

COAGULANTES INORGÂNICOS NO TRATAMENTO DA ÁGUA: ALTERNATIVAS MAIS SEGURAS E SUSTENTÁVEIS

ROBERTA MACHADO KARSBURG¹; GUILHERME GONÇALVES WACHHOLZ²;
KETHLIN GIOVANNA DA SILVA RAMOS³; CÉLIA CRISTINA MACHADO DE
CARVALHO⁴; WESLEY KABKE⁵; EDUARDA MEDRAN RANGEL⁶

^{1 a 6} - Universidade Federal de Pelotas

¹robertakarsburg@gmail.com; ²guilhermegwachholz@gmail.com; ³kethlingiovanna15@gmail.com;
⁴celiacarvalho.co252@gmail.com; ⁵w.kabke@outlook.com; ⁶eduardamrangel@gmail.com;

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, o saneamento básico é definido como um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Representando um dos principais desafios socioambientais do Brasil contemporâneo (SNIS, 2022). Uma vez que o investimento em infraestrutura de saneamento é essencial para o acesso universal a esses serviços em países em desenvolvimento (FERREIRA; GRAZIELE; MARQUES; GONÇALVES, 2021).

Mais de 70% das Estações de Tratamento de Água (ETA) brasileiras empregam o tratamento convencional ou variantes diretas (convencional completo ou simplificado) (SNIS, 2022). A coagulação é um mecanismo essencial que ocorre na maioria das estações de tratamento de água convencionais (TETTEH; RATHILAL, 2020). No processo de coagulação podem ser empregados coagulantes inorgânicos e orgânicos, sendo os inorgânicos amplamente utilizados no tratamento convencional. Os coagulantes de alumínio controlam a concentração de alumínio na água, sendo os mais usados o sulfato de alumínio e os policloreto de alumínio (KRUPINSKA, 2020).

Entretanto, existem estudos que apontam que a água tratada – oriunda das ETAs convencionais – pode conter resquícios do coagulante inorgânico utilizado em seu tratamento, podendo apresentar residual de alumínio na água tratada. É inegável os efeitos que o alumínio exerce à saúde humana, portanto sua concentração deve ser controlada em estações de tratamento de água (KRUPINSKA, 2020). A redução no uso de floculantes à base de alumínio no tratamento de água potável é considerada essencial por razões de saúde humana (CHAO et., al 2019).

O consumo de água potável contendo níveis de alumínio que excedem os limites regulatórios (por exemplo, o valor de referência da OMS de 0,1–0,2 mg/L) pode estar associado ao risco potencial de desenvolver a doença de Alzheimer (KRUPIŃSKA, 2020). No entanto, de acordo com as análises realizadas, observou-se que as evidências científicas sobre esse tema ainda são limitadas e contraditórias dentro da comunidade científica (CUTIPA-DÍAZ et al., 2024).

Como forma de tornar o tratamento da água mais sustentável, alguns estudos apresentam a substituição dos coagulantes inorgânicos por orgânicos. A utilização de soluções naturais tem ganhado cada vez mais atenção como uma alternativa sustentável para o tratamento de água (OLIVEIRA; NASCIMENTO; BONADEL, 2025). Coagulantes orgânicos podem remover efetivamente contaminantes recalcitrantes no tratamento de água e esgoto, reduzindo a

produção de lodo e a descarga de metais, ao mesmo tempo em que minimizam o impacto ambiental (TETTEH; RATHILAL, 2020). No estudo desenvolvido por OLIVEIRA; NASCIMENTO; BONADEL (2025), um coagulante à base de Aloe vera foi avaliado.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é fazer um levantamento sobre os estudos que relacionam o tratamento da água com coagulante inorgânico a possíveis doenças, em virtude da possibilidade de residual de alumínio na água tratada, assim como apresentar alguns estudos que utilizam coagulantes orgânicos para realizar o mesmo tratamento. Essa temática é de grande relevância pois está intimamente relacionada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): ODS 3 (boa saúde e bem-estar), ODS 6 (água limpa e saneamento) e ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis).

2. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa se baseia em uma revisão bibliográfica do tipo exploratória, onde foram pesquisados artigos científicos que apontem sobre possíveis consequências à saúde humana da ingestão de água tratada com coagulantes inorgânicos, assim como estudos que utilizam coagulantes orgânicos. Os artigos pesquisados são do ano 2019 até 2025, buscando o que há de mais relevante e recente nessa área.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coagulantes tradicionais à base de metais, embora eficazes, trazem novos desafios, incluindo a geração de lodo não biodegradável e potenciais riscos à saúde a longo prazo (KAKKAR; DHARAVAT; PAMMIC, 2025). É importante garantir que a quantidade de alumínio restante na água destinada ao consumo humano seja a mais baixa possível, visto que concentrações elevadas de alumínio podem representar um risco potencial para a saúde humana, resultando em alterações cerebrais características da doença de Alzheimer (KRUPIŃSKA, 2020).

Como forma de verificar na literatura sobre os estudos que envolvem essa temática, CUTIPA-DÍAZ et al. (2024) realizaram uma análise bibliométrica de 390 artigos publicados entre 1979 e 2023. Os estudos mais recentes se concentram na relação entre o alumínio e a doença de Alzheimer, sugerindo que a exposição a altos níveis de alumínio na água potável pode aumentar o risco de desenvolver esta doença e outras doenças neurodegenerativas. No entanto, outros estudos concluíram que não há uma relação causal clara entre o alumínio e a doença de Alzheimer, os quais sugerem que outros fatores, como idade, genética ou exposição a outras toxinas, podem desempenhar um papel mais significativo no desenvolvimento dessa condição.

Os autores destacam que é necessário estudos mais abrangentes e com melhor qualidade metodológica para melhor compreender a relação entre o alumínio e a doença de Alzheimer e para estabelecer uma conclusão definitiva sobre o assunto (CUTIPA-DÍAZ et al, 2024).

Nessa mesma vertente, VAN DYKE et al. (2021) ao realizarem um estudo sobre a associação entre alumínio na água potável e incidência de doença de Alzheimer, encontraram que o alumínio na água potável mostrou uma tendência

linear com a doença de Alzheimer, mas não foi encontrada uma associação clara entre os dois.

Pela controvérsia abordada pelos autores acima, alguns estudos analisam a eficácia na substituição de compostos inorgânicos por orgânicos no tratamento da água, tornando o processo mais sustentável.

Nesse sentido, KAKKAR; DHARAVAT; PAMMIC, (2025) avaliaram a eficiência de um coagulante vegetal, a moringa oleífera. Os autores realizaram uma avaliação comparativa de moringa oleífera e coagulantes químicos convencionais para tratamento de água, como o sulfato de alumínio. A Tabela 1 apresenta a síntese dos resultados encontrados pelos referidos autores.

Tabela 1 – Comparaçāo dos resultados encontrados com o uso do coagulante vegetal de moringa oleífera e sulfato de alumínio.

Parāmetros	Moranga oleífera	Sulfato de alumínio
Origem	Derivado de fontes naturais e vegetais	Composto químico sintetizado industrialmente
Eficiêncāa na remoção de turbidez	Moderado a alto (60–90%), dependendo das condições	Eficiêncāa muito alta (>95%)
Sensibilidade ao pH	Opera eficazmente em uma ampla faixa de pH	Dependente do pH, desempenho ótimo em torno de pH 6–7
Características do lodo	Produz lodo biodegradável com toxicidade mínima	Gera lodo de alto volume com resíduos de alumínio
Saúde e Segurança	Não tóxico e ambientalmente benigno	Pode deixar resíduos de alumínio, levantando preocupações com a saúde
Remoção de patógenos	Exibe propriedades antibacterianas leves	Eficaz quando usado em combinação com desinfecção
Impacto Ambiental	Ecológico, biodegradável e renovável	Não renovável; a eliminação de lamas coloca desafios ambientais
Uso sugerido	Ideal para ambientes descentralizados, rurais ou com recursos limitados	Adequado para tratamento de águas municipais ou urbanas em larga escala

Fonte: Adaptado de KAKKAR; DHARAVAT; PAMMIC, (2025)

Os autores afirmam que os resultados obtidos através do uso da Moringa oleifera são valiosos sobre como o progresso futuro pode ser alcançado em termos de saúde, sustentabilidade ambiental e comercialização.

No estudo desenvolvido por OLIVEIRA; NASCIMENTO; BONADEL (2025), um coagulante à base de Aloe vera foi avaliado. A metodologia utilizada contou com experimentos de teste de jarro e um sistema hidráulico em escala laboratorial consistindo de um floculador alternativo (como um tubo helicoidalmente enrolado)

seguido por processos de sedimentação e filtração. Os resultados destacam o potencial do coagulante natural testado para aplicação em sistemas de tratamento de água, consolidando-o como uma solução sustentável e econômica para a clarificação de água, com perspectivas promissoras de implementação em larga escala.

4. CONCLUSÕES

Este é um estudo que está longe de solucionar tal problemática, mas aponta metodologias que utilizam coagulantes orgânicos que podem representar maior sustentabilidade para o meio ambiente e proporcionar maior segurança para a população.

Enquanto estudos mais complexos abrangendo os residuais de metais na água tratada relacionando com a possibilidade de doenças não forem realizados, sugere-se fortemente que metodologias de tratamento de água que utilizem compostos orgânicos sejam priorizadas e estudadas, de forma a objetivar a sua efetivação em larga escala nas estações de tratamento de água.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chao, H.J.; Zhang, X.; Wang, W.; Li, D.; Ren, Y.; Kang, J.; Liu, D. Avaliação de carboximetilpululano-AlCl₃ como coagulante para tratamento de água: Um estudo de caso com caulin. **Water Environment Research**, v.1, p.1-8, 2019.
- CUTIPA-DÍAZ, Y.M.; HUANACUNI-LUPACA, C.; LIMACHE-SANDOVAL, E.M.; MAMANI-HUANCA, D.Y.; SÁNCHEZ-ESQUICHE, W.M.; RUBIRA-OTAROLA, D.G.; GUTIÉRREZ-CUEVA, R.N.; SACARI, E.J.S. Exposure to Aluminum in Drinking Water and the Risk of Developing Alzheimer's Disease: a bibliometric analysis and systematic evaluation. **Water**, MDPI AG, v.16, n.17, p.2386, 2024.
- VAN DYKE, N.; YENUGADHATI, N.; BIRKETT, N.; LINDSAY, J.; TURNER, M.; WILLHITE, C.; KREWSKI, D. Association between aluminum in drinking water and incident Alzheimer's disease in the Canadian Study of Health and Aging cohort. **NeuroToxicology**, v.83, p.157-165, 2021.
- OLIVEIRA, D.S.; NASCIMENTO, R.S.; DONADEL, C.B. Aloe Vera in Water Treatment: toward a greener future for environmental engineering. **Sustainability**, MDPI AG, v.17, n. 9, p.4163, 2025.
- FERREIRA, D.C.; GRAZIELE, I.; MARQUES, R.C.; GONÇALVES, J. Investment in drinking water and sanitation infrastructure and its impact on waterborne diseases dissemination: the brazilian case. **Science Of The Total Environment**, Elsevier BV, v.779, p.146279, 2021.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Do SNIS ao SINISA **Informações para o planejar o Saneamento Básico**. Brasília, dezembro de 2022.
- KAKKAR, S.; DHARAVAT, N.; PAMMI, S.V.N. A Moringa oleifera, a natural coagulant, as a potential future approach for sustainable water purification: a patent based study. **Results In Engineering**, v.27, p.106630, 2025.
- KRUPIŃSKA, I. Aluminium Drinking Water Treatment Residuals and Their Toxic Impact on Human Health. **Molecules**, MDPI AG, v.25, n.3, p.641, 2020.