

ESTUDO SOBRE A REMOÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO DE EFLUENTES TEXTÉIS POR PROCESSO ADSORTIVO UTILIZANDO A CASCA DE TAMARINDO COMO ADSORVENTE

Evelyne Dias Almeida¹; Isaque Souza Beleza Vasconcelos¹; Sumani Scheidegger da Fonseca¹; Mariana de Jesus Lima²

¹ Acadêmicos do Engenharia Química

² Professora – Multivix São Mateus

RESUMO

Este trabalho tem como intuito mostrar os estudos existentes da casca de tamarindo como adsorvente na remoção do azul de metileno, o adsorvato, através de processo adsortivo. O azul de metileno é um corante comumente utilizado pelas indústrias têxteis nos processos de tingimento e está também presente em grandes quantidades em seus efluentes. Quando despejado em corpos d'água sem tratamento prévio é altamente poluente, modificando diversas propriedades da água, como pH, turbidez, DBO e DQO. Para desenvolvimento deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica e descritiva, visando buscar um conhecimento científico baseando-se em materiais já publicados sobre o assunto, onde nos últimos anos mostraram resultados promissores para remover o azul de metileno em meio aquoso usando a casca de tamarindo como bioadsorvente, conseguindo retirar cerca de 86% do corante em processo adsortivo, comprovando assim sua eficiência no tratamento de efluentes têxteis.

Palavras-Chave: Tamarindo; Corantes; efluentes têxteis.

ABSTRACT

This work aims to show the existing studies of tamarind peel as an adsorbent in the removal of methylene blue, the adsorbate, through an adsorptive process. Methylene blue is a dye commonly used by textile industries in dyeing processes and is also present in large amounts in their effluents. When dumped in water bodies without prior treatment, it is highly polluting, modifying several water properties, such as pH, turbidity, BOD and COD. For the development of this work, a bibliographic and descriptive research was carried out, aiming to seek scientific knowledge based on materials already published on the subject, which in recent years have shown promising results to remove methylene blue in aqueous media using tamarind bark as bioadsorbent, managing to remove about 86% of the dye in the adsorptive process, thus proving its efficiency in the treatment of textile effluents.

Keywords: Tamarind; dyes; textile effluents.

1 INTRODUÇÃO

A procura por materiais alternativos com objetivo de remover poluentes da água que são nocivos ao meio ambiente e que estão presentes nos resíduos gerados pelas indústrias é um problema ao qual se tem dado bastante importância atualmente, visando uma responsabilidade ambiental das indústrias e sociedade sem apenas visar os lucros.

Dentre os setores indústrias o que é mais preocupante é o têxtil, uma vez que em sua produção são utilizados enormes volumes de água, podendo chegar a três mil metros cúbicos diários segundo Von Sperling (2007), com isso, gerando resíduos líquidos que necessitam de um tratamento prévio antes de serem lançados em corpos d'água. Os corantes industriais estão frequentemente presentes nesses efluentes e causam um enorme impacto no ambiente aquático já que os mesmos alteram os valores de DQO (Demanda Química de Oxigênio), aumentam os sólidos dissolvidos além de variar consideravelmente o pH, causam mudança na cor da água reduzindo drasticamente sua transparência, afetando assim a penetração da luz na água que é essencial para fotossíntese. Mesmo em pequenas concentrações os corantes usados pela indústria acabam se tornando bastante visíveis devido sua grande intensidade de cor, estima-se que cerca de 20% de corantes são liberados nos resíduos de tingimento têxtil. Alguns ainda possuem em sua composição cromo e outros metais pesados que são altamente tóxicos e cancerígenos (CERQUEIRA; RUSSO; MARQUES, 2009).

Proteger as águas superficiais é de extrema importância para sustentabilidade do planeta e é um fato indiscutível, sendo das empresas a grande responsabilidade em relação ao despejo dos efluentes que atendam aos padrões propostos pelas autoridades ambientais (SEIFFERT, 2007). Segundo Cavalcante et al (2013) todos os diversos seguimentos econômicos têxteis devem se adequar ao conceito ambiental da ecoeficiência, que consiste em reduzir gradativamente o impacto ambiental e o consumo de recursos naturais, e ainda fornecer serviços/bens a preços competitivos que satisfaçam a necessidade humana, contribuindo assim para qualidade de vida na sociedade. Hirschler (2008) frisa ainda que as indústrias têm que garantir a manutenção do processo

produtivo, aplicando modernas tecnologias que contribuam também para a diminuição dos contaminantes dos efluentes.

Os processos adsorptivos são uma estratégia que vem sendo explorada com abundância pelas indústrias, pois o mesmo além de ser bastante efetivo, reduz os custos de tratamento dos efluentes. A adsorção é um processo em fase sólida de extração onde um composto químico na fase líquida ou gasosa, que é chamado de adsorvato, é retido na superfície de um substrato sólido chamado de adsorvente. Como no mercado existe uma grande variedade de adsorventes, este projeto visa a exploração da eficácia da casca do tamarindo como fonte renovável no processo adsorptivo, visto que é um material de fácil acesso e que não tem seu devido aproveitamento tecnológico utilizado.

Testes laboratoriais já comprovam a eficiência da casca do tamarindo como bioadsorvente, onde se obteve uma grande absorção não só do azul de metileno, mas também de cromo em meio aquoso (GONSALVES et al., 2014). Barroso et al (2017) também comprova em sua pesquisa a eficiência no uso da biomassa da casca do tamarindo como adsorvente, uma vez que os resultados foram bastante promissores retendo o corante azul de metileno no processo, assim retirando-o da água. Com isso, o objetivo deste trabalho consiste em analisar, apresentar e discutir a eficiência do uso da casca do tamarindo como adsorvente para remoção do azul de metileno de efluentes têxteis, através de processo adsorptivo, utilizado por Gonsalves et al, que conseguiu uma eficiência de 86% na remoção do corante. Marques et al. também obtiveram resultados promissores, conseguindo uma eficiência um pouco menor, de 74%, mas que ainda assim é um excelente resultado.

2 ESTUDOS DA ÁREA

Marques et al (2017) em pesquisa estavam buscando um meio alternativo para remover o azul de metileno em meio aquoso utilizando a biomassa da casca do tamarindo. Os resultados foram bastante promissores como será discorrido a seguir, onde mostra que a casca do tamarindo atingiu em 1,5 horas, o equilíbrio de adsorção bem como massa ideal de 200mg e durante o equilíbrio se conseguiu uma adsorção de aproximadamente 85,34 mg/g de azul de metileno,

equivalente a uma porcentagem de cerca de 74% na remoção do azul de metileno em meio aquoso.

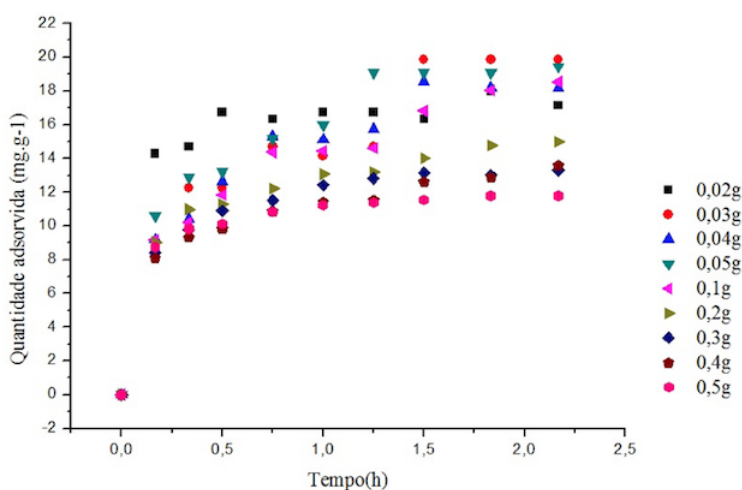
Para o tratamento da casca do tamarindo a mesma foi lavada em água corrente e logo após colocada em estufa por 24 horas a uma temperatura de 90 graus *Celcius*, a casca então foi submetida a homogeneização de partículas através de trituração e passada em peneiras de 300 e 150 *mesh*. Um ponto de carga zero de material (pH_{pzc}) foi determinado usando 50 miligramas do material em contato com 50 mililitros de uma solução de NaCl (0,1 mol) ajustando os valores de pH iniciais entre 2,0 e 12,0 utilizando soluções de NaOH e HCl a 0,1 mol. Após um repouso das soluções de 48 horas as mesmas foram medidas o pH final. Para saber a quantidade de corante azul de metileno adsorvido pela casca do tamarindo foi feita uma espectrofotometria de adsorção (UV-Vis), em um espectrofotômetro de marca *Shimadzu UVmini-1240* utilizando uma faixa espectral de 190 a 1100 nm em uma absorbância a 632 nm. Foi utilizado o método de adsorção em batelada para se obter os tempos mínimos necessários para o sistema chegar ao equilíbrio. Para obter análise de variação de massa, foram colocados de 20; 30; 40 e 50 miligramas da casca do tamarindo em uma solução de azul de metileno a uma concentração de 0,001 mols em diferentes tempos, a mesma concentração foi utilizada para outra amostragem de 100; 200; 300; 400 e 500 miligramas da casca do tamarindo (MARQUES et al, 2017).

O pH_{pzc} é a representação de uma estimativa da condição de neutralidade de carga que está na superfície adsorvente em contato com soluções aquosas. Para os materiais utilizados no experimento, chegou-se a um pH_{pzc} de 4,5, onde há um equilíbrio de cargas nas superfícies tanto do adsorvente quanto da solução em si.

Quando o pH da solução é maior que o pH_{pzc} há uma adsorção de cátions mais favorecida, por isso foi importante estabelecer o pH mais adequado no processo adsorativo. Buscou-se varias a massa dos adsorventes pois com a adsorção utilizando corantes pode-se considerar um equilíbrio em qualquer material adsorvente, com isso foi determinado os tempos necessários para que se atingisse esse equilíbrio, como apresentado na Figura 1, que é a representação do comportamento adsorativo em função do tempo. O equilíbrio se atingiu em 1,5 horas para a casca do tamarindo, sua massa ideal foi de 300

miligramas, com uma quantidade de 19,87 mg/g adsorvida de corante, quando se chega ao equilíbrio as concentrações do corante azul de metileno se tornam quase constantes. É importante se determinar o tempo de equilíbrio pois somente assim se pode verificar com mais detalhes a eficiência de um sistema de adsorção e também é importante para se obter as isotermas de adsorção (ALFREDO, et al., 2015).

Figura 1 - Efeito da massa da casca de Tamarino (*Tamarindus indica* L) "in natura" na adsorção do Azul de Metileno . T=25°C, V=20 mL, [Azul de Metileno]=0,001 mol/L.



Fonte: MARQUES et al, 2017

Com os dados apresentados, concluiu-se que a casca do tamarindo tem ótimas propriedades adsorptivas e mostrou eficiência na remoção do azul de metileno em meio aquoso, podendo assim ser utilizada como material alternativo pelas indústrias têxteis no tratamento de seus efluentes (MARQUES et al, 2017).

Barroso et al (2017) fizeram um estudo que teve como objetivo avaliar o potencial adsorptivo da casca de tamarindo provida de resíduo de uma indústria de polpa do triângulo mineiro, sobre o azul de metileno que é comumente encontrado em nos efluentes têxteis. Avaliaram ainda, a cinética de adsorção, a granulometria mais eficiente, efeitos do pH e a concentração do azul de metileno sobre o a casca de tamarindo.

Os resíduos do tamarindo, provido da indústria de polpas passaram por um beneficiamento, onde se fez a retirada das sementes e das fibras, logo após foi posto para secar em estufa em uma temperatura de 90 graus Celsius com uma

circulação de ar até o material atingir um peso constante. Quando seco, a biomassa foi triturada em liquidificador industrial de marca *Metvisa* e em seguida peneirado, onde, para melhores estudos foram adotadas peneiras de 16, 32 e 48 *mesh* (BARROSO et al, 2017).

Foram preparadas previamente soluções de concentração 30 e 50 miligramas por litro do corante azul de metileno e feita uma curva de calibração em colorímetro CL 3003 *Photometer*, através de leitura da absorbância em um comprimento de onda de 660nm. Para o ajuste do pH foram feitas soluções de NaOH e HCl em concentração de 0,1 mol por litro (BARROSO et al, 2017).

Os ensaios de adsorção cinética foram feitos em coluna de vidro de 7 centímetros de diâmetro. O sistema todo é composto por tanques de armazenamento, válvulas, bomba, coluna de adsorção, painel de controle, manômetro e rotâmetro. Fez-se a adsorção em coluna passando o fluido através de um leito fixo, sendo adotadas vazões constantes de 50 mililitros por minuto. A amostragem foi feita em intervalo fixo de tempo, onde, após a passagem pela coluna, mediu-se a absorbância das alíquotas, com o propósito de obter o ponto de saturação. Neste contexto, foram avaliados os efeitos da granulometria, pH e da concentração sobre a adsorção do corante azul de metileno, cujas parametrizações são mostradas na Tabela 1 (BARROSO et al., 2017).

Tabela 1 – Parâmetros nos ensaios de adsorção

Ensaio	pH	Concentração	Granulometria	Altura do leito
		[mg/L]	[mesh]	Estático [cm]
1	3,5	30	16	5
2	3,5	30	48	5
3	10,5	30	16	2
4	3,5	30	16	2
5	10,5	30	16	2

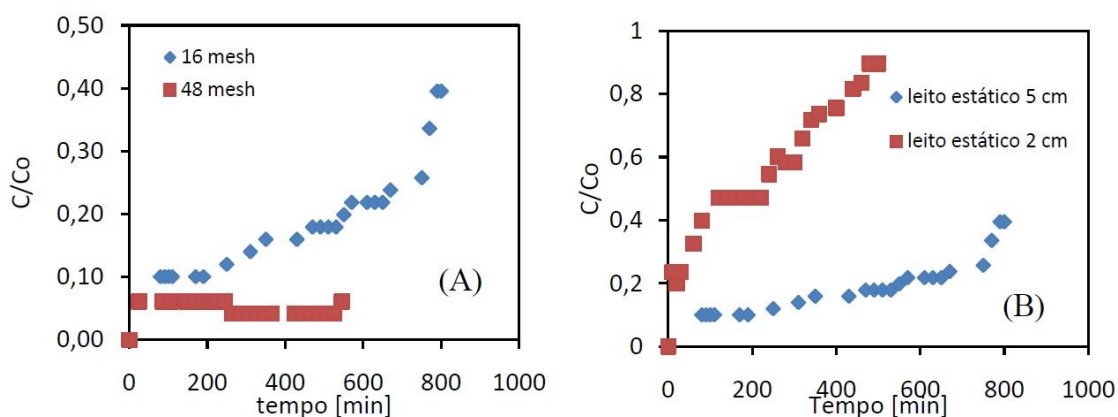
Fonte: BARROSO et al, 2017

Após ocorridos os testes, foi feita uma curva de ruptura como mostra na figura 2 (A) com um leito constituído de partículas que foram retidas nas peneiras de 16 e 48 *mesh*, com concentrações mantidas constantes de corante em 30 miligramas por litro, altura de leito estático em 5 centímetros e pH 3,5. Observou-se que granulometrias inferiores a 48 *mesh* obtiveram uma melhor retenção do

corante azul de metileno, ou seja, uma maior capacidade adsortiva. Este resultado se deve a um aumento na superfície de contato, o que contribui para uma melhor adsorção, pois a saturação ocorre de forma mais lenta (BARROSO et al., 2017).

Uma curva de ruptura foi feita também, como mostra a Figura 2 (B), para saber a interferência da altura dos leitos no processo, onde como esperado o aumento da altura resultou em uma maior eficiência, já que a quantidade de adsorvente é maior e confere maior quantidade de sítios ativos, foram usados leitos com altura de 5 e 2 centímetros, um pH de 3,5 uma granulometria de 16 *mesh* e concentrações de azul de metileno em 30 miligramas por litro (BARROSO et al., 2017).

Figura 2 – Efeito da granulometria da partícula (A) e da altura do leito estático (B) na adsorção do corante azul de metileno.

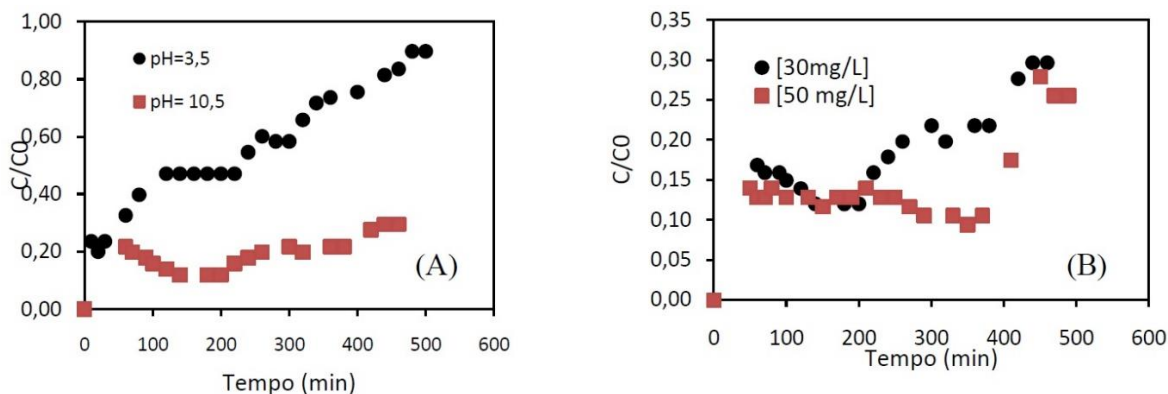


Fonte: BARROSO et al, 2017

As curvas de ruptura da Figura 3 (A) mostram o experimento em dois diferentes níveis de pH, concentrações mantidas de 30 miligramas por litro em um leito de 7 centímetros com uma granulometria da casca do tamarindo em 16 *mesh*. Onde se pode observar que o pH alcalino favorece uma melhor remoção do azul de metileno. Mall et al. 2006 explicam que esse fato ocorre pois a há uma dissociação de grupos funcionais presentes nos sítios ativos do adsorvente através do caráter catiônico que existe na molécula de azul de metileno. Quando o pH está em 3,5 pode ocorrer uma competição entre as moléculas de íons de H⁺ na solução, com isso a eficiência do leito é prejudicada, diminuindo assim a adsorção do corante azul de metileno (LEAL et al., 2012).

O efeito da concentração da solução é mostrado na Figura 3 (B) onde se tem um pH de 10,5; granulometria de 16 *mesh* e uma altura de leito de 2 centímetros.

Figura 3 – Efeito do pH (A) e Concentração do corante azul de metileno (B) no processo de adsorção.



Fonte: BARROSO et al., 2017

Conforme mostram os resultados, quando as concentrações estão baixas há uma desigualdade na saturação do leito em maiores proporções; quando se aumenta a concentração inicial do azul de metileno há mais distribuição nas espécies da superfície da casca do tamarindo, isso contribui para uma melhor formação química na superfície (LEAL et al., 2012).

Visto isso, Barroso et al. (2017) concluem que houve uma grande eficácia da casca do tamarindo na adsorção do azul de metileno, uma vez que as condições ideais de operação dentre as testadas, foram: Elevadas concentrações de azul de metileno (50 miligramas por litro), pH básico (10,5) e partículas menores de adsorvente (48 *mesh*), mostrando assim um potencial promissor do uso da casca do tamarindo como adsorvente para as indústrias têxteis no tratamento de seus efluentes.

Gonsalves et al. (2014), em um estudo de caracterização de adsorção do azul de metileno e cromo, usando a técnica de banho finito de líquido e a casca do tamarindo visando um adsorvente alternativo para a remoção do azul de metileno e do cromo de soluções aquosas, obtiveram ótimos resultados e mostraram que a cinética do equilíbrio foi alcançada respectivamente em 120 e 180 minutos para o corante e cromo.

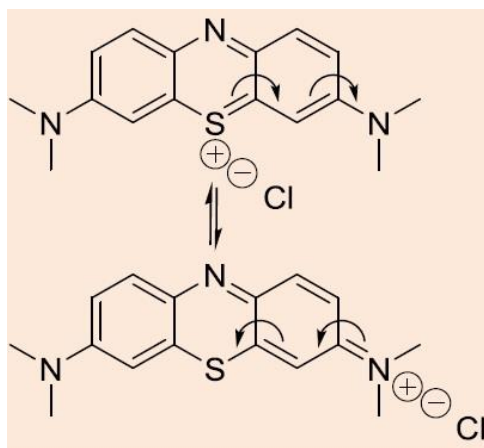
O experimento foi feito em laboratório, onde a casca do tamarindo foi retirada de frutos maduros, pois é nesse estágio que a biomassa é obtida com mais facilidade. Após a retirada, foi colocada em um Becker, onde adicionada uma pequena quantidade de água destilada para limpeza e ajuda na trituração da casca, que foi feita em um liquidificador doméstico. Após a trituração o conteúdo foi filtrado para que se retirasse o máximo possível da água presente, logo após a filtragem a biomassa adquirida foi levada a estufa em uma temperatura de 50° por 48 horas (GONSALVES et al., 2014).

Após as 48 horas, o material obtido foi passado em peneiras granulométricas com malhas variando entre 30, 35 e 40 *mesh*, onde foram usados apenas os grãos que apresentaram maior homogeneidade na peneira de 35 *mesh*, após esse processo a biomassa estava pronta para a execução do experimento, uma vez que a mesma não passou por nenhum tratamento térmico ou químico, foi usada em seu estado natural (GONSALVES et al., 2014).

O azul de metileno em questão, adsorvato a ser separado da água, foi dissolvido em balões volumétricos para que se obtivesse diferentes concentrações, de modo que se faça uma curva de calibração usando um espectrofotômetro, onde o comprimento de onda foi obtido através do pico de absorbância na curva de varredura. Como a curva de calibração foi obtida de forma linear, as concentrações poderão ser calculadas através de uma equação de curva. Foram feitas ainda análises de cor visível através de um colorímetro (GONSALVES et al., 2014).

A estrutura química do corante azul de metileno pode ser observada na Figura 4, foi avaliado o efeito do pH sobre a adsorção molecular usando soluções com concentrações em 10 miligramas por litro que foram preparadas nas seguintes soluções tampão aquoso: $\text{H}_3\text{CCOOH}/\text{H}_3\text{CCOONa}$ (pH 4,0), $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{Na}_2\text{HPO}_4$ (pH 7,0) e $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ (pH 10,0). Foram utilizados os brancos nos ensaios as respectivas soluções (GONSALVES et al., 2014).

Figura 4 – Possíveis estruturas químicas do sal de Azul de Metileno em meio aquoso.



Fonte: GOSALVES et al, 2014

Para o estudo de adsorção de azul de metileno e cromo no sistema de banho finito de líquido foram utilizados agitadores magnéticos da marca *Logen Scientific* LSH2 com uma agitação constante. Foi calculada a quantidade de corante adsorvida (qt) em função do tempo no adsorvente da casca de tamarindo como mostra a Equação 1 (GONSALVES et al, 2014).

$$qt = \frac{C_0 - C_t}{m} * V \quad \text{Eq. 1}$$

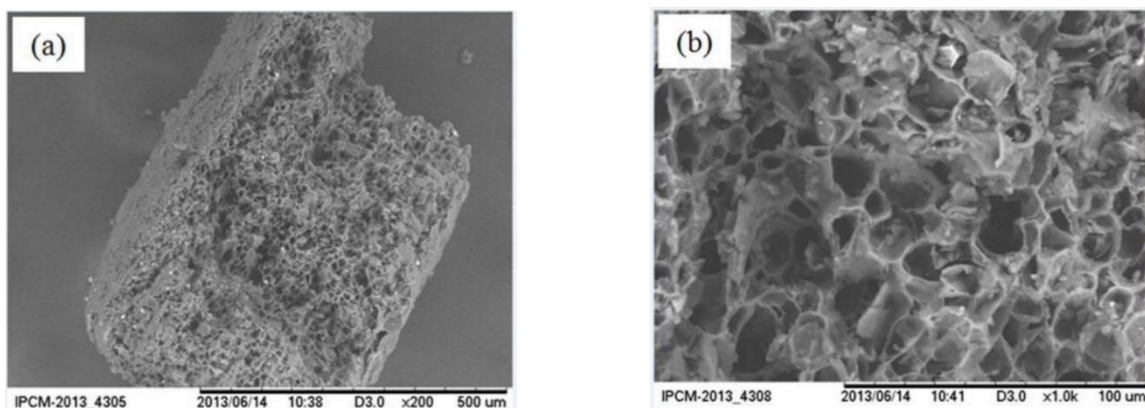
Onde qt se refere à quantidade adsorvato adsorvida em miligramas por grama, C_t é a concentração de adsorvato em miligramas por litro, C_0 é a concentração inicial em miligramas por litro, m é a massa em gramas e V é o volume total em litros de solução utilizada no ensaio. A cinética da adsorção foi feita variando o tempo de contato em 5, 15, 30, 45, 60, 90, 120 e 180 minutos, os volumes de 25 mililitros de solução azul de metileno com concentração em torno de 15 miligramas por litro em um pH de 7 e agitação constante à uma temperatura de 25 graus Celsius contendo 50 miligramas de casca de tamarindo em distintos erlenmeyers (GOSALVES et al, 2014).

Nos tempos pré-determinados, a agitação foi interrompida e retirada para análise, usando uma micropipeta e tomando cuidado para não aspirar o adsorvente, a casca do tamarindo, todos os ensaios foram realizados em triplicata. Para saber a influência do pH foi feito o estudo na mesma forma que os de cinética de adsorção, modificando apenas a solução tampão utilizada, desta forma, foi feita $H_3CCOOH/H_3CCOONa$ (pH 4,0), NaH_2PO_4/Na_2HPO_4 (pH 7,0) e

$\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$ (pH 9,0), com concentrações próximas a 0,05 mol por litro. Foi feito ainda um estudo de influência iônica no processo, realizado da mesma forma do estudo da cinética, adicionando apenas o KCl nas soluções até se obter concentrações de 0,1; 0,5 e 1 mol por litro (GONSALVES et al., 2014).

A fim de estudar suas características superficiais a casca do tamarindo foi passada por diferentes métodos de tamisação, e observou-se nas análises granulométricas que o adsorvente possui um tamanho médio que varia de 500 a 600 nano milímetros. Em análises microscópicas eletrônicas de varredura (MEV) mostraram que a superfície da casca é de característica bastante porosa (Figura 5), o que torna o fruto propício no uso do processo adsorativo como adsorvente (GONSALVES et al., 2014).

Figura 5 – Imagem microscópica eletrônica de varredura (MEV) da casca do tamarindo com aumento de 200 vezes (a) e 1000 vezes (b).

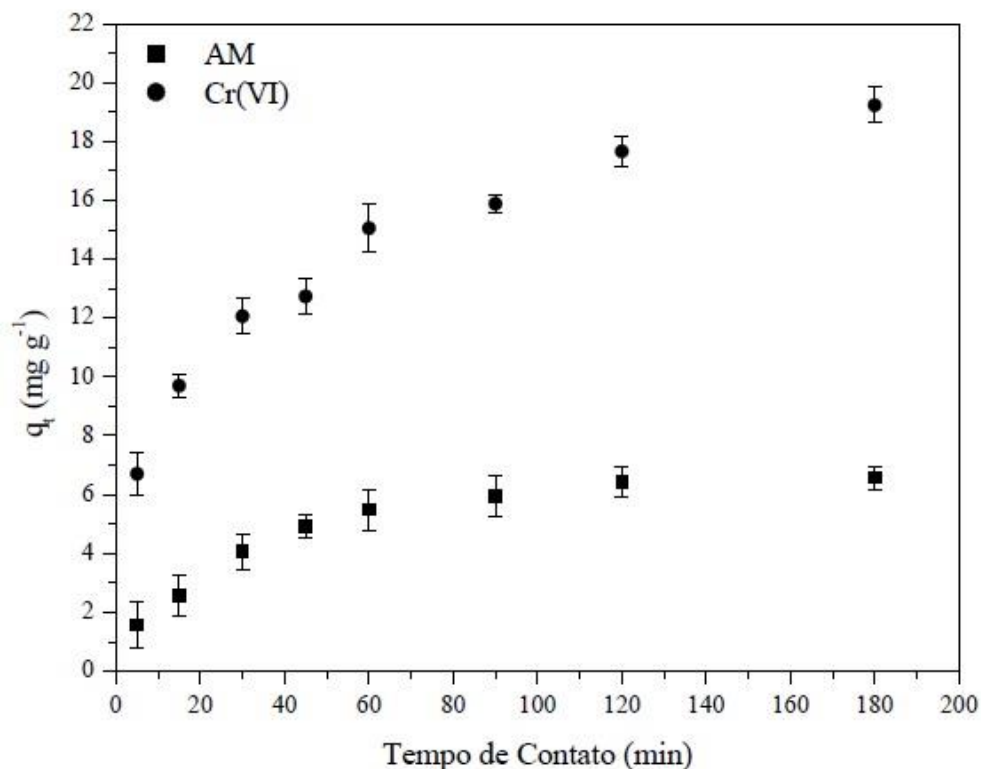


Fonte: GONSALVES et al, 2014.

O estudo de cinética foi feito com intuito de determinar o tempo de equilíbrio onde o processo atinge seu máximo de adsorção. A Figura 6 mostra o resultado dos dados experimentais utilizando a quantidade adsorvida (q_t) de azul de metileno e cromo em função do tempo em contato. Pode-se observar que o tempo decorrido durante o processo adsorativo em ambos os adsorvatos é dependente e não linear. A velocidade de adsorção no início é rápida, mas decai ao decorrer do tempo, atingindo o equilíbrio em aproximadamente 120 minutos para o azul de metileno e 180 minutos para o cromo. A quantidade retirada do meio aquoso no processo, através da casca de tamarindo, nesses respectivos

tempos fora de 86% de azul de metileno e 77% de cromo (GONSALVES et al., 2014).

Figura 6 – Adsorção de azul de metileno e cromo na casca de tamarindo em função do tempo de contato.



Fonte: GONSALVES et al, 2014.

Para explicar a reação do azul de metileno com a casca de tamarindo, os seguintes modelos cinéticos linearizados foram utilizados: pseudo-primeira ordem de Lagergren (Equação 2), pseudo-segunda ordem de Ho e Makay (Equação 3), equação de Elovich (Equação 4) e difusão intrapartícula de Weber e Morris (Equação 5).

$$\ln(q_e - qt) = \ln(q_e) - k_1 * t \quad \text{Eq. 2}$$

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 * q_e^2} + \frac{1}{q_e} * t \quad \text{Eq. 3}$$

$$qt = \beta * [\ln(\alpha * \beta)] + \beta * \ln(t) \quad \text{Eq. 4}$$

$$qt = C + Kd * t^{0,5} \quad \text{Eq. 5}$$

Considerando os modelos cinéticos citados, q_t ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) e q_e ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) representam a capacidade de adsorção no tempo t (min ou h) e no equilíbrio, respectivamente; K_1 (min^{-1} ou h^{-1}) a constante de velocidade do modelo cinético de pseudo-primeira ordem; K_2 ($\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) a constante de velocidade de pseudo-segunda ordem; α ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) a taxa de adsorção inicial; β ($\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$) um parâmetro relacionado com a extensão da cobertura da superfície do adsorvente e energia de ativação para quimissorção; K_d ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-0.5}$) a constante de difusão intrapartícula; e C ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) a espessura da camada de solvente em torno do sólido (GONSALVES et al., 2014 p.1475).

Verificando os dados da Tabela 2, pode-se observar que o valor de q_e calculado chegou bem próximo do experimental de pseudo-primeira ordem, com um desvio de +4,61% e um $r=-0,97$. Estes dados sugerem que o modelo de equação de Lagergren contribui para explicar o experimento de adsorção do azul de metileno através da casca de tamarindo, mostrando que a velocidade de remoção de um adsorvato é dependente proporcionalmente do número de sítios de ligações disponíveis no adsorvente (GONSALVES et al., 2014).

Tabela 2 – Parâmetros de adsorção do azul de metileno (AM) e cromo (Cr) na casca do tamarindo utilizando os modelos cinéticos linearizados

Pseudo-primeira ordem: t versus $\ln(q_e - q_t)$							
	C0	q_e cal	q_e exp	^a D	^b K1	r	
AM	10	6,29	6,58	+4,61%	$2,97 \times 10^{-2}$	-0,97	
Cr	100	12,81	19,23	+50,12%	$1,68 \times 10^{-2}$	-0,99	
Pseudo-segunda ordem: t versus t/q_t							
	C0	q_e cal	q_e exp	^a D	^b K1	r	
AM	10	7,70	6,58	-14,54%	$5,17 \times 10^{-3}$	0,99	
Cr	100	19,23	19,18	-0,26%	$3,31 \times 10^{-3}$	0,99	
Elovich: $\ln(t)$ versus q_t							
	C0	α	β	r			
AM	10	0,27	1,61	0,98			
Cr	100	0,37	3,38	0,98			
Difusão intrapartícula: $t^{0.5}$ versus q_t							
	C0	Kd1	C1	r1	Kd2	C2	r2
AM	10	0,74	$0,11 \pm 0,18$	0,99	0,19	$4,08 \pm 0,05$	0,94
Cr	100	1,43	$3,81 \pm 0,68$	0,98	0,76	$8,67 \pm 0,89$	0,98

^a Desvio% = $((q_e \text{ exp} - q_e \text{ cal}) / q_e \text{ cal}) \times 100$

^b AM ($k_1 = 1,78 \text{ h}^{-1}$)

^c Cr ($k_2 = 0,20 \text{ h}^{-1}$)

Unidades: C_0 (mg.L^{-1}); q_e (mg.g^{-1}); K_1 (min^{-1} ou h^{-1}); K_2 ($\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$); α ($\text{mg.g}^{-1}.\text{min}^{-1}$); β (g.mg^{-1}); K_d ($\text{mg.g}^{-1}.\text{min}^{-0,5}$) e C (mg.g^{-1})

Fonte: GONSALVES et al, 2014.

Gonsalves et al. (2014) concluíram que o resíduo natural da casca de tamarindo é uma excelente alternativa para remoção de poluentes em meio aquoso, como demonstrado no estudo azul de metileno e cromo. Uma vez que o modelo cinético de pseudo-primeira e segunda ordem, respectivamente, foram os que melhores se adequaram aos dados do experimento, o modelo de Weber e Morris mostrou que a difusão intrapartícula é um fator bastante determinante para a velocidade de adsorção do azul de metileno na casca de tamarindo, enquanto a equação de Elovich evidenciou que a troca iônica auxilia também no fenômeno de adsorção.

Como foi evidenciado no estudo realizado, a casca de tamarindo apresentou como uma ótima eficácia na remoção não só do azul de metileno, mas outros poluentes em meio aquoso através de processos adsorptivos, mostrando um potencial promissor do seu uso como bioadsorvente pelas indústrias têxteis em seus efluentes.

3 CONCLUSÃO

Diante dos fatos apresentados, conclui-se que a casca do tamarindo é um bioadsorvente bastante promissor para uso das indústrias têxteis no tratamento de efluentes que contenham corante azul de metileno. Os estudos mostraram uma grande eficiência em laboratório, chegando a remover até 86% do corante através de processo adsorptivo, fazendo-se assim a necessidade de um estudo em grande escala para poder melhor aproveitar a casca do tamarindo, que por ser uma matéria prima renovável, proveniente de resíduos agroindustriais, beneficiaria economicamente as indústrias têxteis e principalmente o planeta.

4 REFERÊNCIAS

- ALFREDO, A. P. C.; Gonçalves, G. C.; Lobo, V. S.; Montanher, S. F. Adsorção de Azul de Metileno em Casca de Batata Utilizando Sistemas em Batelada e Coluna de Leito Fixo. **Revista Virtual de Química**. Vol 7, No. 6, pag. 1909-1920, 2015.
- BARROSO et al. **Estudo da adsorção do corante azul de metileno utilizando a casca do tamarindo como bioissorvente**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/download-pdf/287/26148>>. Acesso em: mai, 2020.
- CARMEN, Z.; DANIELA, S. **Textile Organic Dyes – Characteristics, Polluting Effects and Separation/Elimination Procedures from Industrial Effluents – A Critical Overview**. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/download/pdf/29369>>. Acesso em: Jun. 2020.
- CAVALCANTE, A. C. P.; DINIZ, B. L. M. T.; SILVA, A. G.; CAVALCANTE, A. P. Preservação dos recursos ambientais água e solo. **Revista monografias ambientais**, v. 13, n. 13, p. 2851-2856, 2013.
- CERQUEIRA, A; RUSSO, C; MARQUES, M R C. Electroflocculation for textile wastewater treatment. **Brazilian Journal of Chemical Engineering** . [S.I.]: scielo, 2009.
- GONSALVES, A. A.; LEITE FILHO, C. A.; MEDEIROS, F. S.; ARAUJO, C. R. M. Casca do Tamarindo: Caracterização e Estudos de Adsorção de Azul de Metileno e Cromo (VI) usando a Técnica de Banho Finito de Líquido. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 5, p. 1466-1482, 2014.
- HIRSCHLER, R. **Book review. Color Research and Application**. ed 33, 2008. p. 254-256. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/col.20412>> Acesso em: abr, 2020.
- LEAL, Paulo Vitor Brandão et al. Estudo da adsorção do corante azul de metileno em resíduos de babaçu. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, 2012.
- MALL, I. D.; SRIVASTAVA, V. C.; AGARWAL, N. K. Removal of Orange-G and Methyl Violet dyes by adsorption onto bagasse fly ash – kinetic study and equilibrium isotherm analyses. [S.I], 2006. **DyesandPigments**.Vol.69, p. 210-223.
- MARQUES, I.S; CANTANHEDE, L. B.; SILVA, L. J. O. X. **Casca e semente do tamarindo (*Tamarindus indica L*) “in natura” como bioadsorventes aplicados para remoção do corante azul de metileno em meio aquoso**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2017/trabalhos/2/12590-22321.html>> Acesso em: Jun, 2020.
- SEIFFERT, M. ISSO 14001 **Sistemas de gestão ambiental**: Implantação objetiva e econômica. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: VON SPERLING, M (Org.). **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, v. 1. 3. ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 456