

UMA REVISÃO SOBRE A EFICIÊNCIA DOS COAGULANTES NATURAIS COMPARADO AOS COAGULANTES QUÍMICOS NA REMOÇÃO DE COR E TURBIDEZ PRESENTES EM ÁGUAS SUPERFICIAIS

Amanda da Silva Barbosa Cartaxo ¹
Valderi Duarte Leite ²
Maria Virgínia Conceição Albuquerque ³
Wilton Silva Lopes ⁴

RESUMO

Atualmente vêm ocorrendo um aumento na demanda por pesquisas referentes ao uso de coagulantes alternativos aos coagulantes químicos para o tratamento de água potável, visando a melhoria do processo, reduzindo a geração de lodo e a ausência de metais na água. Diante disso, o presente trabalho objetivou comparar a eficiência de coagulantes naturais (*Moringa oleifera* e tanino (Tanfloc)) ao coagulante químico sulfato de alumínio na remoção de cor e turbidez, presentes em água superficial. A pesquisa foi realizada nas principais bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na internet (ScienceDirect, Web of Science, SciELO, PubMed e Scopus) e contempla trabalhos acadêmicos e livros-texto especializados publicados nos últimos anos. Os resultados mostram que os coagulantes naturais *M. Oleifera* e Tanfloc apresentaram elevadas taxas de remoção de cor e turbidez, em alguns casos com melhores resultados que o coagulante químico sulfato de alumínio. Como forma de minimizar os impactos negativos provocados pelos coagulantes químicos, os biocoagulantes ou coagulantes naturais emergem como uma tecnologia promissora no setor de saneamento ambiental, apresentando-se com um processamento fácil e prático, o que a torna uma solução viável para o tratamento de água, principalmente em regiões que não dispõem de água tratada.

Palavras-chave: Biocoagulantes, *Moringa oleifera*, Taninos vegetais.

INTRODUÇÃO

¹ Doutoranda do Curso de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, amandauepbio@hotmail.com;

² Doutor. Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, mangabeiraleite@gmail.com.

³ Doutoranda do Curso de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, virginia.albuquerque@yahoo.com.br;

⁴ Doutor. Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, wiltonsilvalopes@gmail.com;

No Brasil, o tratamento da água para fins de abastecimento envolve diferentes processos e operações de forma a adequar a água dos mananciais aos padrões de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde na Portaria de Consolidação nº 05/2017, anexo XX, a qual “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2017).

As diversas operações unitárias combinadas de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) permitem a distribuição de grandes quantidades de água tratada e segura, do ponto de vista químico e microbiológico (CAMACHO *et al.*, 2017). No entanto, contaminantes desconhecidos ou até então não quantificados, reflexos de mananciais poluídos pelas diversas atividades humanas, demonstraram a necessidade de adaptação dos sistemas produtores para acompanhar a dinâmica de geração e descarte de resíduos no meio ambiente, sobretudo nos corpos hídricos. A queda na qualidade da água bruta também impacta diretamente em maior consumo de produtos químicos e geração de resíduos ao final do processo de tratamento. Dentre os processos unitários, a coagulação destaca-se pela quantidade de produtos químicos utilizados para desestabilização de partículas coloidais presentes na água (LIMA; ABREU, 2018)

O coagulante químico para tratamento de águas mais empregado no Brasil é o sulfato de alumínio, devido apresentar uma alta eficiência na remoção de sólidos e por ter um custo acessível. Um problema é a formação de flocos de alumínio, que quando depositados no solo, pode afetar a sanidade desse (ROSALINO, 2011). Segundo Oladoja *et al.*, (2015), elevadas concentrações de alumínio no meio ambiente podem ser causa de problemas à saúde humana, podendo acelerar o processo degenerativo do Mal de Alzheimer.

O uso de coagulantes de origem natural é uma alternativa promissora que vem sendo viável na substituição dos coagulantes químicos, especialmente em relação à biodegradabilidade e sustentabilidade, além de apresentar uma baixa toxicidade e baixa produção de lodo residual. Essa alternativa é um instrumento de grande importância, uma vez que, poderão também nortear as ações e propostas voltadas para a eficiente utilização dos recursos hídricos e melhoria nas formas de utilização da água em todos os seus aspectos, tanto sob os aspectos da quantidade como também da qualidade. (PEREIRA *et al.*, 2015; FRANCO *et al.*; 2017; JÚNIOR; ABREU, 2018.)

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou, através de um levantamento bibliográfico comparar a eficiência de coagulantes naturais (*Moringa oleifera* e tanino (Tanfloc)) ao coagulante químico sulfato de alumínio na remoção de cor e turbidez, presentes em água bruta.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica sobre a temática: coagulantes naturais no tratamento de água. A pesquisa foi realizada nas principais bases de dados nacionais e internacionais disponíveis na internet (ScienceDirect, Web of Science, SciELO, PubMed e Scopus) e contempla trabalhos acadêmicos e livros-texto especializados publicados nos últimos anos.

DESENVOLVIMENTO

Coagulantes químicos

Coagulantes químicos são compostos, geralmente de ferro ou alumínio, que através da produção de hidróxidos gelatinosos, conseguem aglomerar as impurezas e produzir íons trivalentes de carga positiva que atraem e neutralizam as cargas negativas dos colóides (COVENTYA, 2012). De acordo com Metcalf; Eddy (2012) a desestabilização das partículas coloidais através do emprego de coagulantes faz com que o crescimento da partícula ocorra em consequência das colisões entre elas, por isso, a função do coagulante é reduzir as forças atrativas da suspensão coloidal para que a barreira de energia diminua e permita que as partículas se associem.

Dentre os coagulantes mais utilizados no tratamento de água, destaca-se os de sais metálicos que podem ser agrupados em duas categorias gerais: os coagulantes à base de alumínio e os coagulantes à base de ferro. Os coagulantes de alumínio incluem o sulfato de alumínio, cloreto de alumínio, aluminato de sódio, cloridrato de alumínio, policloreto de alumínio (PACL), policloreto de alumínio com sulfato, policloreto de alumínio com silício, e formas de policloreto de alumínio com polímeros orgânicos (BRATBY, 2006).

Existem fatores comuns para todos os tipos de água bruta que influenciam a eficiência do processo de coagulação, sendo estes a quantidade de material particulado, a quantidade e natureza da matéria orgânica e as propriedades químicas e físicas da água. O conhecimento

destes parâmetros é fundamental para estabelecer as condições de coagulação apropriadas. O tipo de coagulante, a sua dosagem e o pH são os principais condicionantes neste processo (ROSALINO, 2011)

Impactos ambientais provocados pelos coagulantes químicos

Possíveis impactos ambientais negativos são constantemente discutidos como consequências da utilização de coagulantes inorgânicos a base de alumínio e ferro. Os resíduos gerados nos processos de coagulação e floculação são ricos em hidróxidos metálicos não biodegradáveis. O lodo obtido ao final apresenta potencial toxicológico e necessita de tratamento e disposição ambiental correto, pois concentra diversos componentes orgânicos e inorgânicos, configurando-se como uma fonte de poluição secundária (SKORONSKI *et al.*, 2016). Em contato com o ar e em altas temperaturas causa desequilíbrio do pH, com consequências de alteração na fauna local, além de deixar a água com características ácidas, acrescidas de íons cloreto e ferro. Quanto ao solo, o mesmo tem efeito de alteração do pH, ocasionando a queima da flora local devido sua condição ácida, pode-se destacar sua alta corrosividade e reação com substâncias alcalinas (BONGIOVANI *et al.*, 2010).

Outra preocupação é o residual destes elementos na água tratada, sobretudo o alumínio, cerca de 11% de todo o alumínio presente naturalmente nas águas ou adicionado na forma de coagulante permanece como residual após o tratamento, sendo transportado pela rede de distribuição. Diversos estudos apontam para os malefícios da exposição humana a este metal, correlacionando-o com doenças neurodegenerativas como Parkinson e Doença de Alzheimer (COELHO; 2008; RONDEAU *et al.*, 2008; BAKAR *et al.*, 2010). Essa associação entre a presença de alumínio no cérebro, a neuroquímica e o mal de Alzheimer ainda está em investigação. Entretanto, devido ao fato de a presença de alumínio na água potável ser mais prontamente disponível para absorção biológica do que outras fontes, assumiu-se que esse metal teria efeito desproporcional sobre o mal de Alzheimer, quando consumido através de água potável (SILVA, *et al.*, 2017).

Os possíveis impactos da exposição humana ao alumínio, bem como sua correlação com o residual presente na água potável e em alimentos são comumente discutidos na literatura. Encefalopatias, demência e distúrbios neurológicos são as principais manifestações fisiológicas observadas que indicam a neurotoxicidade crônica deste metal sobre o sistema nervoso (WALTON, 2013). Gauthier e colaboradores, 2000, concluíram haver possível relação entre o surgimento da Doença de Alzheimer e a exposição ao alumínio dissolvido na

água. Rondeau *et al.*, (2008), realizaram um estudo investigativo durante 15 anos pessoas expostas a dosagens de 0,1 mg.L-1 de alumínio na água de abastecimento e concluíram haver relação direta com o surgimento de casos de declínio cognitivo e demência. A Figura 1 mostra os possíveis problemas que o alumínio pode acarreta a saúde humana.

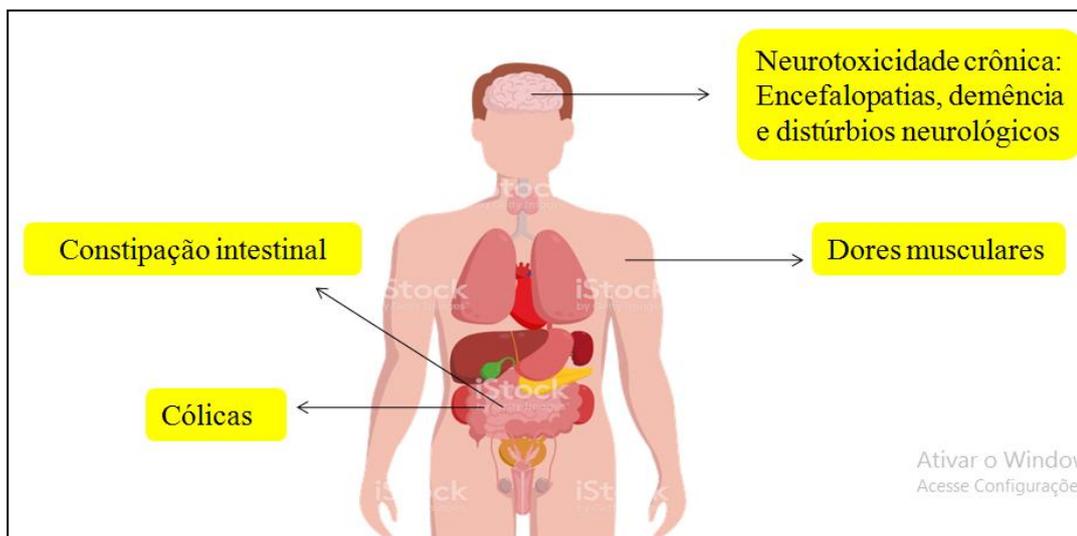


Figura 1: Problemas ocasionados pelo exposição ao alumínio.

Uma alternativa aos coagulantes químicos sintéticos, como sais de ferro e de alumínio que são amplamente utilizados no tratamento de água, são os coagulantes naturais. Também conhecidos como polieletrólitos, esses compostos apresentam grandes cadeias moleculares dotadas de sítios catiônicos que interagem com as cargas negativas das partículas coloidais, na maioria das vezes, pelo mecanismo de adsorção-neutralização e formação de pontes (THEODORO *et al.*, 2013). Choy *et al.* (2014) apresentam diversas vantagens dos coagulantes naturais em relação aos coagulantes químicos como: i) maior segurança por não exigir a manipulação de produtos químicos; ii) efeitos tóxicos; iii) menor geração de lodo; iv) maior acessibilidade; v) menor consumo de alcalinidade; vi) ausência de efeito corrosível em tubulações e outros equipamentos. Dentre os coagulantes naturais, resultados satisfatórios vêm sendo obtidos através da quiosana, taninos vegetais e *Moringa oleifera*.

Produtos naturais utilizados como coagulantes

a) *Moringa oleifera*.

A *M. oleífera* é uma espécie perene, da família Moringaceae, originária do nordeste indiano, é composta apenas de um gênero, a Moringa e 14 espécies amplamente distribuídas na Índia, Egito, Filipinas, Paquistão entre outros países (KARADI *et al.*, 2006). É uma árvore de caule grosso e alto, de até 10 metros, suas folhas são longas-pecioladas, bipinadas, folíolos obovais, cujo comprimento é de até 3 cm. As sementes são marrons escuras com três asas e aspecto de papel. A raiz principal é grossa, floresce e produz frutos e sementes durante todo o ano (SILVA; MATOS, 2008). Na Figura 2 é possível visualizar os detalhes das estruturas da *Moringa oleífera*.

Figura 2. Detalhes das estruturas vegetais de *Moringa oleífera*.



Fonte: Coelho, 2018.

Estudos realizados utilizando semente e vagem de *Moringa oleífera* junto à filtração no tratamento de água evidenciam bons resultados. Entre eles a semente possui agentes coagulantes ajudando na remoção da turbidez, da cor e coliformes presentes na água. O extrato da semente, por conter uma proteína catiônica, age como agente clarificante no tratamento de água. A proteína é o composto mais abundante encontrado na semente, as quais desestabilizam as partículas contidas na água e por meio dos processos de neutralização e adsorção, floculam os colóides (BORGIO *et al.*, 2016).

Para o processo de coagulação com a *Moringa oleífera*, primeiramente deve-se colher sementes maduras e secas. Em seguida, removem-se as vagens e as “asas” das sementes, deixando apenas a parte branca. Em sequência, as mesmas devem ser trituradas e socadas até obter-se uma farinha. Realizado tal procedimento, pode-se adicionar certa quantidade de água, proporcional a quantidade de semente. O pó da semente deve-se, junto com 5mL de água, e em um recipiente separado, misturar-se até formar uma

solução leitosa. Depois a mesma deve ser adicionada a certa quantidade de água proporcional a semente.

Os principais benefícios ambientais e operacionais obtidos com uso de *Moringa oleífera* como coagulante de águas incluem a não toxicidade das sementes, capacidade de remoção de microrganismos, incluindo *Escherichia coli*, inalteração do pH e condutividade elétrica da água tratada e geração de lodo biodegradável em volume 4 a 5 vezes menor quando comparado aos sais inorgânicos utilizados para a mesma finalidade. (FRANCO *et al.*, 2017). As limitações envolvem a necessidade de preparo prévio do coagulante, aplicações posteriores de agentes desinfetantes para eliminação de microrganismos patogênicos residuais e presença de matéria orgânica e nutrientes a água tratada devido a presença de outras substâncias além de proteínas como carboidratos, lipídeos e outras substâncias orgânicas e inorgânicas que podem permanecer na água após o tratamento.

As aplicações de *Moringa oleífera* como coagulante de águas e efluentes são extensamente relatadas no meio acadêmico. Alguns desses trabalhos são citados brevemente na Tabela 1.

Tabela 1. Aplicações da *Moringa oleífera* no tratamento de águas naturais.

Matriz estudada	Poluentes	Referência	Principais resultados
Água natural bruta	Sólidos em suspensão e cianobactérias.	Camacho <i>et al.</i> , 2017	Quando aplicada sementes de <i>M. oleífera</i> as remoções de <i>clorofila a</i> e turbidez foram de até 85% para águas de alta turbidez (45 uT), utilizando 50 mg/L ¹ de <i>M. oleífera</i> em pó.
		Franco <i>et al.</i> , 2017	Com turbidez inicial de 100 uT, foram necessários, 90 min para remoção de 90,5% de turbidez com uma dosagem de 100 mg L ⁻¹ de <i>M. oleífera</i> em pó.

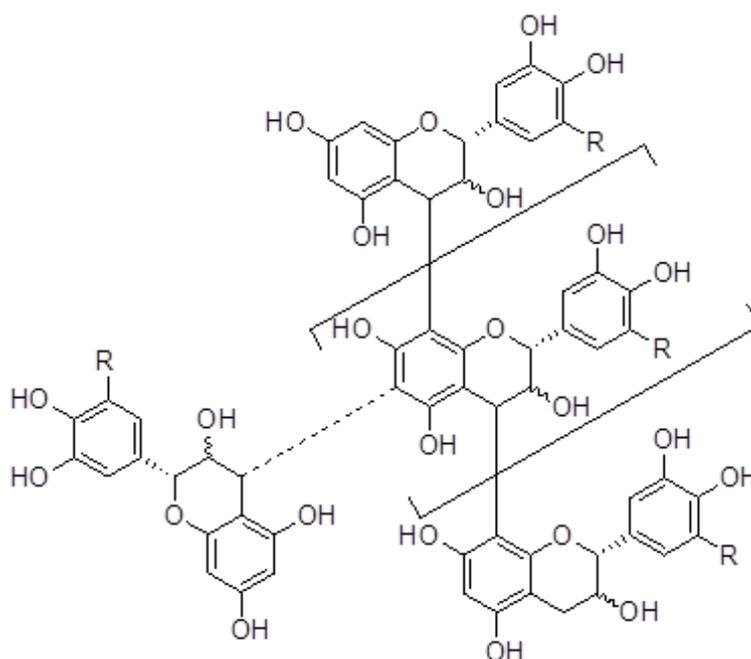
a) Taninos vegetais

Os taninos são definidos como moléculas fenólicas biodegradáveis com capacidade de formar complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais. São extraídos da casca de vegetais, como da *Acacia mearnsi* de Wild (acácia negra) que possui altas concentrações

de tanino e é facilmente encontrada no Brasil. podendo ser classificados em hidrolisáveis e condensados. O primeiro grupo é formado por poliésteres que possuem como unidade básica o ácido gálico, que pode estar ligado a estruturas glicosídicas. O segundo é constituído por unidades monoméricas flavonoídicas do tipo flavan-3-ol ou flavan-3,4-dióis (ACRILA et al., 2016).

Os taninos condensados incluem todos os outros taninos verdadeiros. Suas moléculas são mais resistentes à fragmentação e estão relacionadas com os pigmentos flavonoides, tendo uma estrutura "polimérica" do flavan-3-ol, como a catequina, ou do flavan-3,4-diol, da leucocianidina. Sob tratamento com ácidos ou enzimas esses compostos tendem a se polimerizar em substâncias vermelhas insolúveis, chamadas de flobafenos. Essas substâncias são responsáveis pela coloração vermelha de diversas cascas de plantas (p. ex. quina vermelha). Em solução, desenvolvem coloração verde com cloreto férrico, assim como o catecol. Na Figura 3 é possível visualizar a estrutura dos taninos condensados.

Figura 3: Estrutura dos taninos condensados.



Fonte: SBF, 2019.

Segundo Silva (1999), os taninos são moléculas com propriedades coagulantes, que desestabilizam os coloides com a eliminação da camada de solvatação, diminuindo o potencial zeta durante o processo de coagulação e, assim, permitindo a formação de flocos. Desta forma, podem ser utilizados no tratamento de águas residuais e de abastecimento no

processo de coagulação e floculação. Comercialmente o tanino é utilizado como base para produção de coagulante, a partir da reação entre o tanino condensado e o cloreto de imínio (formado pela reação do cloreto de amônio, por exemplo, e o aldeído fórmico), formando um polímero orgânico catiônico (MANGRICH *et al.*, 2014).

Várias espécies vegetais são relatadas na literatura como fontes de taninos. As principais são *Schinopsis balansae*, conhecida como Quebracho, e a *Acacia mearnsii* (De Wild.), ou acácia negra. A primeira é nativa da América do Sul e foi utilizada por muito tempo como fonte primária de taninos; dela obtém-se o *Silvafloc*, um agente coagulante a base de polímeros tânicos produzido predominantemente na Itália. A segunda é originária da Austrália e é considerada a principal fonte de taninos na atualidade (20 a 30% das cascas); largamente cultivada no sul do Brasil, a acácia negra serve como matéria-prima para a produção de diversos biocoagulantes, sendo o mais conhecido o *Tanfloc* (GALLARDO, 2017).

Os polímeros catiônicos a base de taninos apresentam diversas vantagens quando comparados aos coagulantes inorgânicos tradicionais: não alteram o pH da água tratada por não consumirem a alcalinidade do meio ao mesmo tempo que são efetivos numa ampla faixa de pH (4,5-8,0), redução do volume de lodo gerado, que é biodegradável, e solubilidade em água fria. A baixa toxicidade é evidenciada pela elevada DL_{50} (9.241 mg.kg^{-1}), estimada em ratos; além disso, podem ser utilizados também para a remoção de compostos tóxicos presentes nas águas, produzidos por bactérias clorofiladas e cianofíceas (SÁNCHEZ-MARTÍN, 2010; JÚNIOR; ABREU, 2018).

As aplicações de taninos vegetais como coagulante de águas e efluentes são extensamente relatadas no meio acadêmico. Na Tabela 2 é possível verificar sua aplicação na remoção de metais pesados.

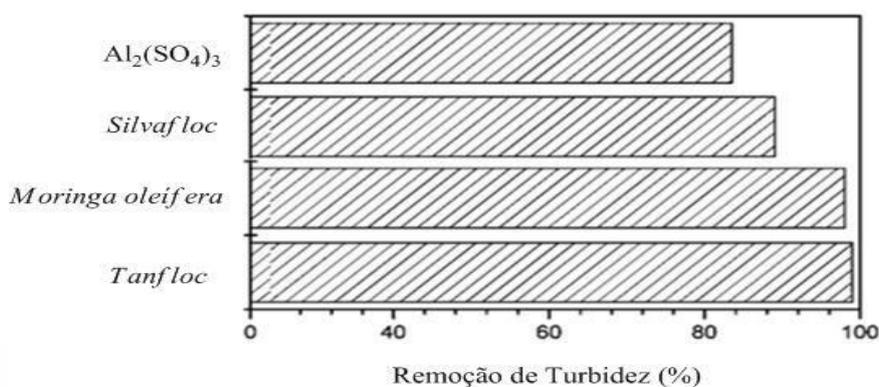
Tabela 2. Aplicação do tanino no tratamento de águas superficiais.

Matriz estudada	Poluentes	Referência	Principais resultados
Água superficial	Sólidos em suspensão, microrganismos e material húmico	ZHAN e ZHAO (2003)	Foi testada a remoção de chumbo de águas superficiais usando um adsorvente produzido a partir de taninos e observaram remoções de até 91%, mostrando que compostos a base de tanino possuem aplicação no tratamento de efluentes contaminados com metais pesados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos últimos anos as pesquisas comparando a eficiência dos coagulantes naturais com os químicos aumentaram consideravelmente. Em um estudo realizado por Sánchez-Martí *et al.*, (2010) é possível observar uma significativa e superior capacidade de remoção de material coloidal em suspensão dos coagulantes naturais (*Moringa oleifera* e Tanfloc), quando comparados ao coagulante inorgânico ($Al_2(SO_4)_3$), submetidos às mesmas condições de estudo (dosagem de 15 mg.L^{-1} , 20°C e pH natural da água). A Figura 4 compara a eficiência de remoção de turbidez de águas naturais superficiais através do uso de coagulantes orgânicos e inorgânicos.

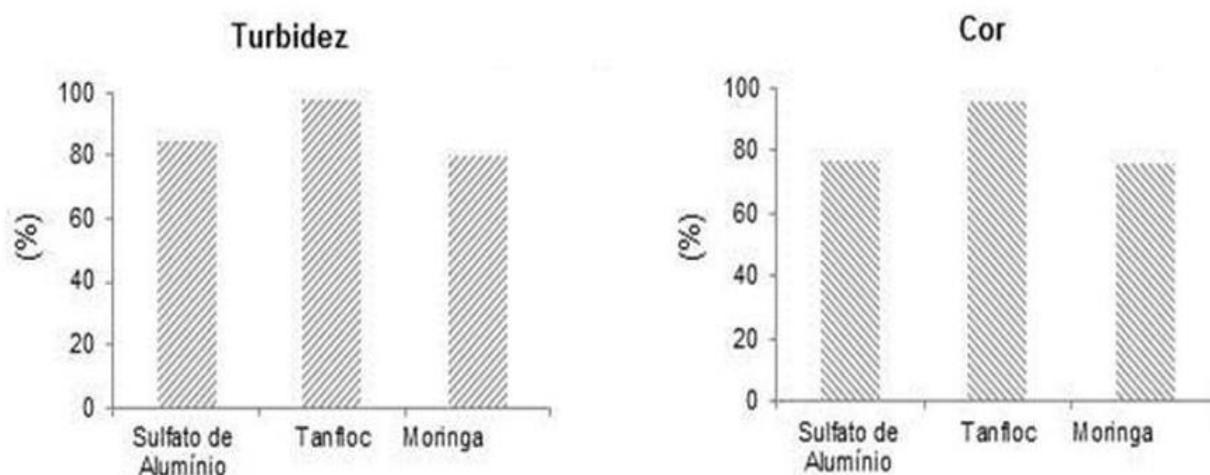
Figura 4: Comparação entre diversos coagulantes na remoção de turbidez de águas naturais superficiais:



Fonte: Júnior; Abreu (2018)

Siqueira *et al.*, (2018) analisaram a performance de coagulantes naturais, *Moringa oleifera* e Tanino (Tanfloc) comparando-os ao coagulante químico sulfato de alumínio no tratamento da água. A água bruta utilizada foi água superficial coletada no município de Maringá-PR. Os experimentos de coagulação/floculação e sedimentação foram realizados em Jar Test. Os parâmetros utilizados na caracterização da água foram: turbidez, cor e pH. Os resultados mostraram a eficácia do tanino quando comparado aos demais tratamentos, e que, entre o sulfato de alumínio e a *Moringa oleifera* não houve diferença. A figura 5 apresenta os principais resultados obtidos no estudo.

Figura 5. Gráfico referente ao percentual da turbidez (a) e da cor (b) removida da água bruta tratada com sulfato de alumínio, tanfloc e Moringa. **Fonte:** Siqueira et al., (2018)

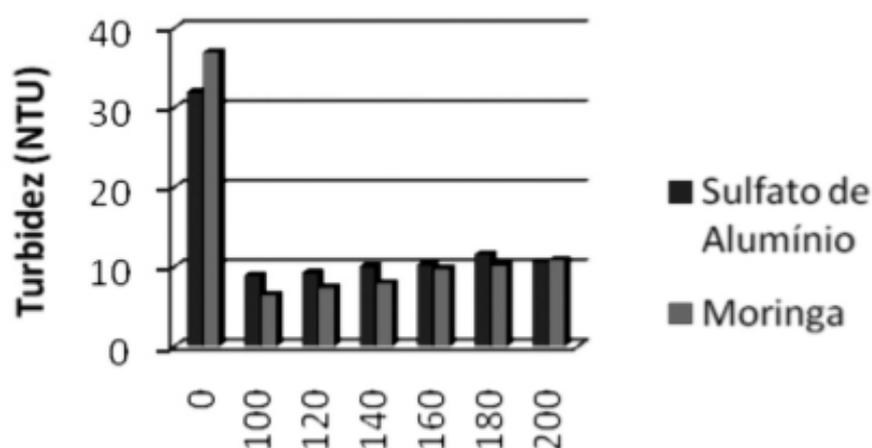


Pereira *et al.*, (2015) realizarm a aplicação do sulfato de alumínio e da *Moringa oleifera* em amostras de água, para verificar a remoção de cor e turbidez, como também, averiguar o comportamento do pH no decorrer das análises. Para tanto, preparou-se amostras com turbidez de 50, 100 e 150 unidades nefelométricas (uT) e utilizou-se em laboratório o ensaio com o equipamento Jar Test para diversos intervalos de tempo de coleta de amostras, visando realizar os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, simulando, desta forma, o que acontece numa estação de tratamento de água. Observou-se o comportamento do pH constante, não havendo grandes variações quando comparados aos valores da amostra inicial e após a aplicação dos coagulantes. Na remoção de turbidez, a solução de *M. oleifera* foi mais

eficiente, reduzindo 77,56% este parâmetro, enquanto que o sulfato de alumínio reduziu apenas 28,22%. Para a cor obteve-se resultados satisfatórios para ambos coagulantes, com valores de 99,47% para o sulfato de alumínio e de 94,01% para a *M. oleifera*, resultados obtidos para a turbidez de 100 UT.

Santos et al., (2011) utilizaram uma dosagem de 200 ppm do coagulante sulfato de alumínio e *Moringa oleifera* e compararam sua eficiência na remoção de turbidez. Na Figura 6 é possível verificar a remoção de turbidez utilizando o sulfato de alumínio e a Moringa.

Figura 6: Remoção de turbidez utilizando o sulfato de alumínio e a Moringa.



Fonte: SANTOS et al., (2011)

Os resultados mostraram que ambos os coagulantes foram eficientes na remoção de turbidez. No entanto, destaca-se a eficiência da Moringa como um coagulante substitutivo do sulfato de alumínio por possuir baixo impacto ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como forma de minimizar os impactos negativos provocados pelos coagulantes químicos, os biocoagulantes ou coagulantes naturais emergem como uma tecnologia promissora no setor de saneamento ambiental, mostrando-se eficientes para o tratamento de água. Destacam-se por serem solúveis em água e efetivos numa ampla faixa de pH, produzem

menores volumes de lodo biodegradável e de baixo impacto ambiental, não são corrosivos e são constituídos em sua maioria por polímeros e proteínas vegetais de baixa toxicidade. Devido sua eficiência é necessário a realização de pesquisas que visem à ampliação e possível adequação para a sua utilização em grande escala para o tratamento de água, devido aos benefícios que a utilização desta tecnologia pode trazer para a população, tanto em questões sociais como ambientais.

REFERÊNCIAS

ARCILA, H. R.; Peralta, J. J. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Revista Facultad de Ciencias Básicas. 2016.

BAKAR, C., KARAMAN, H. I., BABA, A., E SENGÜNALP, F. Effect of High Aluminum Concentration in Water Resources on Human Health, Case Study: Biga Peninsula, Northwest Part of Turkey. Arch Environ Contam Toxicol. (2010).

BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B. S. S.; TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. Acta Scientiarum. Technology, v. 32, n. 2, p. 167-170, 2010.

BORGO C. Tratamento De Água Com Semente De Moringa Oleífera. Blucher Proceedings - V Semana De Engenharia QUÍMICA UFES. Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil. 2016.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, Portaria de Consolidação nº 05/2017. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 2017.

BRATBY, J. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment. Reino Unido: IWA Publishing. 2006.

CAMACHO, F. P.; SOUSA, V. S.; BERGAMASCO, R.; TEIXEIRA, M. R. The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal* 2017.

CHOY, S. Y. A review on common vegetables and legumes as promising plant-based natural coagulants in water clarification. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 12, n. 1, p. 367–390, 2013.

COELHO, S. D. Estudo de potenciais efeitos na saúde pública resultantes da utilização de produtos químicos no tratamento de águas de abastecimento. FCT - UNL, 64-65. 2008.

COVENTYA Química Ltda. WaterCare: Coagulação e Floculação. Diadema, São Paulo, 2012.

FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F.DE.; KOHN, G. P.; FIA, R. Coagulação com semente de *Moringa oleifera* preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 2017.

GALLARDO, M. A. B.; *Monografía de Graduación*, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2017.

JÚNIOR, R. N.; ABREU, F. O. M. S. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidade. *Rev. Virtual Quim.*, 2018.

KARADI, R.V.; Gadge, N. B.; Alagawadi, K. R.; Savadi, R. V. Effect of *Moringa oleifera* Lam. root-wood on ethylene glycol induced urolithiasis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 105, p. 306-311, 2006.

MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química Verde no Tratamento de Águas: Uso de Coagulante Derivado de Tanino de *Acacia mearnsii*. *Rev. Virtual Quim.*, 2014.

METCALF & EDDY. Inc. *Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse*. 6. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815p. 2012.

OLADOJA, N. A. Headway on natural polymeric coagulants in water and wastewater treatment operations. *Journal of Water Process Engineering*, **2015**.

PEREIRA, E.R.; FRANCISCO, A.A.; THEODORO, J.T.D.; BERGAMASCO. R.; FIDELIS. R. Comparação entre a aplicação do coagulante natural *Moringa oleifera* e do coagulante químico sulfato de alumínio no tratamento de água com diferentes níveis de turbidez. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.11 n.21; p. 2015.

RONDEAU, V.; JACQMIN-GADDA, H.; COMMENGES, D.; HELMER, C.; DARTIGUES, J. F. Aluminium and silica in drinking water and the risk of Alzheimer's disease or cognitive decline: findings from 15-year follow-up of the PAQUID cohort. *American Journal of Epidemiology* 2008.

ROSALINO, M.R.R. Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano. *Dissertação. Faculdade de Ciência e Tecnologia*. 2011.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; GONZÁLEZ-VELASCO, M.; BELTRÁN-HEREDIA, J. Surface water treatment with tannin-based coagulants from Quebracho (*Schinopsis balansae*). *Chemical Engineering Journal*, v. 165, n. 3, p. 851-858. ISSN 1385-8947. 2010.

SANTOS, T.M.; PEREIRA, F.D.; SANTANA, R.C.; SILVA, F.G. Estudo do tratamento físico químico da água produzida utilizando *Moringa oleifera* Lam em comparação ao sulfato de alumínio. *317 Exacta*, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 317-321, 2011.

SILVA, F. J. A., MATOS, J. E. X. Sobre dispersões de *Moringa oleifera* para tratamento de água. *Revista Tecnologia*, v.29, n.2, p.157-163, 2008.

SILVA, F. J. A., MATOS, J. E. X. Sobre dispersões de Moringa oleífera para tratamento de água. Revista Tecnologia, v.29, n.2, p.157-163, 2008.

SILVA, G.F et al. Potencialidades da Moringa oleifera Lam / organizadores:– São Cristóvão : Universidade Federal de Sergipe,v. 4. : il. ISBN 978-85-7822-608. 2018.

SILVA, T. S. S. de. Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto. 1999. Dissertação (Mestrado) Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública.

SIQUEIRA, A.P.S.; SILVA, C.N.; HEREK ,L.C.O.; MILANI, R.G.; YAMAGUCHI, N. U. 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. 2018.

SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES. M.V. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. Rev. Ambient. Água vol.9 no.4 Taubaté Oct./Dec. 2014.

THEODORO, J. D. P. et al. Coagulants and Natural Polymers : Perspectives for the Treatment of Water. Plastic and Polymer Technology, v. 2, n. 3, p. 55–62, 2013.

WALTON, J.R. Aluminum's involvement in the progression of Alzheimer's disease. Journal of Alzheimer's Disease 2013.

ZHAN, X.-M., ZHAO, X., Mechanism of lead adsorption from aqueous solutions using an adsorbent synthesized from natural condensed tannin, Water Research. 2003.