



Biossorção de corantes têxteis utilizando biomassa fúngica

Biossorption of textile dyes using fungal biomass

Felipe Colaço de Oliveira¹, Rafael Block Samulewski², Milena Martins Andrade³

RESUMO

A indústria têxtil global experimenta um crescimento constante, principalmente devido à produção de fibras têxteis, que quase dobrou entre 2010 e 2020 incentivado pelo *fast fashion* e redução do preço do vestuário. No entanto, esse crescimento tem impacto considerável na poluição ambiental, com grandes volumes de resíduos e contaminação da água. Este trabalho teve como objetivo a utilização de biomassa no tratamento de soluções contendo o corante Reactive Blue 222 e produzir carvão ativado com o material remanescente. Biomassa fúngica liofilizada e autoclavada foi utilizada em condição previamente otimizada e foi possível a remoção de até 51,5 % de cor. A partir dessa biomassa residual foi produzido carvão com rendimento de até 22,4 % apresentando grupos funcionais ácidos como carboxila, hidroxila e fenólicos. A biomassa fúngica é promissora no tratamento de efluentes, assim como o carvão ativado obtido após sua utilização.

PALAVRAS-CHAVE: biossorção; carvão ativado; efluente têxtil; RB222.

ABSTRACT

The global textile industry is experiencing constant growth, mainly due to the production of textile fibers, which almost doubled between 2010 and 2020, encouraged by fast fashion and reduced clothing prices. However, this growth considerably impacts environmental pollution, with large volumes of waste and water contamination. This work aimed to use biomass to treat solutions containing the dye Reactive Blue 222 and produce activated carbon with the remaining material. Freeze-dried and autoclaved fungal biomass was used in previously optimized conditions, and it was possible to remove up to 51.5% of color. From this residual biomass, charcoal was produced with a yield of up to 22.4%, featuring acidic functional groups such as carboxyl, hydroxyl, and phenolic. Fungal biomass, as is the activated carbon obtained after use, is promising in treating effluents.

KEYWORDS: biossorption; activated charcoal; textile effluent; RB222.

INTRODUÇÃO

A indústria têxtil mundial movimentou cerca de U\$ 882 bilhões em 2021, assumindo a sétima posição de produto mais comercializado segundo SIMÕES e HIDALGO (2011). Tal crescimento constante pode ser verificado através da produção de fibras têxteis que praticamente dobrou no período de 2010 a 2020 de 58 milhões de toneladas para 109 milhões de toneladas e com perspectiva de aumento até 2030. O crescimento da produção de fibras é motivado pela queda do preço do vestuário e ascensão do *fast fashion* que impulsiona o consumo. Este comportamento gera impactos negativos como o alto consumo de água e contaminação global de 20% da água a partir de corantes e resíduos de processos de acabamento têxtil (PARLAMENTO EUROPEU, 2020 TEXTILE EXCHANGE (2021).

Os efluentes provenientes da indústria têxtil possuem coloração intensa e quando não são adequadamente tratados podem acarretar problemas de contaminação ambiental (BRAILE, 1993; O'NEIL, 1999; FUNASA, 2022). PALMER (2010) no Índice de Cores

¹ Bolsista da Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil. Email: felipecolaço@alunos.utfpr.edu.br ID Lattes: 6135179884384333.

² Docente no Curso de licenciatura em Química/ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana, Paraná, Brasil. Email: samulewski@utfpr.edu.br ID Lattes: 1426872141867092.

³ Docente no Curso de licenciatura em Química/ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana, Paraná, Brasil. Email: milenaandrade@utfpr.edu.br ID Lattes: 0974988053890754.



(Colour Index) encontramos listados aproximadamente 8000 corantes sintéticos. Dentre os corantes sintéticos, a classe azo contribui com 70% da produção mundial devido a facilidade de fabricação, baixo custo, qualidade de coloração, ampla faixa espectral e propriedades físico-químicas desejáveis. Um representante desta classe é o Reactive Blue 222 (RB222) de fórmula molecular: $C_{37}H_{23}ClN_{10}Na_6O_{22}S_7$ (BURKINSHAW, 2016; WORLD DYE VARIETY, 2023). Esses corantes têm sido associados a problemas de saúde em seres humanos por apresentarem riscos de carcinogenicidade e mutagenicidade, podendo serem absorvidos pela ingestão ou contato com a pele (PUVANESWARI, 2006).

Novas alternativas para remoção destes contaminantes têm sido desenvolvidos e a biomassa fúngica residual tem se apresentado como uma opção de baixo custo (AYELE et al., 2021; BRAZESH, 2021). E para dar uma nova aplicação à biomassa resultante do processo de tratamento do efluente têxtil, esta pode ser carbonizada a carvão ativado. Portanto, este trabalho propõe o uso de biomassa fúngica proveniente do fungo *Botryosphaeria ribis* EC-01 residual no tratamento de soluções com corante como alternativa aos processos, geralmente caros e complexos e a produção de carvão ativado deste material resultante.

METODOLOGIA

TRATAMENTO DE EFLUENTE COM BIOMASSA FÚNGICA

O tratamento do efluente têxtil com a biomassa fúngica liofilizada e autoclavada seguiu as condições ótimas obtidas por ZAVILENSKI (2022) através de planejamentos fatoriais e estas condições são apresentadas na Tabela 1. Em frascos de 50 mL, solução do corante reativo azul RB 222 (10 mL) foi misturado a biomassa fúngica e incubados a 25 °C e 150 rpm durante o tempo estipulado.

Tabela 1 – Condição ideal para o tratamento de soluções contendo corante utilizando biomassa autoclavada e biomassa liofilizada e os valores preditos pelo modelo

	Tempo (min)	Concentração de corante (mg/L)	Massa de biomassa (g)	Descoloração (%)
Biomassa Autoclavada	67	100	200	47,06
Biomassa Liofilizada	67	55	200	81,83

Fonte: ZAVILENSKI (2022).

As porcentagens de descoloração foram determinadas espectroscopicamente (espectrofotômetro Cary 60-G6860A) utilizando a Eq. (1)

$$\% \text{ Descoloração} = \frac{A_{\text{inicial}} - A_{\text{final}}}{A_{\text{inicial}}} \times 100 \% \quad (1)$$

Sendo, A_{inicial} : absorvância inicial, antes da adsorção e A_{final} : absorvância final, após adsorção

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO

As biomassas provenientes do tratamento com soluções contendo corante foram utilizadas como substratos para produção de carvão ativado que seguiu a metodologia proposta por SILVA et al (2018) que utiliza ácido fosfórico na proporção 1:1 (m/v). Após secagem da biomassa, o material obtido foi colocado em reator de aço inoxidável de tampa removível e furos e levado a mufla sob fluxo de nitrogênio de 100 mL/min e aquecimento de 5°C/min. Na primeira etapa, o material foi aquecido da temperatura ambiente até 300°C



durante 2 h. Na segunda etapa, a temperatura foi elevada para 500°C e mantida por 1 h. Na terceira etapa, ocorreu o resfriamento até 100°C. O material resultante foi triturado e lavado com solução de NaOH 0,1 mol/L e água destilada até pH neutro e seco a 60°C por 24 h. O rendimento foi determinado (Eq 1), assim como a caracterização através das técnicas FTIR-ATR (modelo Vertex 70 – PerkinElmer, janela de trabalho: 4000–40 cm⁻¹, resolução 2⁻¹–32 scans por amostra) e o ponto isoelétrico foi determinado por meio do Potencial Zeta (ζ) (modelo Litesizer 500 – ANTON PAAR) na faixa de pH de 3 a 11.

$$R = \frac{\text{Massa final}}{\text{Massa inicial}} * 100 \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da concentração do corante RB 222 foi realizada em um espectrofotômetro Cary 60-G6860A para determinar o espectro de absorção do corante BR222 que foi de 614 nm como relatado na literatura (KIRAN, 2012). A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos no tratamento das soluções contendo corante com a biomassa fúngica autoclavada e liofilizada.

Tabela 2 - Valores de concentração do corante RB222 sem tratamento e após o tratamento com biomassa autoclavada e biomassa liofilizada.

	Sem tratamento [55]	Biomassa Autoclavada	Sem tratamento [100]	Biomassa Liofilizada
Absorbância	1,00	0,68	1,57	0,76
% Descoloração		32,0		51,5

Fonte: Autoria Própria (2023).

A biomassa foi reutilizada seguindo os parâmetros anteriores, mas não houve adsorção de corante, indicando que a capacidade de adsorção foi atingida (ARAGAW, 2021). A biossorção das amostras de biomassa mostrou resultados diferentes daqueles obtidos por ZAVILENSKI (2022); uma possível causa seria a não trituração prévia da biomassa, a possível degradação das amostras com relação ao tempo de armazenamento e a interferência da umidade presente nas amostras. Entretanto, os resultados foram satisfatórios, sendo a biomassa liofilizada com o maior percentual 51,5 % (RIGUETO, 2021).

Esta biomassa residual após o tratamento das soluções contendo corante foi carbonizada para produção de carvão ativado e os resultados estão na Tabela 3. Como pode ser verificado, maior rendimento foi obtido para a biomassa autoclavada (22,4 %). GONÇALVES (2006) apresenta rendimento de 17 a 23% na produção de carvão ativado, portanto o valor obtido é aceitável. Tal valor deve a perda de massa durante o processo e perdas de material durante a filtração.

Tabela 3 – Rendimento do carvão autoclavado e liofilizado.

	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	Rendimento (%)
Carvão Autoclavado	12,5	2,81	22,4
Carvão Liofilizado	12,5	2,27	18,1

Fonte: Autoria Própria (2023).

FTIR DA BIOMASSA E DO CARVÃO ATIVADO

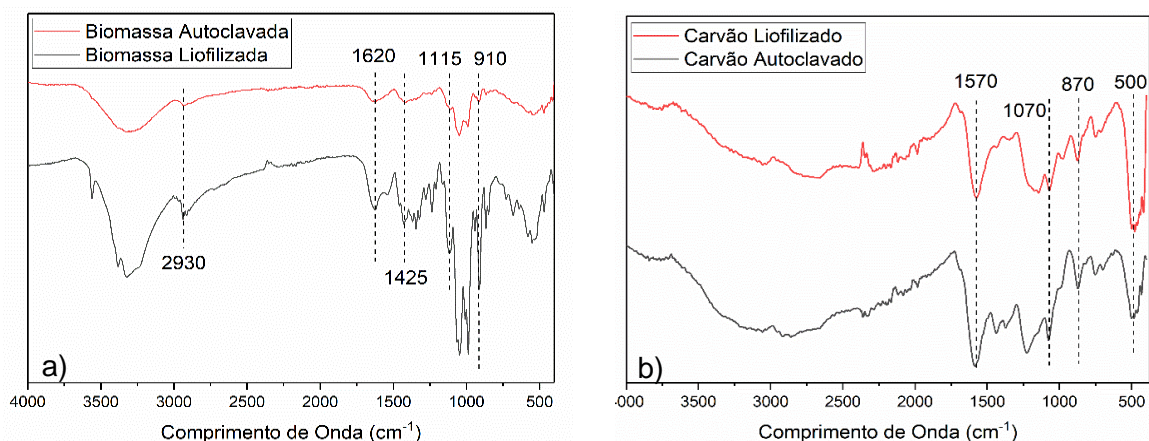
O espectro das amostras de biomassa autoclavada e liofilizada são apresentadas na Figura 01 a). A região próxima entre 3500 e 3000 cm⁻¹ indicam a vibração das ligações O-



H, indicando a presença de água e lignina. A banda na região de $2930 \text{ N-C-H cm}^{-1}$ evidencia presença de amida. A banda próxima de 1640 cm^{-1} indica água absorvida e também se apresenta com uma banda reduzida devido a remoção parcial de hemicelulose. A região próxima de 1425 cm^{-1} indica a presença de duplas ligações entre carbonos $\text{C}=\text{C}$, indicando anéis aromáticos da lignina. As regiões de 1115 a 910 cm^{-1} indicam ligações C-OH e C-O-C de polissacarídeos indicando a presença de grupos funcionais na biomassa como grupos carbonilas, grupos fosfatos, entre outros (FERTU, 2022).

O espectro das amostras de carvão da biomassa autoclavada e liofilizada são apresentadas na Figura 01 b). Verifica-se a existência de ligações C-O-C , assim como C-N , C-O e C-H nas bandas entre 1300 cm^{-1} e 870 cm^{-1} . As ligações $\text{C}=\text{C}$ na região de 1570 cm^{-1} referente a presença de anéis aromáticos e na banda de 500 cm^{-1} é um indicativo da presença de fósforo, o precursor utilizado para a produção de carvão (MOPOUNG, 2011; JOSHI, 1990; MOYO, 2004).

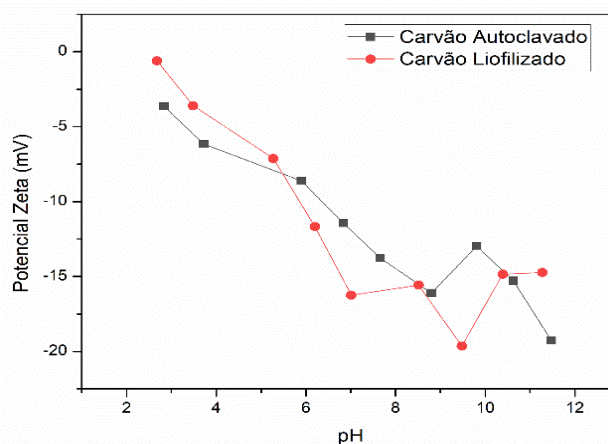
Figura 1 – FTIR-ATR das amostras de biomassa (a) e de carvão ativado (b)



Fonte: Autoria Própria (2023).

PONTO DE CARGA ZERO (PVZ)

Figura 2 – Potencial ζ das amostras de carvão



Fonte: Autoria Própria (2023).

O espectro das amostras de carvão autoclavado e liofilizado são apresentadas na Figura 02. Verifica-se que as amostras de carvão não atingiram o Ponto de Carga Zero



dentro da faixa de pH analisada que foi de 3 à 11. Os valores do Potencial ζ são negativos, portanto, a superfície de carga é negativa para as duas amostras e assinala que são indicativos de grupos funcionais ácidos como carboxila, hidroxila e fenólicos (NIKSIRAT, 2019). Desta forma, o carvão produzido tem a capacidade de adsorver substâncias com grupos funcionais de cargas opostas, portanto, seria mais eficiente em corantes catiônicos.

CONCLUSÃO

A Biomassa fúngica residual foi utilizada em condição previamente otimizada e foi possível a remoção de até 51,5 % de cor. A partir dessa biomassa residual foi produzido carvão com rendimento de até 22,4 % apresentando grupos funcionais ácidos como carboxila, hidroxila e fenólicos. A biomassa fúngica é promissora no tratamento de efluentes, assim como o carvão ativado obtido após sua utilização.

Agradecimentos

Pesquisa desenvolvida com o auxílio do LAMAP – Laboratórios Multiusuário de Apoio à Pesquisa do Câmpus Apucarana, LabMulti-LD do campus Londrina da UTFPR. O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ARAGAW, Tadele assefa; BOGALE; Fekadu Mazengiaw. Biomass-Based Adsorbents for Removal of Dyes From Wastewater: A Review. **Frontiers in Environmental Science**, V. 9, 2021.

AYELE, Abate *et al.* Comparative utilization of a dead and live fungal biomass for the removal of heavy metal: a concise review. **The Scientific World Journal**, v. 2021, p. 10, 2021.

BRAILE, Pedro Marcio. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais** (online). São Paulo: CETESB, 1993.

BRAZESH, Behnaz *et al.* Chapter 9 – Biosorption. **Interface Science and Technology, Elsevier**, v. 33, p. 587 – 628, 2021.

BURKINSHAW, Stephen, M. **Physico-Chemical Aspects of Textile Coloration**. John Wiley & Sons. Reino Unido, 2016

GONÇALVES, Gilberto da Cunha *et al.* Produção de carvão ativado a partir de bagaço e melaço de cana-de-açúcar. **Acta Scientiarum Technology**, V. 28, p 21-27, 2006.

KIRAN, Shumaila *et al.* Degradation and mineralization of Azo Dye Reactive Blue 222 by sequential photo-fenton's Oxidation followed by aerobic biological treatment using white



rot fungi. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 90, p. 208-215, 2012.

MOPOUNG, Sumrit; DEJANG, Nuchjira. Activated carbon preparation from Eucalyptus wood chips using continuous carbonization-steam activation process in a batch intermitente Rotary kiln. **Scientific Reports**, v. 11, nº. artigo: 13948, 2021.

MOYO, Mambo *et al.* Kinect and equilibrium modelling of a lead sorption from aqueous solution by activated carbon from goad dung. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, p. 3011-3021, 2021.

NIKSIRAT, Mohammad *et al.* Removal of Mn from aqueous solutions, by activated carbon obtained from tire residuals. **Springer Nature Applied Sciences**, v. 1(7), nº. artigo: 782, 2019.

O'NEILL Cliona *et al.* Colour in textile effluents – sources, measurement, discharge consents and simulation: a review (online). **Journal of Chemical Tecnology & Biotechnology**. Oxford, Inglaterra, v. 74, Issue 11, p. 1009-1018, 1999.

PALMER, Stephen, E; SCHLOSS, Karen, B. Na Ecological valence theory of human color preference. **Procedings of the National Academy of Sciences**, USA, 107(19), p. 8877-8882, 2010.

PARLAMENTO EUROPEU. **The impact of textile production and waste on the enviroment (infographics)**. Estrasburgo, França, 2020.

PUVANESWARI, Nara *et al.* Toxicity assessment of azo dyes. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 44, p.618 – 626, 2006.

RIGUETO, César Vinicius Tonicilli *et al.* Soybean hull as an alternative biosorvent to uptake a reactive textile dye from aqueous solutions. **Revista Matéria** v. 26 nº 02, 2021.

SILVA; Tais Larissa *et al.* Mesoporous activated carbon fibers synthetized from denin fabric waste: eficiente adsorbents for removal of textile dye from aqueous solutions. **Journal of Cleaner Production, Elsevier**, v. 171, p. 482 – 490, 2018.

SIMÕES, Alexander James Gaspar; HIDALGO, César. **The Economic Complexity Observatory: Na analytical Tool for Understanding the Dynamics of Economic Development** (online). São Francisco, Califónia, USA. Conferência de inteligência Artificial, 2021.

TEXTILE EXCHANGE. **Preffered Fiber & Materials- Market Report** (online). Lamessa, Texas, EUA, 2021.

WORLD DYE VARIETY. **Reactive Blue 222**.

ZAVILENSKI, Ana Isabela. Biossorção de corantes têxteis utilizando biomassa fúngica residual. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Química** – Universidade Técnica Federal do Paraná – UTFPR, campus Apucarana, 2022.