



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

**DANILYSON MENDES FÉLIX**

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE COAGULANTE ORGÂNICO  
TANFLOC EM TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL**

CAMPINA GRANDE – PB

2019

**DANILYSON MENDES FÉLIX**

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE COAGULANTE ORGÂNICO  
TANFLOC EM TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado como exigência para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Química Industrial da Universidade  
Estadual da Paraíba - UEPB.

**ORIENTADORA: PROFA. DRA. MÁRCIA RAMOS LUIZ**

**COORIENTADOR: MSc. MATEUS CUNHA MAYER**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F627e Félix, Danilyson Mendes.

Estudo de caso [manuscrito] : avaliação de coagulante orgânico Tanfloc em tratamento de água convencional / Danilyson Mendes Felix. - 2019.

21 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.

"Orientação : Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz ,  
Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

1. Coagulantes orgânicos. 2. Tanfloc. 3. Tratamento de água. I. Título

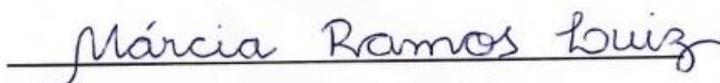
21. ed. CDD 660

DANILYSON MENDES FÉLIX

**ESTUDO DE CASO:  
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE COAGULANTE  
ORGÂNICO TANFLOC PARA TRATAMENTO DE ÁGUA  
CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado como exigência para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Química Industrial da Universidade  
Estadual da Paraíba - UEPB.

Aprovado em: 10/12/2019.



Dra. Márcia Ramos Luiz  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Orientadora  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental



Dr. Marcello Maia de Almeida  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Examinador  
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental



Msc. Rodrigo de Andrade Barbosa  
Instituto Nacional do Semiárido (INSA) Examinador  
Pesquisador da área de Recursos Hídricos

Campina Grande – PB

2019

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”

Friedrich Nietzsche

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida e por renovar a cada momento minhas forças dando disposição e discernimento concedido ao longo dessa jornada.

A minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos.

A Cássia Karolaine, por tanto amor, carinho, dedicação e incentivo. Por escolher ficar e ser sempre tão presente.

A minha orientadora, professora dr. Márcia Ramos Luiz, por me conduzir neste trabalho. Sou grato pelos ensinamentos, paciência e atenção, proporcionados tanto por ela quanto por meu coorientador, Matheus Cunha Mayer.

Aos componentes da banca examinadora por dividirem comigo esse momento tão especial, ajudando a enriquecer o presente trabalho.

A estação experimental de tratamento biológico de esgoto sanitário (Extrabes), por todo ensinamento acerca dos recursos hídricos, em especial a Rodrigo Barbosa de Andrade pela oportunidade dada.

A todos aqui citados e aos que não foram, mas que sabem que fizeram parte dessa caminhada o meu muito obrigado.

## RESUMO

O tratamento de água convencional compreende várias etapas, dentre elas a coagulação e a floculação. Por meio dessas duas etapas ocorrem a desestabilização de partículas coloidais suspensas, presentes na água e, em seguida, o agrupamento dessas partículas, formando os flocos. Para que isso ocorra, é necessária a adição de um coagulante ao sistema de tratamento. Coagulantes são produtos orgânicos ou inorgânicos utilizados para espessar líquidos, eventualmente separando a fase sólida. Este estudo teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico acerca do uso do coagulante orgânico Tanfloc no tratamento de água convencional. Diante do exposto, o presente trabalho faz uma análise exploratória a partir de uma revisão bibliográfica e um estudo de caso, com o objetivo de relatar experimentos realizados pelos autores onde foram explicados coagulantes inorgânicos e orgânicos na etapa de tratamento de água de abastecimento. Verificou-se que o desempenho do Tanfloc na remoção da turbidez da água se equiparou à obtida no uso de coagulantes à base de alumínio. Por meio deste estudo foi possível observar que o coagulante Tanfloc demonstrou desempenho tão eficiente quanto o dos coagulantes inorgânicos com a vantagem de ser um coagulante que gera resíduos biodegradáveis e possui matéria-prima renovável, apresentando-se, portanto, um potencial na substituição dos coagulantes inorgânicos.

**Palavras-chave:** coagulantes orgânicos; Tanfloc; tratamento de água.

## **ABSTRACT**

Conventional water treatment comprises several steps, including coagulation and flocculation. These two steps destabilize suspended colloidal particles present in water and then group these particles into flocs. For this to occur, the addition of a coagulant to the treatment system is required. Coagulants are organic or inorganic products used to thicken liquids, eventually separating the solid phase. This study aimed to conduct a bibliographic survey about the use of Tanfloc organic coagulant in conventional water treatment. Given the above, the present work makes an exploratory analysis from a literature review and a case study, with the objective of reporting experiments performed by the authors where inorganic and organic coagulants were explained in the water treatment stage. Tanfloc's performance in removing turbidity from water was found to be comparable to that obtained by using aluminum-based coagulants. Through this study it was possible to observe that Tanfloc coagulant demonstrated as efficient performance as inorganic coagulants with the advantage of being a coagulant that generates biodegradable residues and has renewable raw material, thus presenting a potential for coagulant replacement. inorganic.

**Keywords:** organic coagulants; Tanfloc; water treatment.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. OBJETIVOS	9
1.1.1. Objetivo Geral	9
1.1.2. Objetivos Específicos	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL	10
2.2. COAGULANTES	12
2.2.1. COAGULANTES ORGÂNICOS	12
2.2.1.1. <i>Tanino</i>	13
2.2.2. COAGULANTES INORGÂNICOS	14
3. METODOLOGIA	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

## 1. INTRODUÇÃO

Ainda que o planeta Terra seja considerado o Planeta Azul devido a sua composição, cerca de 70% de sua superfície é recoberta de água, a disponibilidade de água potável encontra-se longe de ser abundante, como apontaram (NASCIMENTO, 2018).

A água, substância vital para a sobrevivência, antes considerada como recurso inesgotável, até hoje é pauta de discussões acerca de seu uso desregrado e inconsciente, fato que gera dificuldades em dezenas de países pelo mundo (OLIVO; ISHIKI, 2014).

Segundo Trevisan (2014), a água utilizada para abastecimento e consumo humano, proveniente dos rios, deve ser incapaz de transmitir qualquer malefício para a população. Para ser considerada potável, a água deve atender às especificações da Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017, que dispõe sobre a qualidade da água para consumo humano. O processo de tratamento de água mais utilizado no Brasil é o sistema convencional, que combina as etapas de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção (MICHELAN et al., 2019).

Dentre as etapas citadas, a coagulação pode ser considerada como a etapa mais importante na produção de água (VAZ et al., 2010). Trata-se de um processo no qual ocorre desestabilização de partículas coloidais ou neutralização das moléculas de matéria orgânica dissolvida na água por meio de fenômenos físico-químicos (SANTOS, 2017). Para a realização desta etapa se faz necessária à adição de uma substância denominada coagulante que pode ser de origem orgânica ou inorgânica.

Os coagulantes inorgânicos mais utilizados são os sais de ferro e o sulfato de alumínio é o mais utilizado devido à sua eficiência comprovada e seu baixo custo (VAZ, 2009; TREVISAN, 2014).

Os lodos gerados disponibilizam íons solúveis que podem comprometer a saúde humana, que dependendo da dosagem utilizada, o sulfato de alumínio é tóxico e pode ocasionar doenças de origem nervosa (demências e afecções na coordenação motora) devido à incapacidade dos rins filtrarem os metais que são depositados no sangue e que, por sua vez, são levados ao cérebro

podendo ser causa de doenças como Alzheimer, mal de Parkinson e até mesmo síndrome de Down (TREVISAN, 2014).

Considerando os efeitos adversos provenientes do uso de coagulantes inorgânicos, os coagulantes naturais (orgânicos) vêm sendo estudados com a finalidade de proporcionar um menor impacto no meio ambiente e na saúde da população, problemas nas estações de tratamento de água convencional.

Existe uma ascensão de pesquisas que utilizam estes coagulantes orgânicos como alternativa para substituir coagulantes inorgânicos na etapa de coagulação-floculação, considerando que utilizam matéria-prima renovável, geram uma menor quantidade de massa de lodo, sendo esta orgânica, não perigosa e com maior facilidade de eliminação, de acordo com a NBR 10.004/2004 (MARTINS et al., 2014).

Considerando que a literatura acerca do Tanfloc, apesar de estar em crescente desenvolvimento, ainda não possui um acervo considerável sobre sua eficiência, o presente trabalho objetiva explicar os resultados mais recentes sobre sua eficiência no tratamento de água convencional.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo Geral

Realizar um levantamento da literatura no que diz respeito ao uso do Tanfloc como substituto de coagulantes inorgânicos no tratamento de água convencional.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre coagulantes orgânicos e inorgânicos.
- Apresentar estudo de caso comparando os resultados a fim de estabelecer concordância ou discordância entre os mesmos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL

A água utilizada para abastecimento e consumo humano, deve ser incapaz de transmitir qualquer malefício para a população. A água utilizada deve apresentar características de potabilidade que estejam em concordância com Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017. As águas provenientes das estações de tratamento devem possuir os parâmetros dentro dos limites estabelecidos pela Portaria. Estes parâmetros são físicos e químicos e podem influenciar tanto a parte estética (turbidez, odor, sabor e cor), quanto à biológica (retirada de bactérias, vírus, substâncias e microrganismos indesejáveis) (BRASIL, 2017).

Segundo Nepomuceno (2016), o processo convencional de tratamento de água utiliza a sedimentação com uso de coagulantes e é composto pelas seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação.

A princípio, coagulação acontece em poucos segundos e é definida pela desestabilização da carga das partículas coloidais suspensas por meio de reações físico-químicas, (TREVISAN, 2014). O fenômeno de natureza química se refere às reações do coagulante com a água, resultando na formação de espécie hidrolisadas com carga positiva, enquanto o fenômeno físico consiste no transporte das espécies hidrolisadas para que exista contato com as impurezas presentes no meio (SANTOS, 2017). Estas partículas possuem carga negativa que impedem sua junção e conseqüentemente a formação de elementos maiores (JACOB, 2018).

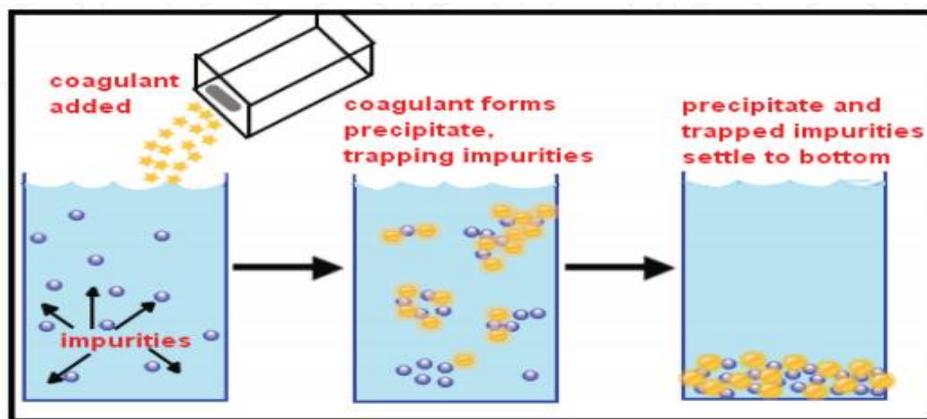
Janz (2018) afirma que devido às cargas elétricas apresentadas faz-se necessária a adição de coagulantes, orgânicos ou inorgânicos, para/ que ocorra a redução das forças de repulsão das partículas coloidais, possibilitando o fenômeno da coagulação.

O processo seguinte, sendo este a floculação, refere-se ao agrupamento das partículas desestabilizadas dispersas na água que, sob condições de agitação lenta, chocam-se uma as outras para formar partículas maiores e mais densas, os flocos (SANTOS, 2017).

Na floculação ocorrem várias etapas de mistura lenta com gradientes de velocidade diferentes para evitar a quebra dos coágulos formados, tornando as condições favoráveis para o contato e a aglomeração das partículas anteriormente coaguladas, tornando possível a formação de flocos com tamanho e massas específicas que possibilitem a remoção das impurezas por meio da sedimentação, flotação ou filtração (SILVA et al., 2019).

A etapa de sedimentação é caracterizada pela separação dos materiais em suspensão que, por serem mais densos que a água, sedimenta ao fundo dos tanques pela ação da gravidade, se separando da água, clarificando o meio líquido após a floculação. Nesta etapa, também é formado o lodo que é depositado juntamente com os flocos no fundo do sedimentador/decantador (JANZ, 2018). Este lodo concentra diversos componentes orgânicos e inorgânicos, configurando-se como uma fonte de poluição secundária (LIMA JÚNIOR; ABREU, 2018).

**Figura 1.** Etapas de coagulação, floculação e sedimentação (TETTEH; RATHILAL, 2019).



A água, livre dessas impurezas, é removida por vertedouros superficiais, o que constitui a decantação, caracterizando, então, duas operações simultâneas na mesma unidade (NEPOMUCENO, 2016). Nesse processo não são utilizados produtos químicos, como coagulantes, porém, caso exista algum resíduo do sedimento, esta será removida quando passar pelo filtro.

## 2.2. COAGULANTES

No processo de coagulação e floculação se faz necessária a adição de um coagulante. Coagulantes são definidos como produtos naturais ou químicos utilizados para espessar líquidos, eventualmente separando a fase sólida. Estes produtos possuem o objetivo de desestabilizar as partículas coloidais, que são negativamente carregadas devido à absorção de íons presentes no meio, a fim de que elas possam se encontrar, aglutinar e formar flocos que serão sedimentados e eliminados (RESENDE, 2018).

Para que o processo de coagulação seja eficiente, vários fatores devem ser considerados, tais como faixas de pH, concentração e dosagem do agente coagulante, temperatura, velocidade e tempo de mistura (MARTINS, 2015).

Estes coagulantes vão diferir de acordo com o tratamento, objetivo e custo operacional. Dentre estes, podem ser classificados os coagulantes orgânicos e inorgânicos.

### 2.2.1. COAGULANTES ORGÂNICOS

Os coagulantes à base de plantas, substâncias naturais, polímeros orgânicos de diversos pesos derivados de vários componentes da planta, são uma fonte renovável, inofensiva e biodegradável, que vem recebendo grande atenção no que se refere à substituição dos coagulantes inorgânicos.

Estes coagulantes auxiliam na desestabilização de coloides e na formação de micro e macroflocos por meio da neutralização de cargas. Os macroflocos são removidos por sedimentação com facilidade, já os microflocos podem passar pelo processo de filtração para serem removidos ou ainda podem ser submetidos ao auxílio de floculantes (SALEEN; BACHMANN, 2019).

Dentre os coagulantes orgânicos já identificados, os que vêm demonstrando melhor desempenho são os coagulantes a base de tanino.

### 2.2.1.1. Tanino

Taninos são polímeros naturais que podem ser extraídos de diversos materiais naturais (folhas, raízes, cascas, sementes madeiras e frutas) (LOPES et al., 2019).

As principais plantas taníferas encontradas no Brasil são: acácia-negra ou mimosa (*Acacia mearnsii*); barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*); aroeira (*Lithraea molleoides*); mangue vermelho (*Rhizophora mangle*); quebracho (*Schinopsis lorentzii*); goiabeira (*Psidium guayava Raddi*); murici (*Byrsonima verbascifolia Rich*); pinheiro (*Araucaria angustifolia*); eucalipto (*Eucalyptus* sp.); angico vermelho (*Anadenanthera peregrina*) e outras (CARNEIRO, et al., 2009).

Estes polímeros possuem características aniônicas e para que possam ser utilizados como coagulantes é necessário que passem por uma reação, a fim de que possam interagir com as partículas coloidais da água que são, em sua maioria, negativas (HAMEED et al., 2018).

Esta reação é denominada reação de Mannich, que consiste na adição de compostos de nitrogênio com formaldeído, resultando em um polímero de caráter catiônico (HAMEED et al., 2016).

Os taninos são categorizados em hidrolisáveis e condensados. Taninos hidrolisáveis são assim denominados por terem características de fácil hidrólise devido suas estruturas de poliéster, enquanto os condensados são grupo de constituição flavonoica, diferindo em vários graus de condensação (SOUSA, 2017; NEPOMUCENO, 2016). Dentre seus derivados, o que vem sendo amplamente utilizado em pesquisas científicas é o Tanfloc.

O Tanfloc é um polímero natural com característica catiônica e de baixo peso molecular, obtido a partir do tanino vegetal da *Acacia Mearnsi* de Willd (Acácia-negra) e se comporta como coagulante (HAMEED et al., 2018). A árvore é muito comum no Brasil e contém alta concentração de taninos (BONFIM, 2015).

O coagulante natural Tanfloc possui alta taxa de remoção de turbidez, maior que 87,9%, enquanto a utilização de sulfato de alumínio nos estudos de Siqueira et al. (2018) e Eguchi e Arantes (2019), por exemplo, resulta em remoção superior a 85%. Outra vantagem deste tipo de coagulante, é que ele é

proveniente de matéria-prima renovável e a massa de lodo resultante da sua utilização é biodegradável, além de ser gerada em menor quantidade, o que o faz um forte candidato para a substituição de coagulantes inorgânicos.

São utilizados na etapa de coagulação/floculação no tratamento de água, neutralizando cargas e formando pontes entre as partículas coloidais, processo que resulta na formação de flocos.

### 2.2.2. COAGULANTES INORGÂNICOS

Sais inorgânicos, como sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) e policloreto de alumínio ( $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$ ), na qual a relação  $m/3n$  representa a basicidade do composto, são utilizados rotineiramente como coagulantes para tratamento de águas (LIMA JÚNIOR; ABREU, 2018).

Santos et al. (2018), justificam que esse tipo de coagulante é comumente utilizado devido ao seu baixo custo e por apresentar capacidade de coagulação comprovada no tratamento de água e efluentes.

Todavia, os coagulantes inorgânicos podem ser danosos ao meio ambiente, devido à produção de lodo não biodegradável, além de afetar a saúde humana – a alta concentração de alumínio, por exemplo, pode estar associada ao desenvolvimento da doença de Alzheimer (HUANG et al., 2019).

O policloreto de alumínio (PAC), é um coagulante inorgânico catiônico encontrado na forma líquida. Trata-se de um coagulante muito eficiente na floculação em uma ampla faixa de pH e temperatura por possuir cadeias poliméricas hidroxiladas. Durante o processo de hidrólise, o PAC libera uma quantidade menor de  $\text{H}^+$  do que a liberada pelos coagulantes tradicionais, como o sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3$ ) e sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) por exemplo, o que colabora para uma menor variação do pH do efluente tratado e conseqüentemente menor consumo de um ajustador de pH (ASSUNÇÃO, 2018; RIBEIRO, 2019).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho foi a pesquisa quantitativa visto que consubstanciado na relação dinâmica entre o objeto e a subjetividade.

O objetivo foi realizar uma pesquisa exploratória, considerando que a compreensão do tema proposto será realizada por levantamento bibliográfico enfatizando (3 estudos): Avaliação da eficiência de coagulantes comerciais para aplicação em sistemas de tratamento de água (RÔLA et al., 2016); Tratabilidade de água superficial utilizando coagulantes naturais à base de tanino e extratos de sementes de Moringa Oleífera (GOMES et al., 2017); Performance de coagulantes orgânicos e inorgânicos por meio de diagrama de coagulação em águas naturais (SILVEIRA et al., 2019).

As buscas ocorreram no período de setembro a novembro de 2019. As bases de dados utilizadas foram ACS, Science Direct, SciELO, Periódicos CAPES e Redalyc. Para a filtragem de resultados, foram selecionados artigos publicados nos últimos 3 anos (2016 a 2019), sem restrição linguística. Foram utilizados os descritores “*Water Treatment*” (tratamento de água), coagulantes orgânicos e “Tanfloc”, juntamente com o conectivo “AND” como estratégia de busca.

De acordo com os critérios de inclusão foram selecionados estudos que utilizaram o método de tratamento convencional, utilizaram coagulantes orgânicos e/ou realizaram uma comparação entre coagulantes orgânicos e inorgânicos. Foram excluídos os artigos de revisão literária, estudos que não utilizaram águas brutas e estudos que avaliaram o desempenho de outros tipos de coagulantes orgânicos que não o Tanfloc.

Após a realização das buscas, foram encontrados 67 resultados, dos quais 61 foram excluídos após a leitura do título e 3 foram excluídos após a leitura do resumo por não se enquadrarem na proposta. Restaram, então, 3 artigos que foram lidos e criticados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados estudos de caráter experimental para a realização do presente trabalho. Ambos os estudos foram realizados utilizando o equipamento *Jar Test* (teste de jarros), no qual é possível simular o processo de coagulação e floculação. Também foram utilizadas soluções de hidróxido de sódio (para alcalinizar o meio) e o ácido sulfúrico (para acidificar o meio, quando necessário), para analisar qual a melhor faixa de pH para a coagulação.

**Estudo de caso 1:** Avaliação da eficiência de coagulantes comerciais para aplicação em sistemas de tratamento de água (RÔLA et al., 2016).

O estudo consistiu em uma comparação do desempenho do PAC e do Tanfloc.

**Tabela 1** – Remoção de turbidez em diferentes faixas de pH utilizando coagulante PAC e Tanfloc (RÔLA et al., 2016).

COAGULANTE	pH	REMOÇÃO DE TURBIDEZ
PAC	6,90 a 7,30	Superior a 85%
PAC	7,00	94%
Tanfloc	6,60 a 7,00	Superior a 90% e inferior a 92%
Tanfloc	7,10 a 7,80	Superior a 80%

Foi verificado que a eficiência do PAC foi de 94%, em pH 7 e dosagem de 28 ppm (mg/L). Já para o Tanfloc, a eficiência foi de 92%, em pH 6,95 e dosagem de 17 ppm (mg/L). Indo mais além, o estudo realizou um comparativo das dosagens de coagulantes utilizadas para remoção de 90% da turbidez inicial da água bruta, obtendo como resultado um consumo 54% menor do Tanfloc em relação ao PAC.

Outro ponto a se destacar é que apesar de possuir um custo mais elevado, para o alcance de resultados necessita-se de concentrações mais baixas de Tanfloc (RÔLA et al., 2016), inferindo-se que a substituição de coagulantes convencionais pelo Tanfloc acarretaria em economia no que se refere ao seu custo-benefício.

Observa-se, portanto, que o uso do Tanfloc atingiu valores muito próximos dos obtidos com o PAC, com a vantagem da redução na quantidade

de coagulante utilizada. Esse estudo proporcionou que a preocupação com a diminuição da concentração de coagulantes utilizadas para a remoção de turbidez se estendeu após esse estudo.

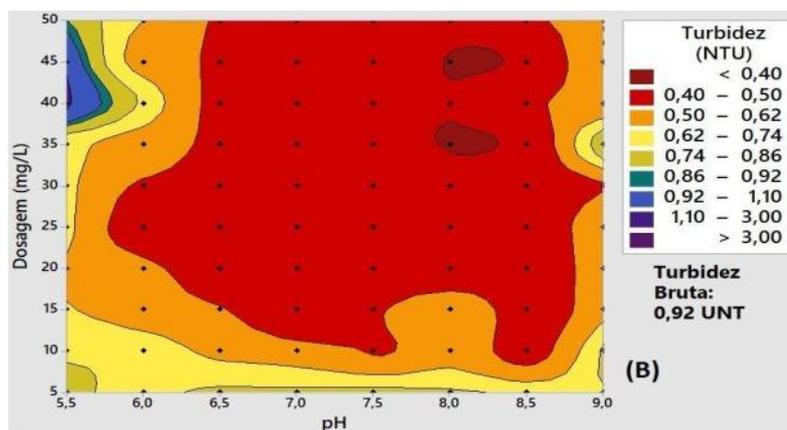
**Estudo de caso 2:** Tratabilidade de água superficial utilizando coagulantes naturais à base de tanino e extratos de sementes de Moringa Oleífera (GOMES et al., 2017).

Foi realizada uma avaliação acerca da eficiência do Tanfloc por meio da aplicação de diferentes concentrações do coagulante a fim de identificar a concentração que resultasse em melhor desempenho. O resultado foi uma remoção de turbidez superior a 87%, em faixas de pH de 5 e 9, com uma concentração de 4mg/L.

**Estudo de caso 3:** Performance de coagulantes orgânicos e inorgânicos por meio de diagrama de coagulação em águas naturais (SILVEIRA et al., 2019).

Foram avaliadas águas de baixa turbidez submetidas à ação do Tanfloc e obteve em todas as amostras estudadas, em faixa de pH neutro e alcalino, valores de turbidez inferiores a 0,4 UT.

**Diagrama 1.** Relação de concentração de Tanfloc em faixas de pH para a remoção de turbidez.



Fonte: Silveira et al. (2019).

Também foram realizadas análises da cor aparente da água bruta, sendo alcançada uma boa remoção na faixa de pH entre 8 e 8,5 com dosagem baixa de coagulante.

Com base nos dados discutidos, pode-se observar que o Tanfloc apresenta resultados tão satisfatórios quanto os coagulantes inorgânicos em águas de alta turbidez. Porém, em águas de baixa turbidez ele apresenta um desempenho melhor uma vez que o contato de coagulantes convencionais com águas de baixa turbidez, pode resultar no aumento de sua turbidez.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Um dos grandes desafios no tratamento de água para abastecimento é evitar e minimizar os efeitos causados pela adição de substâncias na etapa de beneficiamento e encontrar o equilíbrio entre o desenvolvimento da sociedade de modo a trazer menor impacto.

A partir desse estudo verificou-se que os coagulantes inorgânicos são os mais usados nas estações de tratamento devido ao seu baixo custo. Entretanto, os mesmos estão associados a diversas doenças degenerativas além da poluição ambiental, considerando que o lodo resultante da etapa de coagulação não é biodegradável. Os coagulantes orgânicos vêm ganhando destaque pela eficiência e por seus benefícios que incluem matéria-prima renovável, lodo gerado biodegradável e, quando utilizados, não há alteração de pH no meio.

Os resultados encontrados foram bastante eficazes na remoção de turbidez alcançando o parâmetro de turbidez estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017, com valores de remoção superiores a até 90%, demonstrando que o Tanfloc possui potencial para substituir os coagulantes inorgânicos nas estações de tratamento.

Atualmente, existem inúmeros estudos no que se refere ao uso de coagulantes orgânicos, mas ainda existe uma carência no que se refere ao estudo de novos produtos.

Conclui-se, portanto, que além da eficiência demonstrada pelo coagulante Tanfloc, seu uso acarreta diversos benefícios tais como a utilização, após o tratamento, do lodo gerado como adubo agrícola, e também o fato de que em sua utilização não ocorre variação de pH evitando, assim, o uso de novas substâncias para ajuste deste parâmetro, diminuindo custo operacional.

Sugere-se que novos estudos sejam realizados a fim de verificar os resultados já encontrados na literatura e avaliar se sua substituição aos coagulantes inorgânicos é economicamente viável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUNÇÃO, T. M. **Comparação entre o método físico-químico de coagulação e floculação utilizando o coagulante de policloreto de alumínio (PAC) com o processo de eletrocoagulação de aço inox em efluente têxtil.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.
- BONFIM, A. P. S. **Avaliação dos coagulantes Tanfloc em comparação aos coagulantes inorgânicos a base de alumínio no tratamento de água.** Universidade de Ribeirão Preto, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017.** Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, 2017.
- CARNEIRO, A. C. O., VITAL, B. R., FREDERICO, P. G. U., CARVALHO, A. M. M. L. e VIDAURRE, G. B. **PROPRIEDADES DE CHAPAS DE AGLOMERADO FABRICADAS COM ADESIVO TÂNICO DE ANGI-CO-VERMELHO (Anadenanthera Peregrina) E URÉIA-FORMALDEÍDO.** Rev. Árvore, Viçosa MG, v.33, n.3, p.521-531. 2009.
- EGUCHI, C. S. Y; ARANTES, C. C. **Clarificação de água superficial com baixos valores de turbidez e cor aparente utilizando extrato de sementes de *Moringa Oleifera* e sulfato de alumínio.** Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação, v. 4, n. 2, 2019.
- GOMES, T. V. B; SOUZA, T. D; BRUZZE, P. F. B. **Tratabilidade de água superficial utilizando coagulantes naturais à base de tanino e extratos de sementes de *Moringa Oleifera*.** Ensaios e Ciências: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, v. 21, n. 3, 2017.
- HAMEED, Y. T; IDRIS, A; HUSSAIN, S. A; ABDULLAH, N. **A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater: Chemical composition, performance assessment compared to Polyaluminum chloride, and application in a pilot plant.** Journal of Environmental Management, 2016.
- HAMEED, Y. T; IDRIS, A; HUSSAIN, S. A; ABDULLAH, N; MAN, H. C; SUJA, F. **A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater as a pretreatment for biofilm process.** Journal of Cleaner Production, 2018.
- HUANG, A. K; VEIT, M. T; JUCHEN, P. T; GONÇALVES, G. C; PALÁCIO, S. M; CARDOSO, C. O. **Sequential proces of coagulation/flocculation/sedimentation – adsorption – microfiltration for**

**laundry effluente treatment.** Journal os Envirinmental Chemical Engineering. Toledo, 2019.

JACOB, A. C. **Aplicação de coagulantes orgânicos extraídos do cacto (*Opuntia cochenillifera*) e da moringa oleífera no tratamento de água.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.

JANZ, F. J. L. **Coagulantes orgânicos e sulfato de alumínio aplicados no tratamento de efluente de indústria cervejeira.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.

LIMA JÚNIOR, R. N; ABREU, F. O. M. S. **Produtos naturais utilizados como coagulantes e floculantes para tratamento de águas: Uma revisão sobre benefícios e potencialidades.** Revista Virtual de Química, v. 10, n.3. Itaperi, 2018.

LOPES, E. C; SANTOS, S. C. R; PINTOR, A. M. A; BOAVENTURA, R. A. R. **Evaluation of a tannin-based coagulant on the decolorization of synthetic effluents.** Journal of Environmental Chemical Engineering, 2019.

MARTINS, A. A; OLIVEIRA, R. M. S; GUARDA, E. A. **Potencial de uso de compostos orgânicos como coagulantes, floculantes e adsorventes no tratamento de água e efluentes.** X Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 12, 2014.

MARTINS, P. L. **Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes no tratamento de efluentes industriais.** Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis, 2015.

MICHELAN, D. C. G. S; BATISTA, I. F; BATISTA, D. F; SANTOS, D. G; MENDONÇA, L. C; LIMA, D. M. F. **Desempenho das etapas de tratamento de água da estação de tratamento de água Poxim.** *Scientia Cum Industria*, v.7, n. 3, 2019.

NASCIMENTO, D. S. **Oferta e demanda de água potável em bairros do município de Jequié-BA.** Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. São Francisco do Conde, 2018.

NEPOMUCENO, T. C. **Estudo da aplicabilidade de coagulantes orgânicos e inorgânicos no tratamento de água para abastecimento público.** Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2016.

OLIVO, A. M; ISHIKI, H. M. **Brasil frente à escassez de água.** Colloquium Humanarum, Presidente Prudente, v. 11, n. 3, p.41-48, 2014.

RESENDE, M. A. **Uso do tanino associado ao uso de sulfato de alumínio como coagulantes para o tratamento de efluente de lavanderia industrial.** Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018.

RIBEIRO, P. A. P. **Utilização da quitosana como auxiliar de coagulação na ETA Extremoz.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

RÔLA, A. K. K; CASTRO, G. M; SANTANA, H. F; SOUZA, J. J. L. L; SILVA, D. J. **Avaliação da eficiência de coagulantes para aplicação em sistemas de tratamento de água.** Journal of Chemical Engeneering and Chemistry, v. 2, n. 3, 2016.

- SALEEN, M; BACHMANN, R. T. **A Contemporary Review on Plant-Based Coagulants for Applications in Water Treatment.** Journal of Industrial and Engineering Chemistry, v. 72, 2019.
- SANTOS, A. N. **Desenvolvimento de um coagulante orgânico catiônico preparado com extrato de *Mimosa tenuiflora* para tratamento de água.** Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2017.
- SANTOS, W. N. A; BATISTA, I. F; MICHELAN, D. C. G; SANTOS, D. G; MENDONÇA, L. C. **Uso do sulfato de alumínio e do tanino vegetal no tratamento de água.** X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, 2018.
- SILVA, L. D; DANTAS, P. R; PEREIRA NETO, L. M; ARRUDA, V. C. M; TAVARES, R. G; SILVA, V. P. **Eficiência da coagulação, floculação e decantação como tratamento primário de efluente têxtil.** Revista GEAMA-Ciências Ambientais e Biotecnologia, 2019.
- SILVEIRA, T. N; BARBOSA, M. G. N; PEQUENO, L. A. B; SANTOS, W. B; FERREIRA, W. B. **Performance de coagulantes orgânicos e inorgânicos por meio de diagrama de coagulação em águas naturais.** Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, v. 7, n. 1, 2019.
- SIQUEIRA, A. P. S; SILVA, C. N; REZENDE, L.C. S. H; 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, v. 15, n. 27, 2018.
- SOUSA, C. O. **Identificação de taninos em plantas da biodiversidade amazônica visando a obtenção de coagulantes naturais.** Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes - RO, 2017.
- TETTEH, E. K; RATHILAL, S. **Application of Organic Coagulants in Water and Wastewater Treatment.** IntechOpen, 2019.
- TREVISAN, T. S. **Coagulante Tanfloc SG como alternativa ao uso de coagulantes químicos no tratamento de água na ETA Cafetal.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Londrina, 2014.
- 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. São Paulo, 2010.
- VAZ, L. G. L. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento de efluente líquido gerado na galvanoplastia.** Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo, 2009.