

O USO DA SEMENTE DA *MORINGA OLEÍFERA* NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS CONTAMINADAS POR METAIS PESADOS

Autores: Matheus Bezerra Alves, Tatiane Padilha da Silva, Damaris Guimarães.

Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, S/N, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, matheus201714@gmail.com, tatianepadilha2020@gmail.com, damaris.guimaraes@ufes.br.

Resumo

O presente trabalho, teve como objetivo investigar na literatura o desempenho da semente de *Moringa oleífera* triturada e seca no tratamento de efluentes, avaliando sua eficiência em comparação com coagulantes químicos convencionais. A metodologia consistiu em uma análise bibliográfica de estudos que abordam as propriedades físico-químicas da moringa e sua aplicação em processos de coagulação e floculação. Os trabalhos revisados demonstram que as sementes contêm proteínas com propriedades catiônicas capazes de interagir com partículas suspensas, favorecendo a agregação e a sedimentação. Os resultados descritos apontam para reduções significativas de turbidez e de metais pesados, sem causar alterações expressivas de pH da água, além de gerarem menor volume de lodo em comparação com o sulfato de alumínio, que requer pós-tratamento. Com base nessas evidências, conclui-se que a *Moringa oleífera* representa uma alternativa promissora, sustentável e economicamente viável para o tratamento de efluentes, alinhando-se a práticas de gestão ambiental mais responsáveis.

Palavras-chave: Coagulação. Efluentes Líquidos. Sustentabilidade.

Área do Conhecimento: Engenharias, Engenharia Química.

Introdução

A gestão inadequada de resíduos e efluentes tem causado sérios impactos ambientais no Brasil, especialmente em áreas urbanas. Dessa forma, a busca por soluções eficientes e sustentáveis tem se intensificado nos últimos anos, principalmente em regiões onde a infraestrutura é limitada e os impactos da poluição podem comprometer a saúde pública e os ecossistemas aquáticos (ABREMA, 2023).

Entre os métodos de purificação de água, o uso de coagulantes químicos, como o sulfato de alumínio, ainda é predominantemente devido à sua eficácia e baixo custo em larga escala. No entanto, essa prática gera lodos contendo alumínio residual, que podem contaminar solos e cursos d'água quando descartados inadequadamente (Monaco *et al.*, 2010). Além disso, em áreas rurais ou com infraestrutura limitada, o elevado custo dos coagulantes químicos reforça a necessidade de alternativas mais sustentáveis (Amagloh; Benang, 2009).

A *Moringa oleífera*, planta nativa da Índia e cultivada em várias regiões tropicais, incluindo o Brasil, tem se destacado como uma alternativa natural promissora. Suas sementes contêm proteínas catiônicas que promovem a coagulação e floculação de forma eficiente. Desde a década de 1980, estudos laboratoriais e em escala piloto, como os realizados pela Universidade de Leicester, têm demonstrado o potencial dessa espécie no tratamento de água (Matos *et al.*, 2007).

O objetivo deste trabalho é analisar, a partir da revisão da literatura, o potencial de utilizar as sementes de *Moringa oleífera* trituradas e secas no tratamento de efluentes. Foram realizados os resultados de estudos que aplicaram a moringa como coagulante natural, destacando sua capacidade na remoção de turbidez e metais pesados. Além disso, busca-se comparar seu desempenho com o sulfato de alumínio que é o coagulante mais utilizado, a fim de discutir suas vantagens ambientais e econômicas. Dessa forma, este trabalho visa consolidar o uso da semente de *Moringa oleífera* como alternativa mais sustentável para processos de tratamento de águas residuárias.

Metodologia

O presente trabalho constitui uma revisão sistemática da literatura, de abordagem qualitativa, com ênfase no uso de coagulantes naturais, em especial as sementes de *Moringa oleífera*, no tratamento de águas residuais. A investigação concentrou-se em estudos publicados entre 2014 e os dias atuais, considerando artigos experimentais, revisões críticas e análises comparativas que abordassem eficiência, limitações, condições operacionais e perspectivas do emprego desses coagulantes.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A revisão bibliográfica foi realizada em bases científicas reconhecidas, como Google Acadêmico e Scielo, por meio da combinação estratégica de palavras-chave em português e inglês, incluindo “*Moringa oleífera* as coagulant”, “natural coagulants in water treatment”, “heavy metal removal with moringa”, “coagulação com moringa” e “eficiência de remoção de turbidez”. Essa abordagem possibilitou a seleção de estudos recentes e de comprovada relevância científica, contemplando diferentes contextos de aplicação, métodos experimentais e resultados reportados, garantindo uma visão abrangente e consistente sobre o tema.

A escolha dos trabalhos seguiu critérios rigorosos, assegurando a pertinência e a confiabilidade das informações. Foram incluídos artigos que apresentassem dados experimentais sobre a eficiência na remoção de turbidez e metais pesados, além de estudos que analisassem faixas de pH ideais, dosagens recomendadas, impactos ambientais ou econômicos e diferentes métodos utilizados no processo, com a respectiva eficácia de cada um. Por outro lado, foram descartados materiais sem validação científica ou que não fornecessem informações técnicas suficientes, permitindo uma avaliação crítica consistente e fundamentada das metodologias, resultados e conclusões relacionadas ao uso da *Moringa oleífera* como coagulante natural no tratamento de águas residuais.

Os artigos selecionados foram, então, separados e examinados de forma crítica, com o intuito de articular conceitos-chave e identificar tendências, consensos e divergências presentes na literatura. Nesse contexto, além de sintetizar o estado da arte, a revisão buscou evidenciar lacunas metodológicas, teóricas e contextuais. A partir dessa análise integrada, os trabalhos foram discutidos e reflexões foram propostas visando orientar futuras pesquisas, assim como práticas mais sustentáveis no tratamento de águas residuais.

Resultados

A *Moringa oleífera* tem se destacado como coagulante natural não apenas na clarificação de águas, mas também na remoção de metais pesados, mostrando-se alternativa sustentável ao uso do sulfato de alumínio. Diferentemente deste último, que pode acidificar o meio e gerar lodo químico, a moringa contribui para manter o pH mais estável e reduzir contaminantes de forma eficiente.

No estudo de Basra *et al.* (2014), avaliou-se a eficiência de diferentes preparos da semente na remoção de chumbo (Pb^{2+}) e cromo (Cr^{3+}) de águas residuais. Foram utilizados o pó da semente (SP, 2 g/L), o extrato aquoso (SAE, 40 mL/L) e o sulfato de alumínio (20 mg/L), aplicados de forma isolada e em combinações, evidenciando que cada coagulante foi testado em concentrações distintas.

Os resultados (sintetizados nas Tabelas 1 e 2) demonstraram que, mesmo de forma isolada, os coagulantes à base de *Moringa oleífera* apresentaram desempenho superior ao sulfato de alumínio na remoção dos metais pesados, sobretudo na forma de extrato aquoso (SAE). Entretanto, os melhores resultados globais foram obtidos quando a moringa foi utilizada em conjunto com o sulfato de alumínio, alcançando as maiores reduções tanto para Pb^{2+} quanto para Cr^{3+} , após 6 horas de contato. Esse desempenho confirma o potencial da *Moringa oleífera* como alternativa natural ao sulfato de alumínio, podendo inclusive atuar de forma complementar para maximizar a eficiência dos processos de tratamento de águas e efluentes.

Tabela 1- Concentração remanescente de chumbo (Pb) após testes com diferentes coagulantes.

Tratamento	1 h	3 h	6 h
Controle	0,72	0,71	0,70
Moringa SP (2 g/L)	0,55	0,43	0,30
Moringa SAE (40 mL/L)	0,48	0,32	0,20
Sulfato de alumínio (20 mg/L)	0,60	0,50	0,40
SP + sulfato de alumínio	0,50	0,35	0,22
SAE + sulfato de alumínio	0,42	0,28	0,15

Fonte: Basra *et al.* (2014).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Tabela 2- Concentração remanescente de cromo (Cr).

Tratamento	1 h	3 h	6 h
Controle	0,68	0,67	0,65
Moringa SP (2 g/L)	0,5	0,38	0,25
Moringa SAE (40 mL/L)	0,42	0,27	0,15
Sulfato de alumínio (20 mg/L)	0,55	0,45	0,33
SP + sulfato de alumínio	0,45	0,3	0,18
SAE + sulfato de alumínio	0,38	0,22	0,12

Fonte: Basra *et al.* (2014).

Seguindo a mesma linha de investigação sobre a simplificação do preparo do coagulante, Muniz, Duarte e Oliveira (2015) avaliaram o uso da semente com casca em comparação à semente sem casca. Os resultados mostraram que a utilização da semente integral (com casca) manteve excelente desempenho, superando inclusive a versão sem casca, com remoções de turbidez superiores a 99%. Como apresentado na Tabela 2, essa constatação reforça a aplicabilidade da técnica em contextos com limitações estruturais, pois elimina a necessidade da etapa de descasque, tornando o método mais rápido e viável, especialmente para comunidades rurais.

Tabela 3 - Eficiência de Remoção de Turbidez com e sem Casca (400 NTU).

Tipo de Semente	Turbidez Final (NTU)	Eficiência de Remoção
Sem Casca	0,80	99,80%
Com Casca	0,36	99,91%

Fonte: Muniz; Duarte; Oliveira(2015).

Além da turbidez, Franco (2015) avaliou a capacidade da *Moringa oleífera* na remoção de zinco, cobre e cádmio. Os resultados demonstraram que o pó das sementes apresentou maior eficiência na remoção de zinco e cobre, alcançando até 76% e 74%, respectivamente, enquanto a solução líquida obteve desempenho ligeiramente inferior nesses metais. Já para o cádmio, a solução líquida apresentou melhor desempenho, atingindo 70% de remoção, em comparação com 50% pelo pó das sementes.

O estudo destacou ainda que a utilização de filtração lenta foi determinante para a eficácia do processo, contribuindo para a redução da toxicidade das amostras tratadas. Esses achados reforçam o potencial da *Moringa oleífera* como um coagulante natural eficaz e ambientalmente seguro para a remoção de metais pesados em águas contaminadas.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Tabela 4 – Eficiência máxima de remoção de Zn^{2+} , Cu^{2+} e Cd^{2+} alcançadas conforme a forma de preparo, a concentração do metal e da *Moringa oleífera* (MO).

Metal Pesado	Forma de preparo	Concentração do metal	Concentração MO	Eficiência máxima (%)
Zinco (Zn^{2+})	Pó de sementes	7,5 mg/L	2,5 mg/L	76%
Zinco (Zn^{2+})	Solução líquida	7,5 mg/L	5,0 mg/L	58%
Cobre (Cu^{2+})	Pó de sementes	7,5 mg/L	1,5 mg/L	74%
Cobre (Cu^{2+})	Solução líquida	7,5 mg/L	1,5 mg/L	71%
Cádmio (Cd^{2+})	Pó de sementes	50 mg/L	1,5 mg/L	50%
Cádmio (Cd^{2+})	Solução líquida	7,5 mg/L	2,5 mg/L	70%

Fonte: Franco (2015).

De forma integrada, os resultados demonstram que a *Moringa oleífera* apresenta desempenho satisfatório tanto em parâmetros físicos (remoção de turbidez) quanto em parâmetros químicos (redução de metais pesados), configurando-se como uma alternativa promissora aos coagulantes químicos convencionais. Entre as principais vantagens, destacam-se a menor geração de lodo, a preservação do pH da água tratada e o baixo custo de preparo. Contudo, a literatura também aponta a necessidade de padronização dos métodos de preparo e aplicação, uma vez que a eficiência do coagulante pode variar de acordo com fatores como a presença ou não de casca, a forma de preparo da solução, a dosagem empregada e o tipo de contaminante analisado.

Portanto, os resultados disponíveis reforçam a relevância da *Moringa oleífera* como coagulante natural, mas indicam a importância de novas pesquisas comparativas que estabeleçam metodologias unificadas.

Discussão

Os estudos revisados demonstram que a *Moringa oleífera* apresenta desempenho relevante tanto na clarificação da água quanto na remoção de metais pesados, atuando de forma comparável ou até superior ao sulfato de alumínio em determinadas condições. Nesse sentido, Basra *et al.* (2014) evidenciaram que, tanto em pó quanto em extrato aquoso, a moringa alcançou remoções significativas de chumbo e cromo, sendo ainda mais eficiente quando associada ao sulfato de alumínio. Assim, essa combinação sugere um uso complementar, capaz de aumentar a eficiência global do tratamento e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais do uso exclusivo de sais metálicos.

Além disso, outro ponto importante é a simplificação do preparo do coagulante. Muniz, Duarte e Oliveira (2015) observaram que o uso da semente integral, sem descasque, manteve desempenho elevado na remoção de turbidez, superando inclusive a versão sem casca. Dessa forma, essa constatação amplia a viabilidade do método, especialmente em comunidades rurais ou de baixa infraestrutura, já que elimina etapas adicionais de processamento e contribui para reduzir custos operacionais. Por sua vez, Franco (2015) mostrou que a eficiência da *Moringa oleífera* varia conforme o metal e a forma de preparo, com destaque para a remoção de zinco e cobre pelo pó de sementes e de cádmio pela solução líquida, o que reforça a necessidade de padronização metodológica.

Considerando os resultados disponíveis, percebe-se que a *Moringa oleífera* apresenta grande versatilidade, podendo ser utilizada em diferentes formas de preparo e adaptada a variados contextos de tratamento. O fato de seu desempenho variar de acordo com o tipo de metal ou com a técnica empregada não representa uma limitação, mas sim uma oportunidade de ajustar seu uso às condições específicas de cada efluente. Além disso, a possibilidade de associação com coagulantes químicos reforça seu papel como alternativa complementar, capaz de elevar a eficiência global dos processos e, ao mesmo tempo, reduzir impactos ambientais.

Conclusão

A revisão de literatura evidenciou que a *Moringa oleífera* é uma alternativa promissora e sustentável para o tratamento de águas residuais, pois apresenta elevada eficiência na remoção de turbidez e metais pesados e, ao mesmo tempo, gera menor volume de lodo, preserva o pH da água e se mostra viável em contextos de infraestrutura limitada. Além disso, em contraste com os coagulantes químicos tradicionais, sua aplicação contribui para reduzir impactos ambientais e custos operacionais, o que amplia suas vantagens para comunidades vulneráveis. Contudo, apesar dos resultados encorajadores, ainda permanecem desafios, principalmente relacionados à falta de padronização nos métodos de preparo e à escassez de estudos em escala real, fatores que dificultam a consolidação do seu uso em larga escala. Dessa forma, a *Moringa oleífera* se apresenta não apenas como uma solução técnica eficaz, mas também como um recurso estratégico para práticas de saneamento ambiental mais acessíveis, seguras e responsáveis.

Referências

ABREMA. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023**. São Paulo: Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, 2023. Disponível em: https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf. Acesso em: 02 set. 2025.

AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. **Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification**. 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Badmanaban-Ramalingam/post/Any_previous_work_is_available_or_reported_on_combination_of_leaves_and_seed_white_kernel_portion_extract_for_waste_ground_water_purification/attachment/5b0003944cde260d15dfa4a9/AS%3A627955105542146%401526727572409/download/AMAGLOH+BENANG+2009+Effectiveness+of+Moringa+Seed+as+Coagulant+for+Water+Purification.pdf. Acesso em: 02 set. 2025.

BASRA, S. *et al.* Time course changes in pH, electrical conductivity and heavy metals (Pb, Cr) of wastewater using Moringa oleifera Lam. seed and alum, a comparative evaluation. **Journal of applied research and technology**, v. 12, n. 3, p. 560-567, 2014.

FRANCO, Monalisa *et al.* **Remoção de metais pesados da água por filtração lenta em não tecidos com auxílio de coagulante extraído de sementes de Moringa oleifera**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia Agrícola.

MATOS, A. T. *et al.* Efeito da concentração de coagulantes e do pH da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 544-551, 2007.

MONACO, P. A. V. L. *et al.* Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010.

MUNIZ, G. L.; DUARTE, F. V.; OLIVEIRA, S. B. Use of Moringa oleifera seeds for the removal of turbidity of water supply. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 2, p. 454-463, 2015.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Espírito Santo.