

Nanopartículas magnéticas associadas a coagulantes orgânicos e inorgânicos no tratamento de efluente galvânico

Magnetical nanoparticles associated with organic and inorganic coagulants in the treatment of galvanic effluent

Mariana Fernandes Alves (orientada)*, Edilaine Regina Pereira (orientadora)†, Higor Aparecido Nunes de Oliveira‡, Dandley Vizibeli§, Marcelo Hidemassa Anami¶

RESUMO

Visando a minimização do impacto ambiental causado pelo excesso de efluente advindo da lavagem de peças da indústria de galvanoplastia o presente trabalho tem como objetivo comparar a eficiência dos coagulantes orgânicos Tanino e *Moringa oleifera* e dos inorgânicos Sulfato de Alumínio, Bufloc 5122 e o Bufloc 5158 (auxiliar ao 5122) quando associados ou não a nanopartículas magnéticas. Utilizou-se a simulação dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração e ao final dos ensaios observou-se que tanto os tratamentos que utilizaram nanopartículas quanto os que não utilizaram apresentaram pouca variação de resultado para a condutividade elétrica e pH, no entanto mostraram um resultado variável e positivo para remoção do parâmetro turbidez, onde o tratamento com o uso do coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera* apresentou o melhor resultado, tendo uma taxa de remoção após a filtração igual a 99,85%. Ressalta-se que a utilização das nanopartículas mostrou-se eficiente para tempos menores de sedimentação, no entanto não se demonstrou um artifício significativo no desempenho pós filtração para este efluente em questão.

Palavras-chave: magnetita, coagulante, galvanoplastia.

ABSTRACT

Aiming at minimizing the environmental impact coming from the washing of parts in the electroplating industry, the present work has to objective compare the efficiency of the organic coagulants *Moringa oleifera* and Tanino and the inorganic Aluminum Sulfate, Bufloc 5122 and Bufloc 5158 (as an aid to 5122), when use or not magnetical nanoparticles. Has been used with the aim of similar processes of coagulation, flocculation, sedimentation and filtration and at the end of the tests it was observed that both the treatments that used or not nanoparticles did not show little variation in the result of electrical conductivity and pH, however they showed a variable and positive results for the turbidity removal parameter, where the treatment with coagulant extracted from the seed of *Moringa oleifera* showed the best result, having a removal rate after filtration equal to 99.85%. It is noteworthy that the use of magnetical nanoparticles proved to be efficient for shorter sedimentation times however it was not demonstrated a significant artifact in the post-filtration performance for this effluent in question.

* Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Paraná, Brasil; marianafernandes@gmail.com

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina; edilainepereira@utfpr.edu.br

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Paraná, Brasil; higornunes@gmail.com

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Paraná, Brasil; dandley.22@hotmail.com

¶ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Paraná, Brasil; mhanami@utfpr.edu.br

Keywords: magnetit, coagulant, galvanoplastic.

1 INTRODUÇÃO

Pode-se caracterizar a galvanoplastia como um ramo da indústria metalúrgica que consiste em processos químicos de banhos ou lavagens de peças a fim de depositar camadas metálicas sobre um material, a partir de reações de oxidação e redução com o intuito de proteção contra corrosão, embelezamento de objetos com a finalidade decorativa, tendo melhora na espessura e condutividade do objeto (INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2014; PEREIRA, 2017).

O principal impacto ambiental deste processo industrial é a alta demanda de água utilizada, isso devido às diversas lavagens envolvidas, além dos resíduos sólidos e lodos gerados. Ademais, o efluente líquido possui alta carga de metais pesados como cromo, zinco, cobre, níquel e chumbo, todos estes prejudiciais à saúde pública (INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, 2014).

O uso de nanotecnologias como auxiliar ao uso de coagulantes no tratamento e remoção de parâmetros físicos e químicos vem sendo observados para minimização de impactos ambientais, isso porque quando o campo magnético é aplicado por meio das nanopartículas os flocos formados no processo são atraídos pela força eletrostática de maneira que a sedimentação ocorre mais rapidamente, além de remover pequenas partículas (GILPAVAS et al., 2017; MATIAS, 2012). No contexto deste estudo, o uso de nanopartículas associadas a coagulantes orgânicos e inorgânicos apresenta resultado representativo?

Sendo assim, este estudo tem como objetivo analisar o tratamento do efluente oriundo da galvanoplastia com o auxílio de diferentes tipos de coagulantes orgânicos e inorgânicos associados ao uso de nanopartículas magnéticas.

2 MÉTODO (OU PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS DA PESQUISA)

O efluente utilizado para o desenvolvimento dessa pesquisa foi proveniente de uma indústria de galvanoplastia localizada no Norte do Paraná e os experimentos foram realizados no Laboratório de Recursos Hídricos na UTFPR – campus Londrina. Foram utilizados para o tratamento os coagulantes orgânicos extraídos da semente de *Moringa oleifera* e o Tanino e os coagulantes inorgânicos Sulfato de Alumínio, Bufloc 5122 e o Bufloc 5158 como auxiliar ao 5122. Para a solução coagulante de *Moringa oleifera* pesou-se 50g da semente descascada, que passou por um processo de agitação em um liquidificador juntamente com 1 L de água destilada e 1M de NaCl, sendo em seguida coada a mistura em coador de pano. Para os demais coagulantes diluiu-se 10 mL do coagulante em 1 L de água destilada.

A dosagem ideal de cada coagulante foi definida a partir de um pré ensaio onde a partir deste estabeleceu-se a dosagem de 2 mL L⁻¹ de Bufloc 5122 juntamente com 2 mL L⁻¹ de Bufloc 5152, 12 mL L⁻¹ de *Moringa oleifera*, 8 mL L⁻¹ de Sulfato de Alumínio e 4 mL L⁻¹ de Tanino. Após ensaio em Jar-test adotou-se 10 mg de concentração para o uso da nanopartícula magnética. A nanopartícula utilizada foi a magnetita que foi produzida seguindo a metodologia descrita por Schwertmann e Cornell (2000). Desta maneira, os tratamentos utilizados foram 1: Tanino sem nanopartículas; 2: Tanino com nanopartículas; 3: Sulfato de Alumínio sem nanopartícula; 4: Sulfato de Alumínio com nanopartículas; 5: *Moringa oleifera* sem nanopartícula; 6: *Moringa oleifera* com nanopartícula; 7: Bufloc 5122 e auxiliar Bufloc 5158 sem nanopartícula e 8: Bufloc

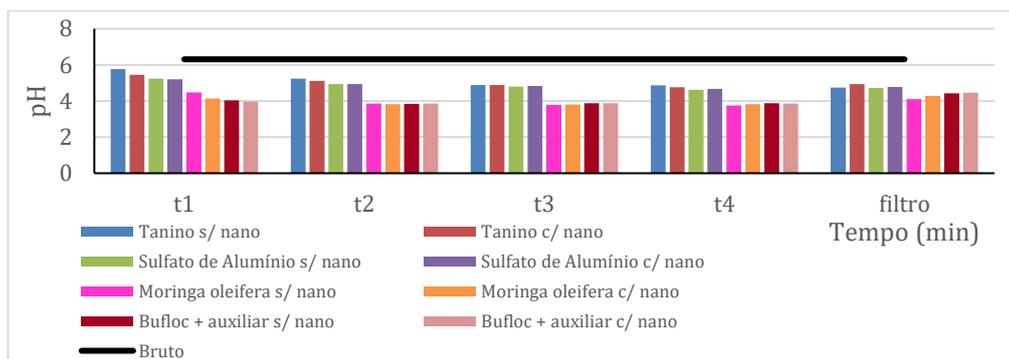
5122 e auxiliar Bufloc 5158 com nanopartícula. Os tratamentos sem nanopartículas foram realizados em duplicata.

Para simular os processos de coagulação, floculação e sedimentação adotou-se o ensaio em Jar-test onde após a homogeneização do efluente utilizou-se 3 minutos de agitação rápida (150 rpm) para o processo de coagulação, 10 minutos de agitação lenta (15 rpm) para o processo de floculação, sendo em seguida o aparelho desligado, dando início ao processo de sedimentação (adaptado de THEODORO, 2012). As coletas foram realizadas nos tempos 3 minutos (t1), 13 minutos (t2), 23 (minutos) e 33 (minutos). Após o último tempo, as amostras ainda passaram por um filtro cujo meio filtrante foi determinado a partir de um ensaio com três diferentes materiais e a partir do filtro que apresentou melhor resultado construiu-se os filtros utilizados para este estudo contendo 1 camada base de manta geotêxtil não agulhado e outra camada com areia de granulometria de 0mm a 0,425mm. Utilizando a metodologia de APHA (2012), analisou-se os parâmetros pH, condutividade elétrica e turbidez.

3 RESULTADOS

O efluente bruto apresentou como resultados de pH 6,31; condutividade elétrica 11,22 mS.cm⁻¹; e turbidez 1335 NTU. O comportamento do pH durante o ensaio é demonstrado na Fig 1.

Figura 1 - Variação do pH no decorrer do ensaio.

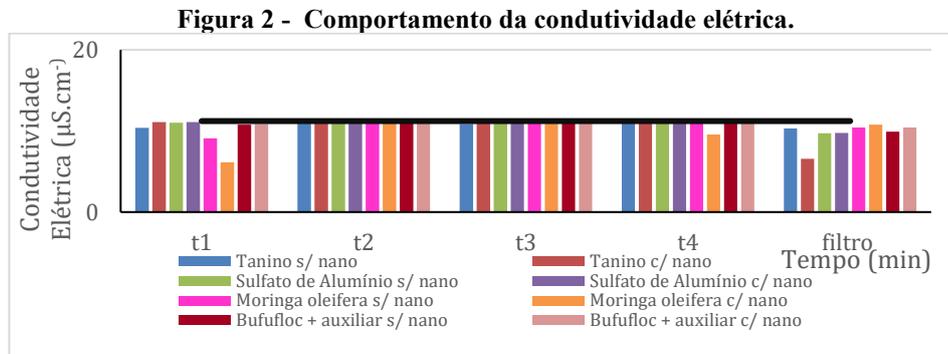


Fonte: autoria própria (2021).

Em comparação com o efluente bruto, todos os tratamentos apresentaram uma diminuição do pH. O tratamento com o Tanino sem a associação de nanopartículas apresentou uma diminuição do pH, que variou de 5,76 (t1) a 4,75 após a filtração; já o tratamento deste mesmo coagulante junto à nanopartículas apresentou pouca variação, tendo seu valor após a filtração 4,94. Para o tratamento com o Sulfato de alumínio, houve pouca diferença quando comparado o uso ou não de nanopartículas, tendo após a filtração valores de 4,78 e 4,73, respectivamente.

Os coagulantes *Moringa oleifera* e Bufloc + auxiliar apresentaram valores de pH inferiores quando comparados aos dois coagulantes anteriores, tendo a partir do t1, valores inferiores a 4,47. No decorrer do ensaio os valores foram mudando de comportamento após a filtração (com exceção do tratamento de Tanino sem as nanopartículas) quando todos tiveram um aumento do pH, principalmente o tratamento com Bufloc junto as nanopartículas, no entanto o uso das nanopartículas não alterou o comportamento do pH. Destaca-se que os tratamentos com *Moringa oleifera*, Bufloc 5122 + auxiliar, Tanino e Sulfato de Alumínio apresentaram um valor de pH

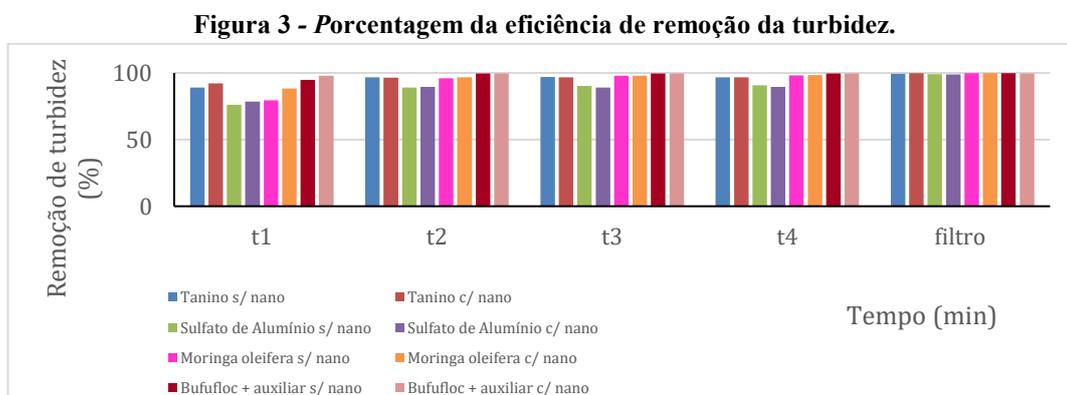
abaixo do exigido pela Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) que deve ser de 5 a 9 para ser lançado em um corpo hídrico sugerindo que houvesse a necessidade de correção para o seu devido lançamento para este tratamento. A variação da condutividade elétrica dos tratamentos utilizados é apresentada na Fig. 2.



Fonte: autoria própria (2021).

Observa-se a partir da Fig. 2, que os valores para condutividade elétrica variaram pouco comparado ao valor bruto ($11,22 \text{ mS.cm}^{-1}$) em todo o processo de sedimentação. O menor valor foi da *Moringa oleifera* $6,13 \text{ mS.cm}^{-1}$ referente ao tratamento com as nanopartículas.

Após a filtração todos os tratamentos tiveram uma queda nos valores relacionados a este parâmetro, com destaque ao tratamento utilizando o Tanino junto as nanopartículas, que chegou a um valor de $6,57 \text{ mS.cm}^{-1}$, valor este bem abaixo do encontrado no bruto. Para os demais coagulantes, a variação ocorreu de $10,8 \text{ mS.cm}^{-1}$ para $9,73 \text{ mS.cm}^{-1}$ para a *Moringa oleifera* e isso é devido à presença de sal na solução coagulante deste tratamento, que desencadeia a liberação de íons aumentando a condutividade elétrica corroborando com Vizibelli et al. (2017) e Ribeiro et al. (2018). Almeida (2019) ao utilizar *Moringa oleifera* e Sulfato de Alumínio como coagulantes para o tratamento de efluente da galvanoplastia, observou para a condutividade elétrica o mesmo comportamento após a filtração, tendo a diminuição dos valores deste parâmetro. A Figura 3 demonstram os valores obtidos para o parâmetro turbidez, que foram convertidas em porcentagem de remoção.



Fonte: autoria própria (2021).

Ao analisar os dados de eficiência de remoção de turbidez (Fig.3) observa-se que o coagulante Bufloc + auxiliar, com e sem as nanopartículas, possui uma ação rápida e que durante o processo

de sedimentação os coagulantes orgânicos e inorgânicos apresentaram uma evolução na remoção da turbidez no decorrer do tempo. O Tanino apresentou valores superiores a 96% na última coleta, enquanto a *Moringa oleifera* taxas acima de 98% ao fim do processo de sedimentação. Já o Sulfato de Alumino dentre todos os coagulantes foi o que apresentou uma ação mais tardia chegando a valores próximos a 90%. Vaz (2009) trabalhou com a *Moringa oleifera* em diferentes concentrações para a análise de cor aparente e turbidez no tratamento de efluente proveniente da galvanoplastia e em seus estudos a *Moringa oleifera* apresentou uma remoção máxima de turbidez próxima a 92%, o que demonstra a eficiência deste coagulante para tratamentos de efluentes deste ramo industrial.

A ação das nanopartículas foi positiva quando se teve pouco tempo de sedimentação, porém ao final os resultados se igualaram aos tratamentos sem as nanopartículas, resultado esse similar ao de Andrade (2019), onde ao final da sedimentação os tratamentos com máxima eficiência de remoção de turbidez com e sem o uso de nanopartículas chegaram ao valor de remoção semelhantes na faixa de 96% não apresentando variação significativa. Já após a passagem pelo meio filtrante, todos os tratamentos com e sem as nanopartículas atingiram valores superiores a 99%. Destaque para a *Moringa oleifera* após a filtração que obteve uma taxa de remoção igual a 99,85%, tendo, portanto, o melhor resultado comparado aos demais tratamentos.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que para o tratamento de efluente proveniente de galvanoplastia, os tratamentos adotados neste estudo apresentaram resultado positivo no parâmetro remoção de turbidez e pouca variação no parâmetro condutividade elétrica e pH. A utilização das nanopartículas apresentou ação significativa em tempos menores de sedimentação, porém não apresentou resultados efetivos para o resultado pós filtração. Observa-se que os coagulantes orgânicos extraídos da semente de *Moringa oleifera* e o Tanino obtiveram excelentes taxas de remoção de turbidez, igualando-se aos demais coagulantes inorgânicos. Tal análise demonstra que além das vantagens ambientais e de saúde pública que os coagulantes orgânicos possuem, seu desempenho comparado aos coagulantes inorgânicos é semelhante e em alguns momentos até superior.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR) campus Londrina, por disponibilizar sua infraestrutura para a realização dos ensaios e a Fundação Araucária pelo apoio financeiro

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. P. et al. Tratamento de efluente de uma indústria de galvanoplastia com auxílio de *Moringa oleifera*, do Bonderite S-WT e do Sulfato de Alumínio. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 48. Campinas, 2019.

- ANDRADE, M.C. et al. Ação de coagulantes orgânicos e inorgânicos no tratamento de efluente de galvanoplastia com auxílio de nanopartículas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 48. Campinas, 2019.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22^a ed. Washington, 2012 American Public Health Association. 1082p., 2012.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, **Galvanoplastia: orientações para o controle ambiental**. Rio de Janeiro: INEA, 2014. 2. Ed.
- GILPAVAS, E.; DOBROSZ-GOMEZ, I.; GOMEZ-GARCIA, MENENGEL. Coagulation-flocculation sequential with Fenton or Photo-Fenton processes as an alternative for the industrial textile wastewater treatment. **Journal of Environmental Management**, v. 191, p. 189–197, 2017.
- MATIAS, M. S. **Tratamento de nanopartículas de prata por eletrocoagulação**. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 122. 2012
- PEREIRA, C.E.G. Estudo das principais doenças causadas a cromadores no setor de galvanoplastia. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) – Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Londrina, p. 58. 2017.
- RIBEIRO, T. et al. Associação de nanopartículas magnéticas a coagulantes orgânicos no tratamento de efluente de indústria de laticínio. In: XXIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 8. Apucarana, 2018.
- SCHWERTMANN, U; CORNELL, R.M. Iron oxides in the laboratory: Preparation and Characterization. Wiley_VCH Verlag GmbH. D-69469, 2000.
- THEODORO, J.D.P. Estudo dos mecanismos de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano. 2012. 184f. Tese de Doutorado (Departamento de Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.
- VAZ, L.G. de L. et al Avaliação de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010.
- VIZIBELLI, D. et. al. Uso de diferentes tipos de filtros associados aos coagulantes *Moringa oleifera* e Cloreto Férrico no tratamento de água. In: XXII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 7. Londrina, 2017.