

Área: Sustentabilidade | Tema: Resíduos e Reciclagem

**AVALIAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA DE AÇUCAR UTILIZADO COMO SUBSTRATO PARA O FUNGO
Metarhizium anisopliae, COMO ADSORVENTE NA REMOÇÃO DO CORANTE VIOLETA CRISTAL**

**EVALUATION OF SUGAR CANE BAGGING USED AS SUBSTRATE FOR FUNGUS *Metarhizium
anisopliae*, AS AN ADSORVENT IN THE REMOVAL OF VIOLET CRYSTAL**

Patrícia Grassi, Aline Alessia Sulkovski, Stéfani Segato Spannemberg, Denise Tonato, Davi Alexandre

Maboni Roth e Marcio Antonio Mazutti

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o bagaço de cana-de-açúcar utilizado como substrato para o fungo *Metarhizium anisopliae*, como adsorvente para a remoção do corante violeta cristal. Realizaram-se caracterizações do material por Difractometria de Raios-X (DRX) e Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Foram feitos estudos do efeito do pH, massa de adsorvente e a eficiência de adsorção de um efluente simulado. A capacidade máxima de adsorção foi de 192 mg g⁻¹ em pH 10,0 e massa de 0,4g.L⁻¹, representando alta capacidade de adsorção na remoção do corante violeta Cristal. O material também foi eficiente na remoção de cor do efluente simulado, 61,8%.

Palavras-Chave: Adsorção; Violeta Cristal; Bagaço de cana-de-açúcar; Fungo; efluente simulado

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the sugarcane bagasse used as substrate for the fungus *Metarhizium anisopliae* as adsorbent for the removal of the crystal violet dye. Characterization of the material by X-ray Diffraction (XRD) and Spectroscopy in the Infrared Region with Fourier Transform (FTIR) were performed. Studies of the effect of the initial pH, adsorbent mass and the adsorption efficiency of a simulated effluent should be made. The maximum adsorption capacity was 192 mg g⁻¹ at pH 10.0 and mass of 0.4 g.L⁻¹, representing high adsorption capacity in the removal of crystal violet dye. The material was also efficient in the removal of color from the simulated effluent, 61.8%.

Keywords: Adsorption; Crystal Violet; Sugar cane bagasse; Fungus, simulated effluent

Eixo temático: Sustentabilidade

AVALIAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA DE AÇUCAR UTILIZADO COMO SUBSTRATO PARA O FUNGO *Metarhizium anisopliae*, COMO ADSORVENTE NA REMOÇÃO DO CORANTE VIOLETA CRISTAL

EVALUATION OF SUGAR CANE BAGGING USED AS SUBSTRATE FOR FUNGUS *Metarhizium anisopliae*, AS AN ADSORVENT IN THE REMOVAL OF VIOLET CRYSTAL

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o bagaço de cana-de-açúcar utilizado como substrato para o fungo *Metarhizium anisopliae*, como adsorvente para a remoção do corante violeta cristal. Realizaram-se caracterizações do material por Difractometria de Raios-X (DRX) e Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Foram feitos estudos do efeito do pH, massa de adsorvente e a eficiência de adsorção de um efluente simulado. A capacidade máxima de adsorção foi de 192 mg g⁻¹ em pH 10,0 e massa de 0,4 g.L⁻¹, representando alta capacidade de adsorção na remoção do corante violeta Cristal. O material também foi eficiente na remoção de cor do efluente simulado, 61,8%.

Palavras-chave: Adsorção; Violeta Cristal; Bagaço de cana-de-açúcar; Fungo; efluente simulado.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the sugarcane bagasse used as substrate for the fungus *Metarhizium anisopliae* as adsorbent for the removal of the crystal violet dye. Characterization of the material by X-ray Diffraction (XRD) and Spectroscopy in the Infrared Region with Fourier Transform (FTIR) were performed. Studies of the effect of the initial pH, adsorbent mass and the adsorption efficiency of a simulated effluent should be made. The maximum adsorption capacity was 192 mg g⁻¹ at pH 10.0 and mass of 0.4 g.L⁻¹, representing high adsorption capacity in the removal of crystal violet dye. The material was also efficient in the removal of color from the simulated effluent, 61.8%.

Keywords: Adsorption; Crystal Violet; Sugar cane bagasse; Fungus, simulated effluent

1. INTRODUÇÃO

A adsorção é uma técnica bastante utilizada na remoção de corantes de meio aquoso (KAUSAR et al., 2018), devido ao seu baixo custo, facilidade de operação e alta eficiência (ABDOLALI et al., 2017).

Várias pesquisas vêm sendo realizadas a respeito do reaproveitamento de resíduos de biomassa, subprodutos de atividades industriais e agrícolas, bagaços, cascas entre outros, (KHARAT et al., 2015), alternativas de baixo custo e com grande potencial, como adsorventes na remoção de poluentes inorgânicos, orgânicos, como corantes (YAGUB et al., 2014).

O bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo agrícola que por apresentar em sua composição, celulose, hemicelulose e lignina e também conter os grupos carboxílico e hidroxila, apresenta alta eficiência como adsorvente, para a remoção de corantes (KHARAT et al., 2015). Contudo, pouco se encontra na literatura resíduos de bagaço de cana-de-açúcar reaproveitado como adsorvente, após ter sido utilizado como substrato de fermentação de fungo em estado sólido (FES) na produção de enzimas.

O uso do resíduo do bagaço de cana-de-açúcar utilizado como substrato para o fungo *Metarhizium anisopliae* como adsorvente de corante sintético de águas residuais industriais, seria uma forma de agregar valor à produção deste produto e diminuir os custos totais com tratamento dos substratos (resíduos de bagaço), gerados no processo. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a utilização desse material como adsorvente para a remoção do corante violeta Cristal. Foram avaliados a influência do pH inicial da solução e da massa de adsorvente na capacidade de adsorção do corante. Realizaram-se também, ensaios em efluente simulado.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO

O bagaço de cana-de-açúcar foi utilizado como substrato em experimentos de fermentação em estado sólido (FES), para obtenção de enzimas. A FES foi realizada em uma unidade de escala de bancada, no *Biotec Factory*, Departamento de Engenharia Química- Universidade Federal de Santa Maria, RS.

O microorganismo empregado na produção de enzimas na FES do bagaço de cana-de-açúcar foi o fungo *Metarhizium anisopliae*. Após o processo de fermentação, foi avaliada a produção enzimática, e a seguir o bagaço de cana-de-açúcar com o fungo *Metarhizium anisopliae*, foi colocado em estufa a 100°C, para secar e inativar o microorganismo. Depois disso, o resíduo foi macerado e peneirado em peneira de 65 mesh para uma maior seletividade do tamanho de partículas utilizadas e foi reutilizado em ensaios de adsorção.

A amostra foi caracterizada por Difração de Raios-X (DRX) usando um difratômetro Rigaku Miniflex modelo 300, operado com radiação Cu-K α ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$). Os grupos funcionais presentes na amostra foram identificados por Espectrômetro na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) (Perkin Elmer, EUA) na faixa de 4000-400cm⁻¹.

2.2 EXPERIMENTOS DE ADSORÇÃO

Primeiramente, foi realizada uma avaliação do efeito do pH na adsorção. Para isso 0,05 g do adsorvente (1 g/L) foram adicionadas em Erlen Meyers de vidro contendo 50 ml de solução do corante violeta cristal (100 mg/L). Em seguida, o pH das soluções do corante foram ajustados em 3; 7; 8; 9 e 10 utilizando soluções de 0,1 M de H₂SO₄ e NaOH.

Os ensaios foram realizados em temperatura ambiente (25°C) por um período de 120 minutos e agitação constante (150 rpm). Após esse tempo, alíquotas foram retiradas, centrifugadas e suas absorbâncias foram lidas com espectrofotômetro (UV/Vis), utilizando comprimento de onda máximo do corante ($\lambda=590\text{nm}$). Na melhor condição de pH, procedeu-se a avaliação do efeito da massa de adsorvente sendo: 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2 g L⁻¹, sob mesmas condições do teste de efeito de pH.

2.3 SIMULAÇÃO DO EFLUENTE TÊXTIL

Foi preparada uma solução sintética com base nos efluentes têxteis industriais (tabela 1). O teste de adsorção com o bagaço da cana-de-açúcar utilizado como substrato para a fungo *Metarhizium anisopliae*, foi realizado no pH da solução e melhor massa determinada nos experimentos anteriores, em 50 mL de solução do efluente simulado. As condições de agitação, tempo de reação e temperatura, foram de 150 rpm, 120 min e 25 °C, respectivamente. A composição e as características do efluente estão apresentadas na abaixo.

Tabela 1: Composição química do efluente sintético.

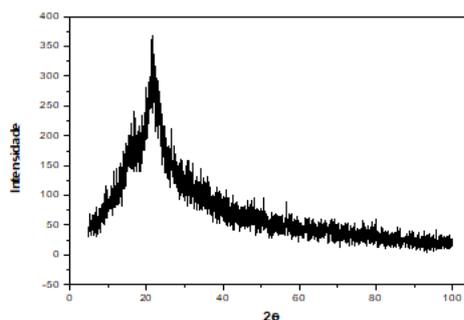
Compostos	Concentração (mg L ⁻¹)	$\lambda_{\text{máx}}$ (nm)
Violeta cristal	20	590
Vermelho ácido 97	10	498
Vermelho Procion	10	544
Azul de metileno	10	664
Cloreto de sódio (NaCl)	10	
Carbonato de potássio (K ₂ CO ₃)	10	

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

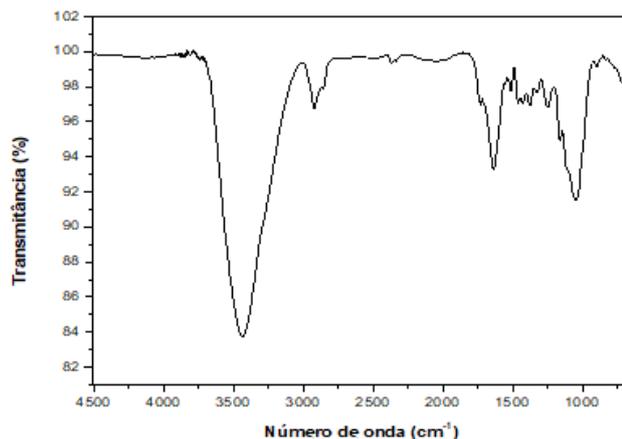
Os padrões de DRX mostram uma banda pronunciada na faixa de 20° a 35° que indica que o bagaço de cana-de-açúcar (Figura 1) apresenta uma estrutura amorfa. Este fator pode ser atribuído pela composição da biomassa (bagaço-de cana-de açúcar), pois este apresenta um alto teor de hemicelulose e lignina, que são amorfos (Xu et al., 2007).

Figura 1: Difratograma do bagaço de cana-de-açúcar utilizado como substrato para o fungo *Metarhizium anisopliae*.



Na análise de FTIR (Figura 2), as principais bandas do absorvente foram nas regiões entre: 3600-3300 cm^{-1} estiramento de OH; 3000-2800 cm^{-1} , estiramentos simétricos e assimétricos dos grupos CH_2 e CH_3 de carbono sp^3 ; 1700-1550 cm^{-1} , vibrações das ligações de C=C ou C=N na região aromática; 1510-1450 cm^{-1} , alongamento da ligação C=C de estruturas aromáticas (PAVAN et al., 2008); 1200-1000 cm^{-1} , estiramento de C-O em fenóis, sendo que o último sugere também a presença de lignina (NETO et al., 1995); 900-700 cm^{-1} , alongamento vibracional da ligação C-N (SALEM; AWWAD, 2014).

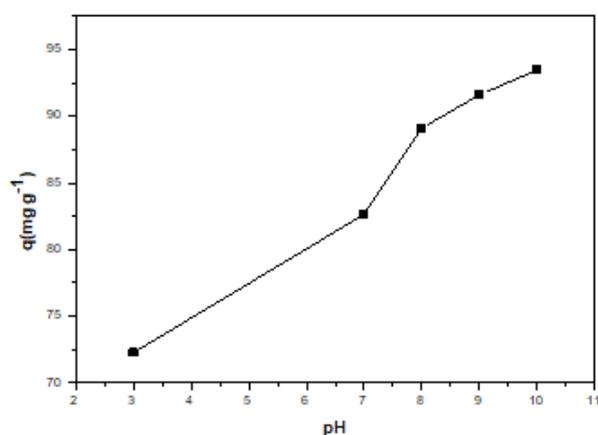
Figura 2: Espectro vibracional FT-IR do bagaço de cana-de-açúcar.



3.2 ENSAIOS DE ADSORÇÃO

O efeito do pH na adsorção do corante violeta cristal pode ser observado na figura 3. É possível observar (figura 3) que a capacidade de adsorção varia de 72 a 93 mg.g^{-1} para os valores de pH de 3,0 a 10,0. Esses resultados mostram maior capacidade de adsorção do bagaço de cana-de-açúcar em $\text{pH} = 10,0$. Isso ocorre porque em pH básico, a superfície do adsorvente torna-se carregada negativamente, aumentando a adsorção do corante catiônico violeta cristal (CHAKRABORTY; CHOWDHURY; SAHA, 2011).

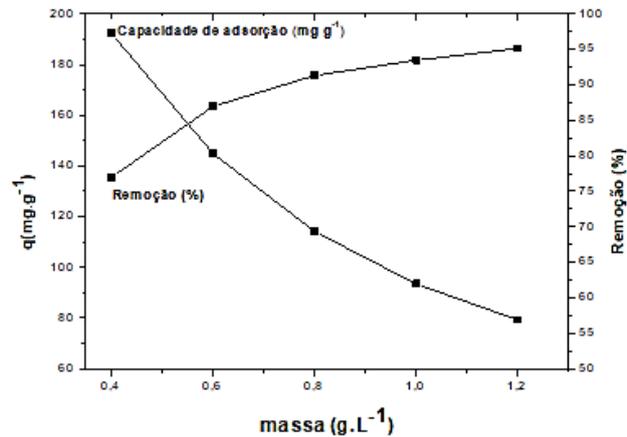
Figura 3. Capacidade máxima de adsorção do corante violeta Cristal em função do pH inicial da solução.



Com o melhor pH determinado, foram realizados testes de adsorção variando a massa de adsorvente na faixa de 0,4 a 1,2 g L^{-1} (Figura 4). Na figura 4 é possível observar que o aumento da massa de adsorvente ocorre uma elevação no percentual de remoção, devido a maior disponibilidade de sítios ativos presentes que adsorvem o corante (BARBOSA et al.,

2018). No entanto, a elevação da massa causa a redução na capacidade máxima de corante removido por grama de adsorvente, que pode ser atribuída à saturação dos sítios de ligação devido à agregação de partículas adsorvidas (KULKARNI et al, 2017). Devido a esses resultados, foi utilizada a massa de 0,4 g L⁻¹ para os ensaios posteriores pois foi a que obteve maior capacidade de adsorção, 192 mg g⁻¹, e remoção de 77%.

Figura 4- Capacidade máxima de adsorção e remoção do corante violeta Cristal em função da massa de bagaço de cana-de-açúcar.

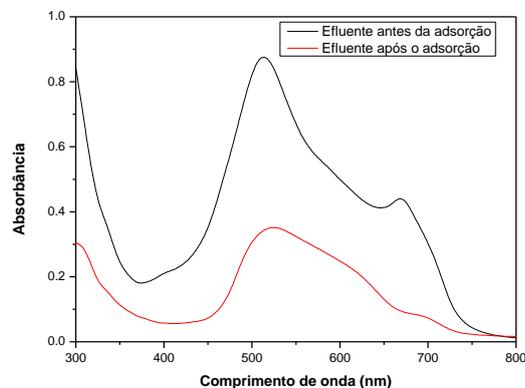


3.3 SIMULAÇÃO NO TRATAMENTO DE UM EFLUENTE TÊXTIL

A remoção da cor do efluente simulado (Tabela 1) pelo adsorvente, foi testada adicionando-se 0,4 g L⁻¹ de massa de adsorvente no pH da solução (6,2). Os espectros visíveis do efluente antes e depois do tratamento com o adsorvente são mostrados na Figura 5.

O bagaço da cana-de-açúcar utilizado como substrato para o fungo *Metarhizium anisopliae*, adsorveu 61,8 % da cor do efluente simulado. Assim, pode-se verificar que o bagaço da cana-de-açúcar é um material eficiente para tratar efluentes contendo corantes.

Figura 5- Espectros visíveis do efluente antes e depois do tratamento com o bagaço de cana de açúcar.



4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo mostram que o bagaço de cana-de-açúcar utilizado como substrato para o fungo *Metarhizium anisopliae* apresentou-se como um adsorvente com

alta capacidade de adsorção do corante violeta cristal, sendo 192 mg g^{-1} em pH 10,0 e massa de adsorvente de $0,4 \text{ g L}^{-1}$. Com a sua aplicação no efluente simulado, pode-se observar que o adsorvente é um material eficiente para tratar efluentes com presença de corantes, removendo 61,8 % da sua cor.

REFERÊNCIAS

ABDOLALI, Atefeh et al. Application of a breakthrough biosorbent for removing heavy metals from synthetic and real wastewaters in a lab-scale continuous fixed-bed column. **Bioresource technology**, v. 229, p. 78-87, 2017.

BARBOSA, Tuany Ramos et al. Preparation of mesoporous geopolymer using metakaolin and rice husk ash as synthesis precursors and its use as potential adsorbent to remove organic dye from aqueous solutions. **Ceramics International**, v. 44, n. 1, p. 416-423, 2018.

CHAKRABORTY, Sagnik; CHOWDHURY, Shamik; SAHA, Papita Das. Adsorption of crystal violet from aqueous solution onto NaOH-modified rice husk. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 4, p. 1533-1541, 2011.

KAUSAR, Abida et al. Dyes adsorption using clay and modified clay: A review. **Journal of Molecular Liquids**, v. 256, p. 395-407, 2018.

KULKARNI, M. Rajeswari et al. Removal of Crystal Violet dye from aqueous solution using water hyacinth: Equilibrium, kinetics and thermodynamics study. **Resource-Efficient Technologies**, v. 3, n. 1, p. 71-77, 2017.

KHARAT, D. S. Preparing agricultural residue based adsorbents for removal of dyes from effluents-a review. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 32, n. 1, p. 1-12, 2015.

NETO, C. Pascoal et al. ^{13}C solid-state nuclear magnetic resonance and Fourier transform infrared studies of the thermal decomposition of cork. **Solid state nuclear magnetic resonance**, v. 4, n. 3, p. 143-151, 1995.

PAVAN, Flavio A. et al. Methylene blue biosorption from aqueous solutions by yellow passion fruit waste. **Journal of hazardous materials**, v. 150, n. 3, p. 703-712, 2008.

SALEM, Nidá M.; AWWAD, Akl M. Biosorption of Ni (II) from electroplating wastewater by modified (*Eriobotrya japonica*) loquat bark. **Journal of Saudi Chemical Society**, v. 18, n. 5, p. 379-386, 2014.

XU, Zhong et al. Enzymatic hydrolysis of pretreated soybean straw. **Biomass and Bioenergy**, v. 31, n. 2-3, p. 162-167, 2007.

YAGUB, Mustafa T. et al. Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review. **Advances in colloid and interface science**, v. 209, p. 172-184, 2014.