

## **Remoção de azul de metileno por um resíduo como biossorvente de baixo custo: casca de amendoim (*Arachis hypogaea*)**

**Eduarda Bertoletti Duarte**

Mestranda em Tecnologias Limpas, Unicesumar, Brasil.  
eduardabertoletti@gmail.com

**Luciana Cristina Soto Herek Rezende**

Professora do Programa de Pós Graduação em  
Tecnologias Limpas e pesquisadora do Instituto  
Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação  
lucianarezende17@gmail.com

**Natália Ueda Yamaguchi**

Professora do Programa de Pós Graduação em  
Tecnologias Limpas e pesquisadora do Instituto  
Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação  
lucianarezende17@gmail.com

## RESUMO

A indústria têxtil se mantém presente na produção e uso da população diariamente, no entanto, ao longo das cadeias produtivas há geração de impactos no meio ambiente. Entre as ações, destaca-se a eliminação de efluentes com a presença de corantes utilizados nos processos produtivos. Essas substâncias podem acarretar contaminação ambiental quando não tratados, em que o principal método de tratamento é a adsorção. A técnica, apesar de eficiente, apresenta um alto custo, o que propicia o uso de adsorventes naturais, em especial, uso de resíduos abundantes no ambiente. Dessa forma, o presente trabalho buscou o uso de um resíduo agroindustrial, a casca de amendoim, gerado em larga escala no ambiente, como adsorvente no tratamento de efluente utilizando o corante azul de metileno. O Espectrofotômetro Bel® SPECTRO S-2000 de UV-visível em comprimento de onda 664nm foi utilizado para a análise das absorbâncias das concentrações do corante. Esses dados foram utilizados na construção da curva de calibração e os valores encontrados foram calculados para obter a capacidade de adsorção, que permitiu identificar qual foi a eficiência do biossorvente. Os resultados encontrados foram comparados com outros encontrados na literatura, no entanto, apesar do experimento ter condições diferentes, a casca de amendoim apresentou uma capacidade de adsorção de 4,26925mg/g, representando certa eficiência. No entanto, se faz necessário novos estudos que realizem outras análises para avaliar as condições que possibilitem a um aumento da capacidade de adsorção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorção. Corante têxtil. Resíduo agroindustrial.

## 1. INTRODUÇÃO

A industrialização ao longo das décadas teve influência direta no desenvolvimento urbano e tecnológico provendo benefícios à sociedade, no entanto, para suprir a demanda da população, a produção passa a ser excessiva e leva à escassez de recursos naturais (BAPTISTA, 2010; SILVA, 2019). A problemática ambiental é um tema que vem sendo estudado cada vez mais, principalmente com o crescimento populacional que leva ao aumento da produção e, conseqüentemente, o aumento da geração de resíduos e efluentes (BARROS et al., 2020).

Os estudos com a sustentabilidade, a redução de resíduos gerados e o tratamento dos mesmos são práticas crescentes no cenário mundial, fazendo com que pesquisas sejam desenvolvidas de maneira a reintroduzir os resíduos em novas cadeias produtivas e novos processos, aumentando seu tempo de vida e reduzindo o descarte precoce (TOMBINI et al., 2021).

Entre os diversos setores, por ser uma grande consumidora de água doce e ter uma geração significativa de resíduos potencialmente tóxicos em corpos hídricos, a indústria têxtil se mostra presente de uma cadeia poluidora (COSTA, 2020). Ao longo das cadeias produtivas, há a geração de resíduos e efluentes que são despejados em corpos hídricos, trazendo impactos ao ambiente (SILVA, 2019).

Esse setor está presente no cotidiano da população e a sua produção se mantém em uma crescente com a produção de roupas, no entanto, como qualquer atividade antrópica, há impactos e no caso de indústrias têxteis é a geração de efluentes complexos formados por diversas substâncias químicas (SILVA, 2019). Entre as substâncias, encontra-se os corantes, que são liberados quando não se fixam à fibra na fase de lavagem. (SILVA; ZANUTTO; PIETROBELLI, 2019; SILVA, 2019). Há uma gama variável de corantes utilizados na indústria, entre eles, destaca-se o azul de metileno se destaca que pode ser utilizado para tingir tecidos de Acetato, celulose, algodão, rayon, poliéster (SAMSAMI et al., 2020).

Neste cenário, se faz necessário tratamentos antes da sua disposição no corpo hídrico, caso não ocorra, passa a contaminar o ambiente e os organismos que residem no local, no

entanto, muitos métodos de tratamento possuem um alto custo e baixa eficiência (FONTANA et al., 2016). Além da contaminação ambiental e da biota residente, alguns corantes podem causar doenças em humanos, como alergias, dermatites e irritação de pele (LIMA et al., 2008)62.

Assim, há o aumento de estudos que utilizem resíduos, especialmente materiais lignocelulósicos, como método de tratamento, por ter uma produção contínua, ser renovável, sustentável e o custo de aquisição ser baixo (COSTA, 2020; MUSSATO et al., 2009).

A adsorção é uma técnica comumente utilizada por sua alta eficiência, no entanto, apresenta um alto custo pelo material utilizado no processo, então, o uso de biossorventes se mostra eficiente com relação ao custo-benefício, por serem materiais naturais abundantes que necessitam de pouco ou nenhum processamento prévio, entrando aqui uso de resíduos como biossorventes (MILDEMBERG, 2019; COSTA, 2020).

Entre os biossorventes, os resíduos vegetais vêm ganhando certo destaque por mostrar eficiência como matérias de tratamento de efluentes, como a casca de arroz, o bagaço de cana-de-açúcar, o bagaço de malte, as cascas de oleaginosas, cascas e sementes de frutas e legumes (MILDEMBERG, 2019).

A cultura do amendoim (*Arachis hypogea*) desenvolve-se bem em diferentes tipos de clima e temperatura, inclusive, no país vem se tornando uma boa alternativa para produtores aumentarem sua renda (FREITAS, 2011). A semente do amendoim pode ser incluída em diferentes receitas, é rico em vitaminas, nutrientes, proteínas e gorduras, o óleo extraído da semente é utilizado no setor alimentício na produção de margarinas e óleo de cozinha, também pode ser usado na indústria de cosméticos e na indústria farmacêutica (BARROS et al., 2020; FREITAS, 2011).

No entanto, a casca do amendoim, por não ser utilizada pela indústria alimentícia passa a ser um resíduo, ela representa 30% da produção do grão e seu principal uso é, atualmente, como combustível para caldeira e alimento para gado e aves (GATANI et al., 2013). Porém, a produção de amendoim no Brasil é significativamente grande, na safra de 2019/2020 a produção estimada é de e 670,4 mil toneladas, com isso, identifica se uma geração de casca também grande (FIESP, 2021). E a importância da utilização deste resíduo a fim de diminuir a quantidade de resíduos descartados.

Dessa forma, o uso de um resíduo agroindustrial produzido em larga escala anualmente como biossorvente se apresenta como uma alternativa sustentável, além de proporcionar a valorização de um subproduto, compactua com os objetivos previstos na Agenda 2030 para a reutilização de resíduos.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a casca de amendoim como material biossorvente do azul de metileno encontrado em efluentes têxteis, contribuindo para a valorização de um resíduo e diminuindo o descarte inadequado e precoce desses subprodutos. Como objetivo específico, buscou-se avaliar a capacidade de adsorção do material e comparação com estudos já publicados.

## **3. METODOLOGIA**

**3.1. Preparação do adsorvente**

A casca de amendoim foi adquirida no Sacolão Popular, localizado na cidade Curitiba. A casca foi separada da semente manualmente e armazenada em outro recipiente aberto para retirar parte da umidade.

A casca foi colocada em uma forma e, em seguida, no forno do fogão Mueller Moderatto 4 Bocas a 160°C por 20 minutos, monitorando o estado da casca a cada 5 minutos. Após esse tempo, foram direcionadas para o processador, para serem trituradas, a fim de reduzir o tamanho das partículas do biossorvente.

Depois, passaram pela peneira, reduzindo o tamanho das partículas do biossorventes e o pó resultante foi armazenado em um recipiente com tampa para ser transportado até o dia da aula prática.

Então, foi pesado o 0,1g do biossorvente na balança analítica Sartorius Practum® 224-10BR, em duplicata. Seguido, foi adicionado 50mL de solução de azul de metileno 10ppm em cada frasco. Esses frascos foram colocados no agitador magnético Shaker de Piso Lucadema®, com temperatura controlada de 25°C a agitação de 150RPM durante 1 hora.

**3.2. Calibração do espectrofotômetro**

As soluções 1, 2, 5, 10 e 20ppm de azul de metileno no laboratório foram utilizadas para calibrar o Espectrofotômetro Bel® SPECTRO S-2000 de UV-visível em comprimento de onda 664nm, assim como a água destilada.

As informações de calibrações se encontram na tabela abaixo:

**Tabela 1: Informações da calibração**

Concentração	Absorbância	Média
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>1ppm</b>	0,107	0,105
<b>1ppm</b>	0,103	
<b>2ppm</b>	0,285	0,279
<b>2ppm</b>	0,273	
<b>5ppm</b>	0,683	0,678
<b>5ppm</b>	0,673	
<b>10ppm</b>	1,295	1,293
<b>10ppm</b>	1,291	

Fonte: AUTORES, 2022

A concentração de 20 ppm, foi desconsiderada por razões técnicas. Essas informações foram utilizadas para traçar a curva de calibração e determinar a equação da reta pelo programa Excel® onde foi determinado a capacidade de adsorção do corante azul de metileno pela equação 1 e o percentual de retenção pela equação 2:

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

$$\text{Equação 2}$$

$$\% = \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \times 100$$

Onde  $q$  (mg/g) é a capacidade de adsorção em mg de azul de metileno por g de biossorvente,  $C_0$  (mg/L) é a concentração de azul de metileno inicial,  $C$  (mg/L) é a concentração de azul de metileno após 1 h,  $V$  (L) o volume da solução e  $m$  (g) é a massa de biossorvente (CITADIN; CECHINEL, 2018).

#### 4. RESULTADOS

O biossorvente obtido após as etapas de secagem, trituração e filtragem na peneira podem ser observados na Figura 1.

Após passar pela peneira, o biossorvente passa a uma aparência de pó mais fino, esse processo é importante pois influencia na área superficial disponível, segundo Worch (2012) quanto menor o material maior a área de adsorção disponível.

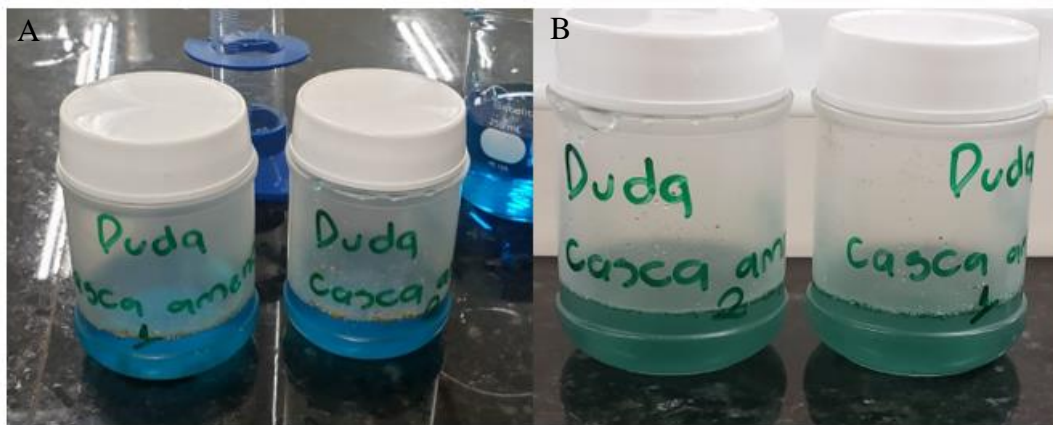
Figura 1: Resíduo preparado



Fonte: Autores, 2022

Inicialmente, foram pesadas 0,1006 g no recipiente 1 e 0,1027 g de pó da casca de amendoim no recipiente 2 na balança analítica Sartorius Practum® 224-10BR. Em seguida adicionado 50 ml de corante em cada recipiente, como mostra a Figura 2a. Já a Figura 2b, apresenta como o recipiente com o experimento ficou após 1h no agitador.

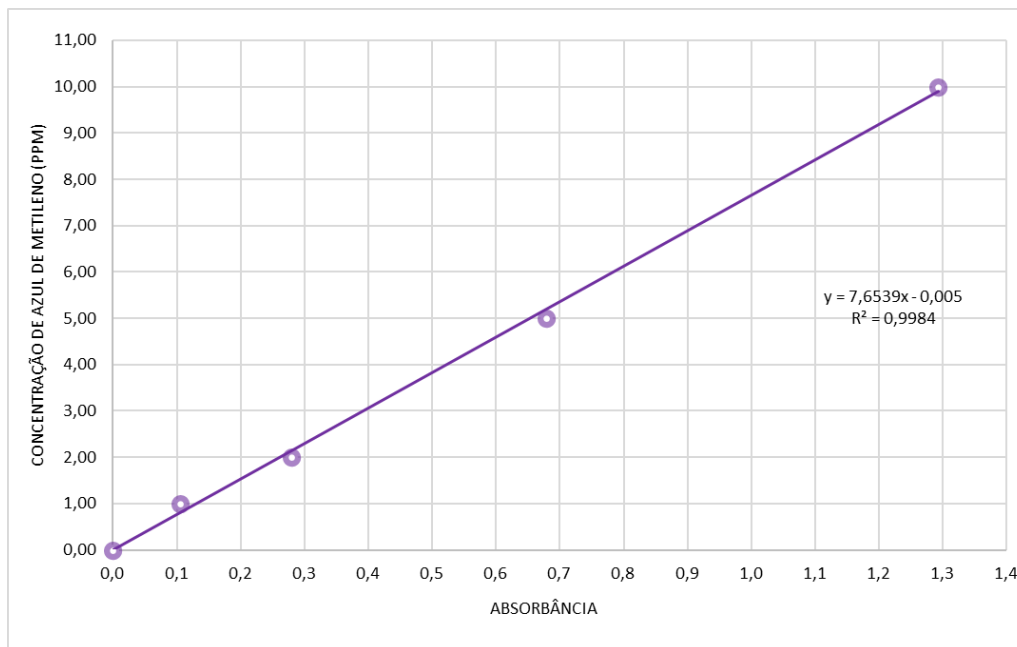
Figura 2: Início da experimentação B- Recipiente após tratamento



Fonte: Autores, 2022

A curva de calibração, demonstrada na Figura 3, foi construída a partir dos valores obtidos com a medição de diferentes concentrações do corante Azul de metileno (Tabela1), e se apresentou da seguinte forma:

Figura 3: Curva de calibração do Espectrofotômetro



Fonte: Autores, 2022

Com a avaliação no espectrofotômetro, o resíduo apresentou absorvância de 0,185 com concentração de 0,1006 g e absorvância 0,170 com concentração de 0,1027 g. A equação da reta se deu por  $Y = 7,6539x - 0,005$ , onde  $R^2$  é igual a 0,9984.

A capacidade de adsorção da casca de amendoim sobre o corante Azul de Metileno é expressa na equação 1:

$$q = \frac{(9,891 - 1,353)0,05}{0,1} \quad q = 4,26925 \text{ mg/g}$$

Ou seja, 0,1 g do adsorvente, neste caso a casca de amendoim, vai retirar 4,27 mg/g de azul de metileno. Assim como explicado por Guimarães et al., (2012) a rápida adsorção em um período curto, nesse caso 1h, demonstra a eficiência da casca de amendoim como bioadsorvente.

Ao utilizar a equação 2, que nos traz a porcentagem de remoção, o resíduo removeu 86,32% do corante, o que demonstra sua boa capacidade de remoção.

$$\% = \left(1 - \frac{1,353}{9,891}\right) \times 100$$

Como observado por Beltran et al., (2020), o aumento da porcentagem de remoção aumenta com a concentração do bioadsorvente, mas ao mesmo tempo, com o aumento na capacidade de adsorção, leva a diminuição da concentração do bioadsorvente, isso evidencia a necessidade de estudos que avaliem diferentes concentrações do resíduo que vão tornar a adsorção mais eficiente.

O que foi realizado por Reis et al., (2017), ao avaliarem 3 concentrações diferentes do bagaço de malte (0,2 g, 0,4 g e 0,6 g) como adsorvente e observaram que o aumento da quantidade de adsorvente era inversamente proporcional a capacidade de adsorção, o que se observa na equação 1.

A composição química da casca de amendoim se dá por fibras lignocelulósicas, que são compostas pelas fibras principais: celulose, hemicelulose e lignina (SANTOS, 2019; NUNES, 2014). Em relação à sua estrutura, as fibras se entrelaçam em arranjos estruturais e formam espaços vazios que tendem a auxiliar a adsorção (SANTOS, 2019; MOREIRA, 2010).

Além disso, Nunes (2014) considerou o material bom precursor de carvão ativado por sua composição lignocelulósica e baixa em umidade, proteínas e gordura.

Na tabela 2 foram incluídos artigos utilizados a fim de comparar os resultados encontrados e abaixo, encontra-se a discussão.

**Tabela 2: Tabela comparativa de artigos publicados**

Autor	Resíduo	Capacidade adsortiva (mg/g)
Este trabalho	Casca de amendoim	4,27
Silva et al., (2018)	Casca de amendoim	29,01
Barros et al., (2020)	Casca de amendoim	3,65
Citadin e Cechinel (2018)	Bagaço da uva	19,00
Cavalcante, Maia Júnior e Braga (2017)	Talo da folha do buriti	58,17
Shakoor e Nasa (2016)	Casca de limão	227,30
Hameed (2009)	Casca de jaca	285713,00
Antunes et al., (2018)	Casca do abacaxi	17,12
Beltran et al., (2020)	Casca da tangerina	100,73

Fonte: Autores, 2022

Em seu trabalho, Silva et al., (2018) prepararam um adsorvente a partir da casca de amendoim, com a formação de um carvão ativado com 20 g do resíduo para remoção de fenol em solução aquosa. Os resultados do carvão ativado foram comparados com os da casca de amendoim. Os autores observaram que a capacidade adsortiva aumentou com o aumento da agitação, o trabalho manteve uma agitação de 300 rpm por 6 horas. Também avaliaram que o carvão ativado da casca de amendoim, tornou o resíduo um melhor biossorvente. O carvão ativado de Nunes (2014), contou com um teor de umidade de 4,3%, resultado satisfatório como bom adsorvente e com remoção do corante violeta cristal em meio aquoso.

Já Barros et al., (2020) utilizou, assim como neste trabalho, a casca de amendoim como adsorvente de azul de metileno. Os autores avaliaram 10 condições diferentes de pH, para avaliar a adsorção, foram utilizados 1,0 g de resíduo com agitação constante de 250 rpm a 25°C, condições diferentes das realizadas neste estudo. Foram feitos 11 ensaios com 3 duas concentrações (mg/L) 25 e 75 em cada pH (7, 8, 9) e em cada tempo (4, 6, 8 horas). O melhor resultado foi o ensaio que utilizou 75mg/L de concentração, pH 7 por 4 horas e levou a uma capacidade de adsorção de 3,65 mg/g.

Outros estudos na literatura também se basearam na capacidade de adsorção de diferentes biossorventes, Citadin e Cechinel (2018) avaliaram a capacidade de adsorção de resíduos, neste caso o bagaço da uva. Em seu trabalho, utilizaram 4 g/L de bagaço e solução corante de Remazol Azul RR com concentração de 100 mg/L e avaliaram a absorvância em um espectrofotômetro de UV-visível com comprimento de onda de 603 nm, mas diferentemente deste trabalho, os autores mantiveram o experimento em agitação por 48h. A capacidade adsortiva obtida no ensaio foi de 19,0 mg/g, valor significativamente acima do encontrado no ensaio realizado, no entanto, as condições do experimento foram diferentes, o que impossibilita uma comparação entre os trabalhos.

Cavalcante, Maia Júnior e Braga (2017) avaliaram o potencial do talo da folha do buriti (*Mauritia flexuosa*) como material adsorvente na remoção do corante azul de metileno. Os autores utilizaram duas massas do adsorvente (0,05 e 0,1 g) e 50 mL de azul de metileno em agitação por 2 horas com 150 rpm, até este ponto, a metodologia realizada na aula em laboratório está muito próxima. No entanto, os autores deixaram o experimento em repouso por 24h. Foi possível observar, que a capacidade máxima de adsorção, de 58,17 mg/g foi realizada no ensaio à 30 °C, apresentando valor aceitável de adsorção.



Já Shakoor e Nasa (2016) investigaram a eficiência da casca de limão como adsorvente de baixo custo do corante azul de metileno. E a capacidade máxima de adsorção foi de 227,3 mg/g, utilizando 0,05 g de resíduo e 25 mL de adsorbato, em agitador por 3h.

Na literatura, outros autores utilizaram uma variedade de resíduos como adsorventes do corante azul de metileno, como a casca do abacaxi (ANTUNES et al., 2018) casca de jaca (HAMEED, 2009), casca de tangerina (BELTRAN et al., 2020), talos de salsa, cascas de pepino e cascas de sementes de melancia (AKKAIA; GUZEL, 2013), casca de pinhão (ROMÃO; VIANA, 2018)

Diversos artigos realizaram tratamentos prévios com ácidos e bases, por exemplo, e ajuste do pH, para melhorar a eficiência dos biossorventes e aumentar suas propriedades ligantes com o material, além da avaliação do efeito do pH (BELTRAN et al., 2020; SANTOS, 2019; SHAKOOR; NASA, 2016; SILVA et al., 2018; SILVA; OLIVEIRA, 2012), casca de pequi (BARROSO; LOPES; CUNHA, 2019).

No entanto, apesar deste trabalho apresentar um resultado potencialmente eficiente, a análise comparativa com a literatura citada não foi possível realizar em escala mais profunda pelas diferentes condições e tratamento do resíduo em cada experimentação. O trabalho utilizou 1h para avaliar a capacidade de adsorção, no entanto, ao comparar com outros artigos, revelou-se um tempo curto.

Mas é possível inferir que a casca de amendoim apresentou uma eficiência promissora como biossorvente na remoção do corante azul de metileno, uma substância altamente empregada na indústria têxtil e nos seus efluentes, que necessitam de tratamentos antes da sua disposição em corpos hídricos. Além disso, evidencia-se a necessidade de novos estudos que avaliem diferentes condições e variáveis a fim de desenvolver um biossorvente ainda mais eficiente.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho objetivou a valorização de um resíduo agroindustrial gerado em escalas consideráveis, a adsorção de componentes contaminantes, em especial, um corante orgânico presente ativamente nos efluentes de indústrias têxteis, o azul de metileno.

Ao longo da experimentação foi possível mensurar, então, a eficiência da casca de amendoim como um adsorvente do azul de metileno.

No entanto, ainda são necessários estudos que avaliem as diferentes concentrações dos resíduos, tratamentos e pH, que tornem o biossorvente mais eficaz no tratamento.

Dessa forma, utilização, portanto, de um resíduo com potencial dentro de uma técnica de tratamento de efluente de alto custo, torna o processo mais sustentável, ambientalmente correto e, ainda prevê um alto custo-benefício.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKKAYA, G.; GÜZEL, F. Application of some domestic wastes as new low-cost biosorbents for removal of methylene blue: kinetic and equilibrium studies. **Chemical Engineering Communications**, v. 201, n. 4, p. 557-578, 2014.

ANTUNES, E. C. E. S. et al. Remoção de corante têxtil utilizando a casca do abacaxi como adsorvente natural. **Holos**, v. 3, p. 81-97, 2018.

BAPTISTA, V. F. A relação entre o consumo e a escassez dos recursos naturais: uma abordagem histórica. **Saúde & Ambiente em Revista**, v. 5, n. 1, p. 8-14, 2010.

BARROS, J. M. H. F. et al. Utilização da casca de amendoim como adsorvente na remoção do corante azul de metileno. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65459-65474, 2020.

BARROSO, J. A. D. et al. Estudo da adsorção de azul de metileno utilizando cascas de pequi. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 29349-29356, 2019.

BELTRAN, L. B. et al. Processo de biossorção de corante utilizando casca de tangerina (*Citrus reticulata*). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41760-41771, 2020.

CAVALCANTE, C. M.; MAIA JÚNIOR, P. J. E.; BRAGA, N. P. Avaliação do uso do talo da folha do buriti (*Mauritia flexuosa*) como biossorvente na remoção do corante azul de metileno. *In*: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 2017, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2017.

CITADIN, T. F. Dessorção de corante Remazol Azul RR de bagaço de uva: recuperação do corante e reuso do biossorvente. 2019. Engenharia Química. Trabalho de conclusão de curso.

COSTA, F. M. A. S. **Utilização de resíduos de grãos de cervejaria na absorção do corante reativo azul 5G em soluções aquosas: sistemas batelada e leito fixo.** 2020. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

FIESP. **Agronegócio do amendoim no brasil:** Produção, Transformação e Oportunidades. 2021.

Fontana, K. B. et al. Biosorption and diffusion modeling of Pb (II) by malt bagasse. **International Journal of Chemical Engineering**, v. 2016.

FREITAS, G. A. **Informe Rural ETENE:** Produção e área colhida de amendoim no Nordeste. n.3, Ano V, 2011.

GATANI, M. P. et al. Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 18, p. 1286-1293, 2013.

GUIMARÃES, B. Q. et al. Biossorventes Utilizados na Remoção do Corante Azul de Metileno em Soluções Aquosas: uma proposta de ensino em química ambiental. **Revista Virtual de Química**, 2021.

HAMEED, B. H. Removal of cationic dye from aqueous solution using jackfruit peel as non-conventional low-cost adsorbent. **Journal of hazardous materials**, v. 162, n. 1, p. 344-350, 2009.

LIMA, E. C. et al. Application of Brazilian-pine fruit coat as a biosorbent to removal of reactive red 194 textile dye from aqueous solution, kinetics and equilibrium study. **J. Hazard. Mater.** v. 155, p. 536–550, 2008.

MILDEMBERG, A. N. **Obtenção de carvão ativado a partir de bagaço de malte e sua aplicação na remoção de azul de metileno.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Paraná, 2019.

MOREIRA, D. R. **Desenvolvimento de adsorventes naturais para tratamento de efluentes de galvanoplastia.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MUSSATTO, Solange I. Biotechnological potential of brewing industry by-products. *In*: Biotechnology for agro-industrial residues utilisation. **Springer**, Dordrecht, 2009. p. 313-326.

NUNES, A. S. **Produção de adsorventes a partir da casca de amendoim visando a aplicação na remoção de corantes orgânicos.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) –Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga.

REIS, M. A. et al. Avaliação da adsorção do corante violeta cristal empregando bagaço de malte como biossorvente. **CRICTE**, 2017.

ROMÃO, R. K.; VIANA, A. G. Estudo da potencial aplicação da casca do pinhão no processo de adsorção do corante azul de metileno. *In*: Encontro Anual de Iniciação Científica, 2018, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UEM, 2018

SAMSAMI, S. et al. Recent advances in the treatment of dye-containing wastewater from textile industries: Overview and perspectives. **Process safety and environmental protection**, v. 143, p. 138-163, 2020.

SANTOS, M. J. B. **Aplicação de casca de amendoim ativada com NaOH como bioissorvente na remoção de Bisfenol A em matriz aquática**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre.

SHAKOOR, S.; NASAR, A. Removal of methylene blue dye from artificially contaminated water using citrus limetta peel waste as a very low-cost adsorbent. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 66, p. 154-163, 2016.

SILVA, B. C. **Bioissorção do corante Amarelo Reafix B8G a partir do bagaço de malte em batelada e sistema contínuo: avaliação experimental e simulação fluidodinâmica computacional**. 2019. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

SILVA, B.; ZANUTTO, A.; PIETROBELLI, J. Thermodynamic Evaluation of Reactive Yellow Dye Removal Using Malt Bagasse as Biosorbent. **Chemical Engineering Transactions**, v. 74, p. 877-882, 2019.

SILVA, T. et al. Agregação de valor à resíduo agroindustrial: remoção de fenol utilizando adsorvente preparado a partir de casca de amendoim. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, 2018.

SILVA, W. L. L.; OLIVEIRA, S. P. Modificação das características de adsorção do bagaço de cana para remoção de azul de metileno de soluções aquosas. **Scientia plena**, v. 8, n. 9, 2012.

TOMBINI, C.; et al. Avaliação da capacidade inovativa e propriedade intelectual na utilização do bagaço de malte. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 18973-18993, 2021.

WORCH, E. **Adsorption Technology in Water Treatment: Fundamentals, Processes, and Modeling**. 1a edição. Gruyter: Berlim, 2012.