



## Uso de biomassa celulósica mercerizada no tratamento de efluentes contaminados com corantes reativos têxtil

Fábio Luis Pecina<sup>1</sup>

Bruno Emmanoel dos Santos<sup>2</sup>

Daniel Brito de Oliveira<sup>3</sup>

Leandro Anselmo Santos Marchi<sup>4</sup>

### RESUMO

A indústria têxtil é um segmento importante no Brasil, pois além de promissor, impacta na economia do país, por exemplo, na geração de empregos. Porém essa tipologia industrial gera no processo produtivo poluentes que podem degradar o meio ambiente, principalmente pela utilização de insumos químicos e corantes, além de consumir grande quantidade de água. Diante deste fato, torna-se necessária cada vez mais a utilização de novas tecnologias sustentáveis e/ou processos complementares ao tratamento convencional, como, por exemplo, o uso da biossorção. O presente trabalho visa testar a viabilidade da biomassa mercerizada residual como material biossorvente alternativo para a biossorção desses corantes, sendo assim, um método mais seguro e de baixo custo de tratamento desses efluentes. Os experimentos foram realizados em dois segmentos de batelada, sendo uma parte realizada com o efluente modelo mais a biomassa *in natura*, e a outra parte com o efluente modelo mais a biomassa tratada com hidróxido de sódio. O método de avaliação da eficácia do biossorvente é feita através de análises de espectrofotometria. Os experimentos obtiveram resultados satisfatórios para a eficiência biossortiva do pó de serra mercerizado.

**Palavras-chave:** Efluentes Industriais. Corantes. Biomassa. Biossorvente.

---

<sup>1</sup>Graduando de Engenharia Química pela Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: [fabioluis.pec@hotmail.com](mailto:fabioluis.pec@hotmail.com).

<sup>2</sup>Graduando de Engenharia Química pela Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: [bruno.emmanuel@hotmail.com](mailto:bruno.emmanuel@hotmail.com).

<sup>3</sup>Graduando de Engenharia Química pela Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: [dbo\\_daniel@outlook.com](mailto:dbo_daniel@outlook.com).

<sup>4</sup>Graduado em Engenharia Química pela Universidade Brasil, ICESP. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Brasil, ICESP. É professor nos Cursos de Engenharia Química e Medicina da Universidade Brasil, ICESP, Campus Fernandópolis, SP, Brasil. E-mail: [leandro5marchi@hotmail.com](mailto:leandro5marchi@hotmail.com).

## *Use of mercerized cellulosic biomass in the treatment of effluents contaminated with reactive textile dyes*

### **ABSTRACT**

*The textile industry is an important segment in Brazil, because in addition to being promising, it impacts the country's economy, for example, in the generation of jobs. However, this industrial logic generates no production process that can degrade the environment, mainly through the use of chemical inputs and dyes, in addition to consuming large amounts of water. This fact becomes increasingly necessary for the use of new treatment technologies and/or processes complementary to the conventional one, such as the use of bioss or from time to time. The present work aims to test the viability of mercerized residual biomass as an alternative biosorbent material for the biosorption of these dyes, thus being a safer and low-cost method of treating these effluents. The experiments were carried out in two batch segments, one part carried out with the model effluent in natura experiments and the other part with the model effluent plus the biomass treated with de hydroxide. The evaluation method of biossve evaluation is done through analysis or spectrophotometry. The experiments obtained satisfactory results for the biosorptive efficiency of the mercerized saw dust.*

**Keywords:** *Industrial Effluents. Dyes. Biomass. Bio Sorbent.*

Artigo recebido em: 30/06/2022

Aceito em: 08/08/2022

## 1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de reduzir os custos no tratamento de efluentes gerados pelas indústrias têxteis, cientistas e acadêmicos vêm estudando formas de utilizar a biomassa como material biossorvente para o tratamento de efluentes contaminados com corantes. Essa nova tendência além de reduzir custos também é uma forma inteligente de direcionar a biomassa gerada por certos tipos de processos industriais, que geralmente são consideradas resíduos sólidos (FONSECA, 2016).

Um dos principais problemas encontrados no tratamento de efluentes têxteis é a remoção da cor da água, tendo como principal causa o uso de corantes reativos no processo produtivo, que, além do impacto estético causado nos afluentes, impede a entrada de luz no meio, retardando a atividade fotossintética e interferindo no crescimento da biota aquática, pois os corantes reativos são extremamente tóxicos para os organismos aquáticos (GARG *et al.*, 2004 apud SILVA *et al.*, 2014).

Entre os diversos tipos de corantes utilizados na indústria têxtil, os do tipo reativos são os desperdiçados em maior quantidade na etapa do tingimento. São corantes contendo um grupo eletrofílico (reativo) capaz de formar ligações covalentes com grupos hidroxila das fibras celulósicas, com grupos amino, hidroxila e tióis das fibras proteicas e também com grupos amino das poliamidas (GUARATINI; ZANONI, 1998). Despejos residuários de efluentes contaminados com corantes reativos podem variar entre 4 m<sup>3</sup>/h (30 toneladas por mês) e 110 m<sup>3</sup>/h (800 toneladas por mês). Devido à sua alta toxicidade, reatividade e permanência, os corantes do tipo reativo requerem um maior controle (KIMURA, 2001).

A maioria dos processos existentes para tratamento de efluentes contaminados com corantes não elimina a toxicidade, apenas a turbidez do efluente; e quando o tratamento envolve reação química, podem-se gerar substâncias ainda mais tóxicas. Com o intuito de melhorar esse quadro em relação às técnicas de tratamento, novas pesquisas vêm sendo realizadas, trazendo técnicas alternativas eficientes e de melhor custo-benefício (TOMASSONI *et al.*, 2019).

Os métodos de tratamento tradicionais de efluentes corados são eficazes na remoção da cor, porém, possuem suas limitações. A adsorção em carvão ativado é um método lento, pouco econômico, efetivo principalmente para volumes de pequena escala e, devido a sua carga superficial positiva, apresenta limitações na adsorção de corantes de caráter catiônico. Na degradação química com cloro, o cloro ativo reage quimicamente com as moléculas dos

corantes, produzindo íons inorgânicos que são altamente tóxicos para a fauna aquática. Os processos de tratamento de efluentes baseados em coagulação-floculação-decantação apresentam uma elevada eficiência na remoção de material particulado e em suspensão coloidal, entretanto, não atinge um nível aceitável de descoloração e há a necessidade de remoção e descarte do lodo gerado (KAMMRADT, 2004).

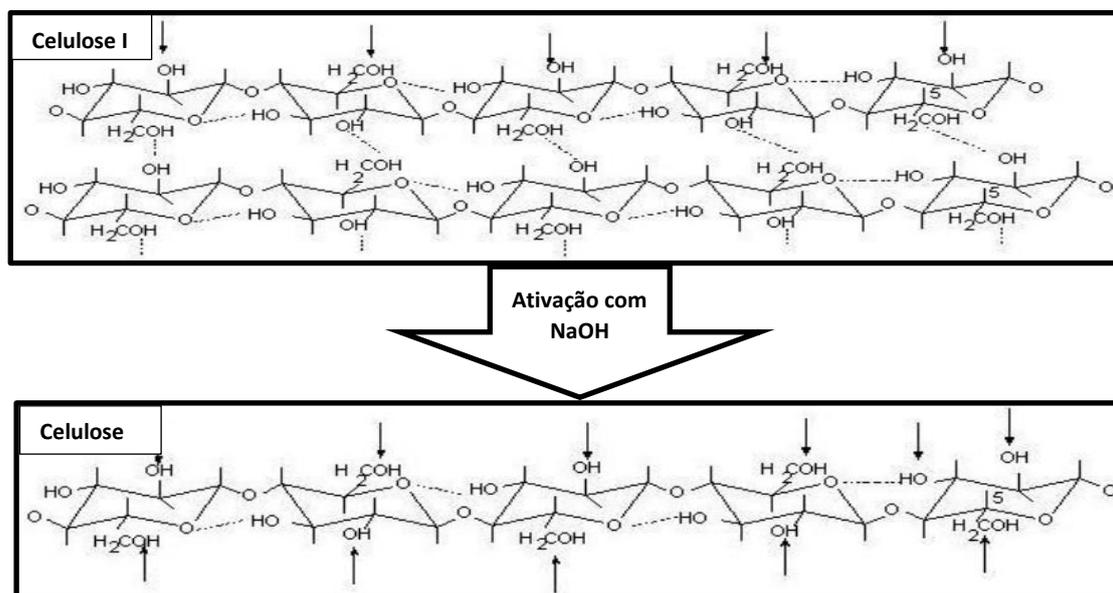
A biossorção, um processo de adsorção em matéria orgânica, geralmente possui vantagens em relação aos métodos tradicionais de tratamento de efluentes corados, por possuir um maior número de mecanismos de interação com o poluente (adsorção química e/ou física, interações eletrostáticas, troca iônica, complexação, quelação e microprecipitação), além de ser um processo que não gera subprodutos tóxicos e no qual o material biossorvente pode ser regenerado (DOTTO, 2012). O termo biossorvente engloba toda a biomassa, seja ela ativa (com atividade metabólica) ou inativa (sem atividade metabólica). Todos os biossorbentes são oriundos de alguma forma biológica, como celulose de vegetais, quitina de crustáceos e cepas de micro-organismos (VAGHETTI, 2009).

Dentre os biossorbentes de fibra celulósica que podem ser utilizados em processos de biossorção, é possível destacar: a utilização de bagaço de cana-de-açúcar, pó de serra, casca de pinhão, casca de avelã, casca de arroz, casca de amendoim, casca de banana, casca de laranja, fibra de sisal, talos de uva, sabugo de milho, polpa de beterraba e restos de produção agrícola de café e chá. A preparação desses biossorbentes consiste em tratamentos físicos de baixo custo, tais como: lavagem, secagem e trituração. A sequência desses procedimentos produz um material granulado que então pode ser empregado como adsorvente (VAGHETTI, 2009).

A capacidade de biossorção dos materiais biossorbentes inativos de fibra celulósica pode ser significativamente aumentada através de tratamentos químicos, que modificam suas estruturas moleculares e aumentam a disponibilidade de sítios de ligação para interações químicas e intermoleculares. Entre os principais reagentes químicos utilizados no tratamento da fibra celulósica estão: o hidróxido de sódio, a amônia e o glicerol (VAGHETTI, 2009).

Quando o material biossorvente celulósico é tratado em solução alcalina de NaOH (processo de mercerização), a estrutura morfológica da fibra é alterada, transformando celulose tipo I em celulose tipo II, o que resulta em alta adsorção devido ao aumento de superfície de contato e de grupos de hidroxilas livres (BEATRIZ *et al.*, 2006 apud GURGEL, 2007). A Figura 1 ilustra o aumento de superfície de contato e o aumento da disponibilidade dos grupos de hidroxilas depois da ativação da celulose com NaOH.

**Figura 1:** Disponibilidade de sítios de ligação antes e depois da ativação da celulose



Fonte: MORGADO, 2009, p. 60.

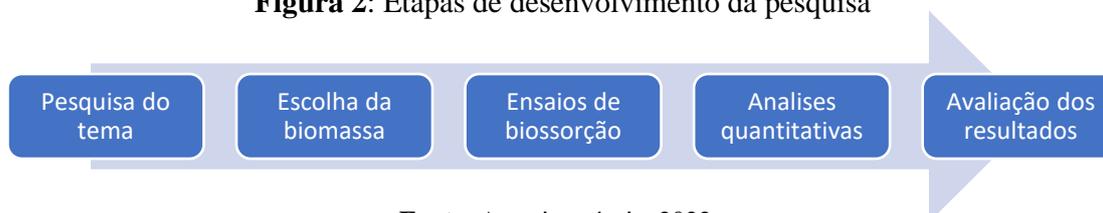
No tratamento da celulose I para a obtenção de celulose II, pontes de hidrogênio do retículo cristalino são rompidas e parte da lignina é perdida, o que provoca uma redução no empacotamento molecular. O resultado é uma fibra celulósica mais resistente e mais suscetível a reações fisicoquímicas (VIEIRA, 2012)

O presente trabalho, ciente da necessidade de implementação de novas técnicas de tratamento de afluentes têxteis que sejam de baixo custo, sem geração de subprodutos tóxicos e eficientes em relação à capacidade de retenção dos corantes reativos, visa comprovar e comparar a eficiência biossorbitiva do pó de serra mercerizado em relação a sua forma *in natura*.

## 2. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O desenvolvimento da pesquisa seguiu o método científico. O planejamento teve as seguintes etapas:

**Figura 2:** Etapas de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autoria própria, 2022.

As referências foram retiradas de teses de doutorado e mestrado, trabalhos de conclusão de curso (TCC), artigos científicos publicados em revistas e artigos científicos publicados em congressos, todos disponíveis na internet.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Na presente pesquisa, foi aplicada a técnica de bioadsorção utilizando pó de serra residual de marcenaria. O pó de serra foi escolhido para o experimento por ser um material particulado ideal para as práticas de bioadsorção, não necessitando passar pelo processo de trituração, além de ser um resíduo gerado em abundância pelas marcenarias e que necessita de destinações alternativas. Como efluente padrão a ser tratado pelo bioadsorvente, foram utilizadas soluções 15 mg/L de corantes reativos azul turquesa, vermelho e verde-azul.

Para avaliar a capacidade de adsorção da biomassa mercerizada, foi necessário realizar dois segmentos experimentais, um constituído do efluente modelo mais a biomassa mercerizada e uma contraprova constituída do efluente modelo mais a biomassa *in natura*.

#### 3.1 Lavagem e secagem da biomassa

Primeiramente, 3 kg de pó de serra foram lavado com água destilada até a remoção de toda as impurezas. Posteriormente o material foi seco em uma estufa a uma temperatura de 100° graus Celsius por 5 horas, utilizando formas de alumínio como recipiente, até a remoção de toda umidade, conforme Figura 3.

**Figura 3:** Lavagem e secagem da biomassa



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

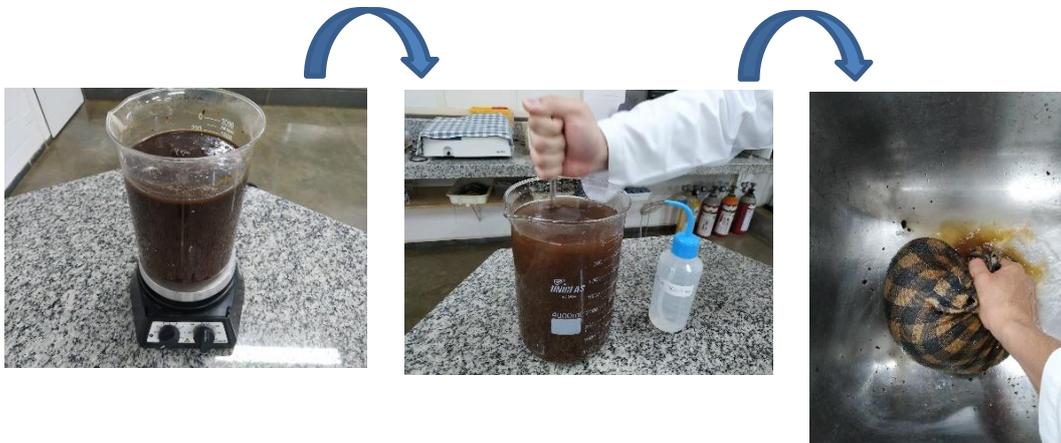
As impurezas e a umidade podem comprometer os ensaios de biossorção e as análises quantitativas, trazendo incertezas ao experimento. Após a secagem, o material foi macerado utilizando-se almofariz e pistilo para desfazer os aglomerados de partículas.

### 3.2 Tratamento e secagem da biomassa

Para o tratamento da biomassa, foi utilizado uma solução de hidróxido de sódio de 0,6 mol/L. Foi separado 1,5 kg do material lavado e seco. O pó de serra foi submerso na solução utilizando um béquer de vidro temperado como recipiente e um agitador magnético para agitar e aquecer a mistura a uma temperatura de 60° graus por 3 horas.

Após o tratamento, o material foi lavado com água destilada e torcido com o auxílio de um pano, conforme a Figura 4, até a remoção total do hidróxido de sódio e da coloração marrom provocada pelo tratamento. Foi utilizado fitas de pH para o acompanhamento do pH da água de lavagem. A medição de pH que indica a remoção total do hidróxido de sódio fica na margem do potencial hidrogeniônico 7, que indica neutralidade do solvente.

**Figura 4:** Tratamento e lavagem da biomassa



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

O material já lavado, foi seco em uma estufa a uma temperatura de 100° graus Celsius por 5 horas, até a remoção de toda a umidade. Posteriormente o material foi macerado utilizando almofariz e pistilo devido ao aglomeramento das partículas do material que ocorre após a secagem.

**Figura 5:** Biomassas *in natura* e tratada



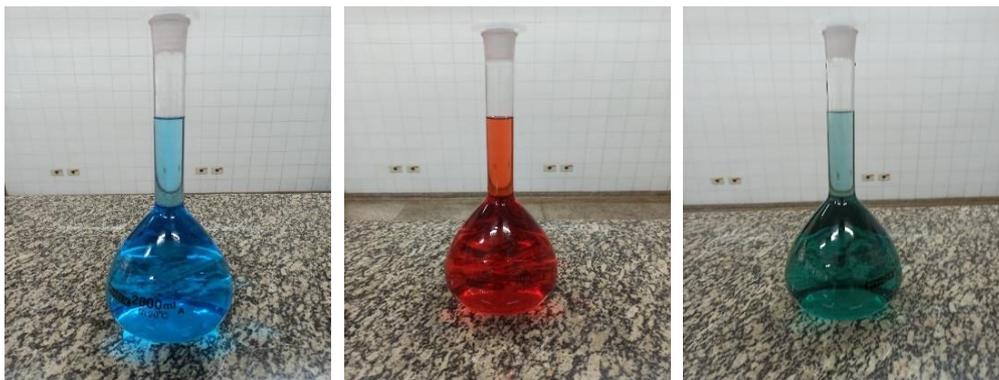
**Fonte:** Autoria própria, 2022.

O pó de serra mais disperso tem uma maior superfície de contato com o efluente a ser tratado, o que possibilita melhores resultados nos ensaios de biossorção.

### 3.3 Efluente padrão

Foram realizadas três soluções de corantes reativos a 15 mg/L utilizando balões volumétricos de 2 litros como vidraria de precisão. Foram utilizados os corantes azul turquesa n° 13, vermelho n° 13 e verde-azul n° 20, todos da marca Guarany.

**Figura 6:** Efluentes padrões azul, vermelho e verde



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

Para a determinação de suas absorvâncias, as soluções foram submetidas à técnica de espectrofotometria UV-VIS com cubetas de quartzo. Os comprimentos de ondas utilizados para analisar cada solução foram encontrados empregando-se uma tabela de cores

complementares, que indica o intervalo de comprimento de onda (nm) que cada cor é capaz de absorver.

**Tabela 1:** Cores da luz absorvida e cores complementares

Intervalo de comprimento de onda (nm)	Cor absorvida	Cor complementar (observada)
380-435	Violeta	Verde-amarelado
435-480	Azul	Amarelo
480-490	Azul-verde	Laranja
490-500	Verde-Azul	Vermelho
500-560	Verde	Purpura
560-580	Verde-amarelado	Violeta
580-595	Amarelo	Azul
595-650	Laranja	Azul-verde
630-780	Vermelho	Ciano

**Fonte:** MOREIRA; SANTOS; JUNIOR, 2016, p. 145.

Os valores de comprimentos de onda (nm) foram ajustados fazendo uma varredura espectral UV-VIS nas amostras dos efluentes padrões, utilizando os intervalos de ondas (nm) absorvidas para cada cor, de acordo com a Tabela 1. O comprimento de onda mais absorvido pela cor é o comprimento específico de absorbância da cor analisada.

Foram obtidos os comprimentos de onda de 485 nm, 635 nm e 585 nm, para as cores vermelho, verde-azul e azul turquesa respectivamente, como mostra na Tabela 2.

**Tabela 2:** Comprimentos de onda de absorbâncias das cores

Soluções de corantes	Concentração g/L	Comprimento de onda (nm)
Vermelho	0,015	485
Verde-azul	0,015	635
Azul Turquesa	0,015	585

**Fonte:** Aatoria própria, 2022.

### 3.4 Ensaios de biossorção

Para os ensaios de biossorção, foram separados 3(três) Erlenmeyer com 0,2 gramas do pó de serra *in natura*, e 3 (três) Erlenmeyer com 0,2 gramas do pó de serra tratado com hidróxido de sódio. Em cada Erlenmeyer foi adicionado 50 ml das soluções padrão de corante.

**Figura 7:** Ensaios de biossorção



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

Cada Erlenmeyer foi agitado manualmente por 3 minutos e deixado em descanso por 30 minutos. Após o tempo de descanso, coletaram-se amostras de cada recipiente para o processo de centrifugação, em que foram centrifugadas por 5 minutos. As amostras límpidas do biossorvente foram submetidas à técnica de espectrofotometria UV-VIS com cubetas de quartzo, utilizando os comprimentos de ondas determinados na Tabela 2.

Para determinar a remoção de cor em (%) das soluções, foi utilizado uma Equação 1 adaptada da remoção de cor em águas residuárias, descrito no artigo de *American Public Health Association* (1992) “*Standard methods for the examination of water and wastewater*” (apud ANDRADE; SOBRINHO; ANDREIA, 2019).

$$Descoloração (\%) = \frac{A_b - A_{bi}}{A_b} \times 100\% \quad (1)$$

Sendo:

*Descoloração %* = descoloração em porcentagem;

$A_b$  = Absorbância da solução bruta;

$A_{bi}$  = Absorbância da amostra biossorvida.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados de absorvância e descoloração obtidos nas análises de espectrofotometria UV-VIS com as soluções de corante bruto e as amostras que sofreram a bioissorção pelo material *in natura*.

**Tabela 3:** Descoloração do efluente com o biossorvente *in natura*

Efluentes padrões	Absorvância da amostra bruta	Absorvância da amostra bruta + biossorvente <i>in natura</i>	Descoloração (%)
Vermelho	0,372	0,093	75
Verde	0,115	0,055	52
Azul	0,130	0,038	71

Fonte: Autoria própria, 2022.

A Tabela 4 apresenta os resultados de absorvância e descoloração obtidos nas análises de espectrofotometria UV-VIS com as soluções de corante bruto e as amostras que sofreram a bioissorção pelo material tratado com NaOH.

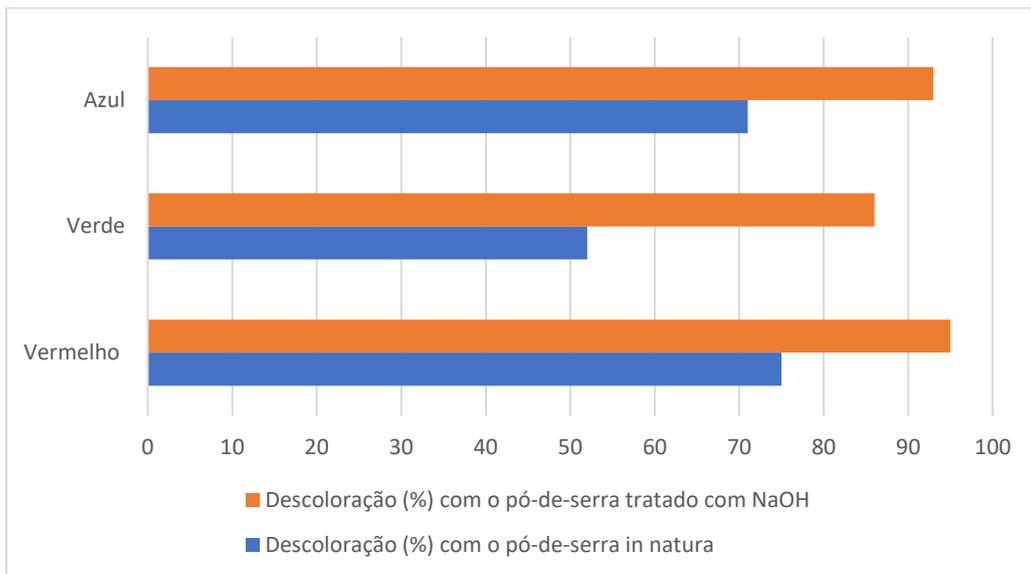
**Tabela 4:** Descoloração do efluente com o biossorvente tratado

Efluentes padrões	Absorvância da amostra bruta	Absorvância da amostra bruta + biossorvente tratado	Descoloração (%)
Vermelho	0,372	0,019	95
Verde	0,115	0,016	86
Azul	0,130	0,010	93

Fonte: Autoria própria, 2022.

O Gráfico 1 ilustra a diferença de descoloração (%) entre as soluções em que foi utilizado o pó de serra tratado e as soluções em que se utilizou o material *in natura* em relação às absorvâncias.

**Gráfico 1:** Descoloração (%) com o material tratado e o *in natura*



**Fonte:** Autoria própria, 2022.

Como se pode observar no Gráfico 1, a descoloração (%) no efluente padrão utilizando a biomassa mercerizada obteve uma vantagem em média de 25,33 %, que se enquadra nos parâmetros de padrão a ser seguido segundo Guaratini e Zanoni (1998). Os resultados obtidos foram similares aos dos trabalhos de Azevedo *et al.*, (2018), que utilizou canela e romã como bio sorventes de azul metileno (5, 10 e 20 ppm), com o resultado de 90,7% de remoção do corante, e ao trabalho de Andrade, Sobrinho e Candeia (2021), que utilizaram quitosana como bio sorvente de soluções corantes têxteis e obtiveram uma média de eficácia de 98,23%.

## 5. CONCLUSÃO

Como se pode observar nas Tabelas 3 e 4, o pó-de-serra *in natura* e o mercerizado obtiveram bons resultados como bio sorvente de corante reativos. O material tratado com NaOH obteve grande vantagem em relação ao *in natura*, com uma média de descoloração de 25,33 % a mais. Com os dados obtidos, conclui-se que a biomassa celulósica mercerizada com NaOH possui uma grande capacidade de bio sorção de corantes reativos em relação à biomassa *in natura*, o que a torna um bio sorvente alternativo para tratamento de efluentes contaminados com corantes do tipo reativo.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, P. J.; ANDRADE SOBRINHO, L. G.; CANDEIA, R. A. Desenvolvimento de um sistema de filtração para tratamento de soluções de corantes têxteis a base de quitosana. In: PACHECO, Clecia Simone Gonçalves Rosa (org.). **Ambiente & Sociedade: concepções, fundamentos, diálogos e práticas para conservação da natureza**. Guarujá, SP: Editora científica digital, 2021. p. 93-106. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/210504685.pdf>. Acesso em: 27 maio 2022.

AZEVEDO, F. G. et al. Utilização das cascas da canela e punica granatum como Bioadsorventes na remoção de azul de metileno. In: **XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. São Paulo: Blucher, 2018. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/utilizacao-das-cascas-da-canela-e-punica-granatum-como-bioadsorventes-na-remoo-de-azul-de-metileno-28483>. Acesso em: 22 jun. 2022.

DOTTO, G. L. **Biossorção de corantes alimentícios utilizando nanopartículas de spirulina platensis**. 2012. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimento), Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande-RS, 2012. Disponível em: <http://repositorio.furg.br/handle/1/6076?show=full>. Acesso em: 27 maio 2022.

FONSECA, P. V. **Estudo da remoção de corantes de efluentes através do processo de bioadsorção em resíduos de soja de banana**. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental Sanitária), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: [www.dcta.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/21/2017/06/TCC\\_Patricia-Vieira-Fonseca-final.pdf](http://www.dcta.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/21/2017/06/TCC_Patricia-Vieira-Fonseca-final.pdf). Acesso em: 20 maio 2022.

GURGEL, L. V. A. **Marcerização e modificação química de celulose e bagaço de cana-de-açúcar com anidro succínico e trietilenotetramina**: Preparação de novo materiais quelantes para a adsorção de Pb (II), Cd (II), Cr (VI), e Cu (II). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos – PROÁGUA, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007. Disponível em: [https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2231/1/DISSERTA%20C3%87%20C3%83O\\_Marceriza%20A7%20C3%A3oModifica%20A7%20C3%A3oQu%20C3%ADmica.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2231/1/DISSERTA%20C3%87%20C3%83O_Marceriza%20A7%20C3%A3oModifica%20A7%20C3%A3oQu%20C3%ADmica.pdf). Acesso em: 2 jun. 2022.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**. Sociedade Brasileira de Química, v. 23, n. 1, p. 71-78, 2000. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/25901>. Acesso em: 15 jun. 2022.

KIMURA, I. Y. **Remoção de corantes reativos contendo grupos vinilsulfona e triazina por adsorção e coagulação/ floculação com quitosana**. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2001. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/30363196.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2022.

MORGADO, D. L. **Biocompósitos a partir de celulose de linter: filmes de acetatos de celulose e quitosana celulose**. 2009. 290 f. Tese (Doutorado em Ciências Físico-Química), Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde-25022010-152850/publico/DaniellaLuryMorgado.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2022.

MOREIRA, A. F.; SANTOS, S. R. B.; JUNIOR, A. G. Construção e caracterização de um fotômetro destinado ao uso de aulas experimentais de química sobre a lei de Beer-Lambert. **Revista Holos digital**, v. 2, p. 142-151, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/301572580\\_Construcao\\_e\\_Caracterizacao\\_de\\_um\\_Fotometro\\_Destinado\\_ao\\_Uso\\_de\\_Aulas\\_Experimentais\\_de\\_Quimica\\_sobre\\_a\\_Lei\\_de\\_Beer-Lambert/fulltext/5739733108ae9f741b2bf4f4/Construcao-e-Caracterizacao-de-um-Fotometro-Destinado-ao-Uso-de-Aulas-Experimentais-de-Quimica-sobre-a-Lei-de-Beer-Lambert.pdf](https://www.researchgate.net/publication/301572580_Construcao_e_Caracterizacao_de_um_Fotometro_Destinado_ao_Uso_de_Aulas_Experimentais_de_Quimica_sobre_a_Lei_de_Beer-Lambert/fulltext/5739733108ae9f741b2bf4f4/Construcao-e-Caracterizacao-de-um-Fotometro-Destinado-ao-Uso-de-Aulas-Experimentais-de-Quimica-sobre-a-Lei-de-Beer-Lambert.pdf). Acesso em: 4 ago. 2022.

KAMMRADT, P. B. **Remoção de cor de efluentes de tinturarias industriais através de processo de oxidação avançada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em: [https://docs.ufpr.br/~bleninger/dissertacoes/086-Patricia\\_Bastos\\_Kammradt.pdf](https://docs.ufpr.br/~bleninger/dissertacoes/086-Patricia_Bastos_Kammradt.pdf). Acesso em: 1 ago. 2022.

SILVA, L. F. et al. **Utilização do pó de serragem como adsorvente alternativo na remoção de verde de malaquita**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1021-21545-145682.pdf>. Acesso em: 22 maio 2022.

TOMASSINI, F. et al. Aplicação do método estatístico DCCR na remoção de corantes em efluentes têxtil por processo de eletrocoagulação. Portal Tratamento de Água, São Paulo, p 1-11, 25 novembro 2019. In: **XXX Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente**. São Paulo, 2019. Disponível em: [www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/11/dccr-remocao-efluente-textil-eletrocoagulacao.pdf](http://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/11/dccr-remocao-efluente-textil-eletrocoagulacao.pdf). Acesso em: 22 maio 2022.

VIEIRA, J. G. **Produção de metilcelulose a partir de celulose do bagaço de cana de açúcar usando dois agentes metilantes: Sulfato de dimetila e idometano, para aplicação como aditivo na formulação de argamassa**. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17513/1/ProducaoMetilcelulosePartir.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2022.

VAGHETTI, J. C. P. **Utilização de biossorbentes para Remediação de Efluentes Aquosos contaminados com Íons Metálicos**. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17482/000709030.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 1 ago. 2022.