

## ***Biossorção do corante têxtil azul reativo 5G empregando raiz de eichhornia crassipes: caracterização e ensaios cinético e de equilíbrio***

A indústria têxtil possui destaque no cenário nacional, contudo gera um elevado volume de efluentes, os quais contêm corantes, que mesmo em baixas concentrações podem causar problemas ao ecossistema e saúde humana. A adsorção é uma técnica para tratamento de águas residuárias, que permite utilizar materiais eficazes e de baixo custo, os denominados "biossorventes", sendo a raiz de aguapé reportada como um biossorvente eficaz. Deste modo, o presente trabalho objetivou utilizar a raiz de aguapé para remoção do corante azul reativo 5G, comumente empregado nos processos de tingimento das indústrias têxteis. O biossorvente foi avaliado quanto a sua morfologia e submetido a ensaios de adsorção, para determinar as condições ideais de pH, temperatura e velocidade de agitação, além de obter as curvas cinética e de equilíbrio. Na caracterização por MEV, verificou-se um material com superfície fibrosa. As condições operacionais otimizadas que favoreceram a adsorção foram: pH 2, 40 °C e 70 rpm, com remoção de 99%. Nos ensaios cinéticos, verificou-se que o tempo de equilíbrio foi atingido após 210 min, com melhor ajuste do modelo de pseudo-segunda ordem. A isoterma demonstrou um perfil H2, e os modelos de Freundlich e Temkin melhor descreveram o comportamento de equilíbrio. A capacidade máxima de adsorção na monocamada estimada pelo modelo de Langmuir foi de 41,32 mg g<sup>-1</sup>. De modo geral, o aguapé mostrou capacidade de adsorção similar a outros resíduos agroindustriais reportados na literatura, e pode ser viabilizado para uso como biossorvente.

**Palavras-chave:** Adsorção; Cinética; Corante têxtil; Isotherma; Modelagem matemática.

## ***5G blue textile dye biosorption using eichhornia crassipes root: characterization and kinetic and equilibrium essays***

The textile industry has prominence in the national scenario, however, it generates a high volume of effluents, which contain dyes, which even in low concentrations can cause problems to the ecosystem and human health. Adsorption is a technique for wastewater treatment, which allows the use of effective and low-cost materials, as known "biosorbents", with the Eichhornia crassipes root being reported as an effective biosorbent. Thus, the present work aimed to use the water hyacinth root to remove the 5G reactive blue dye, commonly used in the dyeing processes of the textile industries. The biosorbent was evaluated for its morphology and subjected to adsorption tests, to determine the ideal conditions of pH, temperature, and agitation speed, also to obtaining the kinetic and equilibrium curves. In the SEM characterization, a material with a fibrous surface was verified. The optimized operational conditions that favor adsorption were: pH 2, 40 °C and 70 rpm, with 99% removal. In the kinetic tests, it was found that the equilibrium time was reached after 210 min, with a better fit of the pseudo-second order model. The isotherm demonstrated an H2 profile, and the Freundlich and Temkin models best described the equilibrium behavior. The maximum adsorption capacity or monolayer estimated by the Langmuir model was 41.3 mg g<sup>-1</sup>. In general, water hyacinth showed adsorption capacity similar to other agro-industrial wastes reported in the literature and can be made viable for use as a biosorbent.

**Keywords:** Adsorption; Effluents; Isotherms; Mathematical modeling.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **18/11/2021**

Approved: **19/12/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Claudinéia Aparecida Queli Geraldi** 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0165106391032005>  
<http://orcid.org/0000-0001-5255-9752>  
[claudineia.geraldi@unemat.br](mailto:claudineia.geraldi@unemat.br)

**Nila Gabriela Ferreira Lopes Freire** 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3030106338536081>  
<http://orcid.org/0000-0002-9982-1612>  
[nilagabriela28@hotmail.com](mailto:nilagabriela28@hotmail.com)

**Sumaya Ferreira Guedes** 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8709866585453750>  
<http://orcid.org/0000-0002-1676-6030>  
[sumayaguedes@unemat.br](mailto:sumayaguedes@unemat.br)

**Raquel Aparecida Loss** 

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3925129970802016>  
<http://orcid.org/0000-0002-6022-7552>  
[raquello@unemat.br](mailto:raquello@unemat.br)

**Túlio Klassen** 

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2342182372910723>  
<http://orcid.org/0000-0001-7468-4378>  
[tulio\\_klassen@onda.com.br](mailto:tulio_klassen@onda.com.br)

**Ingridy Alessandretti** 

Universidade de Passo Fundo, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0137426888881020>  
<http://orcid.org/0000-0002-2322-3667>  
[ingridyalessandretti7@gmail.com](mailto:ingridyalessandretti7@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0018

### **Referencing this:**

GERALDI, C. A. Q.; FREIRE, N. G. F. L.; GUEDES, S. F.; LOSS, R. A.; KLASSEN, T.; ALESSANDRETTI, I.. Biossorção do corante têxtil azul reativo 5G empregando raiz de eichhornia crassipes: caracterização e ensaios cinético e de equilíbrio. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.12, p.175-183 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.012.0018>

## INTRODUÇÃO

O setor têxtil no Brasil apresenta relevância econômica, sendo o segundo maior empregador do país (ABIT, 2019), contudo estes utilizam cerca de 80 a 200 L de água para todos os kg de tecido, gerando efluentes que apresentam elevada carga química (LALNUNHLIMI et al., 2016; GHALY et al., 2014). Esses efluentes contêm corantes, que mesmo em concentrações baixas, contaminam a água dos rios, além da fauna e flora, sendo considerados potenciais poluidores do meio ambiente, devido sua estrutura estável e não biodegradável (GITA et al., 2017).

Dessa forma, as águas residuais provenientes da indústria têxtil podem causar impactos negativos ao meio ambiente, pois a presença de corantes impede a penetração da luz solar nas camadas mais profundas, modificando a atividade fotossintética do meio, reduzindo a solubilidade de oxigênio, causando danos a qualidade da água (LALNUNHLIMI et al., 2016). A resistência desses compostos a tratamentos convencionais e os produtos gerados pela degradação incompleta, resultam em moléculas com potencial mutagênico, carcinogênico e tóxico (MOUSSAVI et al., 2009).

Para remoção de corante do meio aquoso, diversas técnicas são utilizadas, como filtração por membranas, oxidação, ozonização, biorremediação, adsorção e entre outras (KAYKHALI et al., 2018). A adsorção se destaca como um método de tratamento de efluentes alternativo, devido ao seu baixo custo e versatilidade, possibilitando o uso de diferentes tipos de materiais adsorventes de fonte abundante, como resíduos agroindustriais e da natureza, também denominados “biossorventes” (DOTTO et al., 2020).

Os biossorventes apresentam potencial para aplicação na remoção de contaminantes, devido aos seus grupos funcionais de superfície (carbonilas, aminas, hidroxilas e carboxilas), que favorecem este processo. Ainda podem adsorver espécies químicas distintas, por meio de troca iônica ou complexação (RIGUETO et al., 2020; CARDOSO, 2012; ZHENG et al., 2009).

Um biossorvente comumente reportados é o aguapé (*Eichhornia crassipes*), esta é uma macrófita aquática, a qual possui crescimento desordenado, e gera problemas a atividades de irrigação, navegação e produção de energia, além impedir a penetração de luz solar nos corpos d’água, o que reduz os níveis de oxigênio dissolvido nesses, no qual pode afetar o ecossistema aquático (KUMAR et al., 2019; GROOTE et al., 2003; JULIEN, 2001). Sendo assim, a busca pelo controle biológico do aguapé é necessário, sendo a aplicação de sua biomassa (raízes, folhas, caules, etc.) como biossorvente, uma alternativa promissora. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o uso de raízes da macrófita aguapé (*Eichhornia crassipes*) como biossorvente para na remoção do corante azul reativo 5G em meio aquoso.

## METODOLOGIA

### Obtenção e preparo do biossorvente

A macrófita aguapé foi coletada em uma fazenda no município de Barra do Bugres – MT, Brasil. Inicialmente as raízes foram removidas das plantas e lavadas em água corrente para retirada das impurezas e em seguida em água destilada, e então submetidas a secagem convectiva em estufa (Cienlab, CE-480,

Brasil) a 50°C por 24 h. Após a secagem as raízes foram moídas em moinho de martelo (SP Labor, SP-33, Brasil), com malha de abertura de 20 mesh.

### Caracterização do biosorvente

Para avaliar a morfologia da superfície do material, a amostra foi submetida a microscopia eletrônica de varredura, por meio de um microscópio eletrônico de alta resolução (Superscan Shimadzu, SS-550, Japão) com faixa de ampliação de 2500 vezes.

### Experimentos de biossorção

Nos ensaios, foram avaliados o efeito do pH (1 a 10), temperatura (30, 40 e 50°C) e velocidade de rotação (40, 70 e 100 rpm). Os testes utilizaram 300 mg de raízes de aguapé colocadas em contato com 50 mL de solução de corante azul reativo 5G, a uma concentração de 75 mg L<sup>-1</sup>. O pH das soluções de corante foram ajustados com 0,1 mol L<sup>-1</sup> de ácido clorídrico (HCl) ou hidróxido de sódio (NaOH). O biossorvente e o corante permaneceram em uma incubadora (Tecnal, TE-424, Brasil) sob agitação constante por aproximadamente 300 min. Por fim, as amostras foram submetidas a centrifugação, seguida por leitura espectrofotométrica (Varian, Cary 50 Scan, Estados Unidos) a 610 nm. A quantidade de corante adsorvida ( $q$ , mg g<sup>-1</sup>) foi calculada através da Equação 1.

$$q = \frac{V(C_0 - C)}{m} \quad 1)$$

Sendo,  $C_0$  e  $C$  (mg g<sup>-1</sup>) as concentrações iniciais e finais de corante na solução aquosa, respectivamente,  $V$  (L) é o volume da solução de corante e  $m$  (g) é a massa de biossorvente.

A isoterma e cinética de biossorção foram realizadas em triplicata pelo método de batelada, nas condições previamente definidas nos testes anteriores. A cinética utilizou 50 mL de solução de corante azul reativo 5G a 100 mg L<sup>-1</sup> e 300 mg de biossorvente em frasco erlenmeyer de 125 mL a 40°C, 70 rpm e pH 2. Para avaliar a cinética de biossorção foram utilizados os modelos de Pseudo-primeira ordem e Pseudo-segunda ordem, dados pelas Equações 2 e 3, respectivamente.

$$q(t) = q_1(1 - e^{-k_1 t}) \quad 2)$$

$$q(t) = \frac{t}{\left(\frac{1}{k_2 q_2^2}\right) + \left(\frac{t}{q_2}\right)} \quad 3)$$

Sendo,  $k_1$  (min<sup>-1</sup>) e  $k_2$  (g mg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>) são as constantes de taxa dos modelos de Pseudo-primeira ordem e pseudo segunda ordem, respectivamente,  $q_1$  e  $q_2$  (mg g<sup>-1</sup>), são os valores teóricos da capacidade de biossorção calculados pelos modelos de pseudo primeira ordem e pseudo segunda ordem, respectivamente.

As isotermas de equilíbrio foram obtidas com 50 mL de solução de corante azul reativo 5G, na concentração de 100 mg L<sup>-1</sup>, a 40 °C, 70 rpm e pH 2, com massa de biossorvente variando de 2 a 45 mg. O equilíbrio foi verificado quando as concentrações do corante não variaram em 3 medições consecutivas em

intervalos de 1 h. Os dados de equilíbrio de biossorção foram avaliados pelos modelos de Langmuir, Freundlich e Temkin, de acordo com as Equações 4, 5 e 6, respectivamente.

$$q_e = \frac{q_m K_L C_{eq}}{1 + K_L C_{eq}} \quad 4)$$

$$q_e = K_F C_e^{1/n_F} \quad 5)$$

$$q_e = \frac{RT}{b} \ln(A C_e) \quad 6)$$

Sendo,  $q_m$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ) a capacidade máxima de biossorção na monocamada,  $q_e$  ( $\text{mg g}^{-1}$ ) a capacidade de biossorção no equilíbrio,  $K_L$  ( $\text{L mg}^{-1}$ ),  $K_F$  ( $\text{mg g}^{-1}$ )( $\text{mg L}^{-1}$ ) $^{-1/n}$ ,  $A$  ( $\text{L mg}^{-1}$ ) as constantes dos modelos,  $C_{eq}$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ) concentração no equilíbrio,  $T$  (K) temperatura absoluta,  $R$  ( $8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) e  $b$  ( $\text{J g mol}^{-2}$ ), a constante dos gases e calor de biossorção, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização das raízes de aguapé

A Figura 1 mostra a microscopia eletrônica de varredura (MEV) das raízes de aguapé, no qual se observa que a raiz de aguapé, possui forma de haste fibrosa irregular, com presença de poros em toda sua superfície. Morfologia similar para raízes de aguapé foi reportada por Riguetto et al. (2020).

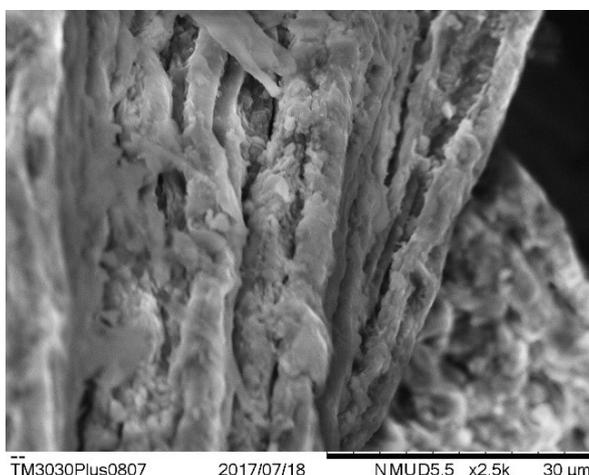


Figura 1: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da raiz de aguapé, com aumento de 2.500 vezes.

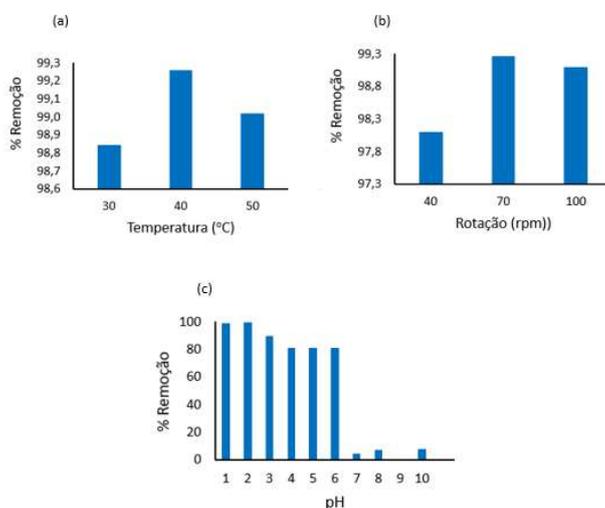
### Ensaio de biossorção do corante azul reativo 5G

A Figura 2, mostra os resultados das condições ótimas de operação, obtidas a partir dos ensaios de biossorção do corante azul reativo 5G, no qual foi avaliado o efeito da temperatura (30, 40 e 50 °C), velocidade de rotação (40, 70 e 100 rpm) e pH (1-10). Em relação a influência da temperatura (Figura 2a), percebe-se que a maior remoção foi obtida na temperatura de 40 °C, com 99,38%, a mesma temperatura foi obtida nos estudos de Freitas et al. (2019), na biossorção do corante azul reativo 5G por bagaço de laranja.

Nos ensaios das velocidades de rotação testadas (Figura 2b), verificou que, as maiores remoções

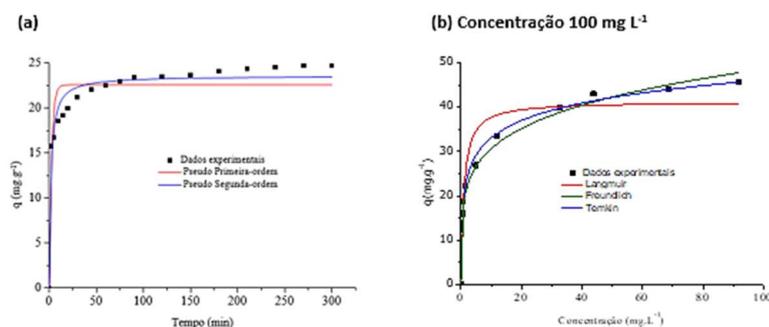
ocorreram nas rotações de 70 e 100 rpm, com 99,26 e 99,09%, respectivamente, indicando que uma maior rotação proporciona maior agitação das moléculas, o que facilita a biossorção. No entanto, não se verificou significativo aumento no percentual de remoção do corante, ao aumentar a velocidade de rotação de 70 para 100 rpm.

A Figura 3c, relata a interferência no pH na adsorção, na qual nota-se que os maiores percentuais de remoção ocorreram em pH 1 e 2 com 98,85 e 99,38%, respectivamente. Nas faixas de pH 3-6, houve uma redução percentual significativa na remoção, e esta foi ainda maior em pH 7, 8 e 10 e por fim em pH 9 não houve nenhuma remoção. Segundo Módenes et al. (2015), o corante em questão o azul reativo 5G, tem sua estabilidade afetada em condições ácidas, ou seja, sofre desprotonação, adquirindo carga negativa, o que pode afetar na interação eletrostática com o material adsorvente, sugerindo que está repulsão é amenizada em pH ácido. Portanto, as melhores condições operacionais para a biossorção foram à temperatura de 40 °C, velocidade de rotação de 70 rpm e pH 2.



**Figura 2:** Influência na biossorção do corante azul reativo 5G pela raiz de aguapé, por: (a) Temperatura, (b) Velocidade de rotação (c) pH.

A capacidade de adsorção e a densidade ou taxa de biossorção, foram determinados por meio de ensaios de isoterma e cinéticos, respectivamente. A realização do ensaio cinético é fundamental, para compreender os mecanismos de adsorção, características e possíveis aplicações da técnica e do material desenvolvido (DOTTO et al., 2017). A Figura 3 (a) e (b) mostra a curva da cinética e de equilíbrio, respectivamente, da biossorção do corante azul reativo 5G pela raiz de aguapé.



**Figura 3:** Biossorção do corante azul reativo 5G pela raiz de aguapé (40°C, pH 2, 70 rpm e 100 mg L<sup>-1</sup>): (a) cinética, (b) isoterma.

Na Figura 3ª que consta a curva cinética, nota-se que a capacidade de biossorção aumenta de 0 para 20 mg g<sup>-1</sup> nos primeiros 20 min, indicando uma taxa de biossorção rápida. Após os 210 minutos o equilíbrio foi observado, com uma remoção de corante azul reativo 5G da solução de cerca de 99%. Rigueto et al. (2020), obteve um tempo de equilíbrio de 110 min na adsorção do corante vermelho reativo BF-4B, com um percentual de remoção do corante de 95%, usando raiz de aguapé. Módenes et al. (2015), em seus estudos utilizando pseudocaule de bananeira como biossorvente na remoção do corante azul reativo 5G, obteve um tempo de equilíbrio de 300 minutos.

As isotermas de adsorção relatam a variação da concentração de equilíbrio no sólido com a concentração do líquido, em dadas condições de experimentais (temperatura, pH e rotação), essas permitem obter informações sobre a capacidade máxima e mecanismo de biossorção (NASCIMENTO et al., 2014).

A isoterma de biossorção da solução de corante azul reativo 5G usando raiz de aguapé está apresentada na Figura 3b. De acordo com a classificação de Giles et al. (1960), a curva possui um formato que se encaixa na classe H2, que sugere adsorção por quimiossorção e interações eletrostáticas, a qual forma um longo plato que indica a saturação completa da monocamada, este se forma em torno de 44 mg g<sup>-1</sup>. Os parâmetros dos modelos matemáticos de pseudo primeira ordem e pseudo segunda ordem ajustados aos dados experimentais cinéticos, estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Parâmetros dos modelos cinéticos de biossorção do corante azul reativo 5G em solução aquosa por raiz de aguapé (40 °C, pH 2, 70 rpm e 100 mg L<sup>-1</sup>).

Modelos	Parâmetros	Valores
Pseudo-primeira ordem	q <sub>1</sub> (mg g <sup>-1</sup> )	22,589
	k <sub>1</sub> (min <sup>-1</sup> )	0,4184
	R <sup>2</sup>	0,8663
Pseudo-segunda ordem	q <sub>2</sub> (mg g <sup>-1</sup> )	23,574
	k <sub>2</sub> (g mg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	0,0253
	R <sup>2</sup>	0,9495

Na Tabela 1, observa-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o pseudo segunda ordem, com o maior coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>=0,9495). Dessa forma, o modelo de pseudo segunda ordem foi escolhido para representar os dados experimentais da cinética de biossorção do corante azul reativo 5G empregando raiz de aguapé como adsorvente.

Outros estudos observaram o mesmo ajuste, como nos de Holanda et al. (2015) na adsorção do corante turquesa de remazol utilizando aguapé (raiz, caule e folhas) e por Rigueto et al. (2019) na biossorção do azul reativo 5G por casca de soja tratada com NaOH. Os parâmetros dos modelos matemáticos de Langmuir, Freundlich e Temkin ajustados aos dados experimentais de equilíbrio, estão apresentados na Tabela 2.

Observa-se na Tabela 2, que os modelos matemáticos empregados apresentaram bom ajuste aos dados experimentais, com valores de correlação acima ou próximos de 0,99, com exceção do modelo de Langmuir.

O modelo de Temkin considera as interações adsorvente e adsorvato, mostrando que o calor de adsorção diminui de forma linear com a cobertura, exceto em concentrações limites (MATOUQ et al.,

2015). Além disso, o parâmetro  $b$  do modelo refere-se ao calor da adsorção, com valor de  $5,6746 \text{ kJ mol}^{-1}$ , o que indica que adsorção pode ser dada tanto por ligações físicas como químicas, sendo possível mecanismo de troca iônica e ligações eletrostáticas (LIU et al., 2020; ARAÚJO et al., 2018). O modelo de Freundlich, prediz que a adsorção é dada em uma superfície heterogênea, além de que o parâmetro  $n_F$  (4,9922) é superior a 1, indicado uma adsorção favorável (RIGUETO et al., 2021; VARGAS et al., 2011).

**Tabela 2:** Parâmetros dos modelos de equilíbrio de biossorção do corante azul reativo 5G em solução aquosa por raiz de aguapé (40 °C, pH 2, 70 rpm e  $100 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Modelos	Parâmetros	Valores
Langmuir	$q_m \text{ (mg g}^{-1}\text{)}$	41,321
	$k_L \text{ (L mg}^{-1}\text{)}$	1,0478
	$R^2$	0,9211
Freundlich	$K_F \text{ (gm g}^{-1}\text{)(mg L}^{-1}\text{)}^{-1/n}$	19,326
	$n_F \text{ (g mg}^{-1}\text{min}^{-1}\text{)}$	4,9922
	$R^2$	0,9897
Temkin	$b \text{ (kJ mol}^{-1}\text{)}$	5,6747
	$a \text{ (L g}^{-1}\text{)}$	34,051
	$R^2$	0,9949

A capacidade máxima de adsorção na monocamada estimada pelo modelo de Langmuir foi de  $41,321 \text{ mg g}^{-1}$  na adsorção do corante azul reativo 5G pela raiz de aguapé. Outros estudos utilizaram resíduos agro-industriais ou da natureza como biossorbentes na remoção de corantes têxteis e obtiveram capacidades de adsorção estimulada pelo modelo de Langmuir, similares ao do presente estudo, conforme mostra a Tabela 3.

**Tabela 3:** Capacidades de adsorção de corantes por resíduos agro-industriais e da natureza.

Biossorbente	Corante utilizado	Capacidade máxima de adsorção ( $\text{mg g}^{-1}$ )*	Referência
Bagaço de mandioca	Vermelho escarlata	25,10	Alessandretti et al. (2021)
Raiz de aguapé	Vermelho BF-4B	43,28	Rigueto et al. (2020)
Bagaço de laranja	Azul reativo 5G	32,65	Freitas et al. (2019)
Bagaço de malte	Azul reativo BF-5G	42,58	Juchen et al. (2018)
Casca de arroz	Azul reativo 5G	8,68	Quitaiski et al. (2017)
Cascas de soja	Azul reativo BF-5G	72,43	Honorio et al. (2016)
Raiz de aguapé	Azul reativo 5G	41,32	Presente estudo

\* Capacidades máximas por adsorção em monocamada estimadas pelo modelo de Langmuir.

Os materiais provenientes de fontes residuais no geral, possuem capacidades de adsorção baixa comparada aos materiais carbonáceos (carvão e *biochar*), assim estes resíduos podem passar por tratamentos químicos e até mesmo processo de pirólise para obtenção de carvões, com o intuito de obter uma maior capacidade de adsorção. Como exemplo, no estudo de Spagnoli et al. (2017), foi comparada a diferença entre carvões produzidos a partir de cascas de caju não impregnado (CN) e impregnado com cloreto de zinco obtendo-se valores de  $q_m$  de 110 e  $352 \text{ mg g}^{-1}$ , respectivamente, mostrando que os métodos químicos auxiliam no aumento da capacidade de adsorção.

## CONCLUSÃO

Esse trabalho caracterizou e avaliou o potencial de biossorção da raiz de aguapé na remoção do corante têxtil azul reativo 5G presente em meio aquoso. Na caracterização por microscopia eletrônica de

varredura, foi possível observar com nitidez fibrosidades em toda a extensão do biossorvente.

Os ensaios de adsorção, a raiz de aguapé apresentou remoção acima de 99% do corante têxtil azul reativo 5G. Na cinética de adsorção, verificou-se que o equilíbrio foi atingido após 210 min, com o modelo matemático de Pseudo segunda ordem com melhor ajuste aos dados experimentais cinéticos. Dentre as isothermas estudadas, os modelos de Freundlich e Temkin foram os mais adequados para representar os dados experimentais de equilíbrio. A capacidade máxima de adsorção estimada pelo modelo de Langmuir foi de 41,312 mg g<sup>-1</sup>.

De modo geral, a raiz de aguapé mostrou ser uma alternativa viável para uso como biossorvente na remoção de corante têxtil, no entanto, a continuidade de estudos utilizando essa biomassa, são necessários, uma vez que, a aplicação de tratamentos químicos ou pirólise (para obtenção de carvões), pode favorecer a obtenção de materiais com capacidades de adsorção superiores, contribuindo com o desenvolvimento científico, tecnológico e ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ALESSANDRETTI, I.; JESUS, R. R.; GUEDES, S. F.; LOSS, R. A.; PAULA, J. M.; GERALDI, C. A. Q.. Biosorption of direct scarlet red dye by cassava bagasse. **Research, Society and Development**, v.10, n.4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13964>
- ARAÚJO, C. S. T.; ALMEIDA, I. L. S.; REZENDE, H. C.; MARCIONILIO, S. M. L. O.; LÉON, J. J. L.; MATOS, T. N.. Elucidation of mechanism involved in adsorption of Pb(II) onto lobeira fruit (*Solanum lycocarpum*) using Langmuir, Freundlich and Temkin isotherms. **Microchemical Journal**, v.137, p.348-354, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2017.11.009>
- DOTTO, G. L.; MCKAY, G.. Current scenario and challenges in adsorption for water treatment. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.8, n.4, p.103988, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103988>
- DOTTO, G. L.; SALAU, N. P. G.; PICCIN, J. S.; CADAVAL JUNIOR, T. R. S.; PINTO, L. A. A.. Adsorption kinetics in liquid phase: Modeling for discontinuous and continuous systems. In: PETRICIOLET, A. B.; CASTILLO, D. I. M.; ÁVILA, H. E. R.. **Adsorption Processes for Water Treatment and Purification**. Cham: Springer, 2017, p.53-76.
- FREITAS, T. S. M.; RIGUETO, C. V. T.; GERALDI, C. A. Q.; LOSS, R. A.; GUEDES, S. F.; ARANDA, D. A. G.; MUCHAVE, G. J.; GONÇALVES, J. A.. Biossorção do bagaço de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) na remoção de corante azul reativo 5G. **Engvista**, v.21, n.2, p.256-266, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22409/engvista.v21i2.22888>
- GHALY, A. E.; ANANTHASHANKAR, R.; ALHATTAB, M.; RAMAKRISHNAN, V. V.. Production, characterization, and treatment of textile effluents: a critical review. **Journal of Chemical Engineering & Process Technology**, v.5, n.1, p.1-19, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000182>
- GILES, C. H.; MACEWAN, T. H.; NAKHWA, S. N.; SMITH, D.. A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface areas of solids. **Journal of the Chemical Society**, p.3973-3993, 1960. DOI: <https://doi.org/10.1039/JR9600003973>
- GITA, S.; HUSSAN, A.; CHOUDHURY, T. G.. Impact of textile dyes waste on aquatic environments and its treatment. **Environment & Ecology**, v.35, p.2349-2353, 2017.
- GROOTE, H. D.; AJUONU, O.; ATTIGNON, S.; DJESSOU, R.; NEUENSCHWANDER, P.. Economic impact of biological control of water hyacinth in Southern Benin. **Ecological Economics**, v.45, n.1, p.105-117, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00006-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00006-5)
- HOLANDA, C. A.; SOUZA, J. L.; SANTOS, C. C.; SILVA, H. A. S.; SANTANA, S. A. A.; COSTA, M. C. P.; SCHULTZ, M. S.; BEZERRA, C. W. B.. Remoção do corante têxtil turquesa de remazol empregando aguapé (*Eichhornia crassipes*) como adsorvente. **Orbital The Electronic Journal of Chemistry**, v.7, n.2, p.141-154, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.17807/orbital.v7i2.622>
- HONORIO, J. F.; VEIT, M. T.; GONÇALVES, G. C.; CAMPOS, E. A.; KLEN, M. R. F.. Adsorption of reactive blue BF-5G dye by soybean hulls: kinetics, equilibrium and influencing factors. **Water Science & Technology**, v.73, n.5, p.1166-1174, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2015.589>
- JUCHEN, P. T.; PIFFER, H. H.; VEIT, M. T.; GONÇALVES, G. C.; PALÁCIO, S. M.; ZANETTE, J. C.. Biosorption of reactive blue BF-5G dye by malt bagasse: kinetic and equilibrium studies. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.6, n.6, p.7111-7118, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.11.009>
- JULIEN, M. H.. Biological control of water hyacinth with arthropods: a review to 2000. **Acia Proceedings**, v.102, p.8-20, 2001.
- KAYKHAI, M.; SASANI, M.; MARGHZARI, S.. Removal of dyes from the environment by adsorption process. **Chemical and Materials Engineering**, v.6, n.2, p.31-35, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13189/cme.2018.060201>

KUMAR, P.; CHAUHAN, M. S.. Adsorption of chromium (VI) from the synthetic aqueous solution using chemically modified dried water hyacinth roots. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.7, n.4, p.103218, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103218>

LALNUNHLIMI, S.; KRISHNASWAMY, V.. Decolorization of azo dyes (Direct Blue 151 and Direct Red 31) by moderately alkaliphilic bacterial consortium. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.47, n.1, p.30-46, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2015.11.013>

LIU, Y.; XIONG, Y.; XU, P.; PANG, Y.; DU, C.. Enhancement of Pb (II) adsorption by boron doped ordered mesoporous carbon: Isotherm and kinetics modeling. **Science of The Total Environment**, v.708, p.134918, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134918>

MATOUQ, M.; JILDEH, N.; QTAISHAT, M.; HINDIYEH, M.; SYOUF, M. Q.. The adsorption kinetics and modeling for heavy metals removal from wastewater by *Moringa* pods. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.3, n.2, p.775-784, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.03.027>

MÓDENES, A. N.; QUIÑONES, F. R. E.; GERALDI, C. A. Q.; MANENTI, D. R.; TRIGUEROS, D. E. G.; OLIVEIRA, A. P.; BORBA, C. E.; KROUMOV, A. D.. Assessment of the banana pseudostem as a low-cost biosorbent for the removal of reactive blue 5G dye. **Environmental Technology**, v.36, n.22, p.2892-2902, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/09593330.2015.1051591>

MOUSSAVI, G.; MAHMOUDI, M.. Removal of azo and anthraquinone reactive dyes from industrial wastewaters using MgO nanoparticles. **Journal of Hazardous Materials**, v.168, n.2-3, p.805-812, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.02.097>

NASCIMENTO, R. F.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C.. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014.

QUITAISKI, P. P.; FINGER, L.; CUNHA, B. S.; FACHIM, A. Z.; MEES, J. B. R.. Capacidade de adsorção do corante reativo azul 5G em casca de arroz e casca de soja como

biossorbentes. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. **Anais**. 2017.

RIGUETO, C. V. T.; FONSECA, F. C. A.; ZANELLA, B. B.; ROSSETO, M.; PICCIN, J. S.; DETTMER, A.; GERALDI, C. A. Q.. Estudo da adsorção com casca de soja tratada quimicamente com NaOH para remoção de corantes têxteis. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0015>

RIGUETO, C. V. T.; PICCIN, J. S.; DETTMER, A.; ROSSETO, M.; DOTTO, G. L.; SCHMITZ, A. P. O.; PERONDI, D.; FREITAS, T. S. M.; LOSS, R. A.; GERALDI, C. A. Q.. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) roots, an amazon natural waste, as an alternative biosorbent to uptake a reactive textile dye from aqueous solutions. **Ecological Engineering**, v.150, p.105817, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105817>

RIGUETO, C. V. T.; ROSSETO, M.; NAZARI, M. T.; OSTWALD, B. E. P.; ALESSANDRETTI, I.; MANERA, C.; PICCIN, J. S.; DETTMER, A.. Adsorption of diclofenac sodium by composite beads prepared from tannery wastes-derived gelatin and carbon nanotubes. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.9, p.105030, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105030>

SPAGNOLI, A. A.; GIANNAKOUDAKIS, D. A.; BASHKOVA, S.. Adsorption of methylene blue on cashew nut shell based carbons activated with zinc chloride: The role of surface and structural parameters. **Journal of Molecular Liquids**, v.229, p.465-471, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.12.106>

VARGAS, A. M. M.; CAZETTA, A. L.; KUNITA, M. H.; SILVA, T. L.; ALMEIDA, V. C.. Adsorption of methylene blue on activated carbon produced from flamboyant pods (*Delonix regia*): Study of adsorption isotherms and kinetic models. **Chemical Engineering Journal**, v.168, n.2, p.722-730, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.01.067>

ZHENG, J. C.; FENG, H. M.; LAM, M. H. W.; LAM, P. K. S.; DING, Y. W.; YU, H. Q.. Removal of Cu(II) in aqueous media by biosorption using water hyacinth roots as a biosorbent material. **Journal of Hazardous Materials**, v.171, n.1-3, p.780-785, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.06.078>

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.