



AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA GOMA DO CAJUEIRO (*Anacardium occidentale*) PARA APLICAÇÃO COMO BIOCOAGULANTE E FLOCULANTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Almeida, J. L. I. O¹; Pinheiro, H. N^{2*}.; Abreu, F. O. M. S³

¹ – Laboratório de Química, Instituto Federal do Piauí – Campus Corrente Email: joao.isidio@ifpi.edu.br

^{2*} – Laboratório de Polímeros Naturais, Universidade Estadual do Ceará - Campus Itaperi. Email: henety.pinheiro@aluno.uece.br

² – Laboratório de Polímeros Naturais, Universidade Estadual do Ceará - Campus Itaperi. Email: flávia.monteiro@uece.br

RESUMO

Neste trabalho foi avaliada a eficiência da goma do cajueiro (GC) como biocoagulante e floculante no tratamento de água turva com caulim em comparação com o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Os resultados demonstraram que para o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ o pH ideal foi 9 e a dosagem foi 25 mg/L, com eficiência de 97,4% na remoção de turbidez. Para a GC os resultados demonstraram que é possível sua aplicação em ampla faixa de pH, variando 4 a 9, com eficiência máxima de 91,7% com uma dosagem de 60 mg/L. Os testes para os materiais aplicados em conjunto demonstraram que com uma dosagem de 2 mg/L de GC é possível reduzir a quantidade de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ em 52% para uma maior remoção de turbidez. Além disso, o tempo de sedimentação foi reduzido pela metade quando a GC foi aplicada em conjunto com o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, sendo necessários 10 minutos para redução máxima de turbidez.

Palavras-Chave: Biocoagulantes. Química Verde. Tratamento de água.

ABSTRACT

In this work, the efficiency of cashew tree gum (GC) as a biocoagulant and flocculant in the treatment of synthetic turbid water with kaolin was evaluated in comparison with $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. The results showed that for $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ the ideal pH was 9 and the dosage was 25 mg/L, reaching a maximum efficiency of 97.4% in removing turbidity. For GC, the results demonstrated that it is possible to apply it in a wide pH range, ranging from 4 to 9, with efficiency between 91.7% and 89.8% and a dosage of 60 mg/L. Tests for the materials applied together demonstrated that with a dosage of 2 mg/L of GC it is possible to reduce the amount of $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ by 52%, requiring 12 mg/L for greater

turbidity removal. In addition, the sedimentation time was reduced by half when the GC was applied together with $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, requiring 10 minutes for the maximum turbidity removal.

Keywords: Biocoagulants. Green Chemistry. Water Treatment.

INTRODUÇÃO

A poluição dos recursos hídricos é uma questão perene no debate da qualidade de vida da sociedade, pois a elevação da concentração de contaminantes no ambiente aquático dificulta o acesso à água potável em diversas regiões do planeta, muito em função da atividade antrópica (LYU *et al.*, 2019). O descarte inadequado de materiais pela população, efluentes pela indústria são fatores que contribuem para o aumento dos diferentes tipos de poluentes nos recursos hídricos utilizados para o abastecimento de água potável (THOMPSON *et al.*, 2020).

Dentre as operações unitárias que compõem o processo realizado nas estações de tratamento de água (ETA) e de efluentes (ETE) a etapa que remove a maior carga de poluentes tanto dissolvidos, quanto em suspensão, é a de coagulação/floculação (JIANG, 2015). Nesta etapa são utilizados sais inorgânicos a base de Alumínio ou Ferro como coagulantes, além de polímeros sintéticos orgânicos a base de acrilamida como floculantes, com o intuito de remover as partículas em suspensão, gerando assim a clarificação da água tratada (COUTO JUNIOR; BARROS; PEREIRA, 2013).

Com o intuito de reduzir a carga de poluentes ao fim do processo, além de tornar o tratamento mais sustentável e com menor custo, vem se buscando a implantação de materiais obtidos da biomassa para a aplicação como biocoagulantes, que já demonstram excelentes resultados em ensaios de laboratório quando comparados aos coagulantes e floculantes mais utilizados (LIMA JÚNIOR; ABREU, 2018). Por serem abundantes na natureza apresentam um baixo custo para a produção e podem ser obtidos de diferentes fontes, como sementes, cascas e exsudatos de árvores, fungos, metabólitos secundários e carapaças de crustáceos descartadas (OLADOJA, 2016).

Um material pouco estudado no tratamento de água e efluentes é a goma do cajueiro (GC), que possui propriedades atraentes para aplicação como biocoagulante, como biodegradabilidade e abundância (KLEIN *et al.*, 2018). Diante do exposto, é

notória a necessidade de buscar materiais alternativos aos comumente utilizados no tratamento de água e efluentes, visando uma redução de gastos na sua produção, uma maior eficiência na remoção de poluentes e menor geração de poluição secundária durante e após o processo. Sendo assim, o presente trabalho busca avaliar a eficiência da GC como biocoagulante floculante no tratamento água para distribuição utilizando água turva sintética com caulim.

MATERIAIS E MÉTODOS

Reagentes utilizados

Goma do cajueiro (EMBRAPA), Etanol 96° GL (Santa Cruz), Etanol P.A (Neon), Acetona P.A (Dinâmica), Cloreto de Sódio P.A (Neon), Hidróxido de Sódio P.A (Neon), Ácido Clorídrico P.A (Dinâmica), Sulfato de Alumínio (Dinâmica), Caulim (Neon).

Isolamento da Goma do Cajueiro

Para o isolamento do polissacarídeo, foi utilizada a metodologia descrita por Paiva Júnior (2020). Inicialmente o exsudato obtido do campus experimental da EMBRAPA situado no município de Pacajus-CE, foi triturado e separado dos pedaços de casca restantes. Em seguida foi preparado 100 mL de uma solução de concentração 10% (m/v) do exsudado em água destilada, que foi colocada sob agitação durante três horas. Após esse período a solução foi filtrada em funil de placa sinterizada número três, para a remoção de materiais suspensos. Após a filtração foi adicionado hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L até pH igual a sete, e em seguida cinco gramas de cloreto de sódio (NaCl), mantendo o sistema sob agitação durante trinta minutos. Após esse período o polissacarídeo foi precipitado com 400 mL de etanol 96° GL e filtrado em funil de placa sinterizada de número um. Após a precipitação o polissacarídeo foi lavado duas vezes com Etanol P.A e uma vez com Acetona P.A, para posterior secagem a 50 °C.

Preparo da água turva

Para a realização dos testes de coagulação/floculação foi preparada uma água turva utilizando Caulim para aumentar a turbidez. Inicialmente foram pesados 3g de Caulim para posteriormente serem adicionados em 1L de água. O sistema ficou

sob agitação durante 3h para a dispersão do material particulado e após isso foi mantido em repouso por 2h. Após esse período a água turva foi sifonada para uma bombona onde ficou armazenada para a realização dos testes.

Testes de Coagulação/Floculação

Para a realização dos testes foi utilizado um aparelho jar test da marca Milan modelo JTC analógico com três cubas graduadas em acrílico com capacidade de 1L e palhetas de aço inox. Para a realização dos testes foram utilizados 200 mL da água turva preparada diluídas em 300 mL de água para se obter um volume de 500 mL em cada cuba. Os coagulantes foram adicionados ao sistema que em seguida foi submetido a mistura rápida a 200 rpm por dois minutos e a mistura lenta a 40 rpm por dois minutos. Após esse período o sistema foi mantido em repouso durante certo tempo e o sobrenadante foi retirado com o auxílio de pipetas volumétricas de 50 mL para determinar os parâmetros físico-químicos. Para otimizar as condições foram determinados o pH ideal dos coagulantes, bem como a concentração ideal e o tempo de sedimentação. Para os testes da GC em conjunto com o $Al_2(SO_4)_3$ também foram determinados os parâmetros ideais semelhantes a os materiais em separado.

Para a avaliar a eficiência de remoção de turbidez, foi utilizado um turbidímetro da marca Del Lab modelo DLI 2500. E eficiência de remoção foi calculada com base na equação 1.

$$\%Remoção_{Turbidez} = \frac{(Turbidez_{Final} - Turbidez_{Inicial})}{(Turbidez_{Inicial})} \quad (1)$$

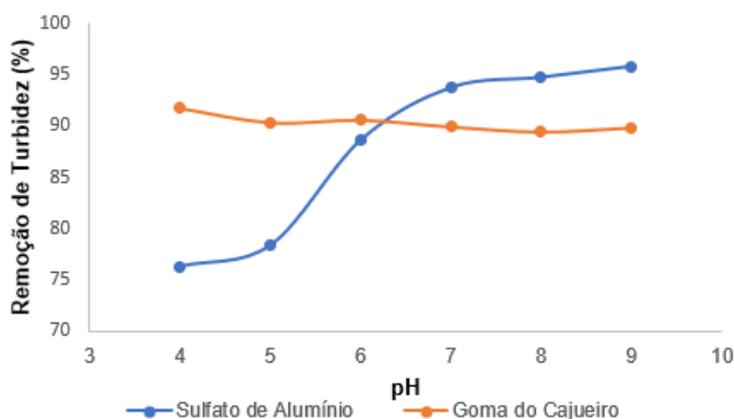
Após a realização dos testes, também foi avaliada a variação que ambos os materiais causam no pH e na alcalinidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação do pH ideal

Após a realização dos testes os resultados foram determinados e a eficiência de cada coagulante na faixa de pH variando de 4 a 9 foi analisada com base no gráfico representado na Figura 1

Figura 1. Eficiência da remoção de turbidez em função do pH.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ observa-se uma baixa eficiência, em torno de 75% na remoção de turbidez, em meio ácido, porém um aumento à medida que o pH é elevado atingindo um máximo de 95,8% em pH igual a 9. Esse comportamento se deve ao mecanismo que rege a atividade coagulante do $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Para que ocorra a reação de hidrólise que formará os aquacomplexos catiônicos que desestabilizarão a carga negativa do caulim suspenso é necessária a reação do $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ com os íons hidróxido para formar as espécies catiônicas e o hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) que se constitui de um precipitado gelatinoso capaz de agregar as partículas de caulim suspensas formando os flocos (BRATBY, 2016). Em pH ácido a quantidade de íons hidróxido não é suficiente para produzir as espécies efetivas do coagulante, por isso a eficiência é baixa, porém com a elevação do pH ocorre um aumento da quantidade de íons hidróxido que favorecem a formação do $\text{Al}(\text{OH})_3$ quantidade suficiente para desestabilizar o material suspenso e elevar a eficiência de remoção de turbidez (DAVIS; EDWARDS, 2014).

Para a GC é possível observar um comportamento diferente do observado para o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, pois sua eficiência sofre pouca variação com a alteração do pH. Isso se deve ao mecanismo de formação dos flocos, pois a GC não atua consumindo a alcalinidade já que atua pelo mecanismo de formação de pontes poliméricas ou varredura (YANG *et al.*, 2016). Esses mecanismos sugerem que as partículas suspensas de Caulim são agregadas ao longo da cadeia da GC através do aprisionamento em uma estrutura polimérica que captura os flocos devido a extensa cadeia do polissacarídeo. (LAPOINTE; BARBEAU, 2020).

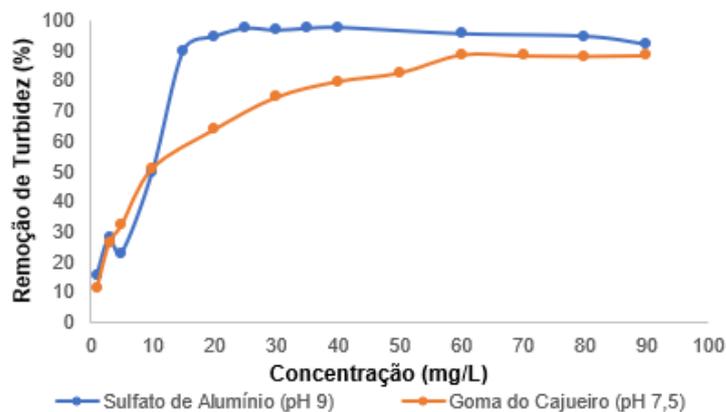
É possível observar uma pequena queda na eficiência, não significativa, de 91,7% em pH igual a 4 para 89,8% em pH igual a 9. Isso pode ser atribuído a desprotonação dos grupos carboxílicos nas unidades de ácido glucurônico da cadeia

polimérica, que acabam adquirindo uma carga negativa e gerando uma pequena repulsão com as partículas de Caulim negativamente carregadas que pode reduzir a agregação das partículas e causar uma pequena queda na eficiência (KLEIN *et al.*, 2018).

Determinação da dosagem ideal

Após a determinação da condição ideal de pH a ser utilizada para cada coagulante, foi determinada a dosagem ideal de cada coagulante a ser utilizada para uma máxima eficiência. A Figura 2 demonstra o gráfico obtido após a realização dos testes com diferentes dosagens. Observa-se para o $Al_2(SO_4)_3$ uma faixa de concentrações onde há maior eficiência na remoção de turbidez, chegando a 97,4% com 25 mg/L e mantendo a eficiência até 40 mg/L. Após essa dosagem é possível observar uma queda na eficiência, que chega a 92% em 90 mg/L.

Figura 2: Remoção da turbidez em função da concentração dos coagulantes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa queda pode ser explicada pela re-estabilização das partículas de caulim suspensas devido ao excesso de coagulante adicionado, que gera várias espécies catiônicas que causam uma inversão na carga superficial das partículas, que adquirem carga positiva e acabam sofrendo repulsão dificultando a formação dos flocos e mantendo-as suspensas causando turbidez. Já para dosagens baixas a quantidade de espécies geradas não é suficiente para causar uma redução da carga superficial no material suspenso e remover efetivamente a turbidez (DAVIS; EDWARDS, 2014).

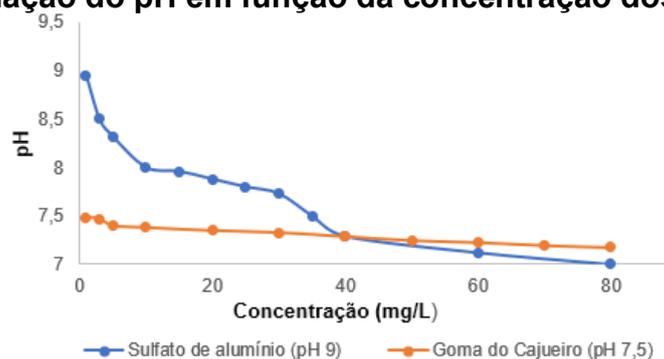
Para a GC observa-se uma faixa ideal que vai de 60 mg/L a 90 mg/L com remoção de cerca de 90% de turbidez. A necessidade de uma maior dosagem para a

GC se deve ao fato de o polissacarídeo não ter cargas positivas em sua estrutura, e atuar na agregação de flocos por outros mecanismos, utilizando a extensão de sua cadeia polimérica para “capturá-los” ao invés de causar redução da carga superficial (LAPOINTE; BARBEAU, 2020). Essa “captura” do material particulado para agregação em flocos maiores pode ocorrer através de interações do tipo ligação de hidrogênio ou interações de Van der Waals (FREITAS *et al.*, 2015). Apesar de necessitar de uma dosagem cerca de 2,4 vezes menor que a GC, o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ deixa íons alumínio residuais na água que podem estar associados ao desenvolvimento de algumas doenças como Alzheimer além de gerar um lodo rico em espécies metálicas que necessita de disposição ambiental correta, gerando um certo custo a mais no tratamento (HU *et al.*, 2013).

Variação no pH

Na Figura 3 é possível observar o perfil da variação do pH após a adição das diferentes dosagens dos coagulantes no pH ideal de estudo para cada. É possível perceber que o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ provoca uma queda mais acentuada no pH do meio, causando uma redução de 13,3% no pH utilizando a dosagem ideal de 25 mg/L. Essa variação ocorre devido ao mecanismo de formação dos aquocomplexos catiônicos, que acabam liberando íons H^+ devido às reações de hidrólise para formar novas espécies e consequentemente causam a redução no pH (BRATBY, 2016).

Figura 3. Variação do pH em função da concentração dos coagulantes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a GC observa-se que o pH se mantém praticamente constante ao longo da faixa de concentrações analisadas, pois diferentemente do $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ a GC não atua por mecanismos que produzam íons H^+ devido a reações de hidrólise; com isso não forma espécies consideravelmente ácidas no meio (OLADOJA, 2016). Na dosagem ideal de 60 mg/L para a GC observa-se uma pequena redução de 3,50% no

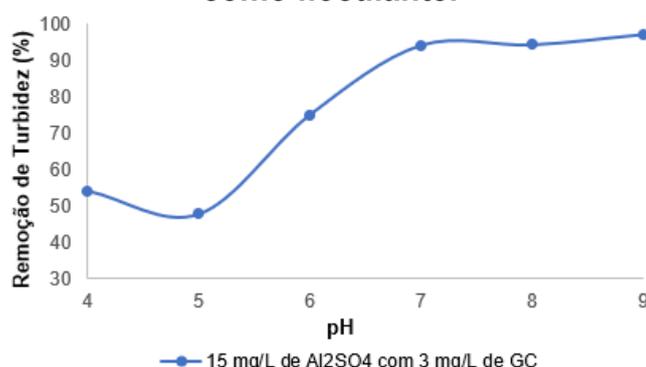
pH. Isso se deve a ionização de grupos ácidos devido a presença de ácido glucurônico na cadeia do polissacarídeo, mas que não causa uma variação significativa no pH (KIM *et al.*, 2018).

Essa baixa variação é outra vantagem da GC frente ao $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, pois o pH é um parâmetro essencial para a distribuição da água, se for muito ácido ou alcalino pode causar deterioração das tubulações, além do fato de que não seria necessário à sua correção quando a GC fosse utilizada como coagulante devido à baixa variação, algo que não ocorre com o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ que causa uma maior queda no pH necessitando de correção e aumentando os gastos do tratamento. Também foi observada uma menor variação da alcalinidade quando se utiliza a GC, cuja dosagem ideal causou uma redução de 4,8%, enquanto o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ causou uma redução de 21,3%.

Eficiência da GC como floculante

Para avaliar a eficiência da GC como um floculante em potencial para a substituição dos floculantes comumente utilizados, foram realizados teste em conjunto com o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ para verificar a influência da GC no processo e analisar uma possível redução na dosagem ideal de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ a ser empregada no processo. A Figura 4 mostra a eficiência da remoção de em função do pH utilizando uma dosagem de 15 mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ como coagulante e 3 mg/L de GC como floculante.

Figura 4. Eficiência da remoção de turbidez em função do pH utilizando GC como floculante.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como é possível observar na Figura 4 a tendência de um aumento da eficiência é a mesma observada quando se aplica o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sem auxílio da GC. Isso se deve ao fato de o mecanismo dominante ser a redução/neutralização de cargas por parte das espécies catiônicas do $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e a varredura por parte do $\text{Al}(\text{OH})_3$

formado em pH mais elevado devido a necessidade do consumo da alcalinidade para produzir as espécies responsáveis pela agregação das partículas (LIMA JÚNIOR; ABREU, 2018). Após a determinação do pH ideal a concentração de GC foi mantida constante (3 mg/L) e a do $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ foi variada para a determinação da dosagem ideal com o auxílio da GC como floculante.

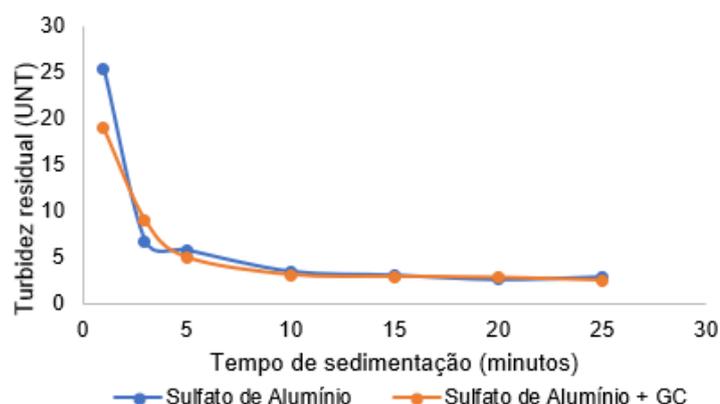
A dosagem ideal para o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ em conjunto com a GC atuando como floculante foi de 12 mg/L, uma redução de 52 % quando comparada com a dosagem ideal quando utiliza-se somente o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Esse resultado evidencia a eficiência da GC como floculante, pois sua cadeia polimérica atua agregando os flocos formados pela desestabilização das cargas causadas pelo $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ em flocos maiores, reduzindo a dosagem de coagulante necessária. Após essa etapa foi feita a determinação da dosagem ideal da GC atuando como floculante, em concentrações variando de 1 mg/L a 7 mg/L.

Observou-se que a eficiência de remoção de turbidez se manteve praticamente constante, em torno de 98%, na faixa de concentrações da GC estudadas, evidenciando sua eficiência como floculante. Como não houve variação significativa na eficiência, fica evidenciado que a utilização de 2 mg/L de GC é suficiente para atuar em conjunto com o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e maximizar a eficiência do processo. Essa eficiência se deve a capacidade da GC em agregar os flocos formados na etapa de coagulação para formar flocos maiores devido as interações ao longo da cadeia polimérica que favorece a captura de uma maior quantidade flocos após a redução da carga superficial das partículas suspensas devido a ação do coagulante metálico (SOUZA *et al.*, 2016).

Outro parâmetro avaliado foi o tempo de sedimentação somente do $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e dele com a GC. A eficiência do processo de coagulação/floculação depende do tempo de sedimentação dos flocos formados, sendo mais vantajoso um processo com menor tempo. A Figura 5 mostra o comparativo realizado em um intervalo de 25 minutos de sedimentação.

É possível observar na Figura 5 que o tempo de sedimentação para a GC atuando em conjunto com o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, necessitando de 10 minutos para reduzir a turbidez para 3,1 UNT, atingindo uma eficiência de 97,5% enquanto o $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ necessita de 20 minutos para deixar a turbidez residual a menor possível, atingindo 2,6 UNT após esse tempo, chegando a uma eficiência de 97,9%.

Figura 5. Turbidez residual em função do tempo de sedimentação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando a GC atua em conjunto o tempo de sedimentação é menor, indicando que a goma auxilia na formação de flocos mais densos que sedimentam com maior velocidade, favorecendo o processo devido ao menor tempo necessário para a realização da operação (ANG; MOHAMMAD, 2020).

CONCLUSÕES

No presente trabalho a GC foi isolada com o intuito de avaliar sua eficiência como biocoagulante e floculante em água sintética com caulim. Após a realização dos testes ficou evidenciado que a GC possui potencial de aplicação em ampla faixa de pH (4 a 9) com eficiência em torno de 90%, enquanto o $Al_2(SO_4)_3$ possui uma faixa de pH restrita para sua aplicação, com baixa eficiência em meio ácido. Quando aplicada em conjunto com o $Al_2(SO_4)_3$, a GC reduz em 52% a dosagem do coagulante metálico, necessitando de 12 mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ e apenas 2 mg/L de GC para atingir uma eficiência de 97,5% de remoção de turbidez. Além disso a GC reduz o tempo ideal de sedimentação em 50% do tempo necessário quando utiliza-se somente o coagulante metálico. Sendo assim, é possível concluir que a GC é uma ótima alternativa para aplicação na etapa de coagulação/floculação devido a elevada eficiência tanto como coagulante, como floculante, além de ser um material de baixo custo.

REFERÊNCIAS

ANG, W. L.; MOHAMMAD, A. W. State of the Art and Sustainability of Natural Coagulants in Water and Wastewater Treatment. JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, v. 262, p. 121267, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121267>.

BRATBY, J. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment. IWA Publishing 1ed., 538p.2016.

COUTO JÚNIOR; MOREIRA, O.; BARROS, M. A. S. D.; PEREIRA, N. C. Estudo Sobre a Coagulação e Floculação de Tratamento de Efluentes Da Indústria Têxtil. ACTA SCIENTIARUM - TECHNOLOGY, v. 35 (1), p.83-88, 2013. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v35i1.11685>.

DAVIS, C. C.; EDWARDS, M. Coagulation with Hydrolyzing Metal Salts: Mechanisms and Water Quality Impacts. CRITICAL REVIEWS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, v. 44 (4), p. 303-347, 2014. <https://doi.org/10.1080/10643389.2012.718947>.

FREITAS, T. K. F. S.; OLIVEIRA, V. M.; de SOUZA, M. T. F.; GERALDINO, H. C. L.; ALMEIDA, V. C.; FÁVARO, S. L.; GARCIA, J. C. Optimization of Coagulation Flocculation Process for Treatment of Industrial Textile Wastewater Using Okra (*A. Esculentus*) Mucilage as Natural Coagulant. INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS, v. 76, p.538- 544, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.027>.

HU, C. Y.; LO, S. L.; CHANG, C. L.; CHEN, F. L.; WU, Y. D.; MA, J. L. Treatment of Highly Turbid Water Using Chitosan and Aluminum Salts. SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY, v. 104, p. 322-326, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2012.11.016>

JIANG, J. Q. The Role of Coagulation in Water Treatment. CURRENT OPINION IN CHEMICAL ENGINEERING, v. 8, p. 36-44, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2015.01.008>.

KIM, S.; BISWAS, A.; BODDU, V.; HWANG, H. S.; ADKINS, J. Solubilization of Cashew Gum from *Anacardium Occidentale* in Aqueous Medium. CARBOHYDRATE POLYMERS, v. 199, p. 205-209, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.07.022>.

KLEIN, J. M.; LIMA, V. S.; FEIRA, J. M.C.; CAMASSOLA, M.; BRANDALISSE, R. N.; FORTE, M. M. C. Preparation of Cashew Gum-Based Flocculants by Microwave- and Ultrasound-Assisted Methods. INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGICAL MACROMOLECULES, v. 107, p. 1550-1558, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.118>.

LAPOINTE, M.; BARBEAU, B. Understanding the Roles and Characterizing the Intrinsic Properties of Synthetic vs. Natural Polymers to Improve Clarification through Interparticle Bridging: A Review. SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY, v. 231, p. 115893, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115893>.

LIMA JÚNIOR, R. N.; ABREU, F. O. M. S. Natural Products Used as Coagulants and Flocculants for Public Water Supply: A Review of Benefits and Potentialities. REVISTA VIRTUAL DE QUÍMICA, v. 10 (3), p. 709-735, 2018.

LIMA JÚNIOR, R. N.; ALMEIDA, J. L. I. O.; DE ANDRADE, J.; ABREU, F. O. M. S. Chitosan and Carboxymethylchitosan as High Turbidity Water Biocoagulants.

JOURNAL OF RENEWABLE MATERIALS, v. 8 (11), p.1489–1504, 2020.
<https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180052>.

LYU, F.; YU, H.; HOU T.; YAN, L.; ZHANG, Y.; DU, B. Efficient and Fast Removal of Pb²⁺ and Cd²⁺ from an Aqueous Solution Using a Chitosan/Mg-Al-Layered Double Hydroxide Nanocomposite. JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE, v. 539, p.184-193, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.12.049>.

OLADOJA, N. A. Advances in the Quest for Substitute for Synthetic Organic Polyelectrolytes as Coagulant Aid in Water and Wastewater Treatment Operations. SUSTAINABLE CHEMISTRY AND PHARMACY, v. 3, 47-58, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.scp.2016.04.001>

SOUZA, M. T. F.; ALMEIDA, C. A.; AMBROSIO, E.; SANTOS, L. B.; FREITAS, T. K. F. S.; MANHOLER, D. D.; CARVALHO, G. M.; GARCIA, J. C. Extraction and Use of Cereus Peruvianus Cactus Mucilage in the Treatment of Textile Effluents. JOURNAL OF THE TAIWAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, v. 67, p. 74-83, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2016.07.009>.

YANG, R.; LI, H.; HUANG, M.; YANG, H.; LI, A. A Review on Chitosan-Based Flocculants and Their Applications in Water Treatment. WATER RESEARCH, v. 95, p. 59-89, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.068>

PAIVA JÚNIOR, J. R. Nanopartículas por Complexação Polieletrólítica à Base de Goma do Cajueiro Modificada/Quitosana para Encapsulamento do Acetato de Timila. 2020. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Ceará, UFC/CE. Fortaleza, 2020.