

# Proposal for the use of Moringa Oleifera seed extract as a coagulant in the treatment of drinking water

Nicolau Penicela Chirinza<sup>1</sup>, Paulino Vasco Mariano Muguirrima<sup>1</sup>, Salvador Carlos Grande<sup>1</sup>, Carlos Alberto Mendieta Pino<sup>2</sup>, Federico León Zerpa<sup>2</sup>, Sebastián Ovidio Pérez Báez<sup>2</sup>, Alejandro Ramos Martín<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Zambeze (UniZambeze), Moçambic.

<sup>2</sup>Instituto de Estudios Ambientales y Recursos Natural (iUNAT), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).

## ABSTRACT

The present work aims to propose the use of Moringa Oleifera seed extract as a coagulant in water treatment, taking as a reference its efficiency in removing turbidity compared to the use of aluminium sulphate coagulant. The Moringa Oleifera coagulant is easy to acquire and use and when prepared in an optimized way, it complies with the recommended water potability standards. In environmental terms, its use is recommended as it does not transmit harmful by-products to the environment.

**Keyword:** Coagulant, Moringa Oleifera Seed, Aluminium Sulphate, water treatment.

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento de água é um processo no qual se busca retirar ou eliminar matéria orgânica, lodo, areia e analisar as características físico-químicas e microbiológicas através de regulamentações para torná-lo ideal para consumo humano<sup>1</sup>. O processo de coagulação é uma etapa essencial na purificação de água. Isto depende da conversão de partículas suspensas em flocos maiores que podem assentar ou ser facilmente filtrados da água. Este processo envolve a adição de certos produtos químicos chamados coagulantes, onde os tais produtos têm a capacidade de auxiliar na floculação de partículas suspensas na água. Sendo por vezes recorrido no processo de coagulação no tratamento de água o uso da Moringa, onde ela é conhecida por ter certas proteínas que são carregadas positivamente em soluções e podem ligar se a partículas carregadas negativamente para remover a turbidez da água<sup>2</sup>

A utilização da semente da Moringa oleífera como coagulante apresenta alguns desafios a serem superados, pois a semente não fracionada também possui outros compostos que são liberados junto com o catiónico proteínas de interesse que podem causar resultados indesejados, como carbono orgânico residual e citotoxicidade após tratamento de água<sup>3</sup>. O núcleo das sementes da Moringa oleífera contém aproximadamente 36,7% de proteína, 34,6% de lipídios e 5,0% de carboidratos (p/p), e como um indesejável conseqüentemente, esses compostos (matéria orgânica) podem facilitar o novo crescimento de microrganismos e levam à formação de subprodutos de desinfecção<sup>2,3</sup>. Polímeros orgânicos naturais têm sido usados há mais de 4.000 anos na Índia, África e China como coagulantes eficientes e como auxiliares de coagulação para águas de alta turbidez para uso doméstico em áreas rurais. Iniciando no século 19, coagulantes químicos como cloreto de ferro III ( $FeCl_3$ ) e sulfato de alumínio  $Al_2(SO_4)_3$  onde passaram a ser utilizados em todo o mundo no tratamento de água para consumo humano consumo, o que deixou o uso de coagulantes em segundo plano, exceto nas áreas rurais e países em desenvolvimento que ainda os utilizam. No entanto, os coagulantes químicos impactam o ambiente e a saúde humana devido à sua composição e ao seu custo mais elevado<sup>1</sup>. Portanto ser de extrema importância a recorrecão de produtos naturais que visa minimizar o impacto ambiental e aumento de custos desnecessário no tratamento de água.

O presente artigo tem como objetivo geral propor o uso de extrato da semente de Moringa Oleífera como coagulante no tratamento da água potável tendo como comparação da sua eficiência com coagulante sulfato de alumínio.

Quanto ao público alvo a inovação proposta orienta se de forma geral aos estudantes da engenharia de Processos, engenharia Química, cursos superiores relacionados com meio ambiente e por fim cursos direcionados ao tratamento da água. De referir que em termo de nível dos estudantes dos cursos referenciados a inovação abrange a todos níveis desde o 1º ano de licenciatura até ao nível de doutoramento.

O nível de compreensão anterior do tema antes da aplicação deste trabalho eram, conhecimento básico dos coagulantes utilizados no tratamento da água a nível geral, das técnicas instrumentais de extração de compostos químicos procedentes de planta e das operações básicas de engenharia química.

O objetivo de aprendizagem é compreender o método de extração do coagulante da planta e entender como aplicar o coagulante nos sistemas de tratamento de água potável e medir sua eficácia.

O nível de compreensão posterior do tema depois da aplicação deste trabalho são obter um conhecimento do método de extração e da eficiência de coagulação na qualidade de água potável. Sendo o resultado de aprendizagem a compreensão do uso dos coagulantes como forma de tratar a água potável e entender as técnicas de extração de fontes naturais.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água é um dos componentes fundamentais do desenvolvimento sustentável e a sua conservação é essencial para a preservação da biodiversidade em nosso planeta. Urbanização, mudanças nos padrões de produção e consumo nas nações industrializadas e em desenvolvimento fornece novas questões para a gestão do ciclo da água; o saneamento de águas residuais é um deles representa uma dupla ameaça à saúde pública e à proteção ambiental<sup>4</sup>. Contudo é extremamente imperioso adoção de técnicas que visa no tratamento de água como forma a responder com a qualidade exigida na potabilidade assim como normas ambientais. O processo de coagulação é amplamente utilizado no tratamento de água e esgoto, pois é eficaz para remover sólidos suspensos, turbidez, matéria orgânica, óleo, demanda química de oxigênio (DQO) e cor. O processo de coagulação é conduzido principalmente pela adição de um coagulante que permite a formação de pequenas partículas aglomeradas (partículas finas instáveis) em flocos maiores que podem assentar. Coagulação e floculação estão interligadas. A coagulação é o processo de agrupamento sob mistura em alta velocidade, enquanto a floculação é o processo de sedimentação sob mistura suave. Geralmente, as partículas coloidais são partículas carregadas negativamente. Por isso, coagulação é um processo químico que envolve a neutralização dessas partículas em água e águas residuais, enquanto a floculação é um processo físico que envolve a formação de flocos de partículas neutralizadas durante o processo de coagulação. Assim, grandes flocos se formam durante coagulação, e eles se agregam e sedimentam durante a floculação<sup>5,6</sup>.

A sedimentação por coagulação é amplamente utilizada no tratamento de água devido à sua facilidade de manutenção e baixo custo de operação. O processamento da água potável depende em grande parte de sedimentação por coagulação, que representa aproximadamente 5% do custo total de funcionamento e facilidades de tratamento de água<sup>7-9</sup>.

### 2.1 Moringa oleífera como coagulante

O mecanismo de coagulação utilizando Moringa oleífera para remoção de poluentes da água, ocorre devido à junção dos mecanismos de coagulação e neutralização de cargas. Sendo este, similar ao mecanismo de coagulação do sulfato de alumínio<sup>10</sup>. As sementes da Moringa oleífera possuem quantidades significativas de proteínas catiónicas solúveis, e quando são trituradas em forma de pó e adicionadas em águas turvas, liberam cargas positivas atraindo as partículas que estão carregadas negativamente, como barro, argila, bactérias e demais particulados presentes na água. A coagulação ocorrerá quando as proteínas catiónicas se ligam às partículas negativas formando flocos<sup>11</sup>. A Moringa oleífera pode clarificar águas de alta, média e baixa turbidez<sup>2,6</sup>. Enquanto coagulantes com base de alumínio são eficientes em uma faixa restrita de níveis de pH no tratamento de águas, o uso das sementes de Moringa oleífera independe do pH da água a ser tratada para sua eficiência. Outro efeito benéfico que deve ser observado, quando a Moringa oleífera é utilizada como coagulante, é o efeito do tratamento biológico da água, que ocorre concomitante com a coagulação. Tal efeito se deve ao fato da Moringa oleífera possuir uma substância antimicrobiana que age juntamente aos microrganismos que se encontram nas partículas em suspensão na água e acabam sendo eliminados juntamente com o lodo<sup>4,12,13</sup>. A utilização das sementes e vagem da Moringa oleífera juntamente à filtração no tratamento de água evidenciam bons resultados e reduzem o uso de coagulantes químicos não biodegradáveis, além de apresentar como vantagens uma menor geração de lodo, a produção de lodo biodegradável, uma boa remoção de turbidez e cor, remoção de quase 90% de bactérias e mantendo o pH da água. Outras vantagens do

extrato da semente de moringa estão na facilidade de manuseio, no envolvimento de tecnologias simples nas quais profissionais não qualificados podem operar, além de um extrato biodegradável.

## 2.2. Qualidade da água potável

Um número significativo de sistemas de abastecimento de água que fornecem água potável para população local, comunidades em todo o mundo são alimentadas por fontes de água superficiais<sup>1,13</sup>. A qualidade das águas superficiais é importante, entre outras preocupações, devido o seu uso generalizado como a principal fonte de água potável para inúmeras comunidades em todo o Mundo. Embora as metas específicas para o tratamento de águas superficiais possam variar dependendo da fonte, qualidade da água e padrões regulatórios, os parâmetros que normalmente exigem redução são os mesmos para a maioria das águas superficiais e inclui turbidez, cor e o conteúdo de matéria orgânica. Os métodos atuais de purificação de águas superficiais incluem adsorção, filtração por membrana, troca iônica, processos de oxidação avançados e processos biológicos. No entanto, a coagulação tradicional ainda é a mais prevalente<sup>6</sup>.

O sistema de tratamento de água convencional consiste em coagulação seguida de sedimentação, filtração e muitas vezes adsorção de carvão ativado (Figura 1)<sup>6,11</sup>.

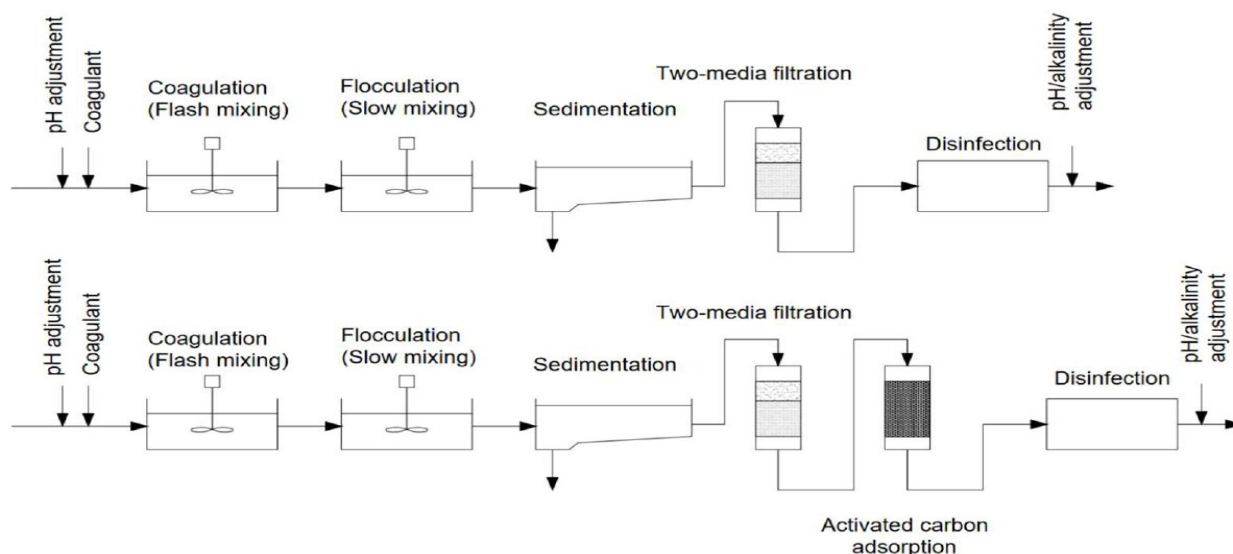


Figura 1: Sistema convencional de tratamento de água (adptado por Takaara)

## 3.MATERIAIS E MÉTODOS

Preparação da solução coagulante do extrato das sementes de Moringa oleífera

Para o preparo da solução bio coagulante, seguiu-se a ideologia dos vários autores (Alam et al., 2020; Alazaiza et al., 2022a).De acordo com o autores para uma turbidez inicial de 50 NTU a melhor dosagem para o bio coagulante aquoso seria a uma concentração de 2%, sendo 2 g da amostra moída das sementes de Moringa oleífera em 100 ml de água destilada. Para tal o procedimento utilizado foi o seguinte:

- A figura 2 representa as sementes da Moringa Oleífera em dois cenários: primeiro caso sementes com casca e o segundo sementes descascadas com auxílio de uma faca.



*Figura 2 Semente de Moringa moída.*

Para melhor contacto entre as partículas foi necessário a diminuição granulométrica das sementes utilizando um moinho de faca.

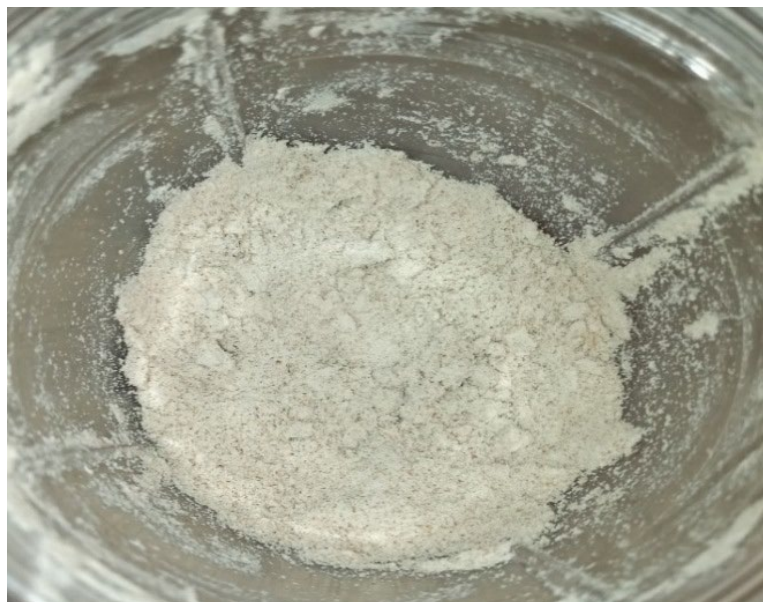


Figura 3: Semente de Moringa moída.

- b) Para extração do composto ativo foi efetivada da seguinte maneira:
- I. Com o uso de uma espátula e uma balança analítica pesou-se 2 g de pó da semente da Moringa oleífera;
  - II. Utilizou-se uma proveta de 100 ml para medir 100 ml de água destilada;
  - III. Adicionou-se em um becker de 600 ml o 2 g de pó das sementes da Moringa oleífera e posteriormente adicionou-se os 100 ml de água destilada no mesmo becker.
  - IV. A mistura foi colocada em um agitador magnético para uma elevada agitação durante 4 minutos. A solução obtida nestas condições corresponde a uma concentração de sementes moídas da Moringa oleífera de 20 g/l.

A mistura entre as sementes moídas da Moringa oleífera e a água destilada resulta em um líquido esbranquiçado, de cheiro intenso. O tempo de conservação é limitado devido a sua biodegradação. Por esta razão, as soluções do extrato das sementes da Moringa oleífera foram preparadas nos dias de execução dos ensaios em Jar Test.

#### 4.DISSCUSSÃO DE RESULTADOS

Avaliação da eficiência de coagulante de Moringa Oleífera Vs Coagulante de Sulfato de Alumínio. Na remoção da turbidez destacou – se os seguintes resultados em três ensaios analisados de forma separada usando os dois tipos de coagulantes (Moringa Oleífera e Sulfato de Alumínio):

	Eficiência de remoção de turbidez com Moringa oleífera (%)	Eficiência de remoção de turbidez com sulfato de alumínio (%)
Ensaio 1	88,86364	92,27273
Ensaio 2	85,33333	90
Ensaio 3	90,52632	92,63158

Fonte: Autor (2023)

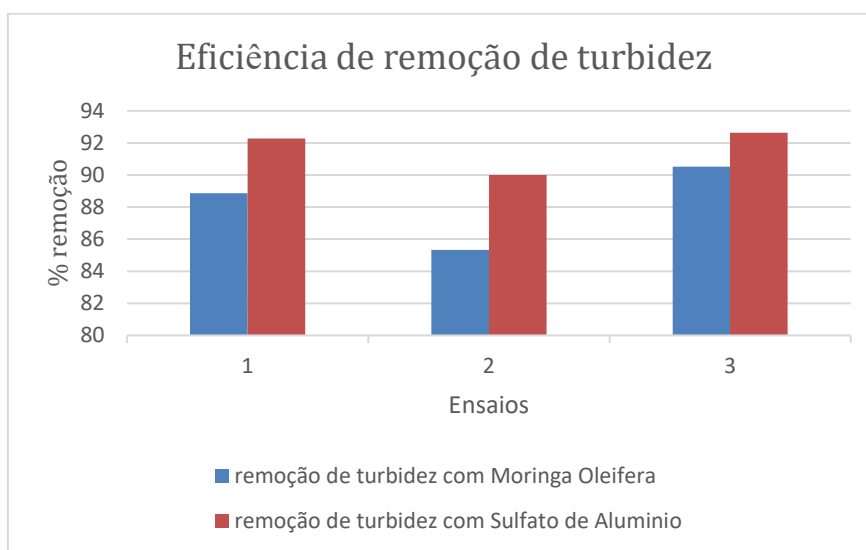


Figura 4. Eficiência de remoção de turbidez no final dos ensaios com o uso da solução coagulante do extrato das sementes da Moringa oleífera e com o uso da solução coagulante do sulfato de alumínio

Com relação à remoção de turbidez o uso da solução coagulante de sulfato de alumínio mostrou ser mais eficiente atingindo 92,63158 % de remoção no ensaio 3, tendo também melhores resultados para os ensaios 1 e 2 reduzindo 92,27273 e 90% .O coagulante extraído das sementes da Moringa oleífera, usualmente, apresenta resultados satisfatórios quanto à remoção de turbidez, alcançando reduções de 80 a 99% para tal parâmetro<sup>6,11</sup>. No final dos ensaios, o uso da solução coagulante do extrato das sementes da Moringa oleífera obteve até 90,52632% de remoção no ensaio 3, com os ensaios 1 e 2 tendo removido 88,86 e 85,33% respectivamente.

Apesar da eficiência de remoção no uso da solução coagulante do extrato das sementes da Moringa oleífera ser inferior em relação a eficiência de remoção no uso da solução coagulante de sulfato de alumínio, os resultados alcançados nos ensaios 1 e 2 atendem aos limites estabelecidos pelo pelo Regulamento sobre a Qualidade da Água para o Consumo Humano. Perante os resultados obtidos tendo como vantagens em situação de qualidade ambiental assim como situação de saúde humana a utilização de coagulante de Moringa Oleífera é extremamente recomendada.

As vantagens no uso da Moringa Oleífera como coagulante comparada ao coagulante sulfato de alumínio são extremamente visíveis desde a aquisição de baixo custo, facilidades no manuseio sem possibilidades de subprodutos contaminantes ao meio ambiente. Para caso específico de estação de tratamento de água potável Moçambicana para obtenção de sulfato de alumínio apresenta se um custo muito elevado pois dependem do mercado internacional. Ainda apresenta uma facilidade sem exigência de uma tecnologia de ponta no modo de preparo deste material orgânico em coagulante.

## 5.CONCLUSÃO

O uso de coagulante de Moringa Oleífera é extremamente recomendado pois ela preparada de forma otimizada atende com a norma exigida a potabilidade da água. E também em termos de avaliação económica assim como na qualidade ambiental o uso de Coagulante Moringa Oleífera tem muita valia, pois a sua aquisição assim como modo de preparo não exige muita tecnologia e dispêndio de energias.

Referente a qualidade ambiental ela não contribui com subprodutos contaminantes ao ambiente assim como possibilidade de contaminação da água tratada.

## REFERÊNCIAS

- [1] Alam, P. Pandey, F. Khan, B. Souayah, and M. Farhan, “Study to investigate the potential of combined extract of leaves and seeds of moringa oleifera in groundwater purification,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 20, pp. 1–13, Oct. 2020, doi: 10.3390/ijerph17207468.
- [2] Alazaiza *et al.*, “Application of Natural Coagulants for Pharmaceutical Removal from Water and Wastewater: A Review,” *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 2. MDPI, Jan. 01, 2022. doi: 10.3390/w14020140.
- [3] Chales. B. S. Tihameri, N. V. M. Milhan, C. Y. Koga-Ito, M. L. P. Antunes, and A. G. Dos Reis, “Impact of Moringa oleifera Seed-Derived Coagulants Processing Steps on Physicochemical, Residual Organic, and Cytotoxicity Properties of Treated Water,” *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 13, Jul. 2022, doi: 10.3390/w14132058.
- [4] Elsergany, “The Potential Use of Moringa peregrina Seeds and Seed Extract as a Bio-Coagulant for Water Purification,” *Water (Switzerland)*, vol. 15, no. 15, Aug. 2023, doi: 10.3390/w15152804.
- [5] Hadadi, A. Imessaoudene, J. C. Bollinger, A. A. Assadi, A. Amrane, and L. Mouni, “Comparison of Four Plant-Based Bio-Coagulants Performances against Alum and Ferric Chloride in the Turbidity Improvement of Bentonite Synthetic Water,” *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 20, Oct. 2022, doi: 10.3390/w14203324.
- [6] Khumalo, “characterization of south African Brewery wastewater,” pp. 1–12, 2022.
- [7] Knap-Baldyga and Żubrowska-Sudoł .M, “Natural Organic Matter Removal in Surface Water Treatment via Coagulation—Current Issues, Potential Solutions, and New Findings,” *Sustainability*, vol. 15, no. 18, p. 13853, Sep. 2023, doi: 10.3390/su151813853.
- [8] Meng *et al.*, “Effect of substrate on operation performance of ecological floating bed for treating simulated tailwater from wastewater treatment plant,” *Chemistry and Ecology*, vol. 37, no. 8, pp. 715–728, 2021, doi: 10.1080/02757540.2021.1955868.
- [9] Ribeiro *et al.*, “Magnetic Natural Coagulants for Plastic Recycling Industry Wastewater Treatability,” *Water (Switzerland)*, vol. 15, no. 7, Apr. 2023, doi: 10.3390/w15071276.
- [10] Shabangu. B, Bakare. F, and Bwapwa .J, “The Treatment Effect of Chemical Coagulation Process in South African Brewery Wastewater: Comparison of Polyamine and Aluminum-Chlorohydrate coagulants,” *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 16, Aug. 2022, doi: 10.3390/w14162495.
- [11] Takaara. M and K. Kurumada. K, “Optimum Conditions for Enhancing Chitosan-Assisted Coagulation in Drinking Water Treatment,” *Sustainability*, vol. 15, no. 19, p. 14197, Sep. 2023, doi: 10.3390/su151914197.
- [12] Urrea-Florián and Torres-Benítez. A, “Evaluation of Seeds Moringa oleifera Lam. Present in Urban Forests as a Coagulant-Flocculant for Water Treatment,” MDPI AG, Feb. 2021, p. 1. doi: 10.3390/iecps2020-08553.