



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 produtoras 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 filtração (Santos, 2022), oxidação (Pinto, 2023), adsorção (Leal et al., 2014) e biossorção (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 biossorbentes 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 biossorvente 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 $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$). 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 $55 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 h e aquecida a $120 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. O pH inicial foi ajustado (3,0; 3,5; 4,0; 5,3; 7,0; 8,0) com NaOH $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ou HCl $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Os frascos (em triplicata) foram agitados a 120 rpm por 24 h ($\sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$). 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. Ensaio de bioadsorção

Em béqueres 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:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max} \times k_L} + \frac{C_e}{q_{max}} \text{ Eq.(1)}$$

Onde: q_e é a quantidade adsorvida ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$); C_e 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 “Kf” 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 (Khattari & 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.

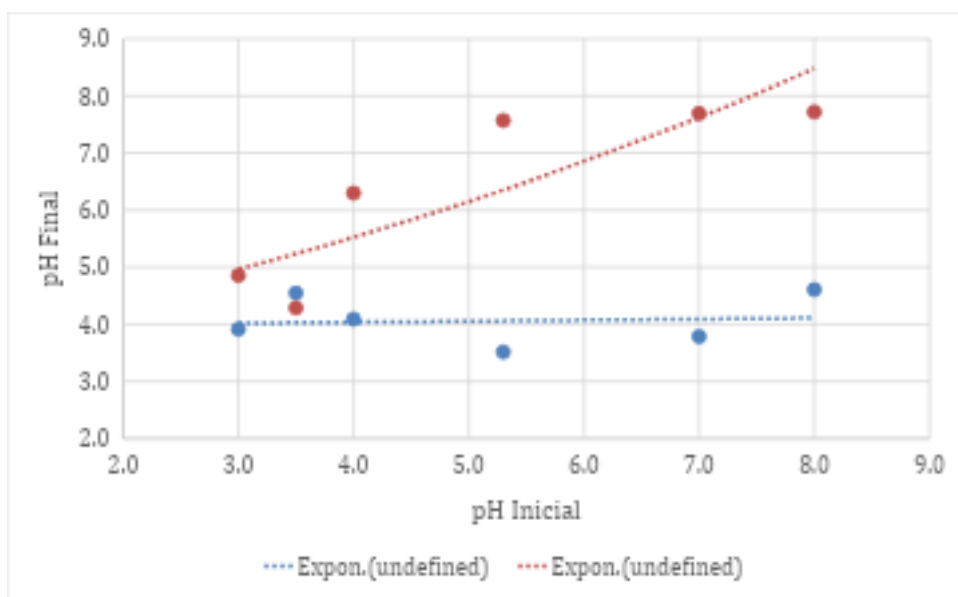


Figura 2: Ponto de carga zero (PZC) para resíduos de maracujá *in natura* (Série 1) e tratados com NaOH (Série 2), em solução de KCl 0,1 mol·L⁻¹.

2. Efeito do pH e da dose adsorvente na remoção

Um dos fatores relevantes nos processos de bioadsorção 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 (–OH, –COOH, –NH₂) presentes na superfície dos bioadsorventes, 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 (–COOH → –COO⁻, –OH → –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 adsorvido 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_o (mg/L) | Abs. média | C_e (mg/L) | Remoção (%) | q_e (mg/g) — 50 mL | Condição | C_o (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.

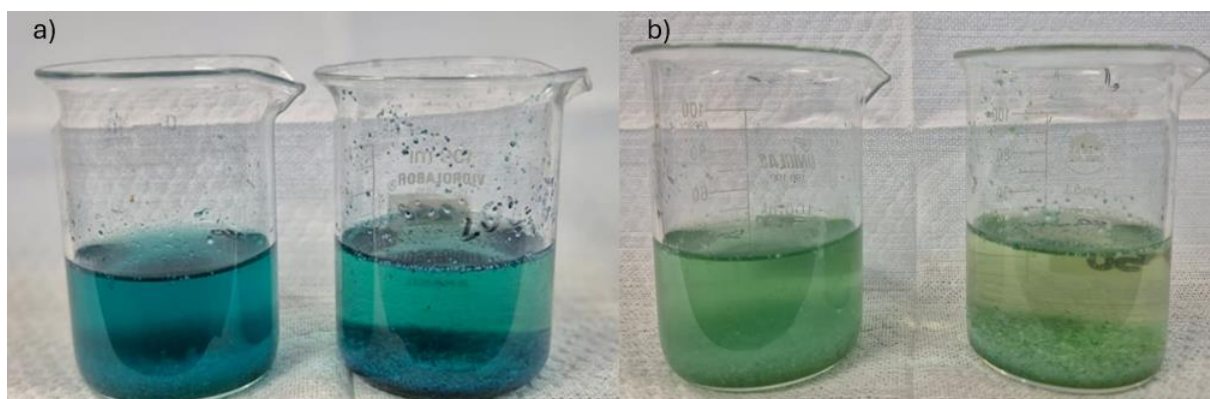


Figura 3: Solução de AM 5mg/L após tempo de contato com a biomassa *in natura* e tratada com NaOH, respectivamente; b) Solução de AM 10 mg/L após tempo de contato com a biomassa *in natura* e tratada com NaOH, respectivamente.

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.

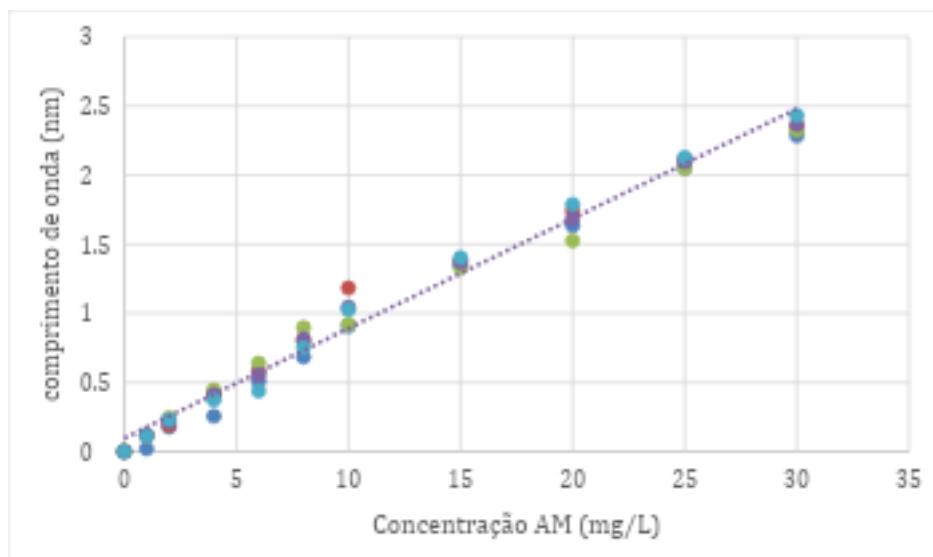


Figura 4: Curva analítica do azul de metileno obtida por espectrofotometria UV-Vis.

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.: $-\text{COOH}$), 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 (k_L), apresentados na Tabela 2.

| pH da Biomassa | Modelo Langmuir | R^2 | $Q_{\text{máx}}$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) | k_L ($\text{L}\cdot\text{mg}^{-1}$) |
|-------------------|--------------------|-------|---|--|
|-------------------|--------------------|-------|---|--|

| 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 |
| pH da Biomassa | Modelo Freundlich | R ² | Kf | N |
| Ácido (5) | $\ln qe = 0,7116\ln Ce + 0,4185$ | 0,9609 | 0,382 | 1,405 |
| Básico (8) | $\ln qe = 0,4091\ln Ce + 0,2509$ | 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.: $-\text{COO}^-$), 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.

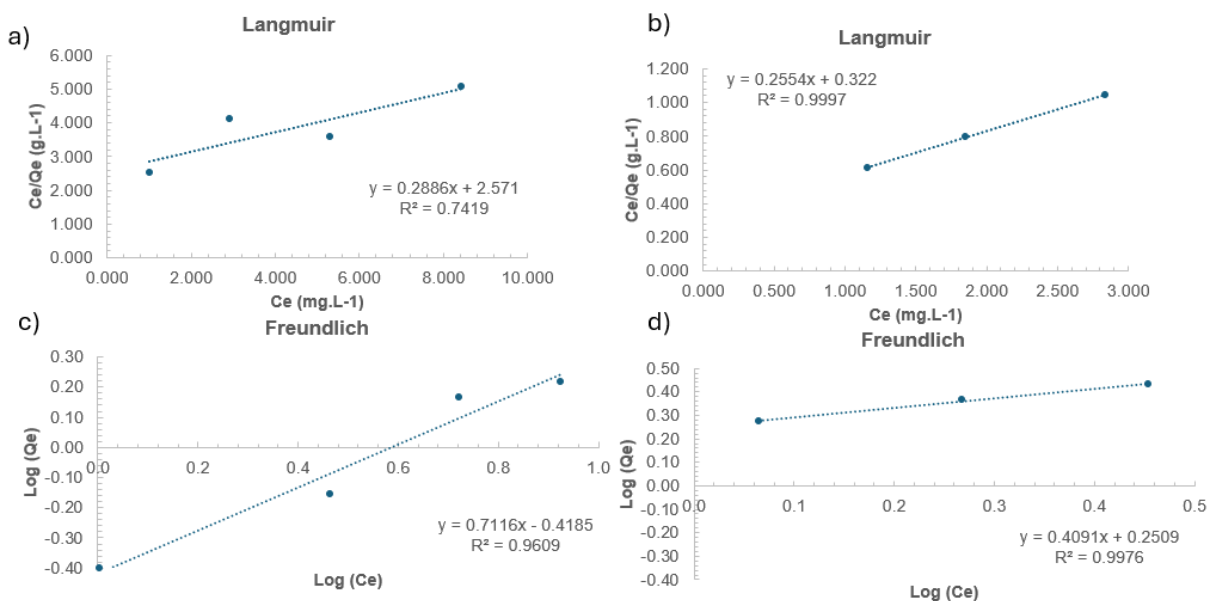


Figura 5: Ajuste linear dos modelos de isoterma de adsorção: (a, c) biomassa de maracujá *in natura* e (b, d) biomassa tratada com NaOH. As figuras (a–b) correspondem à linearização de Langmuir e as figuras (c,) à linearização de Freundlich.

Os resultados apresentados na Tabela 2 evidenciam que o pH exerce influência significativa na bioadsorção 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 ($R^2 = 0,9997$; $q_{\max} = 3,915 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$; $k_L = 0,793 \text{ L} \cdot \text{mg}^{-1}$) 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 (Khattari & 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 bioadsorvente 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 bioissorvente 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 bioadsorção 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.l.]. 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 fotocatalise: 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.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119012>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261933882X?via%3Dihub>.

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.