

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 (KRUPINSKA, 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 a 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 – Comparação dos resultados encontrados com o uso do coagulante vegetal de moringa oleífera e sulfato de alumínio.

| Parâmetros | Moranga oleífera | Sulfato de alumínio |
|-----------------------------------|---|---|
| Origem | Derivado de fontes naturais e vegetais | Composto químico sintetizado industrialmente |
| Eficiência na remoção de turbidez | Moderado a alto (60–90%), dependendo das condições | Eficiência 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 | Produce 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 oleífera 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- AlCl_3 como coagulante para tratamento de água: Um estudo de caso com caulim. **Water Environment Reserarch**, 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.