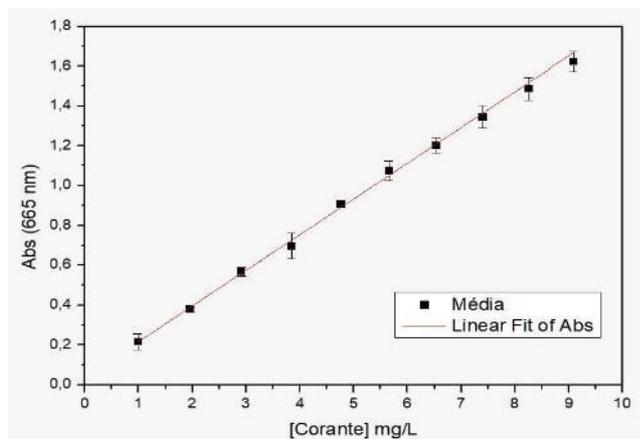


Figura 1: Curva de Calibração do Azul de Metileno.

Fonte: Autores e Mezomo *et al.* (2017).

Com a linearização da curva obtém-se a equação da reta ( $y=179,40x + 0,03731$ ), sendo essa utilizada para pressupor um Limite de Quantificação<sup>2</sup> ( $3,49.10^{-4} g.L^{-1}$ ) e determinar a concentração das soluções dos ensaios de adsorção.

Diante desses valores foram realizados ensaios de adsorção em batelada verificando os resultados com melhor precisão. Resultados de concentrações menores que o limite de detecção foram substituídos pelo valor do limite de detecção. Ainda, as eficiências de

<sup>2</sup>Corresponde na prática a menor concentração da solução padrão, sendo excluído o branco (AMSTALDEN, 2010).

adsorção nestes casos foram consideradas maiores de 95% pois não foi realizado um estudo aprofundado sobre a precisão analítica do equipamento, não sendo possível afirmar com confiabilidade que a cortiça adsorveu 100% o azul de metileno.

### **2.3 Ensaios de Adsorção em Batelada**

Foram realizados ensaios de adsorção em batelada com a cortiça funcionalizada e a não funcionalizada, com intuito de analisar a adsorção frente ao corante azul de metileno em função do tempo e da granulometria da cortiça, sendo realizados todos os ensaios em triplicata para uma melhor precisão. Foram realizados 18 ensaios com 25 mg de cortiça funcionalizada e 10 mL de solução aquosa de azul de metileno (concentração de  $7,5 \text{ mg.L}^{-1}$ ) em cada, variando o tamanho dos grãos: maior que 20 Tyler e entre 20 e 60 Tyler, assim como o tempo de adsorção: 24, 48 e 72h. Como o azul de metileno apresenta certa degradação a luz, os frascos foram acondicionados sob proteção da luz. Para os ensaios com a cortiça não funcionalizada utilizou-se o mesmo procedimento descrito anteriormente.

### **2.4 Produção do Filtro**

Foram montados dois filtros, um para cada tipo de cortiça, de acordo com a metodologia a seguir: primeiro foi realizado o empacotamento da cortiça, sendo utilizada água destilada para auxiliar no processo. A coluna foi dividida em duas faixas de 10 cm cada, a inferior com cortiça de diâmetro menor (entre 20 e 60 Tyler) e a superior com um diâmetro maior (maior que 20 Tyler). Após o empacotamento, foi eluído em fluxo descendente, 65 mL de solução de azul de metileno com concentrações aproximadas de  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  para cortiça funcionalizada e  $150 \text{ mg.L}^{-1}$  para não funcionalizada pelo filtro, a uma vazão média de aproximadamente  $1 \text{ mL.min}^{-1}$ , buscando uma padronização do tempo de contato do adsorvente com o adsorvato.

Desta forma, ao realizar a filtração do azul de metileno em ambos os filtros a base de cortiça, foi possível equiparar os resultados. Após a eluição da solução de azul de metileno realizou-se uma análise no espectrofotômetro de UV-Vis, para determinar as concentrações, sendo comparadas com concentrações da solução inicial e quantificado a eficiência de adsorção dos filtros.

### **2.5 Testes Qualitativos**

Visou-se com testes qualitativos, avaliar superficialmente alguns aspectos referentes ao processo de dessorção<sup>3</sup>. Neste processo, as cortiças utilizadas nos testes de adsorção foram submetidas a uma lavagem com água destilada, a fim de determinar visualmente se ocorre a dessorção do corante azul de metileno.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Preparação da Cortiça

A preparação da cortiça gerou grânulos maiores de 20 Tyler e entre 60 e 20 Tyler, da cortiça não funcionalizada e da cortiça funcionalizada, onde essas foram utilizadas nos ensaios em bateladas e nos filtros de leito poroso.

#### 3.2 Ensaios de Adsorção em Batelada

Após realizar os ensaios em batelada com a cortiça não funcionalizada, foram obtidos os resultados referentes à adsorção com a cortiça não funcionalizada. Na Figura 2 estão os Gráficos A e B, que representam, respectivamente as eficiências de adsorção da cortiça não funcionalizada com grânulos entre 60 e 20 Tyler e grânulos maiores que 20 Tyler, em função do tempo.

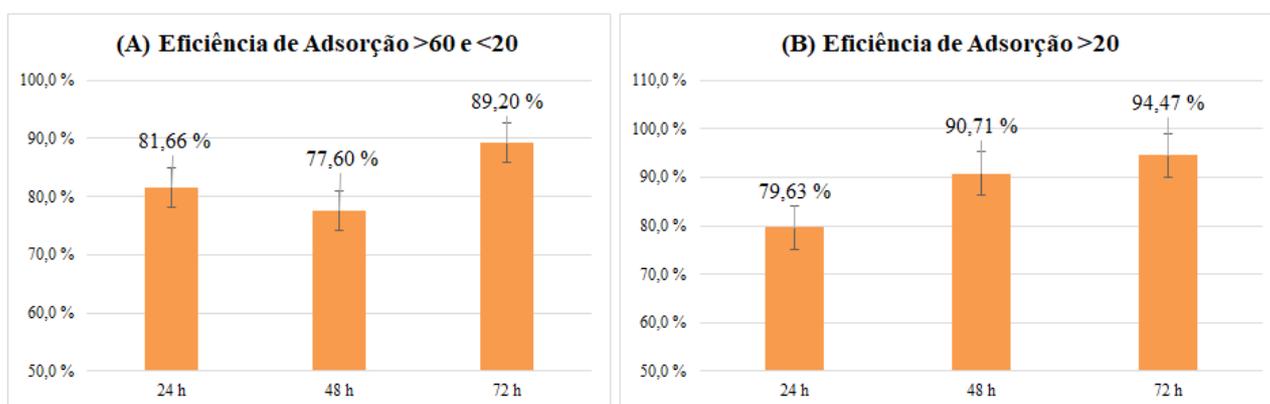


Figura 2: Gráficos da Eficiência de Adsorção da Cortiça Não Funcionalizada.  
Fonte: Autores.

De acordo com a Figura 2, ao analisar a eficiência da cortiça não funcionalizada em relação a sua granulometria, pode-se notar que os grânulos maiores que 20 Tyler, de forma geral, tiveram uma eficiência levemente maior quando comparados aos grânulos entre 60 e 20 Tyler, diferente do esperado, pois normalmente grânulos maiores apresentam uma área superficial menor, assim diminuindo a capacidade de adsorção. Algumas hipóteses podem ser

<sup>3</sup>Fenômeno de retirada da(s) substância(s) adsorvida(s) ou absorvida(s) por outra(s).

levantadas para esse efeito, como a possibilidade de favorecimento ao efeito de dessorção nos grãos menores devido à baixa interação do solvente com a cortiça não funcionalizada, sendo a maior área de contato influente também nesse processo.

As maiores eficiências de remoção foram atingidas em 72h, com variação pequena em comparação a 48h. O comportamento é o esperado para cinética de adsorção, sendo que o tempo para adsorção máxima pode variar até que o equilíbrio entre adsorvato e adsorvente seja alcançado.

Na Figura 3, estão os Gráficos C e D, que, respectivamente, representam as eficiências de adsorção da cortiça funcionalizada, com grânulos entre 60 e 20 Tyler e maiores que 20 Tyler, em função do tempo.

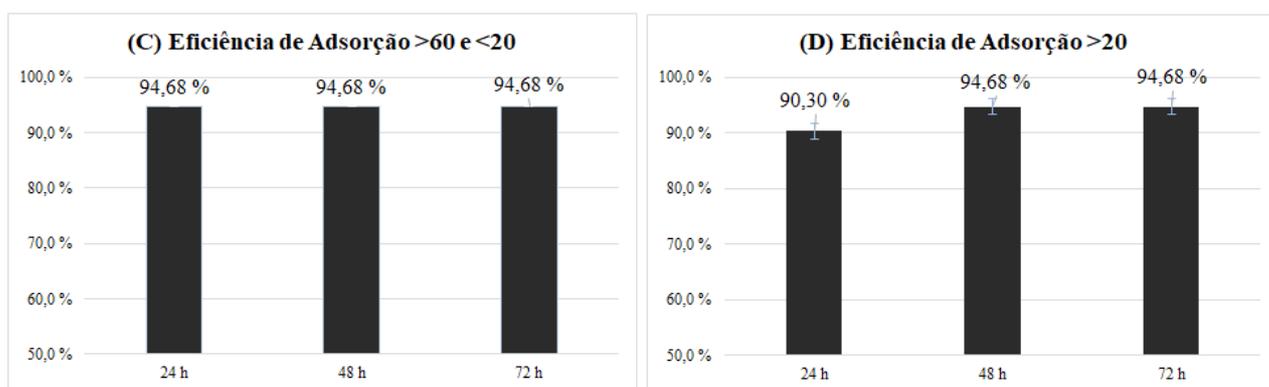


Figura 3: Gráficos de Eficiência de Adsorção da Cortiça Funcionalizada.

Fonte: Autores.

Os resultados comprovam que a funcionalização química da cortiça aumenta sua capacidade de adsorção, atingindo valores próximos a 95%. Com a variação da granulometria, nota-se que os grânulos menores (entre 20 e 60 Tyler), atingem a máxima eficiência de adsorção em tempos consideravelmente menores quando comparado aos grânulos maiores que 20 Tyler, sendo que tal fenômeno pode ser justificado, pois sabe-se que, quanto menor a granulometria, maior é a sua área superficial e, conseqüentemente, maior a eficiência de adsorção (MARIN, 2015).

Ambas as formas testadas para aplicação da cortiça no processo de adsorção do corante se mostraram eficazes, sendo a funcionalizada com maior eficiência e menor tempo em comparação a não funcionalizada. A comparação entre os ensaios em batelada, podem ser visualizados na Figura 4, onde (A) consiste na solução de azul de metileno inserido em cada

tubo Falcon (B) corresponde ao ensaio de 48h da cortiça não funcionalizada maior que 20 Tyler e (C) é referente ao ensaio de 48 h da cortiça funcionalizada entre 20 Tyler e 60 Tyler.

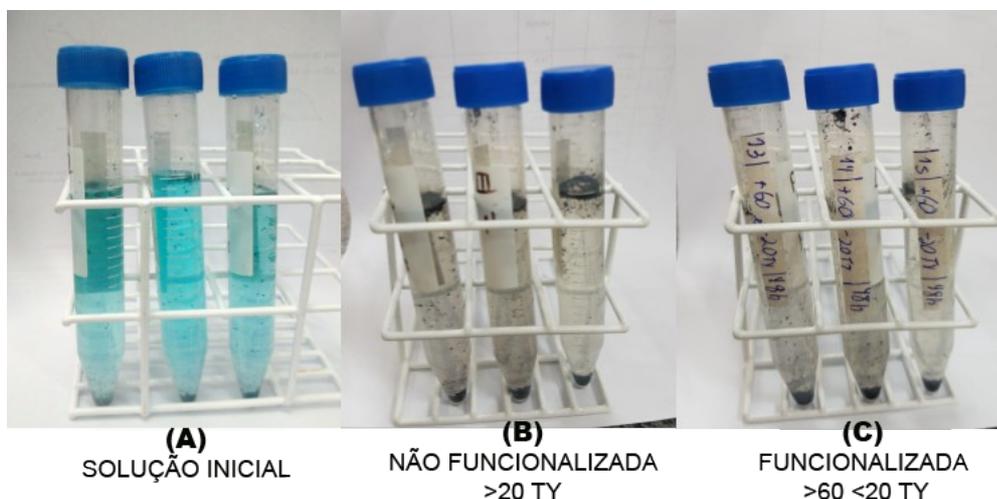


Figura 4: Ensaio de Adsorção de 48 h da Cortiça Funcionalizada e não funcionalizada.  
Fonte: Autores.

Diante dos resultados obtidos, nota-se que a cortiça - funcionalizada e não funcionalizada - é um material adsorvente eficaz na remoção do corante azul de metileno. Após a análise dos resultados observou-se que a cortiça já pode ser utilizada como um adsorvente, após uma simples lavagem com água destilada, sem precisar ser funcionalizada.

### 3.3 Filtro de Leito Poroso

Os testes da cortiça como material filtrante em um filtro de leito poroso, permitiram comprovar sua eficácia na aplicação em um processo contínuo de tratamento de corantes têxteis, uma vez que a natureza do material filtrante é um fator determinante. Todavia, para a produção do filtro de leito poroso de ambas as cortiças, averiguou-se que, durante o assentamento dos grânulos com água, uma parte desses tornam-se sobrenadante ao filtro, uma vez que a densidade da cortiça é menor que a densidade da água, sendo possível visualizar tal fenômeno juntamente com o sistema do filtro representado na Figura 5. Entretanto, tal fenômeno não vem a ser um problema real, já que em aplicações em larga escala, a cortiça pode ser mantida presa com auxílios de membranas, por exemplo.



Figura 5: Filtro de Leito Poroso de Cortiça Funcionalizada (A) e não funcionalizada (B).  
Fonte: Autores.

Para o filtro à base de cortiça não funcionalizada, nota-se que com a passagem da solução de azul de metileno (concentração  $150 \text{ mg.L}^{-1}$ ) os grânulos de cortiça tornam-se azuis, devido ao processo de adsorção do corante têxtil. Após a total passagem da solução pelo filtro, apurou-se uma alta eficácia do filtro, resultando em uma eficiência maior que 99% para a cortiça não funcionalizada.

Já no filtro a base de cortiça funcionalizada, não averiguou-se uma mudança visual na coloração dos grânulos, entretanto, com a passagem da solução de azul de metileno (concentração  $150 \text{ mg.L}^{-1}$ ), percebe-se que a primeira eluição da amostra (Figura 5) já demonstra a eficácia do filtro em razão da coloração da solução, pois relacionando com outros estudos da literatura, como o de Resende (2013) demonstra que a adsorção do azul de metileno utilizando filtro de leito poroso (composto por carvão ativado) por cerca de 10 min remove 98% do corante. Ao término da filtração, analisou-se uma concentração final menor que o limite de detecção do espectrofotômetro UV-Vis. Portanto, a eficiência da cortiça funcionalizada para a remoção de azul de metileno é maior que 99 %.

Em ambos os filtros produzidos a solução de azul de metileno tornou-se incolor, devido adsorção deste pelo material adsorvente, corroborando que, tanto a cortiça funcionalizada quanto a não funcionalizada interagem com o adsorvato, demonstrando que o sistema de adsorção em um filtro de leito poroso contínuo, permite maior contato entre adsorvente e

adsorvato, devido a maior área superficial disponível. A eficiência de cada filtro, pode ser visualizada na Tabela 1, onde é possível comparar a porcentagem de adsorção de ambos os filtros a partir da concentração inicial e final.

TABELA 1: Porcentagem de Adsorção dos Filtros Produzidos.

Material Adsorvente	Cortiça Não Funcionalizada	Cortiça Funcionalizada
Concentração Inicial (mg.L <sup>-1</sup> )	150	150
Concentração Final (mg.L <sup>-1</sup> )	<0,349*	<0,349*
Eficiência	99,77 %	99,77 %

\*Valores abaixo do limite de detecção.

Fonte: Autores.

Analisando os resultados obtidos, de acordo com a Tabela 1, tanto a cortiça funcionalizada quanto a não funcionalizada apresentam índices de eficiência próximos a 100%, evidenciando que ambas podem ser utilizadas para a adsorção do corante azul de metileno.

Levando em consideração esses aspectos, demonstrou-se a eficiência do filtro de leito poroso na adsorção do corante azul de metileno, uma vez que este possui condições operacionais mais eficazes, do ponto de vista técnico. A baixa vazão, permite tempo de interação entre o adsorvato e adsorvente adequado, entretanto, é preciso novos estudos cinéticos para otimizar as condições de vazão e granulometria de trabalho do filtro. Todavia no funcionamento prático, o filtro de fluxo contínuo é mais eficaz que o processo em batelada devido a sua configuração para o tratamento de grandes volumes de efluentes e ciclos de adsorção/dessorção.

### 3.4 Testes Qualitativos

Os testes qualitativos de dessorção do azul de metileno, evidenciaram que na cortiça funcionalizada não houve alterações visuais na coloração, demonstrando a não dessorção do azul de metileno. Entretanto, na cortiça não funcionalizada observou-se que a dessorção do corante, resulta da interação do adsorvato com a água destilada e, desta forma, o adsorvato para de interagir com a cortiça, sendo removido juntamente com a água destilada, tornando-se uma solução de coloração verde-azulada.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a execução desta pesquisa, foi possível atingir bons índices de adsorção, concluindo que a cortiça - funcionalizada e não funcionalizada- é um bom material

adsorvente. Sendo assim, o presente estudo se mostra importante para processos industriais, uma vez que, a partir da reutilização da cortiça, pode-se remover corantes presentes em grandes volumes aquosos, como em efluentes, para uma pequena superfície.

Nos filtros de leito poroso, destaca-se a necessidade de produzir um filtro totalmente prensado e fechado, para que os grânulos de cortiça não flitem. Além disso, destaca-se a necessidade em manter uma baixa vazão, a fim de que as moléculas do corante possam interagir com o material adsorvente.

Ao verificar a eficiência do filtro contínuo de leito poroso nota-se a eficiência desse, considerando-o vantajoso, pois sua configuração permite o tratamento de grandes volumes de efluentes, além de que a baixa vazão constante favorece a interação entre adsorvato e adsorvente, aumentando o nível de eficiência do filtro.

A escolha entre o material adsorvente, cortiça funcionalizada ou não funcionalizada, deve ser analisada com cuidado, avaliando o tipo de tratamento e o volume de corante a ser tratado, visando o tratamento mais rápido sem demasiadas trocas de material adsorvente. Para tal, a melhor opção é a cortiça funcionalizada, visto que esta possui um processo de adsorção mais rápido.

Vale ainda salientar que, para a funcionalização da cortiça em escala industrial, novos estudos devem ser realizados, com o intuito de aprimorar os dados e os resultados. Um dos pontos a serem abordados por pesquisas futuras é a possível reutilização do ácido fosfórico ou diminuição de tal reagente, a fim de se obter um melhor valor econômico e menor impacto ambiental. Além disso, para um maior aprofundamento do tema, sugere-se também a avaliação de saturação do leito de cortiça, assim como a sua vida útil durante o processo, e o custo final do leito filtrante, como produto utilizado em escala industrial pelo setor têxtil.

Finalmente, faz-se necessário a realização de estudos mais quantitativos referentes a dessorção, tratamento de mistura de corantes e saturação da cortiça. Entretanto, tem-se como destaque do presente trabalho a metodologia para a funcionalização da cortiça, a eficiência de adsorção do corante azul de metileno pelas cortiças funcionalizadas e não funcionalizadas, com diferentes granulometrias e a eficácia do filtro de leito poroso contínuo para o tratamento de grandes volumes de efluentes, evidenciando assim, sua empregabilidade em escala industrial.

## REFERÊNCIAS

**ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO E OUTROS MATERIAIS.** Rio de Janeiro: Puc, s/d. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10607/10607\\_4.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10607/10607_4.PDF)>. Acesso em: 24 nov. 2017.

AIROLDI, Cláudio. **O Emprego de Quitosana Quimicamente Modificada com Anidrido Succínico na Adsorção de Azul de Metileno.** Revista Química Nova, Vol. 29, No. 3, 501-506, 2006.

AMSTALDEN, Leonardo César. **Validação e protocolos em análises químicas.** Campinas: Conselho Regional de Química, 2010. Color. Disponível em: <[http://www.crq4.org.br/sms/files/file/validacao\\_protocolos\\_analises\\_quimicas\\_2010.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/validacao_protocolos_analises_quimicas_2010.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2017.

APCOR, Associação Portuguesa da Cortiça. **Rolhas de cortiça.** Santa Maria de Lamas. 2016. 7 p. Disponível em: <[http://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2016/09/CORTIÇA-Rolhas-de-Cortiça\\_PT.pdf](http://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2016/09/CORTIÇA-Rolhas-de-Cortiça_PT.pdf)>. Acesso em: 15 maio. 2017.

DIREITO, Daniel Gaspar. **A Indústria da Cortiça e o seu Potencial de Inovação.** Do Porto: Isep, 2011. Disponível em: <[http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/2869/1/DM\\_DanielDireito\\_2011\\_MEQ.pdf](http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/2869/1/DM_DanielDireito_2011_MEQ.pdf)>. Acesso em: 09 jun. 2017.

DOMINGUES, Valentina Maria Fernandes. **Utilização de um produto natural (cortiça) com adsorvente de pesticidas piretróides em águas.** 2005. Disponível em: <[https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12811/2/Texto integral.pdf](https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12811/2/Texto%20integral.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2017.

GOMES, Juliana Patrício *et al.* **Regeneração de Carvão Ativado obtido da flor de abril (*Dillenia Indica L.*) utilizando NaOH.** PIC-QUIMI, Araquari, p. 01-15, 2017.

MARIN, Pricila *et al.* Avaliação do efeito da temperatura, pH e granulometria do adsorvente na adsorção do corante azul reativo 5G. **Engevista**, Paraná, v. 17, n. 1, p.59-68, mar. 2015.

MEZOMO, João Vitor *et al.* **Materiais adsorventes produzidos a partir do resíduo da erva-mate para a adsorção de azul de metileno.** Jaraguá do Sul, p.01-19, dez. 2017. Disponível em: <[https://drive.google.com/file/d/0B\\_00FEKt0VuAZjNIQTIITFdDWWI5WDZzR2xOdkpZSEJOTS1V/view](https://drive.google.com/file/d/0B_00FEKt0VuAZjNIQTIITFdDWWI5WDZzR2xOdkpZSEJOTS1V/view)>. Acesso em: 19 jul. 2019.

MOURÃO, P. A. M.; CARROTT, P. J. M.; CARROTT, M. M. L. R. Cortiça: uma nova perspectiva. **SciELO**, Portugal, v. 1, n. 01, p.282-289, jan. /. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v30n1/v30n1a29.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2019.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do *et al.* **Adsorção: Aspectos Teóricos e Aplicações Ambientais.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 255 p. Disponível em: <[http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10267/1/2014\\_liv\\_rfdnascimento.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/10267/1/2014_liv_rfdnascimento.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2017.

RESENDE, Sulamita Mendonça de. **Projeto e construção de um filtro destinado ao tratamento de efluentes de pequenas tinturarias utilizando materiais de baixo custo.**

2013. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias Para O Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal de São João Del-rei, Ouro Branco, 2013. Disponível em: <<https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgtds/DISSERTACOES/Sulamita.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

YOKOYAMA, L. *et al.* **Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV.** Química Nova, v. 29, n. 1, p. 11-14, 2006.