

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO APLICADO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE TÊXTIL

BRUNA DA CONCEIÇÃO MARQUES^{1*}, LUÍS GUSTAVO BRESSAN², GABRIELA CRISTINA PERUSIN FLORES³, NICOLAS J. BIOLCHI⁴, ADRIANA DERVANOSKI⁵, EDUARDO PAVAN KORF⁶, GEAN DELISE LEAL PASQUALI⁷

1 Introdução

O lançamento de corantes no ambiente aquático através dos efluentes da indústria têxtil tem gerado problemas ambientais como a inibição da penetração de luz, impedindo o desenvolvimento de seres fotossintetizantes, interferindo na base da cadeia alimentar (Tranker, 2021). Além de apresentarem características tóxicas (Rodrigues, 2017), estudos apontam a correlação entre o câncer e os corantes sintéticos (Bharti et al., 2019; Arl et al. 2019; Singh e Chadha, 2016, Wang et al., 2018). Diante dos fatos apresentados, torna-se essencial avaliar as diferentes técnicas para remoção destes contaminantes dos efluentes produzidos nas indústrias têxteis. Dentre as diversas tecnologias aplicadas atualmente, encontram-se as seguintes: coagulação/floculação, eletrocoagulação, degradação química com ozônio, processos Fenton, adsorção dentre outros (Macedo et al., 2019). Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a eficiência da técnica de coagulação/floculação aplicada na remoção do corante azul marinho (AM-16) em amostras de efluente sintético, analisando diferentes variáveis e como estas interferem na eficiência deste tratamento.

2 Objetivos

Avaliar a eficiência do processo de coagulação/floculação, utilizando coagulante combinado com auxiliar de floculação aplicados na remoção do corante azul marinho em amostras de efluentes sintéticos.

3 Metodologia

O efluente sintético foi preparado em cubas Jar-test (2 L) com água alcalinizada com carbonato de cálcio (CaCO_3) agente tamponante, impedindo a ação acidificadora dos coagulantes. Após isto utilizou-se o corante azul-marinho -16 (AM-16) (Tingecor Guarani), nas

¹Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFFS, *campus Erechim*, Grupo de Pesquisa em Resíduos e Geotecnia Ambiental – REGEOAMB, marquesbruna2305@gmail.com

²Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, UFFS, *campus Erechim*

³Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, UFFS, *campus Erechim*

⁴Graduando em Ciências Biológicas, UFFS, *campus Erechim*

⁵Doutora em Engenharia Química, UFFS, *campus Erechim*

⁶Doutor em Engenharia Ambiental, UFFS, *campus Erechim*

⁷Orientadora - Doutora em Engenharia Química, UFFS, *campus Erechim*

concentrações de 150, 200, 250, 300 e 350 mg L⁻¹. A Tabela 1 apresenta as variáveis investigadas na remoção do corante AM-16, presente no efluente sintético utilizando o coagulante PAC e o sulfato de alumínio (Al₂(SO₄)₃). Neste estudo, foi usada a ferramenta do planejamento experimental do tipo planejamento Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR 2⁴). Foram utilizadas soluções de HCl (0,05 M) e NaOH (0,05 M) para correção do pH.

Tabela 1. Valores utilizados no DCCR 2⁴ para o estudo do processo de coagulação/ floculação utilizando o coagulante PAC e o Al₂(SO₄)₃ na remoção do corante têxtil AM-16

Variáveis	Níveis				
	-2	-1	0	1	2
[PC] (mg L ⁻¹)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Coagulante (mg L ⁻¹)	10	20	30	40	50
pH (PAC)	5	6	7	8	9
pH (Al ₂ (SO ₄) ₃)	4	5	6	7	8
[Corante AM-16] (mg L ⁻¹)	150	200	250	300	350

A cor (método 2120) foi determinada utilizando Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (Apha, Awwa e Wef, 2012). O potencial hidrogeniônico foi verificado através do método potenciométrico. A concentração do corante foi determinada utilizando uma curva padrão produzida pelo método espectrofotométrico direto UV-VIS (Nova instruments), no comprimento de onda de 562 nm (R²=0,997), todos os ensaios foram realizados em triplicata. Os resultados foram submetidos a ANOVA, sendo as variáveis dependentes analisadas utilizando o software Minitab 19.0, com um limite de confiança de 95%.

4 Resultados e Discussão

Remoção da concentração do corante AM-16

Os resultados obtidos para o processo de coagulação/floculação com a combinação de PAC 18% e o polímero catiônico (PC) apresentaram valores entre 77 e 99% de remoção do AM-16 presente no efluente sintético. No processo utilizando Al₂(SO₄)₃ combinado com o PC, obteve-se um valor médio de 71% na remoção do corante AM-16, apresentando valores mínimo 37% e máximo de 99,9%, respectivamente. Os melhores resultados apresentados foram no ensaio 12 e 28. O ensaio 12 apresentava o pH na faixa 5, a concentração do PC em 0,4 mg L⁻¹, do corante em 300 mg L⁻¹ e do coagulante em 40 mg L⁻¹, já no caso do ensaio 28 o pH inicial estava na faixa de 6, a concentração do PC em 0,3 mg L⁻¹, do corante em 250 mg L⁻¹ e do coagulante em 30 mg L⁻¹.

Tabela 1. Remoção da concentração do corante AM-16 e cor no efluente sintético por processo de coagulação/floculação utilizando os coagulantes PAC-18% e Al₂(SO₄)₃.

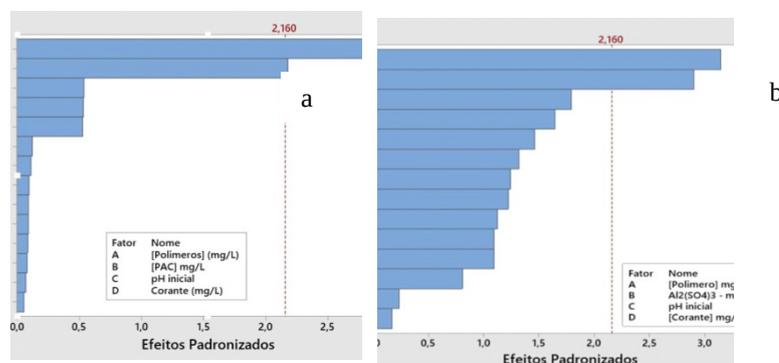
Ensaio s	Concentração inicial (mg L ⁻¹) Corante AM-16	Concentração final (mg L ⁻¹)	Remoção Corante (%)		Concentração final (mg L ⁻¹)	Remoção Corante (%)	
			PAC 18%	Remoção Cor%		Al ₂ (SO ₄) ₃	Remoção Cor (%)
1	200	8,89	95,56	57,89	5,56	97,22	99,90
2	200	5,56	97,2	99,00	3,33	98,33	99,90
3	200	14,44	92,78	98,20	5,56	97,22	99,90
4	200	4,44	97,7	99,80	5,56	97,2	99,90
5	200	10,0	95,00	97,45	55,56	72,22	99,90
6	200	7,78	96,1	98,80	126,67	36,6	36,16
7	200	4,44	97,78	99,90	111,11	44,44	39,66
8	200	3,33	98,33	99,90	116,67	41,67	38,49
9	300	66,67	77,78	73,71	167,78	44,07	34,50
10	300	2,22	99,26	92,55	162,22	45,93	39,00
11	300	3,33	98,89	98,96	158,89	47,04	42,98
12	300	2,22	99,26	96,07	0,00	99,90	92,82
13	300	5,56	98,15	97,20	140,00	53,33	43,80
14	300	5,56	98,15	97,80	161,11	46,30	35,80
15	300	6,67	97,78	97,00	183,33	38,89	29,20
16	300	6,67	97,78	96,40	172,22	42,5	28,80
17	250	5,56	97,78	96,20	42,22	83,11	74,66
18	250	5,56	97,78	94,60	103,33	58,67	49,51
19	250	4,44	98,22	97,00	110,00	56,00	38,24
20	250	3,33	98,67	96,80	7,78	96,89	87,15
21	250	10,0	96,00	95,60	10,00	96,00	84,66
22	250	-	-	65,00	123,33	50,67	48,65
23	150	4,44	97,04	96,20	5,56	96,3	80,10
24	350	5,56	98,41	96,40	10,00	97,14	95,40
25*	250	3,33	98,67	99,80	38,89	84,44	79,27
26*	250	3,33	98,67	99,00	44,44	82,22	75,08
27*	250	3,33	98,67	99,90	31,11	87,56	83,33
28*	250	3,33	98,67	99,60	3,33	98,67	98,68

*Desvio padrão ponto central (Al₂(SO₄)₃ [corante AM16] = 18,25 mgL⁻¹; Cor= 10,29%).

*Desvio padrão ponto central (PAC 18% [corante AM16] não houve desvio; Cor= 0,04%).

A Figura 1 apresenta os gráficos de Pareto para os resultados obtidos de remoção do corante AM-16 através do tratamento por coagulação/floculação utilizando PAC 18% (Figura 1a), sulfato de alumínio (Figura 1b).

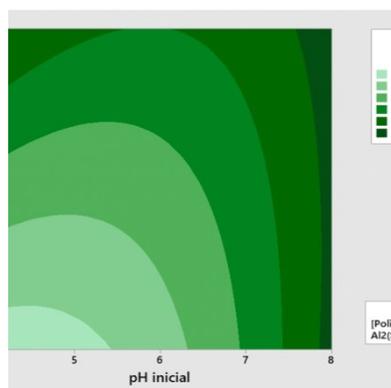
Figura 1. Gráfico de Pareto para remoção da corante AM-16 utilizando o PAC 18% (a); Al₂(SO₄)₃ (b);



Os resultados obtidos por meio da ANOVA indicaram que o pH foi o único fator de influência significativa e de comportamento não-linear na remoção do corante AM-16 por meio do processo de coagulação/floculação utilizando o PAC (Figura 1a). Já quando do uso do sulfato

de alumínio (Figura 1b), observou-se que tanto o pH inicial quanto a concentração do corante afetam o processo de coagulação/floculação de maneira linear. A variação de pH afeta a precipitação dos hidróxidos e altera a produção de hidrólises, com isso podemos afirmar que a mudança do pH pode afetar diretamente na formação dos coágulos (Islam e Mostafa, 2020). Diante disso, é possível verificar a influência nos resultados e também ressaltar a importância do controle do pH durante o processo de coagulação/floculação para otimização e aumento da eficiência do coagulante (Seneda, Garcia e Reis, 2020), sendo um fator determinante na remoção da cor (Kamiwada, Andrade e Reis, 2019). A Figura 2 abaixo representa a curva de contorno para a remoção da concentração do corante AM-16 utilizando o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante.

Figura 2. Curva de contorno para a remoção do corante AM-16 utilizando $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e o PC.



Como observado pelo gráfico de Pareto para o tratamento por coagulação/floculação utilizando $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e o PC tanto a concentração de corante AM-16 quanto o pH inicial do efluente apresentaram efeito linear positivo sobre a remoção do contaminante. Já eficiência dos tratamentos entre si, os resultados comparativos indicaram que no presente estudo a coagulação/floculação por meio do PAC 18% teve maior eficiência na remoção do corante (93%), seguida do coagulante $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ que alcançou em torno de 71%. A utilização do PC não apresentou influência na remoção do contaminante, sendo seu uso realizado apenas com o intuito de auxiliar na formação dos flocos. Os resultados obtidos mostraram que este teve êxito em sua função, visto que, constatou-se que quando do uso da concentração do corante AM-16 de 150 mg L^{-1} e 350 mg L^{-1} , a eficiência obtida foi de 97,04% e 98,41% respectivamente.

5 Conclusão

Assim nas condições avaliadas nesta pesquisa a coagulação/floculação utilizando o PAC-18% e o sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ se mostrou eficaz nos parâmetros analisados, entretanto o PAC-18% mostrou resultados mais efetivos, no geral das variáveis dependentes avaliadas. O $Al_2(SO_4)_3$, apresentou alta eficiência na remoção dos parâmetros avaliados. No entanto, os dados mostraram a possibilidade de utilização do coagulante PAC -18%, visto as altas remoções para os parâmetros, contaminante e cor. O tratamento por coagulação/floculação utilizando o PAC - 18% e sulfato de alumínio indicou remoções médias de corante de 93,43% e 71,1% respectivamente.

Referências Bibliográficas

- American Public Health Association (APHA); 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, Awwa, WEE, [s.l.].
- TRANKER, V. O fitoplâncton no entorno da reserva biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina. Repositório do Instituto Federal de Santa Catarina, 2021. Tese de Doutorado.
- RODRIGUES, C. S. D.; CARABINEIRO, S. A. C.; MALDONADO-HÓDAR, F. J.; MADEIRA, L. M. Wet peroxide oxidation of dye-containing wastewaters using nanosized Au supported on Al_2O_3 . *Catalysis Today*, v. 280, p. 165-175, 2017.
- BHARTI, V; VIKRANT, K; GOSWAMI, M; TIWARI, H; SONWANI, R. K.; LEE, J; TSANG, DCW; KIM, K.H.; SAEED, M; KUMAR, S. RAI, B.N.; GIRI, B.S.; SINGH, R.S. Biodegradation of methylene blue dye in a batch and continuous mode using biochar as packing media. *Environ Res.*, v. 171,356-364.
- ARL, M; NOGUEIRA, DJ; SCHVEITZER KÖERICH, J; MOTTIM JUSTINO, N; SCHULZ VICENTINI, D; GERSON MATIAS, W. Tattoo links: Characterization and in vivo and in vitro toxicological evaluation. *Journal of hazardous materials*, v. 364, p. 548-561, 2019.
- ISLAM, M.R.; MOSTAFA, M.G., 2020. Characterization of textile dyeing effluent and its treatment using polyaluminum chloride. *Applied Water Science*, v. 10,1-10.
- KAMIWADA, W.Y.; ANDRADE, P.V.; REIS, A.G., 2020. Emprego do cloreto de polialumínio em estudos de tratabilidade de água de abastecimento via coagulação, floculação e sedimentação. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v.25, (5), 667-676.
- MACEDO, K.R.; LIMA, C.K.M.; SILVA FILHO, L.F., 2019. Métodos de tratamento de efluentes gerados pela indústria têxtil: uma revisão bibliográfica. Undergraduate thesis, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal dos Semiárido. Mossoró – Rio Grande do Norte.
- SINGH, Z.; CHADHA, P. Textile industry and occupational cancer. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, v. 11, p. 1-6, 2016.
- SENEDA, R.M.; GARCIA, G.F.; REIS, A.G., 2021. Cinética da floculação: um estudo comparativo no uso do cloreto de polialumínio de alta e baixa basicidade e o Sulfato de alumínio. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, (2), 283-290.
- WANG, Y.; LI, J.; QIAO, P.; JING, L.; SONG, Y.; ZHANG, J.; CHEN, Q.; HAN, Q. Screening and application of a new aptamer for the rapid detection of Sudan dye III. *European journal of lipid science and technology*, v. 120, n. 6, p. 1700112, 2018

Palavras-chave: coagulação/ floculação; efluente têxtil; método físico-químico; tratamento de efluentes

Nº de Registro no sistema Prisma: PES - 2023-0330. EDITAL Nº 73/GR/UFGS/2023

Financiamento: Fundação do Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS