

Original Article

Avaliação do Emprego de Cloreto Férrico e Tanino como Coagulantes na Remoção de Sólidos de Efluentes Industriais

Guilherme dos Santos de Castro¹, Joseane Debora Peruço Theodoro², Silvia Priscila Dias Monte Blanco¹, Joel Fernando Nicoleti^{1*}

¹Departamento de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Brazil

²Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, PR, Brazil

Received March 21, 2023; Accept June 15, 2023

Abstract

The circular economy has generated a lot of interest in the industrial sector, and one of the proposed principles is the reuse of waste generated by the industry. Considering this, it is important to apply adequate treatments for their reuse, thus avoiding inappropriate disposal, and to bringing economic advantages to the sector. The present proposal applied the alternative coagulants ferric chloride and tannin aiming at the removal of solids from the effluent generated in the painting booth of liquefied petroleum gas (LPG) containers of the company Supergasbras, located in Londrina-PR, considering it uses the iron sulfate. The experimental planning for the tests followed by varying two factors, sedimentation time and coagulant dosage, subdivided into 3 coded levels (+1, 0 -1), hence totalizing 9 experiments in duplicate. After the experiment, analyzes of pH, apparent color, turbidity and COD indicators were performed. Ferric chloride proved to be extremely efficient for turbidity removal and chemical oxygen demand, with values exceeding 90% of removal, in addition, the apparent color indicator also obtained a good result. However, in relation to the pH, all the tests with ferric chloride acquired an acid character, consequently it is necessary to use lime to correct the acidity. The application of the tannin organic coagulant, provided excellent efficiency in removing apparent color and turbidity, in addition to obtaining adequate pH values that comply with current legislation. Regarding the removal of the chemical demand for oxygen, it is approximately 90% for all tests using tannin as a coagulant.

Keywords: Coagulation; Efficiency; Wastewater treatment.

INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos mais importantes na natureza. Além de ser essencial a vida ela representa cerca de 70% do planeta, onde 3% são águas doces, dessa forma torna-se prioridade a preservação, o controle e a utilização consciente das águas doces. No setor industrial, a utilização/reutilização eficiente da água resulta em inúmeras vantagens, pois além de reduzir o consumo deste recurso limitado e minimizar os impactos ambientais que o processo produz, favorece a imagem da empresa frente ao mercado e preserva o meio ambiente (Possamai, 2018).

Segundo Oliveira (2013), as empresas têm sido cobradas pela sociedade e o setor governamental a cumprirem um mínimo de exigências ambientais. Dessa forma, aquelas que se enquadrarem neste requisito e buscarem alternativas ambientalmente favoráveis serão mais aceitas pelo mercado. Além disto, estas empresas podem obter benefícios com possíveis reduções dos resíduos e efluentes gerados. Dentre estes benefícios, podem ser citados a economia com energia, água e matéria-prima, além de melhorias da saúde ocupacional e da qualidade de vida no trabalho.

Com relação aos efluentes industriais, a legislação brasileira exige o cumprimento do Conselho Nacional do

*Corresponding author: nicoleti@utfpr.edu.br

Meio Ambiente (CONAMA), resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 – Art. 16 – Seção 2. Considerando os parâmetros analisados neste presente trabalho, a resolução CONAMA nº 430/2011 configura limite apenas para o pH, que deve estar entre 5 e 9. O artigo 16 da mesma resolução salienta que: “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeam às condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis” (Brasil, 2011).

O Instituto Ambiental do Paraná aponta em sua portaria nº 256/2013 a frequência de monitoramento de alguns parâmetros, dentre eles pH e demanda química de oxigênio, sendo que os padrões de lançamento são determinados individualmente para cada indústria na ocasião do licenciamento ambiental das mesmas.

Em relação ao controle de qualidade no tratamento de efluentes industriais estão o potencial hidrogeniônico (pH), turbidez e demanda química de oxigênio (DQO). O pH, o qual indica a concentração de íons de hidrogênio (H⁺) presentes no meio, é um dos parâmetros de maior frequência de monitoramento na rotina operacional de uma estação de tratamento de efluentes, pois este fator pode interferir em diversos processos e operações unitárias presentes no tratamento de efluentes (Valverde, 2013). A faixa mais adequada em um processo de coagulação é um pH entre 5,5 e 7,5, pois nestas condições se encontram os melhores resultados para remoção da turbidez. O pH influencia na precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, assim como na atividade microbiológica dos organismos. Ademais, um pH muito ácido pode promover a oxidação de materiais metálicos e pode interferir negativamente nas estruturas físicas, como tanques e tubulações (Telles, 2001).

A turbidez consiste em uma interferência da concentração de partículas suspensas na água obtida a partir da passagem de um feixe de luz através da amostra, sendo expressa por meio da unidade nefelométrica de turbidez (UNT) ou unidade de turbidez (uT). Este parâmetro de qualidade deve-se à presença de matéria particulada em suspensão na água (matéria orgânica, inorgânica, e outros organismos microscópicos) (Valverde, 2013). Níveis de turbidez mais elevados são frequentemente associados com maiores níveis de microrganismos causadores de doenças tais como vírus, parasitas e algumas bactérias. Esses organismos podem causar sintomas em curto prazo, como náuseas, cólicas, diarreia e dores de cabeça (Usa, 2020)

A demanda química de oxigênio (DQO) é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar um composto orgânico a dióxido de carbono, amônia e água, e é usada nas legislações de descarte de efluentes como um dos principais parâmetros de qualidade da água em instalações de tratamento de águas residuais (Cazaudehore *et al.*, 2019). Os efluentes industriais têm sido universalmente reconhecidos como uma das fontes com elevado potencial de contaminação de matéria orgânica em ambientes naturais. Por isso, cada vez mais legislações buscam padrões rigorosos objetivando a preservação do meio ambiente (Xiau *et al.*, 2022).

A combinação de etapas individuais como coagulação, floculação, sedimentação e filtração garante uma água de

reuso tratada, com índices de qualidade dentro dos limites preconizados pelo CONAMA, resolução nº 430.

A primeira etapa, que é a coagulação, consiste na adição de um coagulante químico visando a neutralização elétrica das partículas, o que resulta na aglutinação das mesmas em partículas “maiores” (flocos). O mecanismo de ação dos coagulantes baseia-se na eliminação da carga eletrostática da superfície das partículas por meio de agitação rápida, a qual promove o choque dessas partículas, diminuindo a repulsão entre elas. Um coagulante eficiente hidrolisará os íons rapidamente quando misturado com a água a ser tratada. Conforme esses produtos químicos hidrolisam, formam precipitados insolúveis que desestabilizam partículas por adsorção à sua superfície e neutralizam a carga, reduzindo assim as forças repulsivas (Crittenden *et al.*, 2016).

Na sequência ocorre a floculação que se dá pela agregação de partículas desestabilizadas, nas quais a carga da superfície elétrica foi reduzida por coagulação. Estes agregados de partículas dão origem aos flocos por meio de agitação lenta, em seguida, ocorre a sedimentação, no qual estas partículas suspensas formadas durante a floculação apresentam movimento descendente em meio líquido de menor massa específica devido à ação da gravidade, indo depositar-se no fundo, formando o lodo (Crittenden *et al.*, 2016; Ribeiro, 2007).

Após a sedimentação, o sobrenadante segue para a última etapa do processo que é a filtração. Esta operação consiste na remoção de partículas sólidas a partir de uma suspensão (um sistema de duas fases contendo partículas num fluido) por meio de um sistema poroso, sendo este processo amplamente utilizado para a remoção de sólidos particulados em água (Crittenden *et al.*, 2016).

Sendo o processo de coagulação/floculação a primeira etapa do tratamento de efluentes, é primordial que seja bem monitorado e controlado para que as demais etapas também sejam efetivas. Os coagulantes inorgânicos são produzidos em larga escala e mais comumente aplicados nas indústrias, enquanto os orgânicos apresentam benefícios por serem biodegradáveis, resultarem em uma menor geração de lodo e ainda por não serem tóxicos, mas sem uma produção em larga escala (Tomasi *et al.*, 2022).

O sulfato de alumínio é o agente coagulante mais utilizado pelas indústrias que utilizam processos que envolvam o mecanismo de coagulação/floculação, devido a sua boa eficiência alinhado com seu acessível preço de mercado. Por outro lado, deve-se atentar a quantidade de alumínio na água, pois quando em excesso afeta bruscamente a turbidez da água (Menezes, 2018). O tanino é um polímero orgânico catiônico que age como um excelente coagulante natural por possuir uma alta eficiência na remoção da turbidez, não liberar resíduos metálicos, além de não consumir a alcalinidade da solução, alterando pouco o pH da água tratada (Menezes, 2018). O cloreto férrico, assim como o tanino, também é amplamente utilizado no tratamento de resíduos industriais, apesar da sua manipulação demandar atenção tendo em vista suas propriedades corrosivas. Além disso, a aplicação do cloreto férrico geralmente implica em um carácter mais ácido

do efluente tratado, acrescido de íons de cloreto e de ferro. Entretanto, tal coagulante é conhecido pela alta eficiência na redução da turbidez e DQO, além de eliminar fosfatos e metais pesados como mercúrio e chumbo (Pavanelli, 2001).

Diante de tais considerações, como uma alternativa ao sulfato de alumínio, a presente proposta propôs avaliar a eficiência de diferentes concentrações dos coagulantes tanino e cloreto férrico (individualmente) no tratamento de um efluente industrial por sedimentação, avaliando os parâmetros de qualidade de pH, cor, turbidez e DQO.

MATERIAIS E MÉTODOS

O efluente foi fornecido pela empresa Supergasbras, com sede em Londrina-PR, proveniente da cabine de pintura dos vasilhames de botijões de gás (GLP), no qual a tinta não aderida à superfície do objeto é coletada por uma cortina de água, seguindo para um tanque localizado abaixo da cabine de pintura. A solução deste tanque consiste em borra de tinta (sobrenadante) e água de reuso que deve ser tratada. A borra de tinta da superfície é removida por pás, e a água segue para a Estação de Tratamento e Efluentes (ETE).

Os galões contendo os efluentes foram levados ao Laboratório de Recursos Hídricos e Hidráulica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Londrina). Em seguida, as soluções com o efluente bruto foram levadas para o equipamento JarTest utilizando-se 500 mL de efluente.

Os coagulantes empregados foram cloreto férrico e tanino (Tanfloc), os quais foram empregados no preparo das soluções-mãe através da diluição de 10 gL⁻¹ de coagulantes com água destilada. O planejamento experimental seguiu variando-se

dois fatores, tempo de sedimentação e volume do coagulante, subdividido em 3 níveis codificados (+1, 0 -1), de acordo com a Tabela 1, totalizando então 9 experimentos, conforme a combinação dos fatores ilustrada na Tabela 2, sendo os ensaios realizados em duplicata. Para a etapa de coagulação fixou-se agitação rápida em 100 rpm por 3 minutos, seguindo mais 10 minutos de agitação lenta (15 rpm) para a floculação.

Após o experimento foram realizadas as análises dos indicadores de pH, cor aparente, turbidez e DQO. Os equipamentos empregados foram pHmetro Q400MT, espectrofotômetro DR-5000 (HACH-UV), turbidímetro policontrol AP-2000 e digestor HI839800.

Para realizar a análise de DQO utilizou-se 2,5 ml da amostra (efluente), adicionando-se 1,5 mL de dicromato de potássio e 3,5 mL de solução ácida (ácido sulfúrico concentrado + catalisador sulfato de prata). Em seguida os ensaios foram agitados manualmente e colocados no digestor HI839800 por 2 horas a 150°C. Ao final deste período a matéria orgânica foi oxidada em cromo trivalente Cr³⁺, e dessa forma, a DQO foi quantificada através do espectrofotômetro.

Visando mensurar a eficiência de remoção dos parâmetros de qualidade empregando ambos coagulantes – cloreto férrico e tanino – o pH foi avaliado de forma comparativa direta com o resultado do efluente bruto, enquanto os parâmetros de cor aparente, turbidez e demanda química de oxigênio empregou-se a Equação 1 para obtenção da eficiência em termos percentuais.

$$\varepsilon = \frac{V_0 - V_f}{V_f} * 100 \quad (1)$$

Sendo ε a eficiência de remoção do parâmetro, V_0 o valor do parâmetro medido na amostra bruta e V_f o valor do parâmetro, medido após o processo – coagulação, floculação e sedimentação.

Tabela 1: Fatores e níveis dos ensaios.

Fatores	Níveis		
	-1	0	1
Dosagem de Tanfloc (mL)	50	60	70
Dosagem de Cloreto Férrico (mL)	50	60	70
Tempo de Sedimentação (min)	10	20	30

Tabela 2: Ensaios de acordo com a combinação de níveis e fatores.

Ensaio	Tempo de sedimentação (minutos)	Dosagem de coagulante tanino (mL de solução mãe)	Dosagem de coagulante cloreto férrico (mL de solução mãe)
1	10	50	50
2	10	60	60
3	10	70	70
4	20	50	50
5	20	60	60
6	20	70	70
7	30	50	50
8	30	60	60
9	30	70	70

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos do efluente bruto gerado na lavagem da cabine de pintura dos vasilhames de gás GLP da Supergasbras foram pH de 7,13, cor 1949 PtCo, turbidez 444 NTU e DQO de 4011,2 mg/L.

A Figura 1 apresenta o pH das 9 condições experimentais apresentadas na Tabela 2, realizadas em duplicata, totalizando então 18 ensaios. Vale ressaltar que os pares sequenciais (1-2, 3-4, etc), representam a duplicata dos ensaios (1, 2, etc) listados na Tabela 2. Observa-se que o pH do resíduo foi afetado após o tratamento com o tanino e com o cloreto férrico. A aplicação do cloreto férrico apresentou uma grande redução

do pH, conferindo caráter ácido ao efluente. Tal resultado era esperado, tendo em vista o caráter ácido da substância. O estudo realizado por Silva (2019) também constatou uma queda considerável do pH do efluente ao aplicar cloreto férrico, nas concentrações de 50 a 150 mg.L⁻¹, no tratamento de esgotos sanitários.

Nota-se que houve a redução de aproximadamente “1” no pH das amostras após o tratamento com o tanino, contudo os valores obtidos ainda atendem a resolução do CONAMA nº 430. Seria conveniente no tratamento do resíduo a partir do cloreto férrico a aplicação da cal hidratada (hidróxido de cálcio), amplamente utilizada nas indústrias para correção da acidez, a qual acarreta o aumento do pH do meio, neutralizando o efluente.

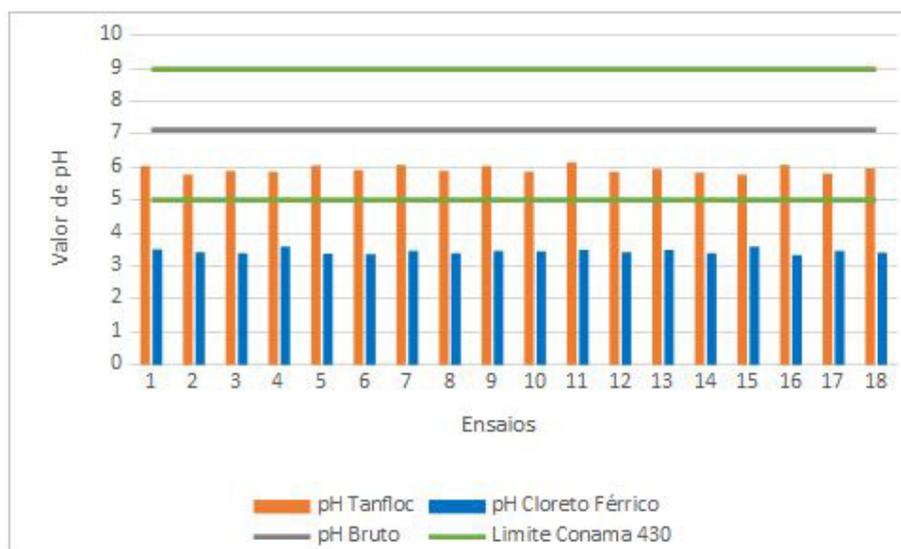


Figura 1: pH após tratamentos com tanino e cloreto férrico.

As Figuras 2 e 3 expressam a eficiência dos coagulantes tanino e cloreto férrico sobre a remoção da cor aparente, respectivamente, onde cada ponto do gráfico representa a média das duplicatas, realizadas para cada condição experimental. A abscissa expressa o tempo de sedimentação enquanto a ordenada é a redução percentual de cor obtida pela Equação 1, em função do volume das soluções-mãe do coagulante empregado.

A interferência do volume aplicado da solução-mãe do coagulante cloreto férrico mostrou-se de pouca significância na remoção da cor do efluente, observado pela pequena dispersão dos pontos experimentais quando fixado os tempos de sedimentação, em especial nos tempos de 20 e 30 minutos. Ao contrário, o coagulante tanino apresentou maior grau de significância ao avaliar o volume das soluções-mãe empregado nos ensaios. Outra observação que pôde-se constatar pelas Figuras 2 e 3 é que o cloreto férrico tem um maior potencial na remoção da cor considerando os tempos de sedimentação menores, enquanto que no tempo superior (30 min), o tanino conduziu a um valor de remoção de cor muito próximo ao obtido com o cloreto férrico, porém empregando a concentração mais baixa deste coagulante. A interferência negativa na remoção da cor em concentrações mais altas com o emprego do tanino deve-se por sua composição constituída por matéria orgânica,

sendo que os sólidos dissolvidos e suspensos provenientes destes compostos impactam negativamente na cor.

A redução da turbidez do efluente tratado é apresentada pelas Figuras 4 e 5, considerando os coagulantes tanino e cloreto férrico, respectivamente. Ao contrário da cor, o volume das soluções-mãe aplicado empregando o cloreto férrico apresentou respostas significativas na remoção da turbidez. Uma vez que a turbidez tem uma relação direta com a cor, a aplicação de menores volumes da solução-mãe de tanino é o que conduziu a uma maior redução deste parâmetro. Por outro lado, com o emprego do cloreto férrico, a tendência de maior redução da turbidez seguiu com o aumento do volume deste coagulante.

Em valores absolutos, o cloreto férrico mostrou-se mais eficiente no fator turbidez em tempos de sedimentação mais curtos, porém, no tempo de 30 minutos, não se observa grande diferença de valores com o emprego do tanino empregando a menor dosagem, conforme observado no parâmetro de cor (Figura 2). Diversos trabalhos empregando o tanino como coagulante pode ser encontrado na revisão de Ibrahim (2021), apontando excelentes resultados na remoção de turbidez considerando diversas fontes de efluentes, distintas dosagens do coagulante e tempos de sedimentação diversos.

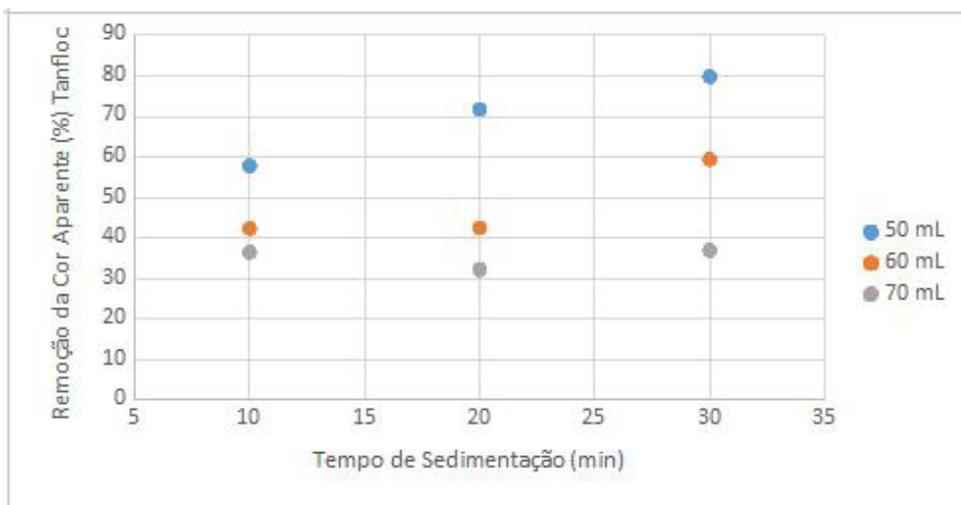


Figura 2: Redução da cor aparente após tratamento com tanino.

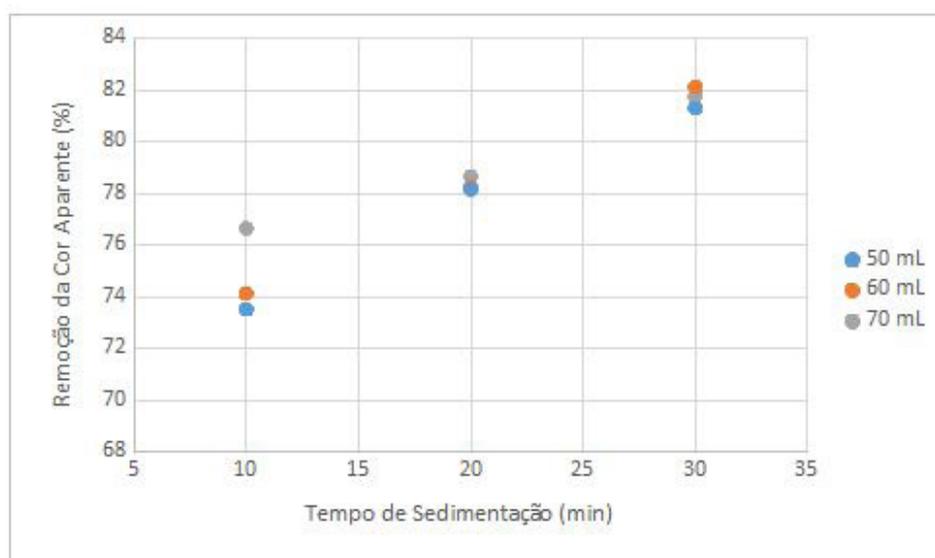


Figura 3: Redução percentual da cor aparente após tratamento com cloreto férrico.

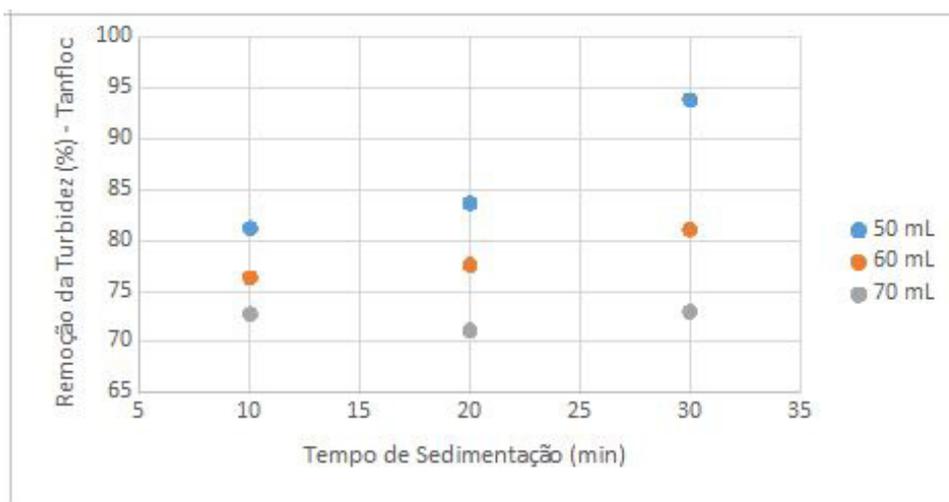


Figura 4: Remoção percentual da turbidez com emprego do tanino.

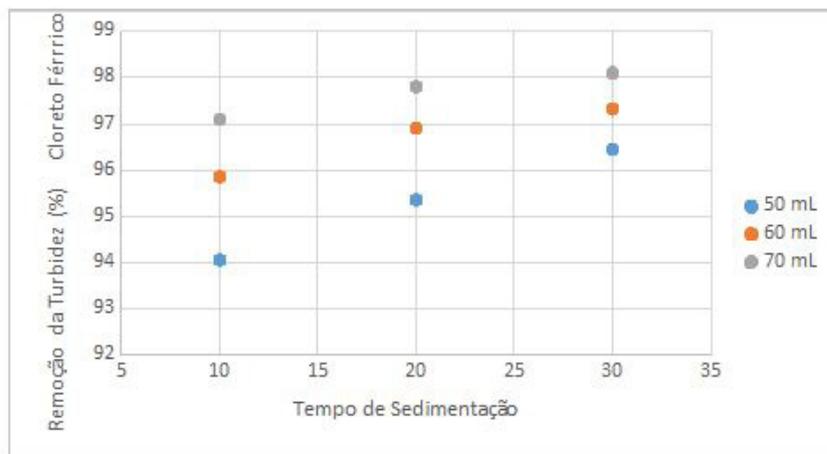


Figura 5: Remoção percentual da turbidez com emprego do cloreto férrico.

A Figura 6 ilustra os valores de eficiência de remoção da DQO com emprego de ambos coagulantes, cloreto férrico e tanino.

Nota-se que após o tratamento do efluente com ambos os coagulantes houve uma notável redução no valor da DQO, onde todos os ensaios obtiveram uma eficiência de remoção de no mínimo 90%. O estudo realizado por Couto Junior *et al.* (2012), no qual utiliza-se tanino para tratamento de efluentes

em uma indústria têxtil nas concentrações variando de 100 a 800 mg.L⁻¹, obteve uma remoção de DQO entre 86 e 94% entre todos os ensaios, resultado condizente com o presente estudo. Excelentes resultados empregando tanino (20 a 140 mg.L⁻¹) e cloreto férrico (6,03 a 78,33 mg.L⁻¹) no tratamento de águas residuais da indústria de reciclagem de plástico também foram encontrados por Straioto (2021), com percentual de remoção de DQO superiores a 95%.

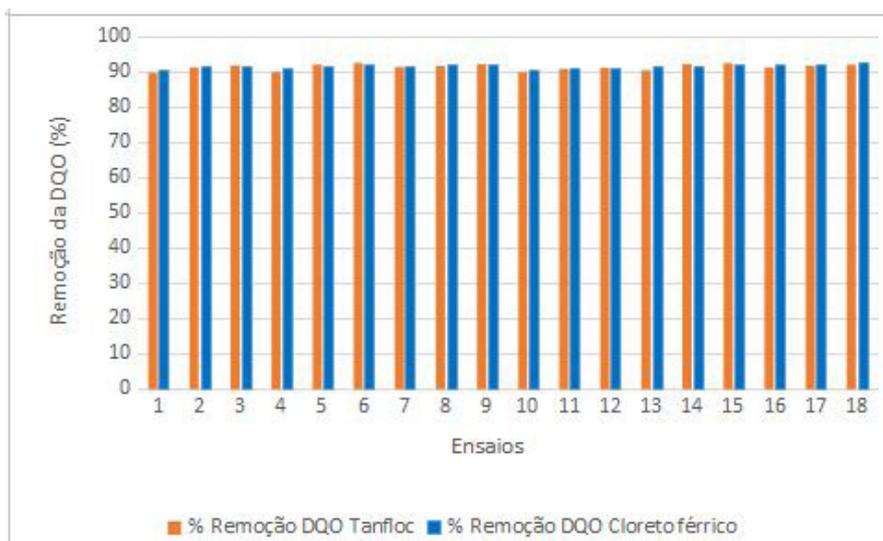


Figura 6: Eficiência da remoção da DQO após tratamento com tanino e cloreto férrico.

CONCLUSÃO

O coagulante cloreto férrico mostrou-se extremamente eficiente em relação à remoção da cor, turbidez e DQO, porém conduziu o efluente a um pH em torno de 3,5, necessitando desta forma de correção deste parâmetro com emprego de compostos que neutralizem este fator. Outro fato observado com o cloreto férrico é que sua eficiência é aumentada com o aumento de sua dosagem. Em relação ao coagulante tanino, o mesmo contribuiu favoravelmente no pH e DQO, e em relação a cor e turbidez apresentou-se bastante eficiente com

emprego de baixas concentrações e tempos de sedimentações maiores. Considerando que baixas dosagens de tanino são mais eficientes, mesmo que em tempos mais prolongados de sedimentação, não divergindo significativamente dos valores obtidos com o emprego do cloreto férrico em concentrações mais elevadas, e ainda sem a necessidade de correção do pH, é salutar que a utilização do coagulante tanino seja mais vantajosa no quesito sustentabilidade, pois além de serem eficientes, não são tóxicos, possuem menor teor de metais, produzem lodo em menor quantidade e são biodegradáveis.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

GSC: Desenvolvimento experimental.

JDPT: Acompanhamento durante as atividades experimentais desenvolvidas por DSC.

SPDMB: Acompanhamento durante as atividades experimentais desenvolvidas por DSC e auxílio na redação do artigo.

JFN: Tratamento dos dados experimentais e redação do artigo.

REFERÊNCIAS

- Brasil. (2011). Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Resolução N° 430 de 13/05/2011*. http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627
- Cazaudehorea, G., Schraauwersa, B., Peyrelassea, C., Lagneta, C., Monlaua, F. (2019). Determination of chemical oxygen demand of agricultural wastes by combining acid hydrolysis and commercial COD kit analysis. *Journal of Environmental Management*, 250 (109464), 1 -5. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109464>
- Couto Junior, O.M., Stroher, A.N., Barros, M. A. S. D., Pereira, N.C. (2012). Caracterização e otimização do tratamento de efluente têxtil por coagulação-floculação, utilizando coagulante natural tanino. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 14(1), 79-80. <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/1747/1827>
- Crittenden, J. C.; Hand, D. W.; Howe, K. J.; Tchobanoglous, G.; Trussell, R. R. (2016). *Princípios de tratamento de água*. Cengage Learning.
- Ibrahim, A., Yaser, A.Z., Lamaming, J. (2021). Synthesising tannin-based coagulants for water and wastewater application: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(1), 105007. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.105007>
- Menezes, P. H. N. (2019). *Estudo do desempenho do sulfato de alumínio no processo de clarificação da água de uma refinaria de petróleo e avaliação do Tanfloc como agente coagulante alternativo*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia]. <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/28973>
- Oliveira, F. R. (2013). *Produção mais limpa no contexto da sustentabilidade. Oportunidades em uma indústria moveleira de Contagem/MG*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto]. <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/3436>
- Pavanelli, G. (2001). *Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-21012003-084719/en.php>
- Possamai, A.L.; Marques, C.R.M.; Campos, D.P.; Melo, A.R.; Brolesi, T.M. Tratamento de efluente líquido oriundo de processos de pintura em cabines com cortina de água por processo de pulverização de tinta líquida, visando seu reuso. *Periódico Científico da Faculdade SATC*, 3(2): 217-240. <https://revistavincici.satc.edu.br/index.php/Revista-Vincici/article/view/142>
- Ribeiro, F. L. M. (2007). *Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA de Itabirito - MG*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto]. <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/2862>
- Silva, A.M.L. (2019). *Estudo de produção e aplicações de cloreto férrico obtido de rejeito de mineração de ferro no tratamento de esgoto sanitário*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá]. <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/2048>
- Straioto, H., Moura, A.A., Costanzi, R.N. (2021). Comparação entre o coagulante natural tanino e os coagulantes inorgânicos pac e cloreto férrico para o tratamento de águas residuais da indústria de reciclagem de plásticos. *Revista AIDIS*, 15(2), 865-700. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.79237>
- Telles, P.C.S. (2001). *Tubulações Industriais - Materiais, Projeto, Montagem*. LTC editora.
- Usa, United States of America. (2020). Environmental Protection Agency. *Guidance manual for compliance with the surface water treatment rules: turbidity provisions*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-06/documents/swtr_turbidity_gm_final_508.pdf
- Tomasi, T.T., Machado, C.A., Boaventura, R.A.R., botelho, C.M.S., Santos, S.C.R. Tannin-based coagulants: Current development and prospects on synthesis and uses. *Science of The Total Environment*, 822. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153454>
- Valverde, K. C., Santos, O. A. A.S., Bergamasco, R. (2013). Avaliação do processo de clarificação da água bruta por meio de diagramas de coagulação, empregando a associação *Moringa oleifera Lam* e cloreto férrico. (2013). *IX Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 9(11): 55-64. <https://doi.org/10.17271/198008279112013558>
- Xiao, H., Yan, W., Zhao, Z., Tang, Y., Li, Y., Yang, Q., Luo, S., Jiang, B. (2022). Chlorate induced false reduction in chemical oxygen demand (COD) based on standard dichromate method: Countermeasure and mechanism. *Water Research*, 1 (118732), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118732>

