

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ADSORVENTE DA CASCA DE ARROZ IN NATURA E BIOCARVÃO NA REMOÇÃO DO CORANTE ALARANJADO DE METILA

Data de aceite: 02/05/2023

Marina Castanha Marques

Mariza Campagnolli Chiaradia Nardi

<http://lattes.cnpq.br/5457333111077975>

1 | INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida e a sua contaminação é um problema que está cada vez mais evidente e que afeta a todos. A indústria têxtil gera um grande volume de efluentes líquidos, que estão contaminados com diferentes tipos de corantes e compostos orgânicos. Por isso, os rejeitos precisam de tratamento antes de ser descartados, garantindo a segurança dos consumidores e do meio ambiente, pois o descarte incorreto dos efluentes provoca sérios danos à fauna e à flora, interferindo principalmente no crescimento de bactérias que são necessárias para a degradação de impurezas. (SILVA; OLIVEIRA, 2012).

A produção mundial de corantes sintéticos é estimada em 800 milhões de toneladas por ano (GRELUK e HUBICKI,

2011). Aproximadamente 15% da produção de corantes é descartada para o meio ambiente (GUARATINI e ZANONI, 2000). O processo físico de adsorção está sendo muito empregado para a remoção de corantes em efluentes líquidos de origem industrial, pois essa é uma técnica rápida, que possui um baixo custo e uma alta eficiência na remoção de corantes têxteis (ALMEIDA *et al.*, 2017). O carvão mineral ativado é o adsorvente mais utilizado e apresenta um alto nível de eficiência, porém, seu custo é elevado (BACCAR *et al.*, 2009).

O Brasil é um grande produtor de arroz, um dos cereais mais consumidos no mundo. No ano de 2021, o Brasil produziu cerca de 11,6 milhões de toneladas de arroz em casca, o que representa um desempenho médio de 6,9 mil kg/ha (IBGE, 2022). Contudo, a casca do arroz, principal subproduto gerado, representa 20% da produção de arroz (FOLETTTO *et al.*, 2005; WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). Em razão da alta atividade agrícola existente no Brasil, são geradas por ano

milhões de toneladas de resíduos agroindustriais, dentre eles, 2,2 milhões de toneladas de casca de arroz (TEIXEIRA, 2021). Segundo Almeida (2010), devido a sua fibrocidade, dureza, abrasividade, baixas propriedades nutritivas e grande volume, a casca de arroz não possui valor comercial, e a sua lenta biodegradação faz com que a casca permaneça inalterada, causando danos ao meio ambiente. Uma das formas de reaproveitar a casca do arroz é utilizá-la como adsorvente para o tratamento de efluentes. Para isso, ela pode ser utilizada in natura, ou transformada em carvão para, então, ser usada para a remoção de contaminantes que estejam presentes na água (FOLETTO *et al.*, 2005; SCHETTINO JR. *et al.*, 2007).

Neste contexto, foi realizado um estudo para avaliar a capacidade adsorvente da casca de arroz in natura e do biocarvão de casca de arroz no tratamento de águas contaminadas com o corante alaranjado de metila (C₁₄H₁₄N₃NaO₃S). Esse corante pertence à classe dos corantes azoicos e é aplicado especificamente ao tingimento das fibras do algodão (LABSYNTH, 2017; MAZZA, 2012). Segundo Villela (2003), os azo-corantes são corantes sintéticos que apresentam uma grande resistência a degradação natural, e um caráter cancerígeno e mutagênico.

2 | OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo analisar e comparar a eficiência de remoção do corante alaranjado de metila da água, através do processo de adsorção, utilizando como adsorvente o carvão ativado feito a partir da casca de arroz e a casca de arroz in natura. Para isso, foi necessário obter as isotermas de adsorção para cada um dos adsorventes estudados, otimizando parâmetros fundamentais para o estudo cinético de adsorção. Desta maneira, este estudo foi realizado com o intuito de contribuir com a preservação do meio ambiente e com a sustentabilidade do sistema agroindustrial brasileiro.

3 | METODOLOGIA

Nesse estudo foram utilizados os seguintes materiais, reagentes e instrumentos: casca de arroz in natura doadas pela Beneficiadora J. A. Carrera da cidade de Leme/SP, corante alaranjado de metila, água destilada, vidrarias e materiais volumétricos, estufa de secagem e esterilização Fanen 315 SE, mufla elétrica Fornitec Indústria e Comércio Ltda, jarrest microprocessado Alfakit AT 403, espectrofotômetro UV-Vis Globral Trade Technology.

A casca de arroz in natura foi preparada e utilizada na síntese do biocarvão. Os adsorventes foram submetidos a um estudo cinético, variando-se o tempo de contato entre adsorvente e adsorvato, a massa do adsorvente e a velocidade de agitação do sistema jarrest. Os parâmetros otimizados no estudo cinético foram utilizados para obtenção das isotermas de adsorção e com base nas isotermas obtidas, foi realizada uma comparação entre os adsorventes estudados quanto a sua eficiência para o tratamento de águas

contaminadas com o corante alaranjado de metila.

4 | DESENVOLVIMENTO

As cascas de arroz (CA) foram primeiramente lavadas e colocadas em estufa por 5 horas e 30 minutos para secar a cerca de 110 °C. Em seguida, as cascas secas foram trituradas e homogeneizadas em um moinho de facas, peneiradas em peneira de 20 mesh e acondicionadas em frascos plásticos com tampa.

O procedimento para a produção do biocarvão foi baseado na metodologia estabelecida no trabalho de Carvalho (2018). Para otimizar o processo de carbonização, foram realizados quatro ensaios com a CA em diferentes temperaturas, e cada amostra foi aquecida durante 60 minutos nas temperaturas de 350 °C, 450 °C, 550 °C e 650 °C, em um forno tipo mufla.

A temperatura mais adequada para a produção do biocarvão foi determinada pesando 3 g de cada carvão obtido nas diferentes temperaturas, adicionando-se 25 mL de água destilada à cada amostra, que foram submetidas à agitação e filtração, para observação da cor do filtrado e determinação do pH. Segundo Carvalho (2018), um biocarvão de qualidade apresenta um filtrado límpido e um pH mais próximo da neutralidade.

O rendimento da síntese do biocarvão foi determinado pesando-se a casca de arroz seca antes e depois da carbonização. A carbonização ocorreu na mufla e, depois do resfriamento no dessecador, o biocarvão foi pesado. Esse procedimento foi repetido até a obtenção de um quilo de biocarvão. O biocarvão obtido foi homogeneizado e acondicionado em frascos plásticos com tampa.

Foi realizado um estudo comparativo da capacidade adsortiva do biocarvão da casca de arroz e das cascas de arroz in natura para remoção do corante alaranjado de metila presente em soluções aquosas. Para isso, as condições como tempo de contato adsorvato/adsorvente, massa de adsorvente e velocidade de agitação do sistema jarrest utilizado foram otimizadas.

Inicialmente, 5,0 g do adsorvente foi colocada em contato com 1 L da solução de corante de 20 mg/L e mantida sob agitação de 100 rpm em jarrest por 5, 10, 30, 60, 90 e 120 minutos. Em seguida, fixou-se o tempo de contato adsorvente/adsorvato otimizado, para ser realizado o mesmo teste, variando as massas do adsorvente em 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 gramas. E, finalmente, foram fixados os parâmetros tempo de contato e massa de adsorvente ótimos, para avaliar a velocidade de agitação no sistema jarrest, variando-se a velocidade em 20, 40, 80, 100, 150 e 300 rpm. Após cada teste de adsorção, uma amostra da solução de corante foi coletada, submetida à centrifugação por 6 minutos a 3000 rpm e foi determinada a concentração do corante na solução por espectrofotometria no UV-Vis, no comprimento de 460 nm.

Uma vez otimizados os parâmetros do processo adsorvativo para cada um dos

adsorventes estudados, eles foram empregados na construção das isotermas de adsorção, utilizando soluções do corante alaranjado de metila com concentrações de 2, 4, 10, 14, 20 e 40 mg/L.

5 | RESULTADOS

5.1 Espectro de absorção

Para se obter a concentração do corante alaranjado de metila presente na solução, utilizou-se o método da calibração externa. Para isso, foi obtido o espectro de absorção UV-Vis do corante alaranjado de metila, e observou-se que no comprimento de onda de 460 nm havia a maior absorção de energia. Em seguida, utilizou-se o comprimento de onda de 460 nm para construir a curva analítica, medindo-se a absorbância de soluções do corante alaranjado de metila com concentrações entre 0,10 mg/L e 20 mg/L. Através da regressão linear, obteve-se a equação da reta para a curva analítica, que foi utilizada para determinar a concentração de alaranjado de metila nas soluções empregadas no estudo cinético e na construção das isotermas de adsorção e, assim verificar a eficiência do processo adsorativo.

5.2 Casca de arroz in natura

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos no processo de adsorção utilizando a casca de arroz in natura para diferentes concentrações iniciais da solução do corante alaranjado de metila, utilizando os parâmetros otimizados no estudo cinético, sendo eles, tempo de contato adsorvente/adsorvato de 30 minutos, 0,5 g de casca de arroz in natura e uma velocidade de agitação de 40 rpm.

Concentração inicial de corante (mg/L)	C_e (mg/L)	Quantidade de corante adsorvida (%)	q_e (mg/g)
1	0,806	19,45	0,3890
2	1,617	19,16	0,7664
4	3,130	21,75	1,7399
10	7,808	21,92	4,3843
14	10,829	22,65	6,3429
20	15,616	21,92	8,7687

Tabela 1: Concentração inicial do corante em solução, concentração remanescente de corante em solução (C_e) após o processo adsorativo, porcentagem de corante adsorvida e quantidade de corante adsorvido por grama de casca de arroz in natura no equilíbrio (q_e), determinadas sob as condições otimizadas.

Com os dados da Tabela 1, foi construída a isoterma de adsorção a partir da concentração de soluto adsorvido por grama de adsorvente no equilíbrio (q_e) e da

concentração de corante remanescente em solução (C_e). O modelo que mais se adequou a isoterma do corante alaranjado de metila na casca de arroz in natura, foi o proposto por Freundlich. O gráfico $q_e \times C_e$ foi ajustado ao modelo de Freundlich, utilizando a regressão linear, conforme mostrado na Figura 1. O perfil da isoterma do corante alaranjado de metila na casca de arroz in natura é linear. Segundo Nascimento *et al.* (2014), a isoterma linear indica que a massa de alaranjado de metila retida por unidade de massa da casca de arroz in natura é proporcional à concentração de equilíbrio do alaranjado de metila na fase líquida. Além disso, os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que a porcentagem máxima de corante que foi adsorvido pelo adsorvente foi de apenas 22,65%.

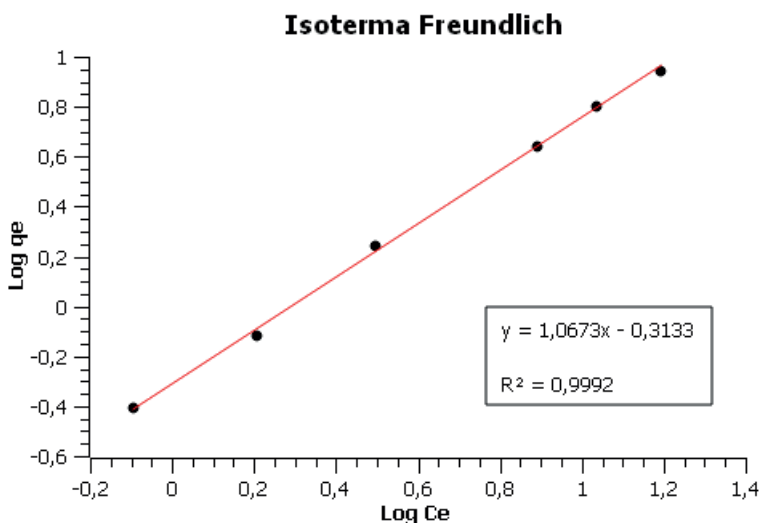


Figura 1: Isoterma de adsorção do alaranjado de metila da casca de arroz in natura, ajustada, por regressão linear, ao modelo proposto por Freundlich

5.3 Biocarvão da casca de arroz

O biocarvão produzido à temperatura de 650 °C foi o que apresentou um filtrado mais límpido, sendo essa a temperatura mais adequada e utilizada para a síntese do biocarvão. As condições ótimas obtidas no estudo cinético realizado para o biocarvão foram tempo de contato de 120 minutos, 10 g de biocarvão e uma velocidade de agitação de 300 rpm. Essas condições foram utilizadas na construção da isoterma de adsorção do alaranjado de metila no biocarvão, empregando-se diferentes concentrações iniciais da solução do corante, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 2.

Concentração inicial de corante (mg/L)	C_e (mg/L)	Quantidade de corante adsorvida (%)	q_e (mg/g)
1	0,276	72,38	0,0724
2	0,345	82,74	0,1655
4	0,800	80,01	0,3200
10	2,572	74,28	0,7428
14	3,700	73,57	1,0300
20	7,008	64,96	1,2992

Tabela 2: Concentração inicial de corante em solução, concentração remanescente do corante em solução após o processo adsorptivo (C_e), porcentagem de corante adsorvida e quantidade de corante adsorvido por grama de biocarvão no equilíbrio (q_e), determinadas sob as condições otimizadas.

O modelo que mais se adequou a isoterma de adsorção do corante alaranjado de metila no biocarvão, foi o proposto por Langmuir. O gráfico $q_e \times C_e$ foi ajustado utilizando uma regressão não linear, conforme apresentado na Figura 2. O perfil da isoterma do corante alaranjado de metila no biocarvão da casca de arroz é favorável. Segundo Nascimento *et al.* (2014), a isoterma favorável indica que a massa do alaranjado de metila retida por unidade de massa do biocarvão é alta para uma baixa concentração de equilíbrio do corante na fase líquida. Isto também pode ser verificado com base nas porcentagens de adsorção do corante obtidas para o biocarvão apresentadas na Tabela 2, já que a porcentagem de adsorção máxima obtida foi de 82,74%.

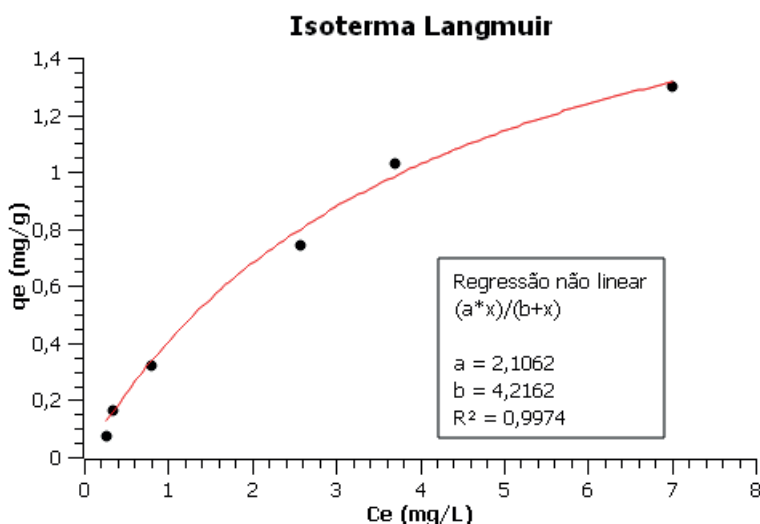


Figura 2: Isoterma de adsorção do alaranjado de metila no biocarvão, ajustada por regressão não linear, ao modelo proposto por Langmuir

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O carvão ativado comercial é atualmente o adsorvente mais aplicado na remoção de corantes em águas contaminadas, contudo, novos adsorventes vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de se reaproveitar resíduos agrícolas. A casca de arroz é um resíduo que pode ser aplicado para essa finalidade. Os resultados desse trabalho evidenciam que, embora sua capacidade adsorvente seja baixa quando a casca de arroz foi utilizada in natura, removendo apenas 22,65% do corante alaranjado de metila, sua eficiência melhora consideravelmente quando ela é utilizada para a síntese do biocarvão, para o qual se obteve uma adsorção máxima de 82,74%. As isotermas obtidas dos estudos cinéticos comprovam esses dados, indicando um perfil linear para a casca de arroz in natura, e um perfil favorável para o biocarvão de casca de arroz. Portanto, verificou-se que o biocarvão de cascas de arroz pode ser considerado um bom adsorvente e uma alternativa ao uso do carvão ativado para o tratamento de efluentes contaminados com o corante alaranjado de metila.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, É. J. R. de; DILARRI, G.; CORSO, C. R. **A indústria têxtil no Brasil: uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes**. 2017. Departamento de Bioquímica e Microbiologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro.

ALMEIDA, S. R. **Pirólise rápida de casca de arroz: estudo de parâmetros e caracterização de produtos**. 2010. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BACCAR, R.; BOUZID, J.; FEKI, M.; MONTIEL, A. Preparation of activated carbon from Tunisian olive-waste cakes and its application for adsorption of heavy metal ions. *Journal of Hazardous Materials*, v. 162, n. 2-3, p. 1522-1529, mar. 2009.

CARVALHO, R.S. de. **Produção e caracterização de biocarvão de bagaço de laranja para utilização no pós-tratamento de água residuária**. 2018. 149 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal de Sergipe, 2018.

FOLETTTO, E. L.; HOFFMANN, R.; HOFFMANN, R. S.; PORTUGAL JR, U. L.; JAHN, S. L. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. *Química Nova*, v. 28, n. 6, p. 1055-1060, dez. 2005.

GRELUK, M.; HUBICKI, Z. Efficient removal of Acid Orange 7 dye from water using the strongly basic anion exchange resin Amberlite IRA-958. *Desalination*, v. 278, n. 1-3, p. 219-226, jan. 2011.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. *Química Nova*, v. 23, n. 1, p. 71-78, jan. 2000. Disponível em: http://static.sites.sbg.org.br/quimicanova.sbg.org.br/pdf/Vol23No1_71_v23_n1_%2812%29.pdf. Acesso em: 14 ago. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA: Tabelas**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acesso em: 14 ago. 2022.

LABSYNTH. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos – alaranjado de metila**. 2017. Disponível em: <https://www.labsynth.com.br/fispq/FISPQ-%20Aalaranjado%20de%20Metila.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2022.

MAZZA, A. I. **Adsorção de corantes catiônicos em solução aquosa utilizando resíduo de bagaço de cana - RBC**. 2012. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Pós-Graduação em Ecossistemas Marinhos, Universidade Santa Cecília, Santos, 2012.

NASCIMENTO, R. F. do; LIMA, A. C. A. de; VIDAL, C. B.; MELO, D. de Q.; RAULINO, G. S. C. **ADSORÇÃO: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 256 p. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/10267>. Acesso em: 13 ago. 2022.

SCHETTINO JR, M. A.; FREITAS, J. C. C.; CUNHA, A. G.; EMMERICH, F. G.; SOARES, A. B.; SILVA, P. R. N. Preparação e caracterização de carvão ativado quimicamente a partir da casca de arroz. **Química Nova**, v. 30, n. 7, p. 1663-1668, ago. 2007.

SILVA, W. L. L. D.; OLIVEIRA, S. P. D. Modificação das características de adsorção do bagaço de cana para remoção de azul de metileno de soluções aquosas. **Scientia Plena**, v.8, p.1-9, set. 2012. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/831/570>. Acesso em: 05 ago. 2022.

TEIXEIRA, M. B. **Influência da cinza da casca de arroz em pastas de cimento para fases iniciais de poços de petróleo offshore, uma alternativa sustentável e econômica**. 2021. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Centro de Ciências Exatas e da Terra - CCET, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/32621>. Acesso em: 13 ago. 2022.

VILLELA, S. M. **Biodegradação de efluentes industriais na presença de lacase de *Aspergillus sp* e peroxidase de raiz forte**. 2003. 50 f. Relatório de Estágio – CFM Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, ago. 2008.