

BIOSSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO POR BIOMASSA PARA REMEDIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS COM CORANTES TÊXTEIS

Yula F. B. Santos¹; Maria L. S. Sales²; Andrea R. Marques³; Fabiana C. P. Tiago⁴

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

² Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

³ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

⁴ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

yula.brasil.santos@gmail.com

Palavras-Chave: adsorção, poluentes, efluentes.

Introdução

A cadeia produtiva têxtil é uma das mais relevantes do Brasil, configurando entre as cinco maiores produtores mundiais. No entanto, além de sua importância econômica e social, o setor apresenta uma elevada demanda por recursos hídricos, sobretudo na etapa de acabamento, em que a água é fundamental para processos de aquecimento e tingimento dos tecidos (Silva, 2019). A indústria têxtil é conhecida pelo uso intensivo de água no processo produtivo, como irrigação de plantações de algodão, mas também, nos setores de acabamentos e beneficiamento têxteis (Berlin, 2014). A etapa que utiliza maior quantidade de água é a etapa de tingimento. Estima-se que a modificação de cor da fibra têxtil através da aplicação de corantes sintéticos seja responsável por cerca de 20% da poluição global da água limpa por produtos de tingimento e acabamento (Guillot, 2020).

Os produtos utilizados no tingimento possuem processos de fabricação tóxicos, o que desafia a sustentabilidade na indústria da moda (Moretto et al., 2018). A realização de um tingimento demanda aproximadamente 100 litros de água para tingir 1 kg de tecido de algodão, devido à necessidade de reação em meio aquoso entre a fibra e os insumos inorgânicos e orgânicos utilizados (Rosa et al., 2020).

Os corantes em ambientes aquáticos, como o azul de metileno, representam um desafio significativo, uma vez que apresentam elevada resistência aos processos de tratamento químico e biológico. Durante sua degradação, podem gerar subprodutos com toxicidade superior à do próprio corante (Neves et al., 2016). O lançamento de efluentes têxteis sem tratamento compromete a autodepuração dos corpos hídricos, reduz o oxigênio dissolvido e dificulta a

penetração da radiação solar, limitando a fotossíntese. Esses fatores resultam na deterioração da qualidade da água e em efeitos ecotoxicológicos sobre a biota aquática (Moraes, 2025).

O corante azul de metileno (AM) ($C_{16}H_{18}ClN_3S$) é amplamente utilizado na indústria têxtil, e o seu uso envolve o tingimento de tecidos de seda, lã e algodão e aplicações em materiais como poliésteres e nylons (Damasceno, 2024). O AM é considerado um composto modelo para o estudo de remoção de contaminantes em soluções aquosas (Oliveira, 2012). Os processos físico-químicos e biológicos são promissores no tratamento de efluentes têxteis, pela resistência na remoção dos corantes. A filtragem (Santos, 2022), oxidação (Pinto, 2023), adsorção (Leal et al., 2014) e bioabsorção (Dall Orsoletta et al., 2017) são alguns exemplos.

Diante desses desafios, a busca por materiais alternativos de baixo custo e renováveis, como biomassa residual, torna-se uma estratégia promissora para remediação ambiental. A biomassa residual proveniente do processamento de frutas, hortaliças, cereais e demais cadeias agroindustriais ainda é negligenciada (Freitas et al., 2024). Grande parte dessa biomassa é descartada de forma inadequada, sendo tratada apenas como resíduo sem valor agregado. Essa discrepância evidencia não apenas uma perda de oportunidade econômica, mas também a perpetuação de passivos ambientais (Campos-Flores et al., 2019).

A casca do maracujá (*Passiflora Edulis*), subproduto da indústria de sucos no Brasil, apresenta potencial para aplicações ambientais devido à sua composição rica em pectina, proteínas e carboidratos. Esse resíduo agroindustrial é gerado em larga escala e, por isso, constitui uma matéria-prima abundante e economicamente viável (SANTOS, 2023). A pectina presente na casca contém grupos funcionais capazes de interagir com diversos poluentes, conferindo-lhe propriedades bioabsorventes que a tornam promissora para processos de descontaminação de águas (Gerola et al., 2013). Embora já existam estudos que avaliem a casca de maracujá na remoção de metais pesados, sua aplicação na remoção de corantes têxteis, como o AM, ainda é pouco explorada. Essa lacuna reforça a relevância do presente estudo, que busca propor um aproveitamento alternativo para esse resíduo agroindustrial, contribuindo para o desenvolvimento de soluções sustentáveis no tratamento de efluentes.

Com o intuito de clarificar a água contaminada por AM, este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da casca do maracujá, tanto *in natura* quanto quimicamente modificada, como bioabsorvente na remoção do corante azul de metileno em soluções aquosas.

Material e Métodos

1. Preparação dos materiais

A partir da solução estoque O corante AM (1%) foi utilizado como adsorvato. A solução estoque (10.000 mg/L) foi diluída em água destilada para obtenção de cinco soluções (5, 10, 20, 25 e 30 mg/L), cada uma em 500 mL.

A casca de maracujá foi preparada com adaptações de Campos-Flores et al. (2019) e Gerola et al. (2013). As cascas foram lavadas, cortadas ($\approx 1 \text{ cm}^3$) e submetidas a dois tratamentos: **in natura** (lavagem em água deionizada) e **modificada** (em NaOH 0,1 mol·L⁻¹). Em cada ensaio, 20 g de casca foram mantidos em 200 mL de solução, sob agitação orbital (150 rpm, 2 h). Após descarte do líquido, a biomassa foi lavada três vezes, seca em estufa a 55 °C por 24 h e aquecida a 120 °C por 90 min. O material seco foi triturado em moinho de facas (SL-30) até partículas homogêneas (Figura 1).



Figura 1: Casca cortada (A); Casca triturada no moinho (B).

2. Determinação do ponto de carga zero (PZC)

O PZC foi avaliado com 0,2 g de biomassa em 20 mL de NaCl 0,1 mol·L⁻¹. O pH inicial foi ajustado (3,0; 3,5; 4,0; 5,3; 7,0; 8,0) com NaOH 0,1 mol·L⁻¹ ou HCl 0,1 mol·L⁻¹. Os frascos (em triplicata) foram agitados a 120 rpm por 24 h (~25 °C). O pH final foi medido em pHmetro digital (R-TEC-7/2-MP, Marte). O PZC correspondeu ao ponto em que ΔpH (pH inicial – final) foi próximo de zero.

3. Ensaios de biossorção

Em bêqueres contendo 50 mL das soluções de corante foram adicionadas 0,5 g de biomassa. O pH foi ajustado próximo ao PZC. As amostras ficaram sob agitação (100 rpm) por

170 min e, em seguida, em repouso por 90 min para sedimentação. Foram retiradas alíquotas de 3 mL, centrifugadas (Marconi MA-1800, 1200 rpm, 5 min) para remoção do pellet. A concentração final de AM foi determinada por espectrofotometria UV-Vis (Instrutherm) em 664 nm.

Modelos de Isotermas de Adsorção

As isotermas foram obtidas a partir dos dados em equilíbrio e ajustadas aos modelos de Langmuir e Freundlich. O **modelo de Langmuir** considera adsorção em monocamada sobre superfície homogênea, com sítios ativos limitados, e é descrito pela forma linearizada:

$$\frac{Ce}{qe} = \frac{1}{q_{max} \times k_L} + \frac{Ce}{q_{max}} \quad \text{Eq.(1)}$$

Onde: qe é a quantidade adsorvida ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); Ce é a concentração de equilíbrio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); q_{max} é a capacidade máxima ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$); e k_L é a constante de Langmuir ($\text{L}\cdot\text{mg}^{-1}$).

O modelo de Freundlich, empírico e adequado a superfícies heterogêneas, forneceu os parâmetros “ K_f ” e “ n ”, que indicam, respectivamente, a capacidade de adsorção do material e a intensidade/favorabilidade do processo.

Resultados e Discussão

1. Ponto de Carga Zero

O ponto de carga zero (PZC) foi determinado para caracterizar a superfície do material adsorvente, pois indica o pH em que ocorre o equilíbrio entre cargas positivas e negativas. Neste estudo, o PZC foi reavaliado a partir dos dados de Campos-Flores et al. (2019), com o intuito de confirmar os valores previamente reportados. Os resultados demonstraram que a biomassa *in natura* apresentou desempenho superior em pH 5, enquanto a biomassa tratada com NaOH mostrou resultados satisfatórios em pH 8. Essa diferença evidencia que o tratamento químico modifica a natureza das interações da superfície com íons da solução.

De modo geral, quando o pH da solução é inferior ao PZC, a superfície tende a adquirir carga positiva, o que desfavorece a adsorção de espécies catiônicas, como o azul de metileno. Em contrapartida, em pH superior ao PZC, ocorre a desprotonação de grupos funcionais, aumentando a densidade de carga negativa e favorecendo a interação eletrostática com o corante (Khattri & Singh, 2009; Wang & Chen, 2009).

Na Figura 2, observa-se a relação entre o pH inicial da solução e o pH final após o equilíbrio para as biomassas de casca de maracujá *in natura* e tratada com NaOH. Nota-se que a biomassa *in natura* apresentou PZC próximo de pH 5, enquanto a biomassa tratada apresentou deslocamento do PZC para valores próximos de pH 8. Esse comportamento confirma que o tratamento químico aumentou a disponibilidade de cargas negativas na superfície do adsorvente, tornando-o mais eficiente para interações eletrostáticas com corantes catiônicos, como o azul de metileno.

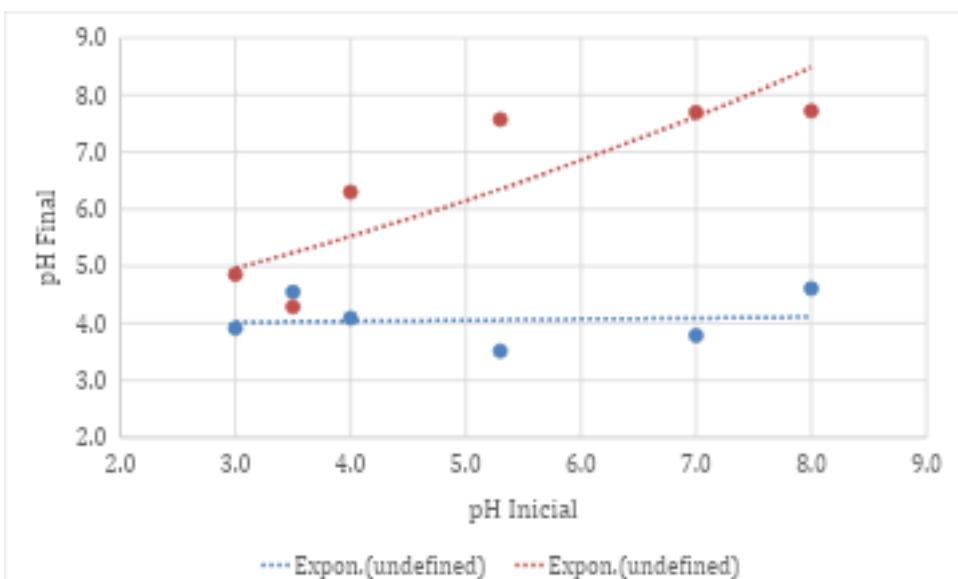


Figura 2: Ponto de carga zero (PZC) para resíduos de maracujá *in natura* (Série 1) e tratados com NaOH (Série 2), em solução de KCl 0,1 mol·L⁻¹.

2. Efeito do pH e da dose adsorvente na remoção

Um dos fatores relevantes nos processos de bioabsorção é a acidez do meio, pois os íons hidrogênio podem competir com os íons metálicos ou corantes pelos sítios ativos da superfície adsorvente. Onal et al. (2006) e Kumar e Porkodi (2006) explicam que, em pH baixo, há excesso de íons H⁺ que protonam grupos funcionais ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$) presentes na superfície dos bioabsortentes, tornando-a positivamente carregada. Isso gera repulsão eletrostática com o AM, que é um corante catiônico.

Por outro lado, Annadurai et al. (2002) e Khattri e Singh (2009) mostram que, em pH mais elevado, ocorre a desprotonação dos grupos funcionais ($-\text{COOH} \rightarrow -\text{COO}^-$, $-\text{OH} \rightarrow -\text{O}^-$), aumentando a carga negativa na superfície e favorecendo a atração eletrostática com o AM. O efeito do pH na remoção do AM é mostrado na Tabela 1, juntamente com a porcentagem de remoção. A quantidade de corante adsorvida por grama de resíduo (q_e) foi calculada pela Equação (2) e (3):

$$qe = \frac{(Co-Ce) \times V}{m} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde Co é concentração inicial (mg/L), Ce concentração em equilíbrio (mg/L), respectivamente, V é o volume de solução e m é a massa do adsorvente em grama (g).

$$(\%) \text{ remoção} = \frac{(Vo - Vt)}{Vo} \times 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde Vo é o volume inicial da solução com o corante e Vt é o volume remanescente da solução tratada com a casca de maracujá.

Condição	C_0 (mg/L)	Abs. média	C_e (mg/L)	Remoção (%)	q_e (mg/g) — 50 mL	Condição	C_0 (mg/L)	Abs. média	C_e (mg/L)	Remoção (%)	q_e (mg/g) — 50 mL
In natura	5	0,177	1,009	79,82	0,998	Tratada NaOH	5	0,086	-0,137*	(fisicamente 100)*	1,285*
In natura	10	0,330	2,932	70,68	1,983	Tratada NaOH	10	0,261	2,067	79,33	1,983
In natura	20	0,518	5,308	73,46	3,673	Tratada NaOH	20	0,189	1,160	94,20	4,710
In natura	25	0,768	8,448	66,21	4,138	Tratada NaOH	25	0,244	1,848	92,61	5,788
In natura	30	0,489	4,938	83,54	6,265	Tratada NaOH	30	0,322	2,839	90,53	6,790

Tabela 1: Efeito dos diferentes valores de pH e doses de adsorvente, na remoção de AM em meio aquoso a 25 °C, velocidade de agitação 300 rpm e tempo de contato 170 min.

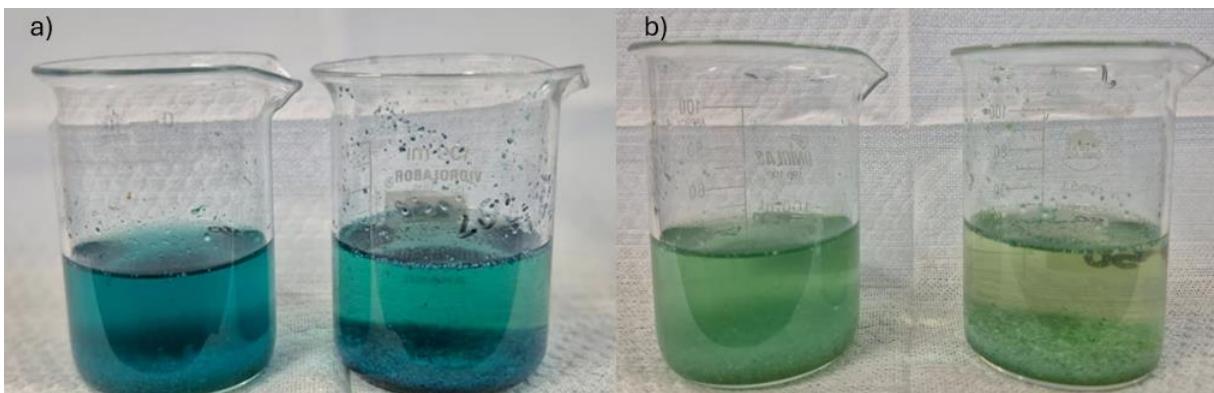


Figura 3: Solução de AM 5mg/L após tempo de contato com a biomassa *in natura* e tratada com NaOH, respectivamente; b) Solução de AM 10 mg/L após tempo de contato com a biomassa *in natura* e tratada com NaOH, respectivamente.

Observa-se que maiores porcentagens de remoção do AM ocorrem quando a concentração inicial é mais elevada. Isso acontece devido ao aumento da probabilidade de colisões entre as moléculas de corante e os sítios ativos disponíveis no adsorvente. Em concentrações muito baixas, parte significativa da superfície permanece livre, resultando em menor fração de remoção.

A concentração do azul de metileno após os experimentos foi determinada a partir da curva analítica construída na faixa de 5–30 mg/L. A relação entre absorbância e concentração apresentou ajuste linear adequado, conforme mostrado na Figura 4.

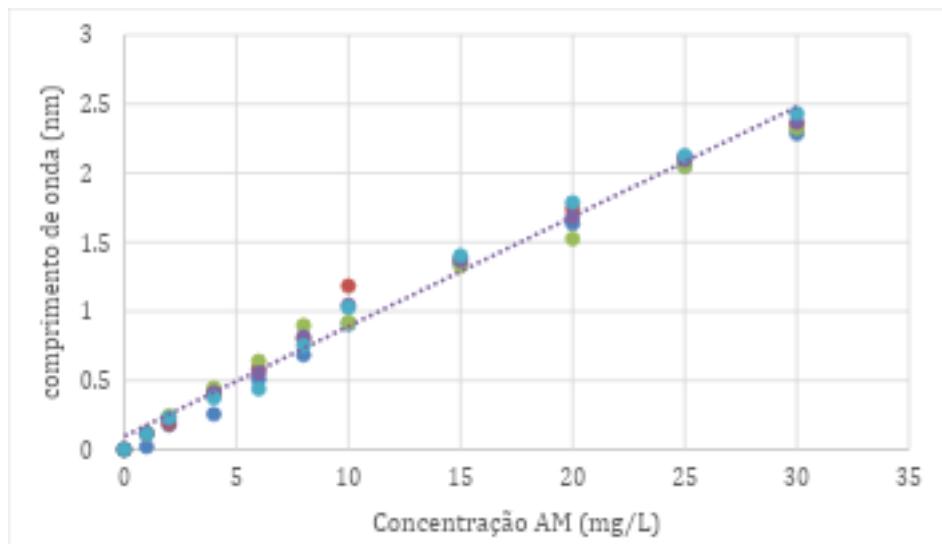


Figura 4: Curva analítica do azul de metileno obtida por espectrofotometria UV-Vis.

3. Isotermas de adsorção

As isotermas de adsorção descrevem como o adsorvato, no caso o azul de metileno (AM), se fixa na superfície de um material sólido em temperatura constante. O tratamento da casca de maracujá com NaOH e o ajuste do pH para 8 resultaram em uma superfície mais homogênea e negativamente carregada, favorecendo a adsorção do corante catiônico. Em pH ácido (5), muitos grupos funcionais permanecem protonados (ex.: $-COOH$), o que reduz a quantidade de cargas negativas disponíveis para interações eletrostáticas, diminuindo, assim, a eficiência do processo de adsorção. Esse comportamento é compatível com a maior adequação ao modelo de Freundlich ($R^2 = 0,9609$) se comparado ao modelo de Langmuir ($R^2 = 0,7419$), sugerindo a presença de superfície heterogênea com sítios de adsorção de diferentes energias (Pássig; Pereira, 2017; Halasz, 2019). A partir da equação linear do modelo de Langmuir, foram calculados os parâmetros de capacidade máxima de adsorção (q_{\max}) e a constante de afinidade (kL), apresentados na Tabela 2.

pH da Biomassa	Modelo Langmuir	R ²	Q _{máx} (mg.g ⁻¹)	kL (L.mg ⁻¹)
----------------	-----------------	----------------	--	--------------------------

Ácido (5)	Ce/qe = $0,2886Ce + 2,571$	0,7419	3,465	0,112
Básico (8)	Ce/qe = $0,2554Ce + 0,322$	0,9997	3,91	0,793
<hr/>				
pH da Biomassa	Modelo Freundlich	R ²	Kf	N
Ácido (5)	Ln qe = $0,7116LnCe + 0,4185$	0,9609	0,382	1,405
Básico (8)	Ln qe = $0,4091LnCe + 0,2509$	0,9976	1,782	2,44

Tabela 2: Modelos para processo de adsorção do AM pela biomassa da casca do maracujá.

Após o tratamento, ocorreu maior desprotonação dos grupos funcionais (ex.: $-COO^-$), aumentando a carga negativa da superfície e a disponibilidade de sítios ativos. Esse ambiente favoreceu interações mais fortes e ordenadas com o corante, refletindo no excelente ajuste ao modelo de Langmuir ($R^2 = 0,9997$), em comparação ao modelo de Freundlich ($R^2 = 0,9976$). Esses resultados indicam que a superfície tratada apresenta características mais homogêneas, compatíveis com a formação de monocamada de adsorvato prevista pelo modelo de Langmuir (Peront; Coelho; Halasz, 2019). Na Figura 5 observa-se o ajuste linear dos modelos de isotermas de adsorção, reforçando esse comportamento.

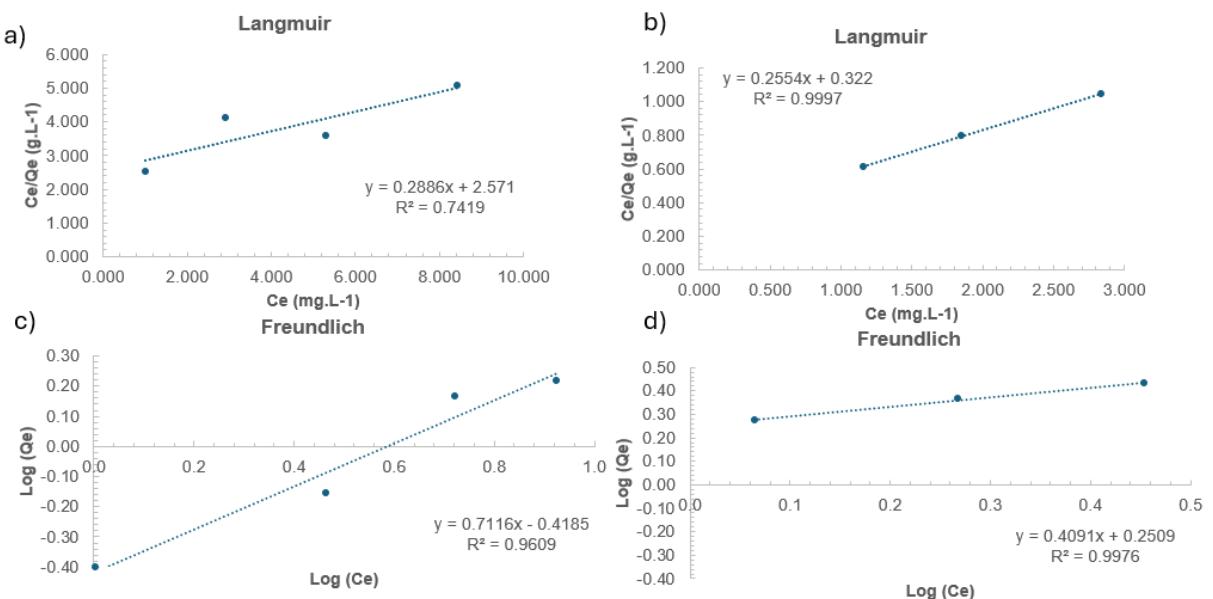


Figura 5: Ajuste linear dos modelos de isoterma de adsorção: (a, c) biomassa de maracujá *in natura* e (b, d) biomassa tratada com NaOH. As figuras (a–b) correspondem à linearização de Langmuir e as figuras (c,) à linearização de Freundlich.

Os resultados apresentados na Tabela 2 evidenciam que o pH exerce influência significativa na biossorção do azul de metileno pela biomassa da casca de maracujá. Em pH ácido (5), o modelo de Langmuir apresentou baixo ajuste ($R^2 = 0,7419$) e capacidade máxima de adsorção relativamente reduzida ($q_{\max} = 3,465 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), indicando baixa afinidade pelo corante nessas condições. Esse comportamento pode ser atribuído à protonação dos grupos funcionais da superfície do adsorvente ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$), que reduz a disponibilidade de cargas negativas e promove repulsão eletrostática com o corante catiônico (Ananias et al., 2002; Kumar & Porkodi, 2006).

Por outro lado, em pH básico (8), tanto o modelo de Langmuir ($R^2 = 0,9997$; $q_{\max} = 3,915 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$; $kL = 0,793 \text{ L}\cdot\text{mg}^{-1}$) quanto o de Freundlich ($R^2 = 0,9976$; $k_f = 1,782$; $n = 2,44$) apresentaram ajustes satisfatórios, refletindo maior capacidade e afinidade de adsorção. Esse aumento da eficiência pode ser explicado pela desprotonação dos sítios ativos, que eleva a densidade de carga negativa na superfície da biomassa, favorecendo a atração eletrostática pelo corante catiônico (Khattri & Singh, 2009; Wang & Chen, 2009).

Dessa forma, observa-se que a adsorção do corante foi mais favorável em condições básico, confirmando a importância do pH no processo e reforçando resultados de outros autores que também identificaram remoção máxima de azul de metileno em faixas de pH entre 6 e 8.

Considerações Finais

Os resultados obtidos evidenciam que a casca de maracujá (*Passiflora edulis*), tanto *in natura* quanto quimicamente modificada, apresenta potencial promissor como biossorvente na remoção do corante azul de metileno em meio aquoso. O efeito do pH mostrou-se determinante para a eficiência do processo, sendo que valores próximos à neutralidade favoreceram a desprotonação dos grupos funcionais da biomassa, aumentando a densidade de carga negativa e, consequentemente, a interação eletrostática com o corante catiônico. A biomassa tratada com NaOH apresentou desempenho superior, com maior capacidade de adsorção e melhor ajuste ao modelo de Langmuir, indicando a formação de monocamada de adsorvato sobre uma superfície mais homogênea. Esse resultado confirma que modificações químicas simples podem potencializar a eficiência de resíduos agroindustriais, ampliando suas aplicações em processos de descontaminação de efluentes.

Assim, a utilização da casca de maracujá configura-se como possível alternativa sustentável e de baixo custo para o tratamento de efluentes têxteis contendo corantes sintéticos, contribuindo para a valorização de resíduos agroindustriais e para a mitigação de impactos ambientais. Recomenda-se, em trabalhos futuros, a avaliação do desempenho do biossorvente em sistemas contínuos, bem como a investigação da regeneração e reutilização do material, de modo a validar sua aplicação em escala industrial.

Referências

- ANNADURAI, G. et al. Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions. *Biochem. Eng. J.*, v. 7, p. 9–16, 2002.
- BERLIN, Lilyan Guimarães. A Indústria têxtil brasileira e suas adequações na implementação do desenvolvimento sustentável. *ModaPalavra e-periódico*, n. 13, p. 15-45, 2014.
- CAMPOS-FLORES, G. et al. Passion-fruit shell biomass as adsorbent material to remove chromium (III) from contaminated aqueous mediums. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 620, p. 012110, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/620/1/012110>.
- DALL ORSOLETTA, Gabriel et al. Aproveitamento tecnológico da casca de amendoim em processo de biossorção de corante têxtil. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- DAMASCENO, Nicole Winne Ribeiro. Análise de reflectância de meia malha de misturas de fibras de poliéster e algodão. 2024.
- FREITAS, Franciele de et al. Biomassa vegetal em processos de remediação de contaminação ambiental por metais. 2024.
- GEROLA, G. P. et al. Utilization of passion fruit skin by-product as lead (II) ion biosorbent. *Water, Air, & Soil Pollution*, Dordrecht, v. 224, n. 1446, p. 1-11, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-013-1446-z>.
- GUILLOT, Jaume Duch. The impact of textile production and waste on the environment (infographics): With fast fashion, the quantity of clothes produced and thrown away has boomed. Find out more about the environmental impact and what the EU is doing about it.. In: Directorate General for Communication. Parlamento Europeu. [S.I.]. 29 dez. 2020. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20201208STO93327/the-impact-of-textile-production-and-waste-on-the-environment-infographics>.
- KHATTRI, S. D.; SINGH, M. K. Dye removal from dye wastewater using adsorption. *J. Hazard. Mater.*, v. 167, p. 1089–1094, 2009.
- KUMAR, K. V.; PORKODI, K. Mass transfer, kinetics and equilibrium studies for the biosorption of methylene blue using Paspalum notatum. *J. Hazard. Mater.*, v. 137, p. 1217–1229, 2006.
- LEAL, Tarcísio Wolff et al. Tratamento de efluentes têxteis por processos adsorptivos visando o reúso da água. 2014.
- MORAES, João Felipe Rodrigues de. Integração de tecnologias para a descoloração de efluentes têxteis por fotocatálise: uma análise teórica. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- MORETTO, A. et al. Designing a roadmap towards a sustainable supply chain : A focus on the fashion industry. *Journal of Cleaner Production*, 193, 169–184.2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.273>
- NEVES, Camila Vargas et al. Avaliação da influência do eletrólito NaCl e surfactante Profiber na adsorção do corante reativo azul 5G pelas escamas de peixe. 2016. NEVES, Camila Vargas et al. Avaliação da influência do eletrólito NaCl e surfactante Profiber na adsorção do corante reativo azul 5G pelas escamas de peixe. 2016.
- OLIVEIRA, S. P. Adsorção do Corante Azul de Metileno em Caulinita Natural e Intercalada com Acetato de Potássio Provenientes da Região de Bom Jardim de Goiás – GO. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

ONAL, Y. et al. Adsorption of dyes from aqueous solutions onto activated carbon prepared from waste apricot: Adsorption equilibrium and kinetics. *J. Hazard. Mater.*, v. 137, p. 1719–1728, 2006.

PASSIG, F. H.; PEREIRA, N. C. Adsorção de corantes têxteis em resíduos lignocelulósicos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 6, p. 1051–1061, 2017.

PERONI, L. A et al. Modelagem de isotermas de adsorção em biossorventes. *Revista Matéria*, v. 24, n. 2, 2019.

PINTO, Cláudia Vanessa Marite Garcia. Tratamento de efluentes têxteis, por processos eletroquímicos, para a reutilização em processos de tingimento. 2023.

ROSA, Jorge Marcos et al. Application of continuous H₂O₂/UV advanced oxidative process as an option to reduce the consumption. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 246, p. 119012, fev. 2020. Elsevier BV. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261933882X?via%3Dihub](http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119012).

SANTOS, Rafael Leite dos. Uso da moringa oleífera como coagulante no tratamento de água: revisão da literatura. 2022.

SANTOS, Jéssyka Ribeiro. Casca de maracujá como matéria-prima para biorrefinarias. 2023.

SILVA, Bruno Bianchi Gonçalves da. Indústria têxtil no Nordeste: a experiência de Alagoas e Sergipe. 2019. 184 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Maceió, 2019.