

Aplicação de subproduto mineral na remoção do corante Basazol Yellow 5G

Application of mineral by-product to remove the dye Basazol Yellow 5G

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade do subproduto mineral na remoção do corante Basazol Yellow 5G em solução aquosa a partir da análise de parâmetros operacionais e do teste cinético. Os testes foram divididos em: preparo e caracterização do material adsorvente, teste de condições operacionais e teste cinético. Considerando que o material utilizado encontrava-se previamente peneirado, foi caracterizado que o diâmetro médio das partículas é de 0,038 mm. Por meio do pH_{pCz} 6,8 verificou-se que valores de pH mais básicos favorecem a remoção visto a natureza catiônica do corante em estudo. Na etapa seguinte, foi observado que o pH 13 apresentou maior remoção. A análise cinética indicou uma remoção de 93,58% e um tempo de equilíbrio de 60 minutos, sendo que nos primeiros 5 minutos a remoção foi superior a 80%. O modelo cinético de pseudo-segunda ordem foi o que melhor ajustou-se aos dados experimentais. A partir dos testes realizados, foi possível verificar a eficácia do subproduto na remoção do corante Basazol Yellow 5G, tornando-o como uma alternativa economicamente viável para o tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção. Rochas. Espectrofotometria.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the capacity of the mineral by-product in the removal of Basazol Yellow 5G dye in aqueous solution from the analysis of operational parameters and kinetic test. The tests were divided into: preparation and characterization of the adsorbent material, test of operational conditions and kinetic test. Considering that the material used was previously sieved, it was characterized that the average particle diameter is 0.038 mm. Using pH_{pCz} 6.8, it was found that more basic pH values favor removal due to the cationic nature of the dye under study. In the next step, it was observed that pH 13 showed greater removal. A kinetic analysis indicated a removal of 93.58% and an equilibrium time of 60 minutes, occurring in the first 5 minutes a removal greater than 80%. The pseudo-second order kinetic model was the best adjusted to the experimental data. From the tests carried out, it was possible to verify the efficacy of the by-product in removing the Basazol Yellow 5G dye, making it an economically viable alternative for the treatment.

KEYWORDS: Adsorption. Rocks. Spectrophotometry.

Mariane Hawerth

mari.hawerth@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Juliana Martins Teixeira de Abreu Pietrobelli

jpietrobelli@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Lariana Negrão Beraldo de Almeida

beraldolariana@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil

Carla Fernanda Genaro

carlagenaro@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A água residual proveniente de processos industriais é um dos maiores motivos de preocupação ambiental no ambiente industrial devido à dificuldade de tratamento de certas substâncias presentes nos efluentes e pela obrigatoriedade do cumprimento das leis ambientais. A exemplo de indústrias de embalagens de papel, a mesma utiliza elevada quantidade de água em seus processos, gerando inclusive efluentes coloridos. Este tipo de efluente gera além de poluição visual, prejuízos ao meio ambiente, demandando tratamentos eficientes para sua remoção visto a toxicidade e elevadas concentrações de corante (SILVA, 2012).

O corante Basazol Yellow 5G utilizado no presente trabalho foi doado por uma empresa no ramo de embalagens e é classificado como básico, também designado como corante catiônico, e possui aplicação específica em papel. Segundo a BASF (2017), este corante possui cor amarela e pH ácido (1,0 – 3,0).

Existem inúmeros métodos físicos e químicos para tratar efluentes contaminados com corantes, sendo que os mais utilizados são a adsorção, eletroquímica, precipitação química, ozonização, separação por membranas seletivas e processos biológicos (FREIRE, 2018).

A adsorção é uma técnica que consiste no contato de uma fase líquida ou gasosa com o adsorvente em fase sólida. Este material adsorvente possui a capacidade de fixar uma ou mais espécies contidas no fluido devido a ação de forças físicas ou ligações químicas (BORBA *et al.*, 2006) e viabiliza o reuso do efluente ou posterior retorno a rios ou lagos. Este método de tratamento é atrativo principalmente quando o material adsorvente possui baixo custo, é abundante e não demandar outros pré-tratamentos para utilização. Considerando que o adsorvato concentra-se na superfície do adsorvente, materiais porosos possuem maior aplicabilidade como adsorvente devido a sua maior área superficial disponível para a adsorção (BORBA *et al.*, 2006).

Considerando as características necessárias para um adsorvente atrativo, o subproduto mineral (pó de pedra) mostra-se como uma alternativa visto que o mesmo é um rejeito oriundo da extração de rochas, possuindo baixo custo e sem destinação totalmente definida (MENOSSI, 2010).

Assim, este trabalho objetiva avaliar a capacidade do subproduto mineral na remoção do corante Basazol Yellow 5G em solução aquosa a partir da análise de parâmetros operacionais e por meio do teste cinético.

MATERIAL E MÉTODOS

O subproduto mineral foi doado por uma empresa mineradora da região dos Campos Gerais e provém de rochas de granito rosado. Com um agitador eletromagnético com peneiras granulométricas redondas (Bertel – AAKER), o material foi peneirado por 10 minutos para determinação da granulometria.

Para a realização dos experimentos foram preparadas soluções aquosas de corante Basazol Yellow 5G por diluição em água destilada nas concentrações de 0 a 60 ppm (0; 2,5; 5; 8; 10; 20; 30; 40; 50; 60 ppm). Em seguida, realizou-se as leituras no espectrofotômetro UV-Vis (N6000) em modo varredura no comprimento de onda entre 300 e 800 nm.

No teste de Carga Zero foram colocados 0,05 gramas de subproduto mineral e 25 mL de solução de NaCl 0,01 M com pH ajustado de 1 a 12. As amostras permaneceram em um *shaker* do tipo banho metabólico (Solab® - Dubnoff SL 157), durante 24 horas a 30°C e 150 rpm. Na sequência, foi realizado a leitura do pH.

Em todos os experimentos seguintes, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm durante 10 minutos e lidas no espectrofotômetro UV – Vis (N6000) após o período determinado para cada teste. Os ajustes de pH foram realizados utilizando soluções de hidróxido de sódio (NaOH) e ácido clorídrico (HCl).

Para o teste de influência de pH na banda de absorção do corante, foram utilizados 25mL da solução sintética de corante Basazol Yellow 5G (60 ppm). O pH das amostras foi ajustado individualmente na faixa de 1 a 13. As amostras foram mantidas em repouso por 24 horas.

Para o teste de influência do pH foram utilizados 0,05 g de subproduto mineral e 25 mL da solução sintética de corante (60 ppm) com pH ajustado na faixa de 1 a 13. As amostras permaneceram no *shaker* durante 6 horas a 30°C e 150 rpm.

Realizados os testes operacionais, efetuou-se o teste cinético para constatar o tempo necessário que o sistema, corante Basazol Yellow 5G e subproduto mineral, atinjam o equilíbrio. O experimento foi realizado em triplicata e consistiu em adicionar 0,15 g de subproduto mineral a 25 mL da solução de Basazol Yellow 5G (60 ppm), com pH ajustado nas condições de 30°C e 150 rpm. Foram retiradas amostras em intervalos de tempo até 2160 minutos. Os modelos cinéticos utilizados para realizar o ajuste aos dados experimentais foram os de pseudo-primeira ordem, pseudo-segunda ordem e Elovich.

Para utilizar estes modelos, primeiramente deve-se determinar a quantidade de adsorvato na fase sólida através da Eq. (1):

$$q_e = \frac{V(C_0 - C)}{m_s} \quad (1)$$

Em que: q_e é a quantidade de adsorvato na fase sólida (mg g^{-1}); V é o volume da solução (L); C_0 é a concentração inicial de adsorvato em solução (mg L^{-1}); C é a concentração de adsorvato em solução (mg L^{-1}) e; m_s é a massa de adsorvente (g).

O modelo de pseudo-primeira ordem é baseado na capacidade de adsorção sólidos (NASCIMENTO, 2014), tendo sua equação linearizada descrita pela Eq. (2):

$$\log(q_{eq} - q_t) = \log(q_{eq}) - \left(\frac{k_1}{2,303}\right)t \quad (2)$$

Em que: q_{eq} é quantidade adsorvida por grama de adsorvente no equilíbrio (mg g^{-1}); q_t é quantidade adsorvida por grama de adsorvente no tempo t (mg g^{-1}) e; k_1 é constante da taxa de adsorção de pseudo-primeira ordem (min^{-1}).

Já o modelo de pseudo-segunda ordem relaciona taxa de adsorção com a quantidade da espécie química adsorvida na superfície do adsorvente e a quantidade adsorvida no equilíbrio, descrita pela Eq. (3) linearizada (PIETROBELLI, 2013).

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_{eq}^2} + \frac{1}{q_{eq}} t \quad (3)$$

Em que: k_2 é a constante de velocidade de adsorção do modelo cinético pseudo-segunda ordem ($\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$).

Para o modelo de Elovich aplica-se a Eq. (4), o qual é considerado um indicativo de quimiossorção, assim como o de pseudo-segunda ordem, e sugere que as superfícies de adsorção são heterogêneas (DEBRASSI, 2011).

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln(t) \quad (4)$$

Em que: α é taxa de adsorção inicial ($\text{mg g}^{-1} \text{min}^{-1}$) e β é constante de dessorção (mg g^{-1}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O material adsorvente doado passou nas peneiras granulométricas, assim foi determinado que o mesmo apresentava diâmetro volumétrico médio de partícula de 0,038 mm (MESH 325 - 400), sendo esta a granulometria do material utilizada em todos os demais testes.

A partir do teste de deslocamento da banda de absorção observou-se que o corante Basazol Yellow 5G apresenta deslocamento do comprimento de onda na faixa de maior absorção conforme a variação do pH. Isto ocorre devido a alteração da cor inicial da solução de corante conforme o ajuste de pH com adição de HCl e NaOH. Os resultados estão descritos na Tabela 1.

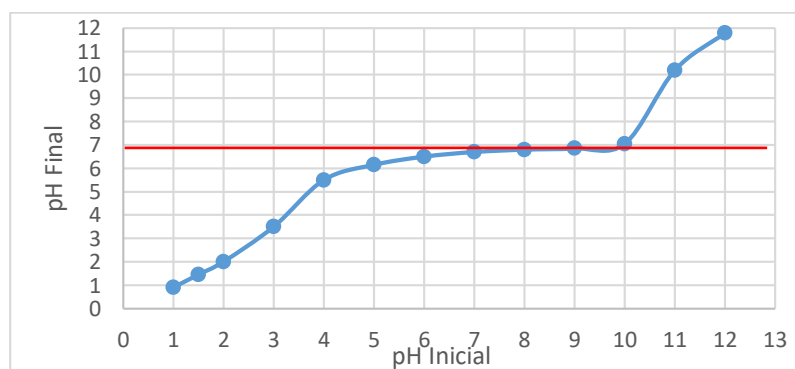
Tabela 1. Influência do pH na banda de absorção

Faixa de pH	Comprimento de Onda (nm)
1 – 2	367
3	407
4 – 10	413
11 – 13	432

Fonte: Autoria própria(2020).

O ponto de carga zero (pH_{pcz}) indica o pH em que o adsorvente tem carga neutra e não contribui para o pH da solução. Visto que o Basazol Yellow 5G é um corante de natureza catiônica, valores de pH acima do pH_{pcz} favorecem a remoção do corante pois a superfície do material é carregada negativamente e isto propicia atração eletrostática entre a carga na superfície do material adsorvente e o grupo catiônico da solução (DEOLIN, 2013). Portanto, observou-se que valores de pH acima de 6,8 seriam mais favoráveis a remoção do corante utilizando o subproduto mineral, conforme observado na Figura 1.

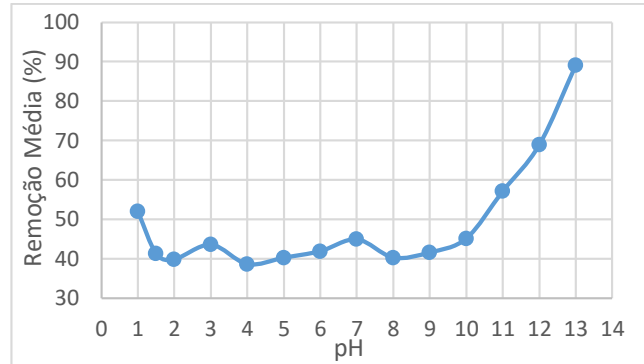
Figura 1 - Teste de Carga Zero



Fonte: Autoria Própria (2020).

Entre os valores de pH testados o que apresentou o maior valor de remoção de corante pelo subproduto mineral foi o pH 13. Assim, foi observado que valores de pH mais básicos favorecem a remoção, sendo a máxima remoção encontrada no experimento de 89,06 % para pH 13, conforme Figura 2.

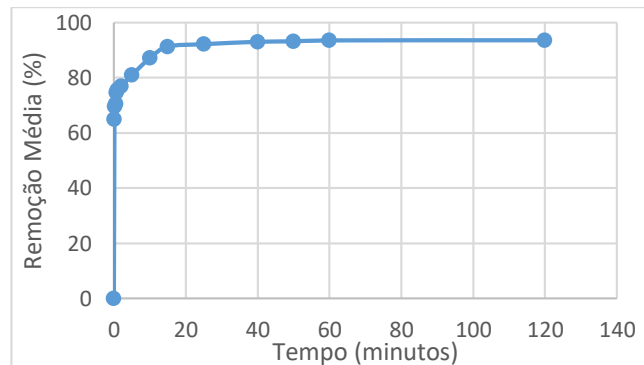
Figura 2 - Remoção do corante entre o pH 1 a 13



Fonte: Autoria Própria (2020).

A partir do teste cinético, verificou-se que nos primeiros 5 minutos de adsorção ocorreu uma remoção de 80,93%, demonstrando a rapidez que a reação ocorre. Entretanto, o equilíbrio ocorre a partir de 60 minutos com uma remoção de 93,53% do corante Basazol Yellow 5G, conforme Figura 3.

Figura 3. Cinética de adsorção do Basazol Yellow 5G pelo subproduto mineral.



Fonte: Autoria Própria (2020).

A partir dos dados experimentais, aplicou-se os modelos de pseudo-primeira ordem, pseudo-segunda ordem e de Elovich para determinar seus respectivos parâmetros cinéticos e coeficientes de correlação, descritos na Tabela 2.

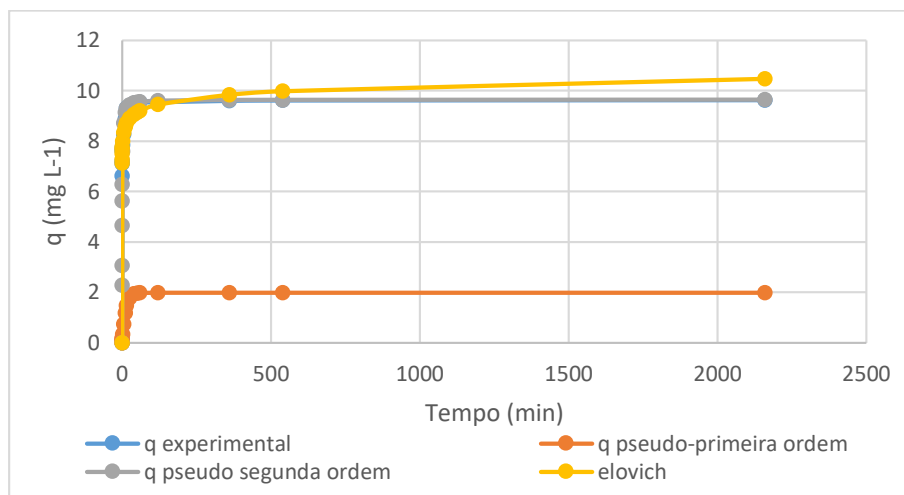
Tabela 2 - Modelos Cinéticos

Modelo Cinético	Parâmetros	Coefficiente de Correlação (R ²)
Pseudo-primeira ordem	$q_e = 1,9834 \text{ mg g}^{-1}$ $k_1 = 0,09028 \text{ min}^{-1}$	0,9517
Pseudo-segunda ordem	$q_e = 9,6339 \text{ mg g}^{-1}$ $k_2 = 0,1934 \text{ min}^{-1}$	1
Elovich	$\alpha = 1179426932,4166 \text{ mg g}^{-1} \text{ min}^{-1}$ $\beta = 2,8288 \text{ g mg}^{-1}$	0,8665

Fonte: Autoria Própria (2020).

Com base nos resultados obtidos, foi observado que o modelo de pseudo-segunda ordem foi o que apresentou maior coeficiente de correlação (R^2) e mais se aproxima do comportamento dos dados experimentais, conforme observado na Figura 4. Isto também pode ser verificado pela proximidade do valor de $q_e = 9,6339 \text{ mg g}^{-1}$ ao valor experimental $q_e = 9,5405 \text{ mg g}^{-1}$.

Figura 4 - Comparativo entre os modelos cinéticos e os dados experimentais



Fonte: Autoria Própria (2020).

CONCLUSÃO

A partir dos parâmetros avaliados no presente trabalho, verificou-se que o pH ótimo para remoção é pH 13, embasado pelos resultados do teste de carga zero e pelas características catiônicas do corante utilizado.

O sistema atingiu o equilíbrio em 60 minutos com máxima remoção de 93,58%. Porém, já nos primeiros 5 minutos ocorreu uma remoção de 80%, demonstrando a efetividade do adsorvente. O modelo cinético que apresentou o maior coeficiente de correlação ($R^2 = 1$) e que demonstra maior proximidade ao realizado experimentalmente foi o de pseudo-segunda ordem, indicando a possibilidade de ser regido pelo mecanismo de adsorção química.

Assim, pode-se concluir que o subproduto mineral possui potencial para a remoção do corante Basazol Yellow 5G visto sua elevada remoção, disponibilidade e baixo custo.

AGRADECIMENTOS

À UTFPR pela infraestrutura para realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

BASF. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ):** corante Basazol Yellow 5G. 2017.

BORBA, C. E., GUIARDELLO, R., SILVA, E. A., VEIT, M.T., TAVARES, C. R. G. Removal of nickel (II) ions from aqueous solution by biosorption in a fixed bed column: Experimental and theoretical breakthrough curves. **Biochemical Engineering Journal**, v. 30: p. 184-191, 2006.

DEBRASSI, Aline; LARGURA, Maria Claudia Tonelli; RODRIGUES, Clóvis Antonio. Adsorção do corante vermelho congo por derivados da o-carboximetil quitosana hidrofobicamente modificados. **Química Nova**, Itajaí, v. 34, p. 764-770, 2011.

DEOLIN, Mara Helen da Silva et al. **Obtenção do ponto de carga zero de materiais adsorventes**. Maringá: Centro Universitário Cesumar, p. 2-5, 2013.

FREIRE, L. F. A.; FORMIGA, W. J. F.; LAGDEN, M. G.; DE LUNA; ALVES, A. S.; F. de L.; CORRÊA, M. de A.; DOS SANTOS, M. A. G. Avaliação da adsorção de efluente têxtil por compósitos de quitosana. **Revista Processos Químicos**, v. 12, n. 24, p. 9-17, 2018.

MENOSSI, R. T. et al. Pó de Pedra: uma alternativa ou um complemento ao uso da areia na elaboração de misturas de concreto?. **Holos Environment**, v. 10, n. 2, p. 209-222, 2010.

NASCIMENTO, R. F. do; LIMA, A. C. A. de L.; VIDAL, C. B.; MELO, D. de Q. M.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. p. 256.

PIETROBELLI, J. M. T. de A. **Remoção dos íons cádmio, cobre e zinco utilizando macrófita egeria densa**. 2012. 125 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

SILVA, W. L. L. da; DE 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.