



Comparação da eficácia entre coagulante orgânico e inorgânico no tratamento de água residuária da indústria de tinta

Comparison of the effectiveness of organic and inorganic coagulants in the treatment of wastewater from the paint industry

Juliana Santos Favaro¹, Júlia Cezare do Santo², Lígia Midori Konno Lopes³, Vitória Carolina da Silva⁴, Joseane Debora Peruco Theodoro⁵.

RESUMO

Este estudo buscou avaliar a eficácia de dois tipos de coagulantes, um orgânico (*Moringa oleifera*) e outro inorgânico (sulfato de alumínio), nos processos de coagulação, floculação e sedimentação aplicados ao tratamento de água residuária proveniente de uma indústria de tinta localizada em Maringá, PR. O experimento envolveu um planejamento fatorial com duas variáveis independentes: tempo e concentração de coagulante, cada uma com três níveis (-1, 0, 1). O tempo de sedimentação variou entre 10, 20 e 30 minutos, enquanto a concentração de coagulante foi de 40, 50 e 60 mg/L tratar 250 mL de amostra de água residuária por ensaio. Os coagulantes foram usados separadamente para fins de comparação. Após a incorporação do coagulante, as amostras foram submetidas ao tempo de sedimentação correspondente e, em seguida, efetuou-se a leitura dos parâmetros de pH, cor aparente, turbidez e demanda química de oxigênio (DQO). Em suma, verificou-se que o sulfato de alumínio não obteve resultados favoráveis apenas no parâmetro de pH, enquanto a *Moringa oleifera* apresentou resultados satisfatórios exclusivamente no parâmetro de pH.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulantes; *Moringa oleifera*; Sulfato de alumínio.

ABSTRACT

This study sought to evaluate the effectiveness of two types of coagulants, one organic (*Moringa oleifera*) and the other inorganic (aluminum sulfate), in the coagulation, flocculation and sedimentation processes applied to the treatment of wastewater from a paint industry located in Maringá, PR. The experiment involved a factorial design with two independent variables: time and coagulant concentration, each with three levels (-1, 0, 1). The sedimentation time varied between 10, 20 and 30 minutes, while the coagulant concentration was 40, 50 and 60 mg/L to treat 250 mL of wastewater sample per trial. The coagulants were used separately for comparison purposes. After incorporating the coagulant, the samples were subjected to the corresponding sedimentation time and then the pH, apparent color, turbidity and chemical oxygen demand (COD) parameters were read. In short, it was found that aluminum sulfate did not obtain favorable results only in the pH parameter, while *Moringa oleifera* showed satisfactory results only in the pH parameter.

KEYWORDS: Coagulants; *Moringa oleifera*; Aluminum sulfate.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos cinco maiores mercados mundiais para tintas, e o volume de tinta produzido em 2022 chegou a 1,647 bilhões de litros (ABRAFATI, 2018). No entanto, a

¹ Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: julianafavaro@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 2181095990337388.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: juliacezare@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 4200570495975610.

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: ligiamidori@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 6805543532413676.

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: vitoriacarolina@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes 80677143727514776.

⁵ Docente no Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: jtheodoro@utfpr.edu.br. ID Lattes: 0351233547495522.



indústria enfrenta um grande desafio relacionado à sustentabilidade: a geração de efluentes altamente tóxicos. O efluente líquido é o mais comum, uma vez que é o rejeito principal do processo, e nessa mistura encontra-se material particulado que não reagiu, restos de resinas e solventes, e principalmente o pigmento que torna o efluente chamativo (PROPEQ, 2021).

Coagulantes inorgânicos comumente utilizados no processo de tratamento de águas geram resíduos ricos em hidróxidos, ou seja, apresentam potencial ecotoxicológico (LIMA JÚNIOR; ABREU, 2018, p. 713). De acordo com Oliveira et al. (2018, p. 374), os coagulantes orgânicos são uma opção biodegradável e sustentável, visto que apresentam uma toxicidade reduzida e gera baixa produção de lodo residual. É possível verificar, por meio de diversos estudos, que a *Moringa oleífera* é capaz de eliminar a turvação e matéria orgânica presente nos corpos hídricos, além de eliminar a alcalinidade, sólidos totais dissolvidos, dureza e apresenta capacidade de remoção de metais tóxicos de corpos de água e de biofilmes bacterianos (LIMA et al., 2020, p. 16).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo comparar a eficiência do extrato de *Moringa oleífera* como coagulante orgânico, e sulfato de alumínio como inorgânico no processo de coagulação para o tratamento de efluente proveniente da indústria de tinta.

MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo de conduzir o planejamento fatorial na realização do experimento, foram adquiridos galões de 20 litros de efluente provenientes de uma fábrica de tintas localizada na cidade de Maringá, no estado do Paraná. Para a realização dos ensaios foi seguido um planejamento fatorial com duas variáveis independentes, que são tempo e concentração de coagulante, com três níveis (-1,0,1), em duplicatas, demonstrada no Quadro 1. O tempo de decantação foi de 10, 20 e 30 min e a concentração de solução coagulante foi de 40, 50 e 60mg/L de cada um dos coagulantes.

Quadro 1 – Planejamento estatístico

Ensaio	Tempo (min)	Concentração de Coagulante (mg/L)
1	0 (20)	-1 (40)
2	1 (30)	1 (60)
3	1 (30)	0 (50)
4	0 (20)	1 (60)
5	1 (30)	0 (50)
6	1 (30)	-1 (40)
7	-1 (10)	-1 (40)
8	-1 (10)	1 (60)
9	0 (20)	0 (50)
10	-1 (10)	1 (60)



11	-1 (10)	0 (50)
12	-1 (10)	-1 (40)
13	-1 (10)	0 (50)
14	1 (30)	-1 (40)
15	1 (30)	1 (60)
16	0 (20)	-1 (40)
17	0 (20)	0 (50)
18	0 (20)	1 (60)

Fonte: Autoria própria (2023).

O processo de coagulação e floculação do efluente envolveu o uso de dois coagulantes: *Moringa oleifera* e sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$). Para o coagulante orgânico, foi necessário extrair o extrato da *Moringa oleifera*, o que envolveu a trituração de 10,8g de sementes no liquidificador, junto com 1L de água destilada contendo 10g de Cloreto de Sódio (NaCl 10g/L). Para o coagulante inorgânico, foram pesados 10,06g de sulfato de alumínio em pó e posteriormente diluídos em um balão volumétrico contendo 1L de água destilada. Na condução dos testes de coagulação/floculação/sedimentação, empregou-se o equipamento jar-teste modelo 218 - 6LDB, com capacidade para seis amostras simultâneas e controle de rotação das hastas misturadoras.

Foram realizados 36 ensaios no total, distribuídos em 18 recipientes para cada um dos dois coagulantes utilizados. Cada recipiente continha 250 mL de efluente, aos quais os coagulantes foram adicionados conforme as concentrações especificadas no Quadro 1. O Jar-Test foi programado para misturar o conteúdo em dois estágios com diferentes velocidades. Após o ciclo de agitação, as amostras foram submetidas ao processo de sedimentação, com tempos máximos determinados no Quadro 1 para cada amostra. Após a decantação, as amostras foram coletadas para leitura dos parâmetros de cor aparente, turbidez, pH e demanda química de oxigênio (DQO).

Quadro 2 – Equipamentos e métodos utilizados.

Parâmetro	Equipamentos	Metodologia
Cor aparente	Espectrofotômetro HACH DR-5000	2120 C
Turbidez	Turbidímetro Policontrol AP-2000	2030 B
pH	pH-metro mPA-210	4500 H+ B
Demanda Química de Oxigênio	Bloco Digestor DQO	5220-DQOD

Fonte: APHA (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para avaliar a eficiência dos coagulantes, comparou-se os resultados das leituras dos parâmetros após os processos de coagulação, floculação e sedimentação com as leituras dos parâmetros do efluente bruto. No Quadro 3, está descrito os valores referentes a amostra bruta do efluente.



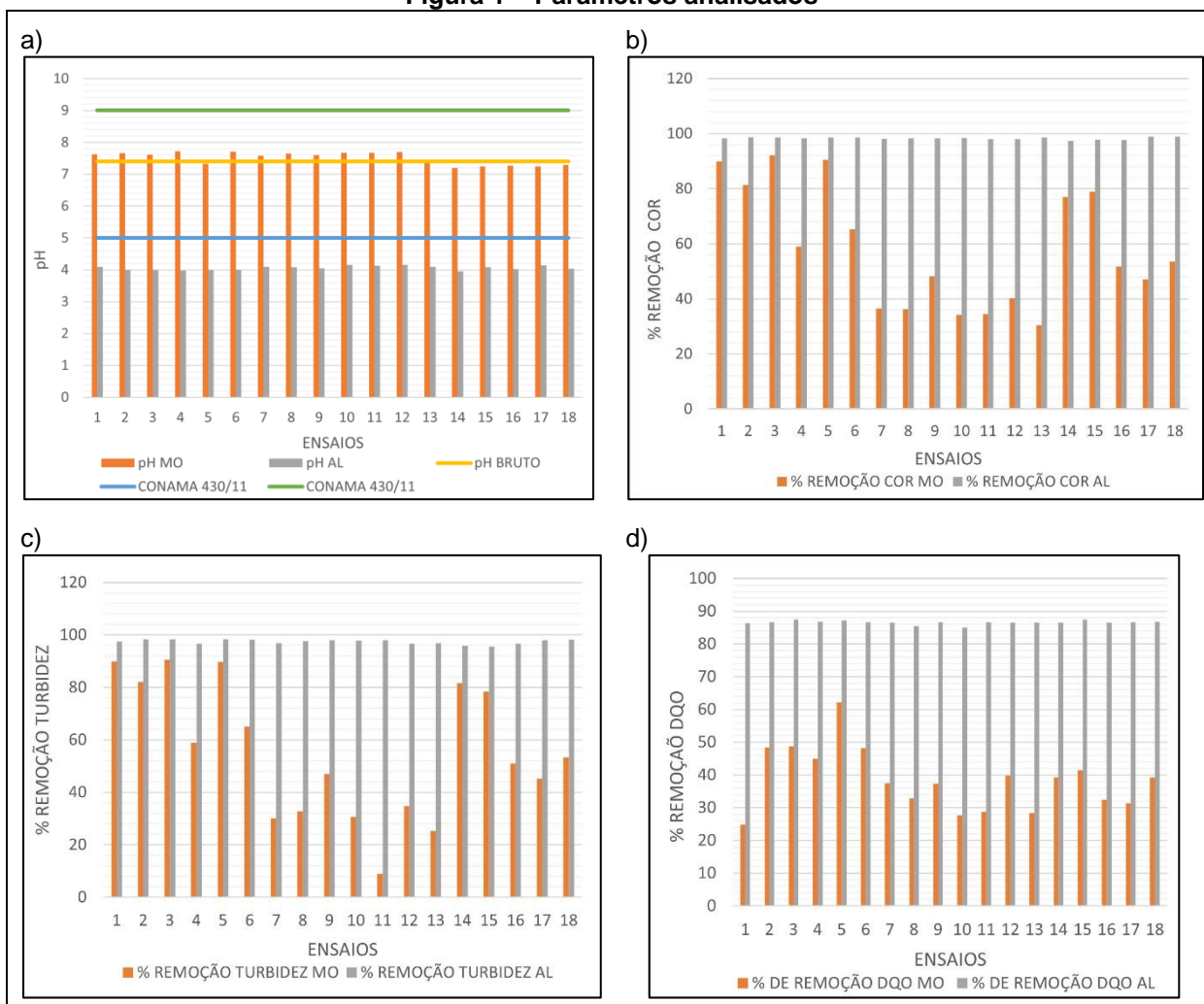
Quadro 3 – Valores dos parâmetros referente ao efluente bruto

Parâmetro	Un. de Medida	Valor	Conama 430/11	Conama 357/05
pH	-	7,4	5 a 9	-
Cor	PtCo (DR500)/uH	3951	-	75 uH
Turbidez	uT	1000	-	100 uT
DQO	Mg/L	5352	-	-

Obs: PtCo: escala APHA-Hazen. Abs: absorvância.

Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 1 – Parâmetros analisados



Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme descrito na Figura 1, item a, no parâmetro pH, não houve variação significativa entre a amostra bruta com amostras tratadas com *Moringa oleifera*, que se manteve em torno de 7,0. Já as amostras tratadas com sulfato de alumínio apresentaram pH em torno de 4,0. De acordo com a Resolução CONAMA 430/11 Art.16-I, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que o pH esteja entre 5 e 9 (CONAMA, 2011).



Conforme o disposto na Resolução CONAMA 357/05, Art. 15-III e Art. 16-I, as águas doces de classe 2 e 3 devem apresentar uma cor verdadeira de até 75 uH (CONAMA, 2005). É possível observar que, de acordo com o gráfico da Figura 1, item b, as amostras tratadas com *Moringa oleifera*, especialmente aquelas com menor quantidade de coagulante, apresentaram a menor porcentagem de remoção de cor, e nenhuma delas estava em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 na época da análise. O sulfato de alumínio resultou em uma maior porcentagem de remoção de cor em todas as amostras. No entanto, as amostras 7, 11, 12, 14, 15 e 16 não estavam em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA 357/05 na época da análise

Segundo o disposto no Art. 15-IV e Art. 16-I da Resolução CONAMA 357/05, as águas doces de classe 2 e 3 devem ter uma turbidez de até 100 uT (CONAMA, 2005). De acordo com a Figura 1, item c, os valores de remoção de turbidez nas amostras submetidas ao tratamento com *Moringa oleifera* foram menores do que nos ensaios realizados com sulfato de alumínio. Observou-se que, nas amostras tratadas com uma maior concentração de coagulante orgânico, a remoção de turbidez foi maior. No entanto, apenas a amostra 3 apresentou um valor de turbidez inferior a 100 uT. Além disso, os resultados obtidos após o tratamento das amostras com sulfato de alumínio estão em conformidade com as diretrizes determinadas pela Resolução CONAMA 357/05. O tempo de decantação das amostras não teve impacto nos resultados obtidos.

É possível observar que, de acordo com o gráfico da Figura 1, item d, a porcentagem de remoção de DQO nas amostras tratadas com *Moringa oleifera* foi inferior em comparação com os ensaios realizados com sulfato de alumínio. Notou-se que a DQO das amostras tratadas com *Moringa oleifera* foi elevada, mas ainda menor do que a amostra bruta, especialmente as amostras com maior concentração de coagulante e com tempo de decantação prolongado. Os ensaios com sulfato de alumínio apresentaram resultados satisfatórios, já que os valores de DQO também foram menores em comparação com a amostra bruta e com as amostras tratadas com *Moringa oleifera*.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados, a *Moringa oleifera*, como coagulante orgânico, mostrou eficácia apenas no parâmetro pH, enquanto o sulfato de alumínio teve resultados desfavoráveis no parâmetro pH, e seis amostras não atenderam à Resolução CONAMA 357/05 no parâmetro cor aparente. Nos ensaios com *Moringa oleifera*, a concentração do coagulante demonstrou ser um fator significativo, com resultados piores em concentrações menores.

Agradecimentos

A autora deste trabalho agradece à UTFPR, Campus Londrina, pelo apoio institucional e pela bolsa de estágio. Agradece também a Joseane Debora Peruco Theodoro pelo apoio, incentivo e auxílio na realização da pesquisa.

Conflito de interesses

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS



APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22^a ed. Washington, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS (Brasil). **Abrafati estima fechar 2018 com a produção de 1,280 bilhão de litros de tintas imobiliárias**. 2018. Disponível em: <<https://abrafati.com.br/Abrafati-estima-fechar-2018-com-a-producao-de-1280-bilhao-de-litros-de-tintas-imobiliarias/>>. Acesso em 31 de Julho de 2023.

BRASIL, Resolução CONAMA n°357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

BRASIL, Resolução CONAMA n°430, de 13 de maio de 2011. Condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores.

Fabricação de Tintas: Problemas e Sustentabilidade. Propeq, 2021. Disponível em: <<https://propeq.com/fabricacao-de-tintas-problemas-e-sustentabilidade/>>. Acesso em 10 de agosto de 2023.

JÚNIOR, Lima; ABREU, F. O. M. S. **Produtos naturais utilizados como coagulantes e floculantes para tratamento de águas: uma revisão sobre benefícios e potencialidades**. Revista Virtual de Química, v. 10, n. 3, 2018. Disponível em: <<http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v10n3a20.pdf>>. Acesso em 10 de Agosto de 2023.

LIMA, Paulo Renato; DE ALMEIDA, Igor Vivian; VICENTINI, Veronica Elisa Pimenta. **Os diferentes tipos de coagulantes naturais para o tratamento de água: uma revisão. Evidência**, v. 20, n. 1, p. 9-12, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.unoesc.edu.br/evidencia/article/view/24704/15641>>. Acesso em 10 de Agosto de 2023.

OLIVEIRA, Natalia Terezinha et al. **Tratamento de água com Moringa oleifera como coagulante/floculante natural**. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, v. 9, n. 1, p. 373-382, 2018.

Disponível em: <<https://revista.unifaema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/539>>. Acesso em 10 de Agosto de 2023.