

“

Eficiência de *Moringa Oleifera* e sulfato de alumínio no tratamento de água residuária industrial

▮ Enaira Liany Bezerra dos **Santos**
UERN

▮ Juciane Vieira de **Assis**
UFERSA

▮ Larissa Fernandes da **Silva**
UFERSA

▮ Letícia Lamonyely Pereira da **Costa**
UERN

▮ Yáskara Fabíola Monteiro Marques **Leite**
UERN

▮ Roseano Medeiros da **Silva**
UERN

RESUMO

O setor industrial é um dos maiores consumidores de recursos hídricos e que tem produzido cada vez mais resíduos líquidos que são de difícil descarte. A partir disso, algumas técnicas no tratamento de efluente vêm sendo utilizadas para teste de viabilidade e eficiência. Uma delas é o uso de coagulantes (orgânicos e inorgânicos) nas etapas de coagulação/floculação em processo de tratamento de efluentes. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo avaliar os resultados obtidos a partir do processo de coagulação de dois agentes coagulantes e definir a melhor dosagem para reuso interno do resíduo líquido de uma empresa de beneficiamento de vidro localizada no município de Mossoró, no Rio Grande do Norte. Os experimentos foram realizados em triplicata a partir de uso de aparelho Jar Test, respeitando o Tempo de Mistura Rápida (TMR) e Lenta (TML) e o Tempo de Decantação (TD) pré-estabelecidos durante a pesquisa bibliográfica. Cada amostra de água bruta foi de 0,3 L para as dosagens de 0,001, 0,005 e 0,1 L em cada pH delineado para teste. Os resultados obtidos mostraram a eficácia dos dois coagulantes testados na redução de cor aparente da água residuária derivada do beneficiamento de vidro. O sulfato de alumínio conseguiu reduzir 99,7% e *Moringa oleifera* 98,6 % da cor aparente.

Palavras-chave: Coagulantes, Reúso de Efluentes, Resíduos Líquidos, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O uso industrial e em grande escala dos recursos hídricos tem produzido cada vez mais resíduos líquidos que, por suas mais variadas características, são de difícil descarte. Observa-se um grande uso dos recursos hídricos no setor de construção e decoração, como empresas que fabricam vidro. Por isso, é necessário buscar uma boa gestão desses despejos, que inclua o reuso e descarte adequado da água residuária.

A água pode ser utilizada nas indústrias de diversas formas, tais como: lavagens de máquinas, tubulações e pisos, sistemas de resfriamento, geradores de vapor, águas utilizadas diariamente nas etapas do processo industrial e esgotos sanitários (GOMES et al, 2017, p. 30). Assim, em diferentes etapas são gerados grandes quantitativos de resíduos líquidos e cada um tem características muito distintas, o que dificulta a padronização de um sistema específico de tratamento para esses resíduos.

As empresas que geram esses resíduos têm a responsabilidade de dar a eles a destinação adequada, de modo a garantir a sustentabilidade ambiental no processo produtivo. Para que estes resíduos líquidos sejam descartados em corpos d'água devem passar por um tratamento adequado (GOMES et al, 2017, p. 32) ou, em casos aplicáveis, deve-se optar pela reutilização das águas residuais, de forma a reduzir o quantitativo de água de abastecimento usada, gerando lucro para a empresa e beneficiando o meio ambiente.

A partir disso, é preciso buscar por tecnologias sustentáveis para tratamento de águas residuais. O processo de coagulação e floculação tem se mostrado, a partir de diversas pesquisas, ser rápido, acessível e eficiente na remoção de impurezas da água. A coagulação consiste essencialmente na desestabilização das partículas coloidais e suspensas presentes na água e normalmente é seguida pelo processo de floculação, que aglomera as partículas coaguladas ou desestabilizadas, para formar flocos maiores que possam sedimentar (FRANCO et al., 2017).

Os coagulantes inorgânicos como o sulfato de alumínio e o cloreto férrico têm sido amplamente aplicados nesse processo, pois apresenta baixo custo de mercado por ser produzido em larga escala e ser comumente utilizado nos processos de tratamento de água, porém o mesmo é bioacumulativo e possui forte ligação com a doença de Alzheimer, representando riscos à saúde (SIQUEIRA et al., 2018).

Como alternativa, surgem os coagulantes orgânicos, como a moringa e a quitosana, que podem ser uma alternativa mais sustentável, tanto pela sua eficiência quanto pelos resíduos biodegradáveis que geram durante o processo de coagulação, além de que para ser utilizada no tratamento exige um processamento fácil e prático no manuseio, o que a torna uma solução viável para o tratamento sustentável da água.

OBJETIVO

Avaliar os resultados obtidos a partir do processo de coagulação e floculação de dois agentes coagulantes e definir melhor dosagem para reuso interno do resíduo líquido de uma empresa de beneficiamento de vidro localizada no município de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte.

MÉTODOS

Foi utilizado efluente de uma empresa de beneficiamento de vidro localizada em Mossoró, município localizado na região Oeste Potiguar do estado do Rio Grande do Norte, a uma distância de 281 km de Natal, capital do estado. Os parâmetros para caracterização e verificação do efluente estudado foram: cor aparente (medido no Medidor de Cor Aparente IIP Microprocessado) e Potencial Hidrogeniônico (medido no Medidor de pH TEC-5).

O pH das amostras foi ajustado antes de submetê-las ao processo de coagulação, pois como mostrado por Vaz (2009) e Fernandes (2015), cada coagulante tem uma faixa ótima de operação, onde observa-se uma maior formação de flocos e conseqüentemente um tratamento mais eficiente. Como descrito no quadro 1, a moringa apresenta uma faixa ótima de pH mais ampla que o sulfato de alumínio, o que confere uma outra vantagem do uso da moringa.

Porém, neste trabalho foi visado a comparação dos dois coagulantes na faixa ótima de pH do sulfato, de 5-8, além do pH 9, o pH no qual a água residuária se encontrava. A faixa ótima do sulfato foi escolhida por contemplar também parte da faixa ótima da moringa (4-12). Para tal ajustes, foi utilizado ácido clorídrico (HCl 1M a 1%) ou hidróxido de sódio (NaOH), misturado a água destilada numa proporção de 1:1.

Quadro 1. Faixa ótima de operação dos coagulantes.

| Coagulantes | Faixa ótima de operação |
|-----------------------|-------------------------|
| Moringa* | 4 - 12 |
| Sulfato de Alumínio** | 5 - 8 |

*Vaz (2009) ** Silva (1999).

Cada coagulante foi base para uma solução de 0,001 L que foi preparada antes de cada ensaio para conferir a eficiência necessária. A solução coagulante a base de Sulfato de Alumínio foi preparada a partir da diluição de 0,001 kg de sulfato de alumínio para 0,001 L de água destilada e posta no Agitador Magnético Modelo D1-01 durante 15 minutos.

A solução coagulante a base de Moringa foi preparada a partir da sua semente, que foi macerada com pilão e passada na peneira, a fim de se usar apenas os grãos iguais ou

menores que 0,036 mm. Após obter o pó da semente da moringa, foi diluído 0,001 kg deste em 0,001 L de água destilada e submetido ao Agitador Magnético por 15 minutos.

Os experimentos foram realizados em triplicata usando o aparelho Jar Test, respeitando o Tempo de Mistura Rápida (TMR), Tempo de Mistura Lenta (TML) e Tempo de Decantação (TD) pré-estabelecidos durante a pesquisa bibliográfica. Cada amostra de água bruta foi de 0,3 L para as dosagens de 0,001, 0,005 e 0,1 L em cada pH delineado para teste.

Quadro 2. Condições de operação utilizadas no Jar Test.

| TMR | TML | TD |
|-------------------|-------------------|--------|
| 160 rpm por 3 min | 30 rpm por 15 min | 30 min |

Fonte: elaboradas pelas autoras.

RESULTADOS

Inicialmente foi feita a caracterização do efluente bruto a partir dos parâmetros já citados anteriormente e em seguida as mesmas análises foram realizadas em todas as dosagens a fim de obter a comparação final dos resultados.

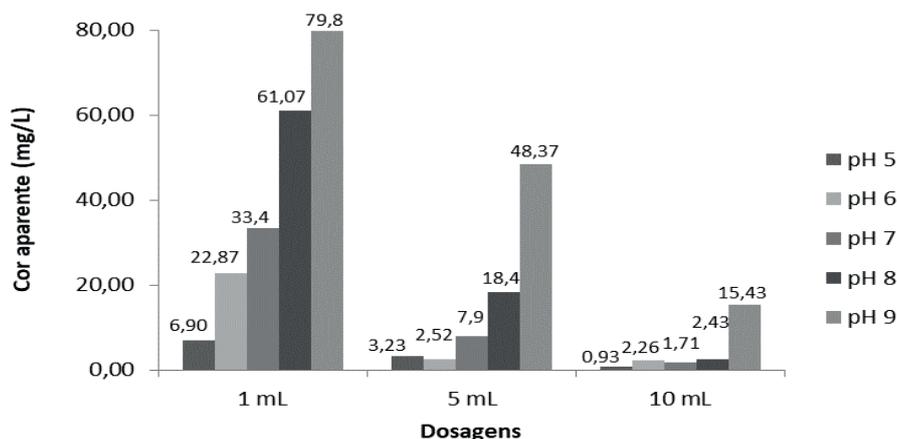
Quadro 3. Características do efluente bruto.

| Parâmetros | Efluente Bruto | Valor Máximo Estabelecido* |
|--------------|----------------|----------------------------|
| Cor aparente | 320,01 mg/L | 75 mg/L |
| pH | 9,38 | 6,0 a 9,0 |

* Resolução Conama 357/05

O gráfico 1 apresenta a média de cor aparente analisada após tratamento com o coagulante industrial sulfato de alumínio, considerando a faixa de pH junto das dosagens estabelecidas. A amostra tratada com 0,001 L de solução coagulante com pH 9, foi a única que apresentou média distinta do estabelecido pelas Resoluções, que seria de 75 mg/L de cor aparente.

Gráfico 1. Valores de cor aparente (mg/L) das amostras tratadas com o coagulante inorgânico.

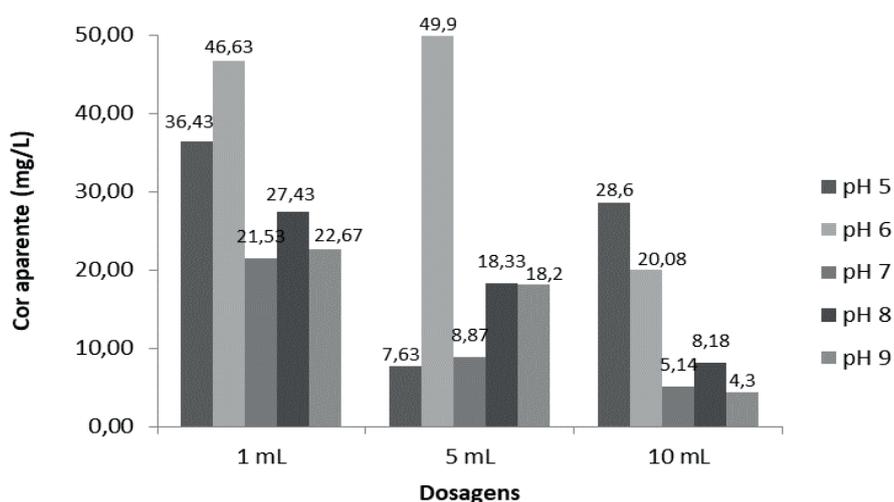


O gráfico 2 exibe as médias de cor aparente das amostras tratadas com solução coagulante orgânica a base de *Moringa oleifera*. Todas as amostras permaneceram dentro do padrão estabelecido de 75mg/L de cor aparente estabelecido pela Resolução.

Assim como para as amostras tratadas com solução coagulante de sulfato de alumínio que apresentam as melhores médias com o aumento da dosagem, o mesmo ocorre com as amostras tratadas com Moringa. A melhor média de cor aparente foi apresentada na amostra tratada que combinou 0,1 L de solução coagulante de Moringa com pH 9, com eficiência de 98,6% na redução de cor aparente.

Pode-se notar que além das amostras tratadas com a solução coagulante orgânica terem mostrado uma estabilidade no pH, o que não aconteceu com as tratadas com o coagulante inorgânico, elas também tiveram uma maior redução no pH onde a água já se encontrava, de valor 9.

Gráfico 2. Valores de cor aparente (mg/L) das amostras tratadas com o coagulante orgânico.



Podemos observar, à medida que se tem o aumento da dosagem e a redução de pH, melhores são as médias e consequentemente percentual de redução de cor aparente. Diferente disso ocorre quando se tem a diminuição da dosagem e o aumento de pH. A amostra tratada com 0,1 L de solução coagulante com pH 5, apresentou média 0,93 e 99,7% de redução de cor aparente.

DISCUSSÃO

As variáveis de água bruta analisadas encontram-se em excesso em comparação à legislação consultada. Isso pode ser justificado pelos reagentes no qual a água entra em contato no processo de beneficiamento do vidro, como a sílica ou óxido de sílica. Apesar do

pó em contato com a água ser inerte, este pode aumentar a cor e o pH da água rapidamente (ZAMPERO, 2011).

Santos et al. (2007) afirma que a moringa é um agente coagulante capaz de competir com o sulfato de alumínio na remoção de cor em alguns casos, como de água residuária que fora aditivada a sílica, é uma alternativa mais econômica, pois há pouca alteração do pH da água, não necessitando muitas vezes de correção após o processo de coagulação e floculação.

Em estudo desenvolvido por Zampero (2011), também foi observado à eficácia das sementes de moringa como coagulantes em efluentes gerados na indústria de beneficiamento de vidros, confirmando a viabilidade satisfatória de reuso. O uso de biopolímeros extraídos de vegetais no processo de coagulação tem várias vantagens em comparação com os sais químicos: baixo custo; não há variação de natureza da alcalinidade da água no processo; o lodo gerado após tratamento apresenta menor volume quando comparado com o lodo gerado com uso de constituintes químicos.

Pode-se desmistificar, então, a ideia de que os coagulantes orgânicos são menos eficazes que os inorgânicos. Nesse caso, a moringa torna-se bem mais atrativa do que o sulfato, mesmo sem contar com o fato que o gasto seria muito menor quando usadas diariamente. Se torna importante, nesse caso, testar diferentes formas de preparo e uso da solução coagulante, o que ainda tem sido pouco explorado, como afirmam Arantes et al. (2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois coagulantes testados mostraram-se eficaz na redução de cor aparente da água residuária derivada do beneficiamento de vidro. Constatando que a Moringa oleífera é uma alternativa sustentável ao sulfato de alumínio, na redução de cor aparente.

O estudo foi eficiente para dar suporte ao processo decisório de escolha de coagulante, dosagens e pH para realizar o tratamento da água gerada no processo de beneficiamento de vidro e garantir o reuso interno dessa água, gerando diferentes benefícios à empresa e ao meio ambiente.

Estudos com esse objetivo devem ser incentivados e desenvolvidos, com vistas a buscar diminuir o quantitativo de água utilizada em processos industriais e também evitar que elas sejam jogadas na rede de esgoto enquanto podem ser reutilizadas e receber uma destinação adequada.

■ REFERÊNCIAS

1. ARANTES, Camila C. et al. Diferentes formas de aplicação da semente de *Moringa oleífera* no tratamento de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n3/1415-4366-rbeaa-19-03-0266.pdf>> Acesso: 10 Nov 2020
2. FERNANDES, Mylena et al. Aplicação de tanino como coagulante no reuso da água de lavagem de automóveis e a utilização do lodo na agricultura. **Revista Eletrônica do PRODEMA**. Fortaleza, Brasil, v. 9, n. 1, p. 51-61, 2015. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/285>> Acesso: 15 Set 2019
3. FRANCO, Camila Silva et al. Coagulação com semente de *Moringa oleifera* preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 781-788, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/esa/v22n4/1809-4457-esa-22-04-00781.pdf>> Acesso: 20 Set 2019
4. GOMES, Vinícius Marques et al. Avaliação do sistema de tratamento de efluentes gerados em indústria de laticínios. **Colloquium Exactarum**, v. 9, n. 3, 2017. Disponível em: <<http://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/2226/2050>> Acesso: Nov 2019
5. SANTOS, R. O. RABELO, T. S.; SCHRANK, S. G. **Uso de sementes de *Moringa oleifera* para o tratamento de efluentes têxteis**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24. Aracajú, 2007. Disponível em: <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/II-080.pdf>> Acesso: 15 Dez 2019
6. SILVA, T. S. S. **Estudo da tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto**. Dissertação (Mestrado, Área de saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4660>> Acesso: 15 Dez 2019
7. SIQUEIRA, A. P. S. et al. Análise da performance dos coagulantes naturais *Moringa oleifera* e tanino como alternativa ao sulfato de alumínio para o tratamento de água. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.27; p. 18, 2018. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2018a/eng/ananlise%20da%20performance.pdf>> Acesso: 20 Dez 2019
8. VAZ, L. G. L. et al. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Ecl. Quím.** São Paulo, 35 - 4: 45 – 54, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/eq/v35n4/06.pdf>> Acesso em: 25 Dez 2020
9. ZAMPERO, R. **Tratamento de Efluente líquido da Indústria de Vidros com sementes de *Moringa oleifera***. Dissertação (Mestrado, área de Sistemas de Produção na Agropecuária) – UNIFENAS, Minas Gerais, 2011. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNFE_f2be447cb0db54549e5e20af08b648ad> Acesso: 30 Nov 2019