

## AVALIAÇÃO DE DIFERENTES COAGULANTES NATURAIS PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL

*Evaluation of different natural coagulants for obtaining drinking water*Michelle Silva Santos<sup>1</sup>, Karina Cardoso Valverde<sup>2</sup>

**Resumo:** Diante do crescente grau de poluição que afeta a qualidade dos mananciais, é essencial o tratamento de água para o abastecimento humano. A coagulação é uma das etapas mais importantes a serem realizadas nas estações de tratamento, porém, diante dos riscos ambientais e de saúde provenientes do uso de coagulantes inorgânicos, a pesquisa bibliográfica propõe compilar estudos experimentais de coagulantes naturais que obtiveram êxito na remoção de turbidez da água. Entre os resultados, o *Anacardium occidentale* (caju), o *Abelmoschus esculentus* L. Moench (quiabo), e a quitosana apresentaram 99,0%, 66,0% e 95,8% de eficiência de remoção de turbidez, respectivamente, demonstrando que a água tratada se enquadrou dentro dos valores máximos permitidos pela legislação brasileira para esse parâmetro. A *Acacia decurrens* (acácia negra) e a *Moringa oleifera* Lam indicaram eficiências de remoção de turbidez em torno de 80,0% no processo de clarificação da água. Já o *Opuntia ficus-indica* (cacto) apontou eficiência de 45,9% na remoção de turbidez, nas condições de operação estudadas, contudo, a etapa de filtração inserida poderia melhorar esse resultado. Assim, pode-se afirmar que todos os coagulantes avaliados apresentaram potencial, sendo considerados como uma ótima alternativa renovável e biodegradável para a tecnologia verde de tratamento de água.

**Abstract:** Faced with the increasing degree of pollution that affects the quality of springs, it is essential to treat water for human consumption. Coagulation is one of the most important steps to be carried out in treatment plants, however, in view of the environmental and health risks arising from the use of inorganic coagulants, the bibliographical research proposes to compile experimental studies of natural coagulants that were successful in removing turbidity from Water. Among the results, *Anacardium occidentale* (cashew), *Abelmoschus esculentus* L. Moench (okra), and chitosan showed 99.0%, 66.0% and 95.8% turbidity removal efficiency, respectively, demonstrating that water treated was within the maximum values allowed by Brazilian legislation for this parameter. *Acacia decurrens* (black wattle) and *Moringa oleifera* Lam indicated turbidity removal efficiencies of around 80.0% in the water clarification process. On the other hand, *Opuntia ficus-indica* (cactus) showed an efficiency of 45.9% in the removal of turbidity, under the operating conditions studied, however, the filtering step inserted could improve this result. Thus, it can be stated that all evaluated coagulants showed potential, being considered as a great renewable and biodegradable alternative for green water treatment technology.

**Palavras-chave:**Clarificação de água;  
Coagulantes naturais;  
Tecnologia verde;  
Turbidez.**Keywords:**Water clarification;  
Natural coagulants;  
Green technology;  
Turbidity.<sup>1</sup>Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, Graduanda em Ciências Ambientais, e-mail: michelle6sts@gmail.com.<sup>2</sup>Doutora em Engenharia Química, Universidade Federal do Amapá - UNIFAP, Professora do Curso de Graduação e Pós-graduação em Ciências Ambientais, e-mail: karina.valverde@unifap.br.

## 1 INTRODUÇÃO

A chamada crise hídrica, caracterizada pela escassez de água potável para o abastecimento humano, representa uma ameaça à sustentabilidade da vida, ao direito humano e à dignidade (Fischer et al., 2016). No Brasil, mais de 35 milhões de pessoas enfrentam a falta de acesso à água tratada, com a situação mais crítica concentrada nas regiões Norte e Nordeste, especialmente em áreas rurais. Desafios como altos custos, longas distâncias e escassez de recursos tornam economicamente inviável o fornecimento de água tratada em áreas remotas e pouco povoadas do país (Cartaxo et al., 2022).

É essencial que a água destinada ao consumo humano seja tratada de forma adequada para evitar a transmissão de doenças associadas à contaminação hídrica (Vieira, 2018). A água potável, conforme definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Portaria GM/MS nº 888, datada de 04 de maio de 2021, é aquela que atende aos padrões de qualidade estabelecidos para consumo humano, garantindo a sua segurança e adequação. Essa portaria trata especificamente do controle e da vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano, estabelecendo os padrões de potabilidade (Brasil, 2021).

O processo convencional de tratamento da água ocorre em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) e abrange as etapas de: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (Costa, 2022). Considerando-se as três primeiras fases destinadas especificamente para a clarificação da água, visando mitigar a presença de partículas em suspensão, reduzir sua turbidez e coloração.

O processo de coagulação é realizado através da adição de um coagulante na água em condições de agitação rápida, o que tem o efeito de desestabilizar partículas suspensas no meio. Estas partículas, denominadas coloides, geralmente apresentam cargas negativas em suas superfícies. A desestabilização decorre da reação de hidrólise desencadeada pela adição do coagulante à água, além da adsorção dessas espécies hidrolisadas na superfície das partículas coloidais (Kamiwada et al., 2020).

O processo de floculação consiste em uma agitação mais suave, no qual promove o agrupamento das partículas eletricamente desestabilizadas, resultando em seu aumento gradual de tamanho (Chiavola et al., 2023).

A decantação permite que os flocos gerados previamente se depositem no fundo do decantador, efetuando assim a eliminação de partículas indesejadas da água (Lacerda, Rader, Lopes, 2019).

Essas etapas visam alcançar uma qualidade desejável através da remoção de contaminantes presentes na água, iniciando-se com a utilização de coagulantes no processo de tratamento. Pode-se afirmar que cada coagulante possui suas propriedades e dada à sua importância em um processo de tratamento convencional de água, tornam-se muito relevantes estudos sobre diferentes tipos de agentes coagulantes.

Coagulantes inorgânicos têm sido amplamente utilizados em processos convencionais de tratamento de água (Valverde et al., 2018). Segundo Pavanelli (2001), alguns coagulantes existentes no mercado são: sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), cloreto férrico ( $FeCl_3$ ), policloreto de alumínio (PAC) e sulfato férrico ( $Fe_2(SO_4)_3$ ).

No Brasil, o sulfato de alumínio é amplamente utilizado nas ETAs devido à sua eficácia e custo acessível, embora o aumento do alumínio residual na água possa representar riscos para a saúde humana (Moraes, Schneider, Carissimi, 2019; Velasco e Brasil, 2018), incluindo possíveis associações com doenças neurodegenerativas, como Parkinson e *Alzheimer* (Chagas e Faria, 2022). O cloreto férrico, outro agente comum de coagulação, é considerado ambientalmente indesejável devido à produção de grandes volumes de lodo contendo elementos químicos prejudiciais à saúde (Vaz et al., 2010).

O PAC é valorizado por sua capacidade de acelerar a formação de flocos e seu baixo custo (Moreti

et al., 2013), mas seu uso pode ser prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente, afetando o desenvolvimento de peixes e algas (Costa, 2008). O sulfato férrico, apesar de ser comparável ao cloreto férrico em termos de coagulação e custo, apresenta o desafio de ser corrosivo, resultando em danos às tubulações e equipamentos metálicos, além de levantar preocupações sobre seus impactos ambientais (Colling, 2010; Pereira, Meira, Sousa, 2019).

Para minimizar esses problemas, novas pesquisas estão sendo desenvolvidas utilizando espécies vegetais como coagulantes na clarificação da água, por serem considerados seguros quanto à saúde humana e ao meio ambiente (Anjos, 2021).

Coagulantes naturais demonstram alta eficiência na remoção de cor e turbidez da água, além de outras vantagens, tais como a remoção de microrganismos e componentes químicos danosos à saúde humana e ao meio ambiente (Soares et al., 2021). Assim, o uso de coagulantes naturais é uma alternativa que pode ser empregada na substituição total ou parcial de coagulantes inorgânicos convencionais (Bongiovani et al., 2010; Valverde et al., 2018). Principalmente em comunidades rurais e áreas carentes, que não tem o alcance nem infraestrutura para usar tecnologias convencionais de tratamento de água, a possibilidade de usar um coagulante natural torna o processo mais simples e de baixo custo para a obtenção de água tratada (Ferreira, Paiva, Marques, 2020).

A biodiversidade do Brasil possibilita a avaliação da viabilidade de diferentes espécies vegetais, que podem ser aplicadas com êxito no tratamento de água, visto que suas propriedades apresentam potencial para uso na coagulação da água.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão da literatura e compilar estudos experimentais de coagulantes naturais aplicados no tratamento de água, apresentando o grau de eficácia na remoção da turbidez após o processo de clarificação de água, que abrange as etapas de coagulação, floculação e decantação.

O presente estudo justifica-se pela importância ambiental e sustentável, visto que se trata da viabilidade do uso de coagulantes renováveis e biodegradáveis, sendo assim uma alternativa verde ecologicamente compatível com a busca por qualidade de vida almejada pela sociedade, principalmente no que diz respeito ao tratamento de água.

## 2 METODOLOGIA

A presente pesquisa trata-se de uma revisão integrativa da literatura que objetiva revisar artigos relacionados ao uso de coagulantes naturais aplicados no tratamento da água, que abrange as etapas de coagulação, floculação e decantação.

Foram utilizadas as bases de dados do portal de periódicos da CAPES, *Scielo*, *Google Scholar*, periódicos científicos e bibliotecas digitais de Universidades.

A seleção dos artigos foi baseada na busca em títulos, resumos e palavras-chaves dos trabalhos, utilizando os seguintes descritores: “coagulação”, “floculação”, “decantação”, “tratamento de água”, “coagulantes naturais” e “biopolímeros”.

Definiu-se o período de buscas dos trabalhos publicados entre 2012 e 2022, ou seja, nos últimos 10 anos. No primeiro momento foram selecionados 20 artigos de interesse para leitura e análise crítica, os quais apresentavam resultados positivos sobre a eficiência do uso de diferentes coagulantes naturais no tratamento da água.

Os trabalhos avaliados foram selecionados considerando o processo de tratamento convencional com água superficial, baseado no sucesso obtido com a utilização dos seguintes coagulantes naturais no tratamento da água: *Anacardium occidentale* (caju), *Abelmoschus esculentus* L. Moench (quiabo), *Acacia decurrens* (acácia negra), *Moringa oleifera* Lam, *Opuntia ficus-indica* (cacto) e quitosana.

Após avaliação, 6 trabalhos foram escolhidos para uma análise mais aprofundada, pois traziam informações mais completas e relevantes a respeito dos resultados obtidos pelos pesquisadores no tratamento de água superficial.

Os dados foram tabulados com foco no tipo de biopolímero utilizado no ensaio em questão, condições de operação, dosagem do coagulante, turbidez inicial e final da água e eficiência de remoção de turbidez obtida após cada experimento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das condições de operação para diferentes coagulantes naturais, indicando os valores de VRM (velocidade de mistura rápida), TMR (tempo de mistura rápida), VML (velocidade de mistura lenta), TML (tempo de mistura lenta) e TS (tempo de sedimentação).

As condições operacionais no processo de clarificação são fundamentais para o desempenho do tratamento (Kenea et al., 2023). Nesse sentido, é crucial reconhecer a necessidade de ajustar as condições ideais de operação de forma personalizada para cada tipo de coagulante (Ribeiro, 2010).

Tabela 1 – Parâmetros operacionais usados na clarificação da água

Coagulante natural	Condições de Operação				
	VMR <sup>(1)</sup>	TMR <sup>(2)</sup>	VML <sup>(3)</sup>	TML <sup>(4)</sup>	TS <sup>(5)</sup>
<i>Anacardium occidentale</i> (caju) <sup>(6)</sup>	130	2	30	30	40
<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench (quiabo) <sup>(7)</sup>	-	2	-	-	60
<i>Acacia decurrens</i> (acácia negra) <sup>(8)</sup>	150	3	30	15	20
<i>Moringa oleifera</i> Lam <sup>(9)</sup>	100	3	15	15	60
<i>Opuntia ficus-indica</i> (cacto) <sup>(10)</sup>	220	2	25	30	30
Quitosana <sup>(11)</sup>	50	4	20	10	10

(1): VMR: velocidade de mistura rápida em rotações por minuto (rpm)

(2) TMR: tempo de mistura rápida em minutos (min)

(3) VML: velocidade de mistura lenta em rotações por minuto (rpm)

(4) TML: tempo de mistura lenta em minutos (min)

(5) TS: tempo de sedimentação em minutos (min)

(6): Anjos (2021)

(7): Pereira, Meira, Sousa (2019)

(8): Blanco, Minhoni, Costa (2016)

(9): Valverde et al. (2014)

(10): Ferreira (2015)

(11): Visentini, Rhoden, Fernandes (2020)

Vale citar que os ensaios de clarificação da água foram realizados em equipamento *Jar Test*, em condições de operação específicas para cada coagulante previamente definidas pelos respectivos pesquisadores, em função das propriedades da espécie vegetal utilizada no tratamento de água. Somente o ensaio para a avaliação do *Abelmoschus esculentus* L. Moench (quiabo) foi realizado em agitador magnético, impossibilitando apresentar os gradientes de velocidade de mistura rápida e lenta.

A Tabela 1 compara as condições de operação de diversos coagulantes naturais empregados no tratamento de água, evidenciando suas particularidades. Essas diferenças ressaltam a importância de escolher as condições ideais para maximizar a eficácia do processo de tratamento, visando garantir uma remoção eficaz de impurezas e assegurar a qualidade da água para diversos fins, incluindo para o consumo humano.

A seleção dos valores do gradiente de velocidade e do tempo de agitação que otimizam as operações é influenciada pela velocidade de sedimentação dos flocos, portanto, deve-se ter cuidado na escolha

destes parâmetros (Pavanelli, 2001).

Além das condições de operação, a dosagem do coagulante também desempenha um papel fundamental na eficácia do tratamento. A Tabela 2 apresenta o tipo e a dosagem do coagulante natural utilizado, juntamente com a turbidez inicial e final da água, bem como a eficiência de remoção de turbidez após o processo de coagulação, floculação e decantação.

**Tabela 2 – Coagulantes x turbidez da água**

Coagulante natural	Dosagem de coagulante (mg/L)	Turbidez		
		Inicial (NTU) <sup>(1)</sup>	Final (NTU) <sup>(1)</sup>	Eficácia de remoção (%)
<i>Anacardium occidentale</i> (caju) <sup>(2)</sup>	150	150	0,8	99,0
<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench (quiabo) <sup>(3)</sup>	8	80	27,2	66,0
<i>Acacia decurrens</i> (acácia negra) <sup>(4)</sup>	10	50	10	80,0
<i>Moringa oleifera</i> Lam <sup>(5)</sup>	50	79,9	14,9	81,2
<i>Opuntia ficus-indica</i> (cacto) <sup>(6)</sup>	30	91,8	49,7	45,9
Quitosana <sup>(7)</sup>	1,5	3,33	0,14	95,8

(1): NTU: Unidade nefelométrica de turbidez

(2): Anjos (2021)

(3): Pereira, Meira, Sousa (2019)

(4): Blanco, Minhoni, Costa (2016)

(5): Valverde et al. (2014)

(6): Ferreira (2015)

(7): Visentini, Rhoden, Fernandes (2020)

As informações reunidas evidenciam que cada coagulante natural foi submetido a dosagens pré definidas pelos pesquisadores, vinculadas à turbidez inicial da água.

É evidente que as dosagens influenciaram na eficácia do tratamento da água, como comprovado pelos resultados diversos observados para cada coagulante na remoção de turbidez. Essa variação nos valores demonstra que a quantidade de coagulante aplicada teve um impacto significativo na eficácia do processo de coagulação, assim como nas condições de operação (Tabela 1). Portanto, os resultados divergentes ressaltam a importância de determinar as dosagens ideais e as condições operacionais adequadas para cada tipo de coagulante, a fim de obter os melhores resultados.

Verificou-se no ensaio que utilizou o tanino proveniente da casca do caju (*Anacardium occidentale*) em água de açude, uma eficiência de remoção de turbidez de 99,0%, resultando em 0,8 NTU para a turbidez final após o processo de clarificação da água, com a dosagem de 150 mg/L de coagulante. Pode-se afirmar que a água tratada está de acordo com o valor máximo permitido para consumo humano e seu padrão de potabilidade para a turbidez, que é de 5 NTU (Brasil, 2021), mesmo sem ter sido realizada a etapa de filtração da água decantada.

De acordo com Anjos (2021), as cascas de árvores são ricas em taninos, que por sua composição química estes são considerados ótimos coagulantes naturais efetivos e alternativos ao tratamento de água, o que pode ser constatado pelos resultados. Além disso, apresentam a vantagem de não alterar o pH final da água tratada (Anjos et al., 2022).

No ensaio apresentado ao utilizar o quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) no processo de coagulação, obteve-se 66,0% de remoção de turbidez com uma dosagem de 48 mg/L de pó de quiabo para uma água superficial com valor inicial de turbidez de 80 NTU, o que nos leva a uma proposta inovadora de clarificação de água com o uso de coagulante primário, somente (Pereira, Meira, Sousa, 2019).

É importante ressaltar que Chagas e Faria (2022) consideram que o quiabo, em grande parte dos estudos, é utilizado como auxiliar de coagulação juntamente com um coagulante inorgânico ( $Al_2(SO_4)_3$  ou PAC), visto que a espécie vegetal apresenta cadeias longas de polissacarídeos que podem remover



impurezas da água, bem como conceder peso e tamanho das partículas, ajudando nos processos de clarificação. Essa informação também é ressaltada por Santos, Rosa e Michelan (2022).

Porém, segundo Santos, Rosa e Michelan (2022) a utilização do pó do quiabo na etapa de coagulação (mistura rápida), simplifica o procedimento metodológico do tratamento, sem interferir na eficiência do processo. Assim, o resultado alcançado por Pereira, Meira e Sousa (2019) com o uso do pó do quiabo como coagulante primário se torna bastante relevante. Contudo, a etapa de filtração seria obrigatória a fim de tentar atender ao padrão de potabilidade, visto que o resultado final da turbidez foi de 27,2 NTU acima do valor máximo permitido (Brasil, 2021).

A espécie vegetal de acácia negra (*Acacia decurrens*) apresentou eficiência de remoção de turbidez de 80,0%, para uma água de córrego situada em zona rural com turbidez inicial de 50 NTU. Com dosagem de 10 mg/L de extrato de acácia negra foi possível obter turbidez final de 10 NTU, nas condições estudadas por Blanco, Minhoni e Costa (2016), sendo então comprovada a atividade coagulante do tanino de acácia negra.

Segundo Sánchez-Martín, González-Velasco e Beltrán-Heredia (2009) a acácia negra possui alta eficiência no tratamento da água utilizando-se dosagens baixas de coagulante, e consideraram que quanto maior for o valor da turbidez inicial da água superficial, maior será a eficiência da remoção da turbidez final.

O pó de *Moringa oleifera* Lam apresentou eficiência de remoção de turbidez de 81,2%, na dosagem de 50 mg/L de biopolímero em uma água superficial com 79,9 NTU de turbidez inicial, comprovando que se trata de um propício agente coagulante (Valverde et al., 2014), o que corrobora com os resultados obtidos no estudo de Ballestrin, Consolin Filho e Vieira (2021) que citam que as sementes de *Moringa oleifera* têm sido utilizadas para produzir coagulantes orgânicos para a clarificação de águas superficiais com valores de turbidez iniciais altos.

Valverde et al. (2014) destacam que pelo fato da *Moringa oleifera* Lam se tratar de uma espécie vegetal, é interessante utilizar o coagulante durante o período máximo de 1 semana, pois as propriedades coagulantes/floculantes diminuem com o tempo de armazenamento do produto.

O estudo apresentado por Ferreira (2015) aponta que o cacto (*Opuntia ficus-indica*) obteve eficiência de 45,9% na remoção da turbidez, com queda de 42,1 NTU entre os valores de turbidez inicial e final da água proveniente do reservatório. Apesar da turbidez final ainda estar próxima de 50 NTU, a utilização em pó do extrato pulverizado desse coagulante mostrou-se como uma tecnologia verde com potencial promissor na redução de sólidos.

Andrade (2018) avalia que o *Opuntia ficus-indica* apresenta agentes coagulantes ativos na forma de polieletrólitos naturais com carga superficial em condições ácidas, o que ocasiona um ótimo desempenho no tratamento de água.

A quitosana, considerada um biopolímero proveniente da carapaça de crustáceos, apresentou elevada eficiência de remoção de turbidez, equivalente a 95,80% no estudo proposto por Visentini, Rhoden e Fernandes (2020) para uma água com turbidez inicial de 3,33 NTU.

Lima (2019) descreve que em águas com baixa turbidez, a coagulação é mais bem sucedida com a aplicação de baixas doses de coagulante, o que está de acordo com a dosagem de 1,5 mg/L de solução de quitosana aplicada no tratamento de água. Da mesma forma, Spinelli (2001) ressalta vantagens com a substituição do sulfato de alumínio por quitosana, ao se utilizar dosagens entre 1,5 mg/L a 2,0 mg/L do biopolímero no tratamento convencional de água.

Deste modo, pode-se comprovar que todos os coagulantes naturais avaliados apresentaram potencial na redução de turbidez, evidenciando-se como tecnologias verdes essenciais no tratamento de água para a redução de poluentes. Essas soluções são especialmente relevantes em áreas ou comunidades rurais. Um exemplo concreto dessa aplicação pode ser observado em Moçambique, onde sementes de *Moringa oleifera* são empregadas de forma significativa, oferecendo uma alternativa

acessível e sustentável para melhorar a qualidade da água (Foutinho, 2020).

Estes coagulantes naturais são compostos por elementos orgânicos, biodegradáveis e derivados de seres vivos, apresentando-se como uma opção considerada segura para o ecossistema, com efeitos mínimos potenciais na saúde humana (Kingue, Njila, Ndongo, 2023). Sendo provenientes de resíduos e derivados de recursos naturais, esses coagulantes se tornam de fácil acesso em pequenas escalas.

No entanto, os processos de extração dos coagulantes naturais ainda carecem de desenvolvimento pleno, o que restringe a disponibilidade desses compostos para utilização em larga escala. Contudo, é crucial prosseguir com investigações intensivas a fim de identificar coagulantes naturais abundantes, que não competem com os recursos alimentares, e desenvolver métodos econômicos para extraí-los de fontes naturais visando produção em larga escala e facilitar seu manuseio (Kurniawan et al., 2020).

#### **4 CONCLUSÃO**

Sendo a água potável é um recurso essencial para todos os seres vivos e seu acesso uma grande preocupação no mundo, principalmente pela possibilidade de falta que tem sido bastante noticiada, visto o grau de poluição de corpos receptores, a ideia do uso de coagulantes naturais se torna muito relevante.

Dentre todos os coagulantes analisados, o *Anacardium occidentale* (caju) permitiu obter o menor valor de turbidez final de água (0,8 NTU), porém o *Abelmoschus esculentus* L. Moench (quiabo) e a quitosana também apresentaram valores de acordo com os limites previstos na legislação para o parâmetro turbidez, considerando as etapas de coagulação, floculação e decantação.

A *Acacia decurrens* (acácia negra), a *Moringa oleifera* Lam e o *Opuntia ficus-indica* (cacto) se mostraram como importantes coagulantes renováveis e biodegradáveis, derivados de espécies vegetais. Contudo, inserir a etapa de filtração seria interessante a fim de melhorar a qualidade final da água de modo a tentar atender ao padrão de potabilidade quanto à turbidez.

Desta forma, os coagulantes naturais se tornam uma opção alternativa sustentável, de fácil acesso e de grande valia em termos econômicos e ambientais, sendo portanto viável a substituição de coagulantes inorgânicos convencionais. Sua disponibilidade facilitada e a possibilidade de produção em pequena escala tornam esses coagulantes especialmente adequados para áreas rurais e regiões que não requerem grandes volumes de tratamento de água. Assim, pode-se considerar o uso destes coagulantes como uma tecnologia verde no processo de clarificação de água, promovendo a sustentabilidade e a preservação ambiental.

Sugere-se como continuidade do trabalho a avaliação da viabilidade de novos biopolímeros no processo de clarificação de água, além da avaliação de outros parâmetros de qualidade.

#### **5 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a bolsa de iniciação científica concedida pela PROBIC-AF/UNIFAP.

#### **6 REFERÊNCIAS**

ANDRADE, Núbia Aparecida dos Santos. Coagulantes de palmas forrageiras e os efeitos na turbidez e potencial hidrogeniônico em tratamento de águas. 2018. 23 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da

Paraíba, Areia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/3528/1/NASA01032018.pdf> Acesso em 15 de janeiro de 2023.

ANJOS, Bruna Ferreira dos. **Produção de agentes coagulantes para clarificação da água a partir de taninos de espécies florestais da Caatinga**. 2021. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2021.

ANJOS, B. F. dos; AZEVEDO, T. J. B. da; SILVA, B. R. F. da; BRAGA, R. M.; PIMENTA, A. S.; ANDRADE, F. A. F. de. Tannins from cashew tree (*Anacardium occidentale*) bark as a flocculant for water clarification. **Revista Ambiente & Água**, v. 17, n. 3, e2815, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2815>

BALLESTRIN, C. S.; CONSOLIN FILHO, N.; MEDEIROS, F. V. da S. Aplicação de extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam como coagulante e como auxiliar de coagulação para tratamento de água destinada ao abastecimento. *Revista Virtual de Química*, v. 13, n. 2, p. -, 2021. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/3768> Acesso em 15 de janeiro de 2023.

BLANCO, L. M.; MINHONI, R. T de A.; COSTA, G. H. G. Extrato de acácia negra no tratamento primário de água fluvial. **Environmental Research Science & Technology**, v. 1, n. 1, p. 10-15, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Costa-6/publication/317168824\\_extrato\\_de\\_acacia\\_negra\\_no\\_tratamento\\_primario\\_de\\_agua\\_fluvial/links/5928406aaca27295a80578f8/Extrato-De-Acacia-Negra-No-Tratamento-Primario-De-Agua-Fluvial.Pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Costa-6/publication/317168824_extrato_de_acacia_negra_no_tratamento_primario_de_agua_fluvial/links/5928406aaca27295a80578f8/Extrato-De-Acacia-Negra-No-Tratamento-Primario-De-Agua-Fluvial.Pdf) Acesso em 15 de setembro de 2022.

BONGIOVANI, M. C.; MORAES, L. C. K.; 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. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v32i2.8238>

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 mai. 2021. Edição 85, Seção 1, p.127.

CARTAXO, A. S. B.; LEITE, V. D.; ALBUQUERQUE, M. V. C.; RODRIGUES, R. M. M.; AMORIM, J. S. de; CAVALCANTI, I. L. R. Ultrafiltração por gravidade como alternativa para tratamento de água no ponto de uso: uma revisão. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 110-122, 2022. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.005.0009>

CHAGAS, G. H.; FARIA, M. L. de. Utilização do polímero natural do quiabo (*abelmoschus esculentos* L. Moench) no tratamento de água de abastecimento humano. **Studies in Education Sciences**, v. 3, n. 1, p. 137-148, jan./mar.,2022. DOI: <https://doi.org/10.54019/sesv3n1-009>

CHIAVOLA, A.; MARCANTONIO, C. D.; D'AGOSTINI, M.; LEONI, S.; LAZZAZZARA, M. Uma abordagem de modelagem experimental combinada para otimização da remoção de turbidez em uma unidade de coagulação-floculação de uma estação de tratamento de água potável. **Revista de Controle de Processos**, v. 130, p. 103068, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2023.103068>



COLLING, Angéli Viviani. **Oxidação da pirita por via bacteriana em rejeitos de carvão para a produção de sulfato férrico**. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

COSTA, Andréa Fernanda de Santana et al. **Aplicação de tratamentos biológico e físico-químico em efluentes de lavanderia e tinturaria industriais do município de Toritama no estado de Pernambuco**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.

COSTA, Stéphanie Batista Garcia da. **Processo de tratamento de água de uma ETA na cidade de Cuiabá**. 2022. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2022.

FERREIRA, B. de C.; PAIVA, P. M. H.; MARQUES, A. Semente de *Moringa oleifera* como coagulante no tratamento de água. Artigo de evento, 2020. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1435> Acesso em 20 de setembro de 2022.

FERREIRA, Thayse Guilherme. **Avaliação do desempenho do cacto da espécie *opuntia ficus-indica* como coagulante no tratamento de água**. 2015. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Processos Ambientais) - Departamento Acadêmico de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FISCHER, M. L.; CUNHA, T. R.; ROSANELI, C. F.; MOLINARI, R. B.; SGANZERLA, A. Crise hídrica em publicações científicas: olhares da bioética ambiental. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 586-600, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1879>

FOUTINHO, Cardeal Victor. **Preparação de Cápsulas para o Tratamento da Água de Comunidades Rurais de Moçambique: O Potencial das Sementes de Moringa Oleifera**. 2020. 78 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Farmacêutica) - Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, 2020.

KAMIWADA, W. Y.; ANDRADE, P. V.; REIS, A. G. dos. Emprego do cloreto de polialumínio em estudos de tratabilidade de água de abastecimento via coagulação, floculação e sedimentação. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, p. 667-676, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180005>

KENEA, D.; DENEKEW, T.; BULTI, R.; OLANI, B.; TEMESGEN, D.; SEFIW, D.; MEKONIN, W. Investigação do tratamento de águas superficiais utilizando sementes misturadas de Moringa oleifera e plantas de Aloe vera como coagulantes naturais. **Revista Sul-Africana de Engenharia Química**, v. 45, p. 294-304, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.06.005>

KINGUE, B.; NJILA, R.; NDONGO, B. Avaliação do amendoim (*Arachis hypogaea*) como coagulante natural para tratamento de água. **Tecnologia da Prática da Água**, v. 18, n. 9, p. 2057-2067, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2023.127>

KURNIAWAN, S. B.; ABDULLAH, S. R. S.; IMRONET, M. F.; DISSE, N. S. M.; ISMAIL, N.; HASAN, H. A.; OTHMAN, A. R.; PURWANTI, I. F. Desafios e oportunidades da aplicação de biocoagulantes/biofloculantes para o tratamento de água potável e efluentes e seu potencial para recuperação de lodo. **Revista Internacional de Pesquisa Ambiental e Saúde Pública**, v. 17, n. 24, p. 9312, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.3390/ijerph17249312>

LACERDA, A. B.; RADER, A. S.; LOPES, E. S. A eficiência de remoção de coliformes em uma estação de tratamento de água convencional / The efficiency of coliform removal in a conventional water treatment plant. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 6, p. 7523-7359, 2019. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n6-2104>

LIMA, Alexya Brendha Pinheiro de. **Avaliação da associação da filtração lenta com a filtração rápida no tratamento da água de um lagoa litorânea tropical com baixa turbidez e cor moderada**. 2019. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

MORAES, B. S.; SCHNEIDER, I. A. H.; CARISSIMI, E. Produção de coagulante a base de tanino de *Acacia Mearnsii* e potenciais usos no setor industrial e no tratamento de água para consumo humano: A Experiência Brasileira. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 12, n. 1, p. 169-180, abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2019.12.1.58114>

MORETI, L. O. R.; CAMACHO, F. P.; BONGIOVANI, M. C.; STROHER, A. P.; NISHI, L.; VIEIRA, A. M. S.; BERGAMASCO, R. Emprego das sementes de *Moringa oleifera* Lam, como coagulante alternativo ao policloreto de alumínio (PAC), no tratamento de água para fins potáveis. **E-xacta**, v. 6, n. 1, p. 153-165, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v6i1.991>

PAVANELLI, Gerson. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. 216 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PEREIRA, T. I. O.; MEIRA, L. D. A. S.; SOUSA, M. E. A. Uso da mucilagem do quiabo como agente floculante no tratamento de água do Rio Amazonas. In: **XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, 2019, Belo Horizonte, MG. Disponível em: <https://www.Artigos.Entmme.Org/Download/2019/Pereira,%20t.i.o.,%20meira,%20l.d.a.s.%20sousa,%20m.e.a.%20-%20uso%20da%20mucilagem%20do%20quiabo%20como%20agente%20floculante%20no%20tratamento%20da%20C3%81gua%20do%20rio%20amazonas.Pdf> Acesso em 12 de setembro de 2022.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; GONZÁLEZ-VELASCO, M.; BELTRÁN-HEREDIA, J. Acacia mearnsii de wild tannin-based flocculant in surface water treatment. **Journal of Wood Chemistry and Technology**, v. 29, n. 2, p. 119-135. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/02773810902796146>

RIBEIRO, A. T. A. **Aplicação da moringa oleifera no tratamento de água para consumo humano: Remoção de poluentes por coagulação-floculação**. 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade em Engenharia, Universidade do Porto, 2010.

SANTOS, A. L. A.; ROSA, T. S.; MICHELAN, D. C. de G. S. Eficiência do tratamento de água por meio de coagulantes inorgânico sulfato de alumínio e orgânico *Abelmoschus esculentus* ou quiabo separadamente e associados. **Gaia Scientia**, v. 16, n. 3, p. 84-108, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22478/>

[ufpb.1981-1268.2022v16n3.63769](https://doi.org/10.7867/1983-1501.2023V25N1P22-32)

SOARES, E. J. S.; BARBOSA, M. G. N.; ANDRADE, T. C. S.; SANTOS, W. B.; SILVEIRA, T. N.; FERREIRA, W. Potencial de vegetais para produção de coagulantes visando aplicação no tratamento de água: revisão sistemática. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 292-302, 2021. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.002.0027>

SPINELLI, Viviane Aparecida. **Quitosana, polieletrólito natural para o tratamento de água potável**. 2001. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, SC, 2001.

VALVERDE, K. C.; COLDEBELLA, P. F.; NISHI, L.; MADRONA, G. S.; CAMACHO, F. P.; SANTOS, T. R. T.; SANTOS, O. A. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam em pó no tratamento de água superficial. **E-xacta**, v. 7, n. 1, p. 75-82, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v7i1.1203>

VALVERDE, K. C.; YAMAGUCHI, N. U.; POMINI, A. M.; PACCOLA, E. A. S.; BERGAMASCO, R. Combined water treatment with extract of natural *Moringa oleifera* Lam and synthetic coagulant. **Revista Ambiente e Água**, v. 13, n. 3, e2135, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2135>

VAZ, L. G. L.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A.; BARBIERO, T. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-46702010000400006>

VELASCO, M. F.; BRASIL, D. S. B. Obtenção de floculante vegetal catiônico a partir de taninos extraídos dos resíduos sólidos da produção de açaí no Estado do Pará. *In*: **6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente**, 2018, Bento Gonçalves, RS. Disponível em: [https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=384&ano=\\_sexto](https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=384&ano=_sexto) Acesso em 22 de setembro de 2022.

VIEIRA, José Manuel Pereira. **Água e saúde pública**. 1ª ed. Lisboa: Editora Edições Sílabo, 2018.

VISENTINI, F.; RHODEN, C. R. B.; FERNANDES, L. da S. Quitosana como coagulante no tratamento de água para abastecimento. **Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas**, v. 21, n. 2, p. 75-89, 2020. DOI: <https://doi.org/10.37779/nt.v21i2.3484>