



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.9.2.2024.6273.122-129



Avaliação da eficiência de tratamentos físico-químicos para efluentes gerados no processo de beneficiamento de jeans no Polo Têxtil de Pernambuco

Evaluation of the efficiency of physicochemical treatments for effluents generated in the denim processing at the Textile Center of Pernambuco

Marcos Pereira de Araújo^{a*}, Bianca Anacleto Araújo de Sousa^a, Iara Lícia Pereira Lima^a, Olímpio José Torres Mendonça^a, André Felipe de Melo Sales Santos^a, Rosângela Gomes Tavares^a

^a Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Departamento de Tecnologia Rural. Avenida Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 52171-900. E-mail: marcos.pereiraa@ufrpe.br (* Autor correspondente), biancasspb@gmail.com, iaraliciapl@gmail.com, olimpiojtm@yahoo.com.br, andre.felipesantos@ufrpe.br, rosangela.gomestavares@ufrpe.br.

ARTICLE INFO

Recebido 22 Set 2023

Aceito 30 Mai 2024

Publicado 05 Jun 2024

ABSTRACT

Textile effluents pose a challenge to the industry due to their potential for compromising environmental quality, stemming from their heterogeneous composition and the pollutants in these wastewaters. Consequently, physico-chemical treatments based on coagulation, flocculation processes, and adsorption methods have been widely employed in treating effluents generated in laundry facilities involved in garment processing. In this context, this study aimed to evaluate the efficiency of physico-chemical methods based on coagulation/flocculation and adsorption processes for treating textile effluents generated in denim processing activities in the Textile Center of Agreste de Pernambuco, Brazil. For this purpose, inorganic coagulants such as aluminum sulfate and ferric chloride were considered, along with activated carbon as the adsorbent. Coagulation treatments were assessed at different coagulant concentrations and pH variations, while adsorption treatment involved three ranges of adsorbent dosages with varying contact times. It was observed that the optimal concentration for both coagulants corresponded to a dosage of 60 mg.L⁻¹. The results showed similar efficiency performance between the two coagulants, leading to a significant reduction in the evaluated parameters, with the pH range influencing the outcomes obtained. Furthermore, it was noted that the performance of the adsorption processes varied according to the adsorbent dosage and was impacted by the considered contact times. Therefore, it was concluded that the applied processes demonstrate efficiency in treating textile effluents generated in laundry facilities, as evidenced in this study.

Keywords: Textile effluent, textile effluent treatment, textile industry, textile processing, textile laundries.

RESUMO

Os efluentes têxteis são um desafio para a indústria devido o potencial de comprometimento da qualidade ambiental proveniente da composição heterogênea e dos poluentes presentes nessas águas residuais. Com isso, tratamentos físico-químicos baseados nos processos de coagulação e floculação e processos de adsorção têm sido amplamente aplicados no tratamento de efluentes gerados em lavanderias que realizam o processamento de peças do vestuário. Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar a eficiência de métodos físico-químicos baseados em processos de coagulação/floculação e adsorção para o tratamento de efluentes têxteis gerados nas atividades de beneficiamento de jeans no Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco. Para isso, foram considerados os coagulantes inorgânicos sulfato de alumínio e cloreto férrico, e carvão ativado como adsorvente. Os tratamentos de coagulação foram avaliados sob diferentes concentrações dos coagulantes e variação do pH, e o



Journal of Environmental Analysis and Progress 9(2) 2016
is licensed under CC BY-NC-SA 4.0

tratamento de adsorção considerou três faixas de dosagem de adsorvente sob diferentes tempos de contato. Diante disso, analisou-se que a concentração ótima para os dois coagulantes correspondeu à dosagem de 60 mg.L⁻¹. Os resultados evidenciaram um desempenho semelhante entre os dois coagulantes em termos de eficiência, proporcionando uma redução relevante nos parâmetros avaliados, onde a faixa de pH influenciou os resultados obtidos. Além disso, verificou-se que o desempenho dos processos de adsorção variou de acordo com a dosagem do adsorvente e foi impactado pelos tempos de contato considerados. Sendo assim, constatou-se que os processos aplicados por meio dos aspectos evidenciados neste estudo apresentam eficiência para o tratamento de efluentes têxteis gerados em lavanderias.

Palavras-Chave: Efluente têxtil, tratamento de efluente têxtil, indústria têxtil, beneficiamento têxtil, lavanderias têxteis.

Introdução

O Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco se destaca por sua participação no mercado mundial de beneficiamento de peças de vestuário, realizado em lavanderias industriais, localizadas no Arranjo Produtivo Local de Confecções do Estado. Apesar disso, esse setor enfrenta desafios significativos, principalmente em relação à geração de efluentes em seus processos (Silva Filho et al, 2021).

No geral, a indústria têxtil é responsável pela geração de efluentes com uma composição heterogênea, com uma grande quantidade de material tóxico e recalcitrante que dificulta o seu tratamento. Além disso, contém uma forte coloração, sólidos suspensos, compostos orgânicos e inorgânicos (Butler, Hung & Mulamba, 2017 Ramos et al., 2020).

Nesse sentido, o tratamento de efluentes na indústria têxtil tem sido um grande desafio, representado uma ameaça para o meio ambiente. Esse tipo de efluente demanda atenção quanto aos estudos ambientais, principalmente devido ao fato de esse setor industrial ser um dos maiores consumidores de água e de produtos químicos, durante o processamento têxtil (Verma, Dash & Bhunia, 2012).

A grande dificuldade da remoção dos corantes, usados pela indústria têxtil está no fato de que, durante o processo de tingimento, eles não se fixam e apresentam uma alta solubilidade (Castro et al., 2019). Devido à sua baixa biodegradabilidade, os corantes determinam efeitos perigosos sobre o meio ambiente quando o efluente é lançado sem nenhum tratamento específico (Butler, Hung & Mulamba, 2017).

Diversos métodos para o tratamento de efluentes têxteis são abordados na literatura, os quais dependem das características do efluente e da sua aplicação posterior e podem ser baseados em princípios biológicos, físicos e/ou químicos. Dentre estes, o tratamento físico-químico relacionado aos processos de coagulação e floculação, são realizados a partir da

desestabilização das partículas a partir da adição de sais, normalmente de ferro e de alumínio, que promovem a separação das fases por sedimentação (Nascimento et al., 2019). Nesse tipo de tratamento, aspectos como seleção do coagulante, utilização de produtos auxiliares e otimização do pH e da dosagem dos reagentes podem ser determinantes na eficiência de remoção (Chun Ho et al., 2021).

Além dos tratamentos por coagulação/floculação, a adsorção destaca-se como um método físico-químico que apresenta relevância por ser uma técnica de separação que ocorre a partir de uma alta seletividade em nível molecular, além de ser eficaz, econômico e operacionalmente fácil quanto à remoção de poluentes, principalmente corantes (Baptisttela, 2018).

Os tratamentos físico-químicos, baseados nos processos de coagulação, floculação e decantação, têm sido aplicados no tratamento de efluentes gerados em lavanderias têxteis. Estes processos têm ganhado destaque no tratamento de efluentes têxteis, principalmente pela facilidade na implementação, como no caso da adsorção de corantes e pela eficiência na remoção destas substâncias observada na utilização da coagulação/floculação (Ramirez-Pereda et al., 2020; Camilo et al., 2021).

Diante disso, o estudo objetivou avaliar a eficiência de métodos físico-químicos, baseados em processos de coagulação/floculação e adsorção, para o tratamento de efluentes têxteis gerados nas atividades de beneficiamento de jeans no Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco.

Material e Métodos

Coleta e caracterização dos efluentes têxteis

O efluente têxtil utilizado neste estudo foi obtido em uma lavanderia localizada no município de Caruaru – PE, que integra o Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco. A unidade industrial desenvolve atividades que consistem no beneficiamento têxtil de peças do vestuário

(lavanderia), conforme classificação estadual. A lavanderia realiza um processamento médio mensal de cerca de 250.000 peças, sendo a maioria jeans e voltadas ao segmento infantil.

Todos os procedimentos de coleta e caracterização dos efluentes, assim como os de armazenamento e preservação das amostras e as análises físico-químicas realizadas, seguiram as recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017). As características físico-químicas consideradas, tanto para os efluentes brutos como para os efluentes tratados, foram: pH, turbidez, cor e Demanda Química de Oxigênio (DQO), utilizando-se os seguintes métodos de análise, respectivamente, potenciométrico (4500-H+ B); nefelométrico (2130 B); espectrofotométrico (2120 D); e espectrofotométrico (5220 D). Todas as medições foram realizadas em triplicatas para determinação de resultados médios estatisticamente confiáveis.

Ensaio de coagulação/floculação

O ensaio de coagulação/floculação foi realizado por meio de Jar-Test, procedimento amplamente utilizado para determinar a dosagem ideal de coagulantes para o tratamento de água e efluentes.

Para os testes de coagulação foram utilizados dois coagulantes químicos inorgânicos: sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e cloreto férrico (FeCl_3). A escolha desses coagulantes se deu devido à facilidade de aplicação no contexto de lavanderias, além de serem observados, na literatura, resultados satisfatórios e melhorias

consideráveis na qualidade do efluente tratado por meio desses processos (Cunha et al., 2019).

Inicialmente, determinou-se a faixa e a concentração ótima dos coagulantes, onde buscou-se identificar a faixa de dosagem ótima de trabalho para cada coagulante estudado. Para isso, foi adicionado 1 litro de efluente têxtil em cada jarro do Jar-Test e as concentrações variaram, para os dois coagulantes, nos seguintes valores: 10 mg.L^{-1} ; 20 mg.L^{-1} ; 30 mg.L^{-1} ; 40 mg.L^{-1} ; 50 mg.L^{-1} ; e 60 mg.L^{-1} . A variação nas dosagens foi definida a partir das concentrações médias, utilizadas no tratamento de efluentes em lavanderias locais e com base na literatura, considerando estudos realizados com efluentes têxteis (Cunha et al., 2019).

O ensaio e as condições operacionais do Jar-Test foram definidos de acordo com a NBR 12.216 (ABNT, 1992). Segundo a norma, os gradientes de velocidade da coagulação são compreendidos entre 10 s^{-1} e 700 s^{-1} e da floculação devem estar entre 10 s^{-1} e 70 s^{-1} , em um tempo de mistura não superior a 5 segundos. Para a etapa de mistura lenta, deve ser previsto gradiente de velocidade máximo, no primeiro compartimento, de 70 s^{-1} e mínimo, no último, de 10 s^{-1} . Sendo assim, os parâmetros para a realização dos testes de coagulação/floculação foram definidos de acordo com a norma supracitada e utilizados conforme relação entre gradiente de velocidade e rotação para o Jar-Test (Tabela 1).

Após a etapa de decantação, as amostras foram coletadas do sobrenadante de cada cuba do Jar-Test e filtradas para a análise dos parâmetros.

Tabela 1. Parâmetros operacionais do ensaio no Jar-Test. Temperatura de 25°C; fator de 0,965. rpm = rotações por minuto. Fonte: Araújo et al. (2023).

Etapa	Gradiente de velocidade	Velocidade	Tempo
	(s^{-1})	(rpm)	(segundos)
Mistura rápida	1000	400	5
Mistura lenta	30	40	1.200 (20')
Decantação	-	-	1.800 (30')

Determinada a concentração ótima de cada coagulante, realizou-se um novo teste, variando-se as faixas de pH do efluente. O objetivo da etapa foi identificar como o pH pode influenciar na precipitação dos compostos do efluente e, conseqüentemente, nas eficiências de tratamento. Para isso, foi determinada uma variação do pH inicial do efluente, onde em cada cuba adicionou-se uma mesma concentração de coagulante (concentração ótima) em 1 litro de efluente, variando o pH entre 2 e 12, com intervalo de 2, por

meio da utilização de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 mol.L^{-1} .

Os parâmetros de velocidade, tempo de mistura e sedimentação seguiram os aspectos apresentados na Tabela 1. Decorrido o tempo de sedimentação, foi realizada uma coleta do sobrenadante de cada cuba do Jar-Test para a análise dos parâmetros.

Ensaio de adsorção

Para o ensaio de adsorção, foi utilizado o carvão ativado do tipo antracito comercial com

granulometria de 1,0 mm. A faixa de variação utilizada considerou três concentrações de carvão ativado: 0,5 g.L⁻¹; 1 g.L⁻¹; e 1,5 g.L⁻¹.

Inicialmente, determinou-se o Ponto de Carga Zero (PCZ) do carvão ativado, com o objetivo de caracterizar esse adsorvente e permitir sua aplicação adequada. O procedimento utilizou a mistura de 50 mg de carvão ativado antracito em 50 mL de água destilada, considerando 12 diferentes condições de pH para o início do procedimento. Os valores de pH considerados variaram de 1 a 12, onde a correção dos valores se deu a partir da utilização de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 mol.L⁻¹. Considerando o PCZ como o ponto em que o balanço de carga da superfície do adsorvente é igual a zero, utilizou-se o pH no PCZ como sendo o valor final de pH mantido constante.

Para o estudo adsorptivo, foram adicionados 50 mL de efluente em Erlenmeyer, adicionando-se as respectivas concentrações de carvão ativado. O sistema adsorvente/adsorvato foi submetido à agitação rotacional em mesa agitadora, considerando uma velocidade de 150 rpm, no tempo de duração de 60 minutos. A cada 10 minutos, foi retirada uma amostra de efluente para a avaliação do tratamento em diferentes tempos de contato. O pH do efluente variou em duas faixas definidas, a partir do valor do pH no PCZ, sendo adotado um pH superior e outro inferior ao pH no PCZ. Após cada tempo de contato determinado, as amostras foram coletadas e filtradas para a análise dos parâmetros.

Resultados e Discussão

Caracterização do efluente

O efluente têxtil utilizado para o estudo de tratabilidade foi obtido na lavanderia analisada e

apresentou as características físico-químicas observadas a seguir (Tabela 2).

Tabela 2. Características físico-químicas do efluente têxtil bruto. DQO = Demanda Química de Oxigênio. Fonte: Araújo et al. (2023).

Parâmetros	Valor Médio
pH	7,79
Turbidez (NTU)	170,15
Cor (abs)	0,325
DQO (mg.L ⁻¹)	3164,52

Ensaio de coagulação/floculação

Por meio do ensaio de coagulação/floculação, analisou-se o desempenho dos tratamentos de acordo com o coagulante utilizado e a concentração do produto químico (Figura 1).

De acordo com os resultados evidenciados, analisou-se uma tendência de aumento da eficiência conforme eleva-se a dosagem dos dois coagulantes analisados. Nesse sentido, identificou-se que, tanto para o sulfato de alumínio como para o cloreto férrico, a dosagem de 60 mg.L⁻¹ se destacou como a concentração ótima para o desempenho do processo de coagulação/floculação.

Em relação ao tratamento com sulfato de alumínio, verificou-se que a dosagem supracitada permitiu índices de eficiência próximos ou superiores a 90% para os três parâmetros analisados. Para o tratamento com cloreto férrico, também observou-se esse comportamento, onde a concentração de 60 mg.L⁻¹ apresentou eficiências superiores a 90% para todos os parâmetros.

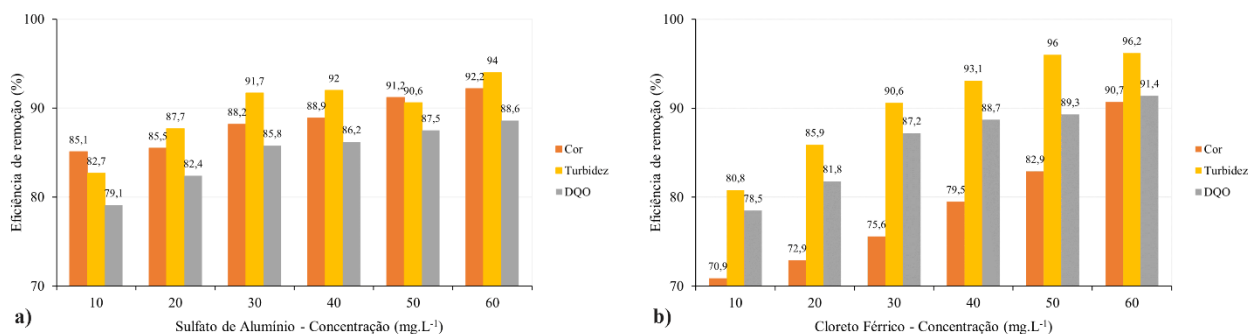
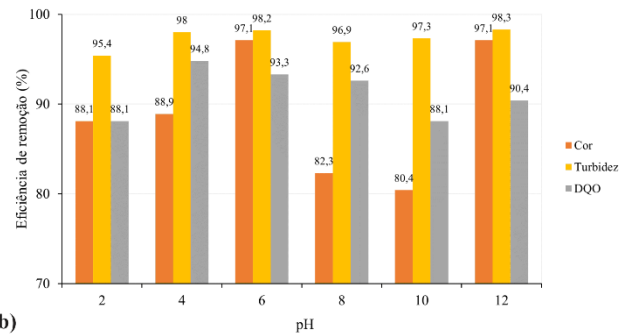
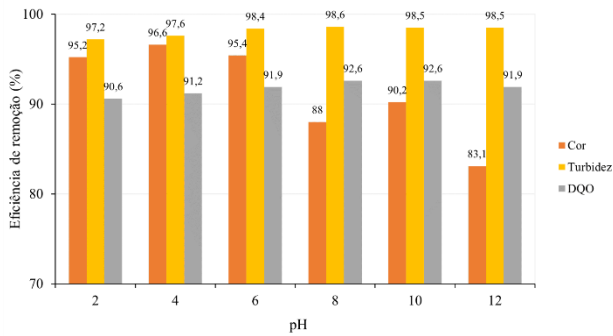


Figura 1. Eficiências dos tratamentos de coagulação/floculação com variação das concentrações: a) Sulfato de alumínio; b) Cloreto férrico. Fonte: Araújo et al. (2023).

Considerando a dosagem de 60 mg.L⁻¹ como a concentração ótima para o tratamento com os dois coagulantes analisados, avaliou-se a

eficiência de remoção dos parâmetros de cor, turbidez e DQO de acordo com a variação do pH do efluente (Figura 2).



a) b) Figura 2. Eficiências dos tratamentos de coagulação/floculação com variação no pH: a) Sulfato de alumínio; b) Cloreto férrico. Fonte: Araújo et al. (2023).

Por meio dos dados evidenciados anteriormente, analisou-se que, tanto para o tratamento com sulfato de alumínio como para o tratamento com cloreto férrico, o pH influenciou no processo de remoção por coagulação/floculação.

Em relação à remoção de cor, verificou-se que no tratamento com sulfato de alumínio, a variação do pH influenciou na eficiência de remoção, destacando-se a tendência de redução nos índices com o aumento do pH. Considerando as soluções analisadas, identificou-se que o efluente com pH 4 apresentou o maior índice de eficiência para o parâmetro supracitado (96,6%). Vale destacar que eficiências superiores a 90% também foram observadas nos tratamentos com pH 2 e pH 6. Nesse sentido, pode-se evidenciar os aspectos apresentados por Dotto et al. (2019), ao analisarem que coagulantes inorgânicos como o sulfato de alumínio tem a capacidade de proporcionar maiores valores de redução de parâmetros em efluentes têxteis com pH ácido.

Por sua vez, para os parâmetros de turbidez e DQO, o efluente com pH 8 se destacou por proporcionar o melhor desempenho dentre os tratamentos avaliados, com eficiências de 98,6% e 92,6%, respectivamente. Os resultados aqui evidenciados corroboram os dados apresentados por Marques et al. (2017), uma vez que os autores supracitados analisaram uma melhor eficiência no tratamento de efluentes têxteis utilizando sulfato de alumínio em uma solução com pH ajustado para um valor 8.

Em relação ao tratamento com cloreto férrico, analisou-se que os efluentes com pH 6 e pH 12 apresentaram resultados iguais na eficiência de remoção para os parâmetros de cor e turbidez (97,1% e 98,2%, respectivamente). Por sua vez, em relação à remoção de DQO, as soluções de pH 4, 6 e 8 se destacaram pelos maiores índices de eficiência (94,8%, 93,3% e 92,6%, respectivamente).

Ensaio de adsorção

Por meio da caracterização do adsorvente utilizado, identificou-se que o pH no Ponto de Carga Zero (PCZ) foi de 4,6 (Figura 3).

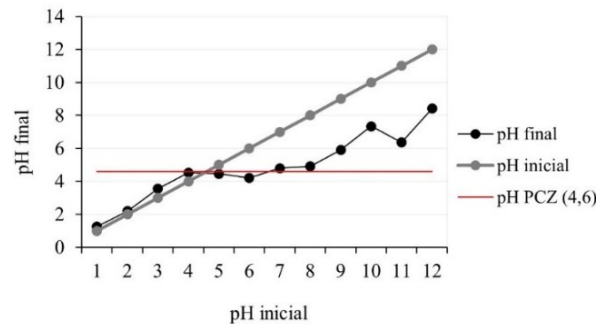


Figura 3. Determinação do pH no Ponto de Carga Zero (PCZ). Fonte: Araújo et al. (2023).

Diante dos resultados obtidos no ensaio, para determinação do pH no PCZ, e considerando que adsorção de ânions é favorecida em valores de $\text{pH} \leq \text{pH}_{\text{pcz}}$ (Freitas & Souza Júnior, 2022), optou-se por investigar o processo de adsorção nos efluentes em pH igual a 3. Além disso, investigou-se também o mecanismo de adsorção no efluente analisado, considerando o pH médio do efluente bruto (7,8).

Com isso, avaliou-se a eficiência do tratamento de adsorção considerando o pH 3 nas faixas de concentração do adsorvente de 0,5 g.L⁻¹, 1 g.L⁻¹ e 1,5 g.L⁻¹ e variando-se o tempo de contato (Figura 4).

Nesse sentido, constatou-se que a concentração de antracito igual a 1 g.L⁻¹ apresentou os melhores valores de eficiência de remoção da cor no efluente analisado, para a maior parte dos tempos de contato (Figura 4a). Na concentração considerada, a faixa de remoção esteve entre 74% e 93%, sendo o último valor correspondente ao tempo de contato de 30 minutos. Verificou-se que a partir do tempo de contato de 40 minutos, o desempenho da adsorção nas dosagens de 1 e 1,5 g.L⁻¹ foram semelhantes e, no tempo de contato de

60 minutos, as três concentrações apresentaram índices aproximados.

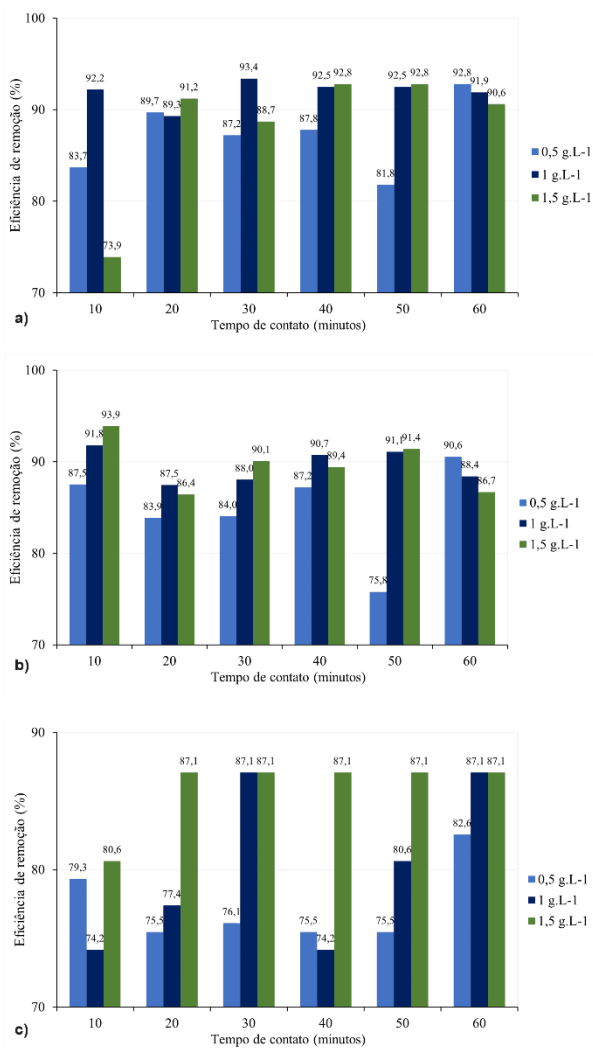


Figura 4. Eficiências dos tratamentos de adsorção considerando pH 3: a) cor; b) turbidez; c) Demanda Química de Oxigênio (DQO). Fonte: Araújo et al. (2023).

Verificou-se que o desempenho para a remoção de turbidez, através do processo de adsorção, foi semelhante para as dosagens de 1 e 1,5 g.L⁻¹ de antracito, onde constatou-se os melhores índices de eficiência (Figura 4b). Ainda se constatou que o maior valor de remoção do parâmetro supracitado ocorreu na faixa de concentração de 1,5 g.L⁻¹, considerando o tempo de contato de 10 minutos (93,9%).

Por meio dos dados evidenciados (Figura 4c), analisou-se que a concentração de antracito igual a 1,5 g.L⁻¹ resultou nos melhores valores de eficiência para a remoção de DQO no efluente têxtil. Ressalta-se que a eficiência se mostrou constante na maior parte dos tempos de contato para a concentração de antracito na terceira faixa estudada. O valor máximo de remoção foi de 87%, para a concentração supracitada, nos tempos de

contato entre 20 e 60 minutos, assim como para a concentração de antracito igual a 1 g.L⁻¹, nos tempos de contato de 30 e 60 minutos.

Considerando a forma como o pH do efluente bruto poderia influenciar no processo de adsorção, analisou-se a eficiência de remoção para as três concentrações de adsorvente (0,5 g.L⁻¹, 1 g.L⁻¹ e 1,5 g.L⁻¹), com variação nos tempos de contato (Figura 5).

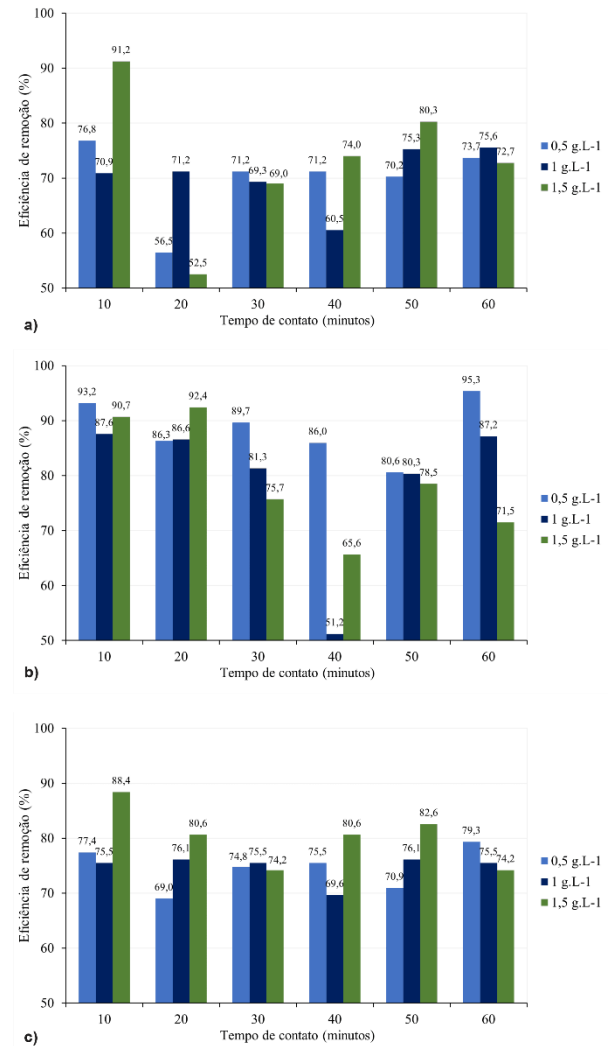


Figura 5. Eficiências dos tratamentos de adsorção considerando pH 7,8: a) cor; b) turbidez; c) Demanda Química de Oxigênio (DQO). Fonte: Araújo et al. (2023).

Verificou-se que a concentração do adsorvente igual a 1,5 g.L⁻¹ apresentou os melhores valores de eficiência de remoção da cor no efluente analisado para a maior parte dos tempos de contato (Figura 5a), destacando-se que na concentração considerada para o tempo de contato de 10 minutos, obteve-se o maior índice de remoção do tratamento para a remoção do parâmetro supracitado (91,2%).

Avaliou-se que, para a remoção de turbidez no efluente bruto, a concentração de

através 0,5 g.L⁻¹ do adsorvente proporcionou melhores índices de eficiência (Figura 5b). Também se identificou que o melhor desempenho foi observado para a concentração destacada no tempo de contato de 60 minutos (95,3%).

No que diz respeito à remoção de DQO, constatou-se que para todas as três concentrações, a eficiência encontrou-se abaixo de 90% (Figura 5c). Apesar disso, a dosagem de adsorvente igual a 1,5 g.L⁻¹ proporcionou eficiências melhores, com destaque para a concentração supracitada no tempo de contato de 10 minutos (eficiência de 88,4%).

Conclusão

O uso de processos físico-químicos, por meio de técnicas de coagulação e adsorção, permitiu quantificar o desempenho dessas técnicas para o tratamento de efluentes têxteis gerados em lavanderias inseridas no Polo Têxtil do Agreste de Pernambuco.

As concentrações e o pH dos efluentes utilizados no tratamento influenciaram no processo de coagulação/floculação na remoção de turbidez, cor e DQO. O desempenho foi semelhante entre os dois coagulantes (sulfato de alumínio e cloreto férrico) em termos de eficiência, assim como uma redução nos parâmetros qualitativos. Os tratamentos utilizando adsorção com carvão ativado otimizaram a concentração do adsorvente e do tempo de contato na eficiência dos processos.

A redução nos parâmetros qualitativos resulta em uma significativa melhoria para a qualidade da água e contribui para a sustentabilidade ambiental no setor.

Destaca-se a necessidade da realização de testes em escala piloto, a utilização de novos materiais coagulantes e adsorventes, a otimização dos parâmetros utilizados, a integração com outros processos de tratamento e a avaliação da sustentabilidade.

Agradecimentos

O estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

APHA. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23^a ed. 1504p.

Baptistella, A. M. S. 2018. Tratamento terciário do efluente do polo têxtil de Caruaru – PE com o uso do lodo galvânico. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco, Brasil. 80p.

Butler, E. B.; Hung, Y. T.; Mulamba, O. 2017. The effects of chemical coagulants on the decolorization of dyes by electrocoagulation using response surface methodology (RSM). *Applied Water Science*, 7, 2357-2371. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0410-7>.

Camilo, F. C.; Araújo, T. P.; Quesada, H. B.; Moura, A. A.; Moisés, M. P.; Bergamasco, R.; Faria, S. H.; Barros, M. A. S. D. 2021. Synthesis of hydrochars derived from industrial laundry sludge and its application in the removal of cationic dye. *Journal of Water Process Engineering*, 40, 101999. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101999>.

Castro, A. M.; Nogueira, V.; Lopes, I.; Rocha-Santos, T.; Pereira, R. 2019. Evaluation of the potential toxicity of effluents from the textile industry before and after treatment. *Appl. Sci.*, 9, 9183804. <https://doi.org/10.3390/app9183804>.

Cunha, A. L. X.; Pereira Neto, L. M.; Arruda, V. C. M.; Silva, V. de P.; Cunha Filho, M.; Tavares, R. G. 2019. Tratamento físico-químicos de efluente têxtil utilizando Sulfato de Alumínio, Carvão Ativado e Moringa Oleífera. *Revista Geama*, 5, 47-55. <https://www.journals.ufpe.br/index.php/geama/article/view/2882/482483252>

Ho, K. C.; Teow, Y. H.; Sum, J. Y.; Ng, Z. J.; Mohammad, A. W. 2021. Water pathways through the ages: Integrated laundry wastewater treatment for pollution prevention. *Science of The Total Environment*, 760, 2021, 143966. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143966>.

Dotto, J.; Fagundes-Klen, M. R.; Veit, M. T.; Palacio, S. M.; Bergamasco, R. 2019. Performance of different coagulants in the coagulation/flocculation process of textile wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 208, 656-665. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.112>

Marcelino, D. M. S. 2013. Avaliação da remoção de cor, matéria orgânica e sulfato de efluente têxtil através de reatores biológicos sequenciais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, Pernambuco, Brasil. 71p.

Marques, M.; Araújo, N. S.; Gomes, P. F.; Ruggeri Júnior, H. C. 2017. Avaliação da eficiência do tratamento do efluente de uma estamperia por coagulação química. *REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 20, 1-16.

Nascimento, C. O. C.; Veit, M. T.; Palácio, S. M.; Gonçalves, G. C.; Fagundes-Klen, M. R. 2019. Combined application of

- coagulation/flocculation/sedimentation and membrane separation for the treatment of laundry wastewater. *International Journal of Chemical Engineering*, 2019, 8324710. <https://doi.org/10.1155/2019/8324710>
- Ramirez-Pereda, B.; Álvarez-Gallegos, A.; Bustos-Terrones, Y. A.; Silva-Martinez, S.; Hernandez-Perez, A. 2020. Effective electro-fenton treatment for a real textile effluent: a case study. *Journal of Water Process Engineering*, 37, 101434. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101434>
- Ramos, M. D. N.; Claudio, C. C.; Rezende, P. H. V.; Cabral, L. P.; Santos, L. A.; Costa, G. G.; Mesquita, P. L.; Aguiar, A. 2020. Análise crítica das características de efluentes industriais do setor têxtil no Brasil. *Revista Virtual de Química*, 12, 4, 913-929. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20200073>
- Silva Filho, A. R. A.; Duarte, A. D.; Sinesio, E. P.; Silva, G. L.; Pessôa, S. G. S. 2021. Classificação, caracterização e diagnóstico das lavanderias de beneficiamento de jeans na cidade de Caruaru-PE, no Agreste Pernambucano. *Research, Society and Development*, 10, 12186. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.12186>
- Verma, A. K.; Dash, R. R.; Bhunia, P. 2012. A Review on Chemical Coagulation/Flocculation Technologies for Removal of Colour from Textile Wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 93, 154-168. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.09.012>