



ENSAIOS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO A PARTIR DE MUCILAGEM DE *Aloe vera* (L.) Burm. F. (BABOSA) PARA REMOÇÃO DE TURBIDEZ, COR E FERRO DA ÁGUA

Vinícius A. C. A. Albuquerque¹; Carlos A. de Souza¹; Filipe K. N. Alves¹; José R. L. Silva¹; Andréa M. S. S. Brito²; André Q. C. de Araújo³; Luciano G. S. Júnior⁴; Ckesley C. V. Cruz¹;

¹ Unidade Acadêmica de Belo Jardim, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Belo Jardim, PE 55156-580, Brasil

² Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, PE 56909-535, Brasil

³ Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), Belo Jardim, PE, Brasil

⁴ Autarquia Educacional de Belo Jardim -AEB, Belo Jardim, PE, Brasil

Palavras-Chave: Recursos hídricos, biopolímeros, tratamento de água.

Introdução

A água é um recurso fundamental para a sobrevivência de todos os seres vivos do planeta. A poluição da água é um grande problema que afeta a qualidade da água potável em todo o mundo. A poluição da água pode ser causada por uma variedade de fatores, incluindo descarga de esgoto, resíduos químicos industriais, pesticidas agrícolas e metais (NASCIMENTO, 2018).

Destacando este último poluente, dentre os metais detectados em água, o ferro e alumínio que podem ser tóxicos, quando ingerido em altas concentrações ou mesmo por um longo período (VANACÔR *et al.*, 2005), tem sido fonte e preocupação, uma vez no próprio tratamento da água para consumo humano se usa sais destes metais.

O processo de tratamento de água é essencial para garantir a qualidade e a segurança da água para consumo humano. Este envolve várias etapas, incluindo coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (VANACÔR *et al.*, 2005). A coagulação e a floculação são duas das etapas mais importantes do processo de tratamento de água. A coagulação envolve a adição de um coagulante químico na água, os mais utilizados são cloreto de ferro (FeCl_3), sulfato ferroso (FeSO_4), sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e/ou policloreto de alumínio ($\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$) (LIMA *et al.*, 2018). Esses produtos químicos ajudam a atrair partículas suspensas na água, incluindo argila, areia e matéria orgânica. Durante a floculação, um agente, geralmente polímeros sintéticos ou naturais, a exemplo da poliácridamida ($(\text{C}_3\text{H}_5\text{NO})_n$) e dos taninos, é adicionado à água. Essa adição auxilia a agregação das partículas coaguladas em grandes aglomerados chamados de flocos.

Os flocos são então separados da água por decantação ou filtração. A decantação envolve a passagem da água através de grandes tanques onde os flocos sedimentam no fundo. A água é então removida da superfície e passa para a próxima etapa do processo de tratamento. Já a filtração envolve a passagem da água através de camadas de areia e cascalho. Essas camadas retêm os flocos e outras partículas maiores, deixando a água limpa e clara (LIMA *et al.*, 2018).

Embora o processo de coagulação e floculação seja essencial para o tratamento de água, o uso excessivo de coagulantes químicos pode ter alguns problemas. Em altas concentrações, o alumínio presente nos coagulantes pode ser prejudicial à saúde humana, sendo associado a doenças como a doença de Alzheimer e Mal de Parkinson. Com isso é criada a necessidade de



se desenvolver um coagulante que tenha a mesma ou maior eficácia que esses coagulantes clássicos, mas que ao contrário deles seja uma substância com menor toxicidade, que traga menor possibilidade de danos à saúde dos consumidores (VANACÔR *et al.*, 2005).

Esses coagulantes alternativos são geralmente extraídos de plantas que contêm substâncias orgânicas capazes de atrair e aglutinar partículas em suspensão na água. Um exemplo de planta utilizada para a produção de coagulante natural é a semente de Moringa oleifera. "Moringa oleifera seeds for water treatment: A review" - Um artigo de revisão publicado no Journal of Water Process Engineering em 2021 mostrou que as sementes desta planta são capazes de remover partículas suspensas na água, incluindo bactérias, vírus e metais pesados, devido à presença de proteínas catiônicas que se ligam às partículas em suspensão (YAMAGUCHI *et al.*, 2021).

As plantas mucilaginosas, como a Babosa, são reconhecidas por apresentarem uma forte ação coagulante devido aos biopolímeros em sua parede celular, como a pectina (DI BERNARDO, 1993). A Babosa, cientificamente conhecida como *Aloe vera*, tem sido objeto de estudo devido às suas propriedades medicinais. No entanto, recentemente, ela também tem chamado a atenção como uma alternativa natural para o tratamento de água. A mucilagem da Babosa, extraída do interior de suas folhas, possui propriedades únicas que a tornam uma opção promissora no tratamento de água. Composta principalmente por aloína, um glicosídeo antraquinônico e um polissacarídeo complexo, o aloferon, semelhante a arabino-galactana essa substância exerce uma ação coagulante no processo de purificação da água.

Quando adicionada à água, os polissacarídeos presentes na mucilagem interagem com as partículas suspensas, neutralizando suas cargas elétricas. Esse fenômeno reduz a repulsão entre as partículas, promovendo sua aglutinação em flocos maiores. Esses flocos, agora mais pesados, podem ser facilmente removidos da água por sedimentação ou filtração. Neste contexto, essa pesquisa visou a utilização da mucilagem extraída da Babosa nos ensaios de coagulação e floculação no processo de tratamento de água bruta e remoção de turbidez, cor e ferro da água, como forma de melhorar os parâmetros da água tratada conforme Portaria Nº 888/21.

Material e Métodos

Coleta e armazenamento

As folhas de *Aloe vera* (L.) Burm.F. foram coletadas, identificadas, transportadas para o laboratório de química da UFRPE e armazenadas a -15°C .

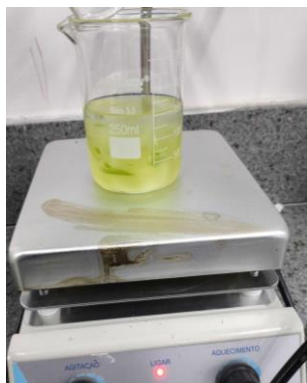
Extração da mucilagem

No primeiro método, as cascas das folhas de *A. vera* foram removidas e um líquido viscoso foi coletado. **Coagulante A1 (extração com CaCO_3 1%)**: 50 g do líquido viscoso foram misturados em 100 mL de uma solução de carbonato de cálcio, CaCO_3 (1%, m/v) em água, com agitação (40 min). Após a agitação, a solução foi filtrada a vácuo e armazenada em freezer até os ensaios de coagulação e floculação.

Coagulante A2 (extração com HCl 6,0 mol L^{-1}): no segundo método a extração, 50 g do líquido viscoso foram misturados em 100 mL da solução aquosa de ácido clorídrico (HCl) 6,0 mol L^{-1} .

Na figura 1 é possível observar o aspecto durante o processo extração.

Figura 1. Aspecto do líquido viscoso após a extração com soluções de CaCO_3 1% (A1) e HCl 6 mol L^{-1} (A2).



(A1)



(A2)

Ensaio de coagulação e floculação realizados no Jar-test

Os ensaios de Jar-test foram realizados, onde diferentes concentrações de A1 e A2, assim como sulfato de alumínio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 2% e a solução 1 mol L^{-1} de HCl , foram testadas. As amostras foram colocadas em cubas e as concentrações de coagulantes variaram de 160, 180 e 200 mg mL^{-1} . A água bruta utilizada foi retirada na ETA da Compesa de Belo Jardim, proveniente da Adutora do Agreste e da Barragem Pedro Moura Junior (Ipojuca). Por conseguinte, as amostras obtidas foram filtradas em papel filtro (FIT-80 gramatura de 80 g/ m^2 e 0,2 mm de espessura).

As condições foram: Jar test, velocidade (rpm): 300, 98, 77, 64 e tempos em segundo de 10, 522, 522, 258

Determinação do pH, alcalinidade, cor verdadeira e turbidez

Para a análise do pH, foi utilizado um pHmetro da marca Metrohm. A alcalinidade da água em mg L^{-1} de CaCO_3 foi realizada por titulação. Usando um indicador misto (azul de bromotimol e verde de bromocresol). À medida que a titulação com H_2SO_4 aconteceu, a cor mudou de azul para transparente. A turbidez foi avaliada com um turbidímetro modelo TU-5200 da marca HACH, a cor verdadeira foi medida em um colorímetro marca Policontrol modelo AquaColor.

A porcentagem de redução de turbidez, RT , e redução de cor aparente, RC , foram calculadas pelas seguintes equações,

$$RT(\%) = \left(\frac{T_o - T_f}{T_o} \right) \times 100 \quad (1),$$

Onde T_o e T_f , são turbidez final e inicial das amostras, respectivamente.

$$RC(\%) = \left(\frac{C_o - C_f}{C_o} \right) \times 100 \quad (2),$$

onde C_o e C_f , são cor aparente inicial e final, respectivamente.

Determinação de ferro nas amostras de água bruta e após a adição dos coagulantes

O teste de ferro foi realizado utilizando um kit de disco de ferro modelo IR-24 100 uN, que determina os níveis totais de ferro na água através de um método colorimétrico. A fenantrolina complexa com íons ferrosos para formar uma solução de cor laranja. A concentração de ferro foi em ppm.

Resultados e Discussão

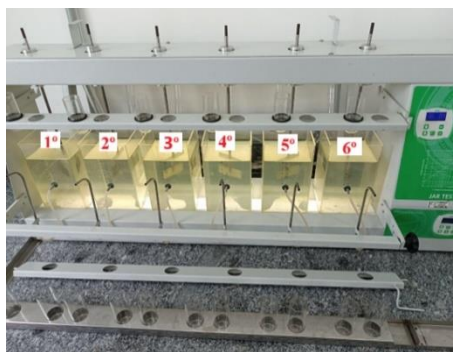
Ensaio de coagulação e floculação realizados no Jar-test

Observando a entrada 1 da tabela 1 e comparando com os resultados apresentados nas tabelas 2, observa-se que os coagulantes obtidos a partir da Babosa demonstraram eficácia na redução da turbidez e da cor aparente da água, apesar de não formarem grandes flocos visualmente comparados ao sulfato de alumínio, conforme a figura 3. Foi notado que o coagulante A2 (extração com HCl 6,0 mol L⁻¹) teve um desempenho superior ao coagulante A1 (extração com CaCO₃ 1%), com uma diminuição de mais de 70% na turbidez (entrada 4) e uma redução de mais de 50% na cor aparente (entrada 6).

Figura 3. Ensaio Jar-test realizado após a adição do coagulante A2: 1º 160, 2º 180, 3º 200 mg mL⁻¹; e adição de Al₂(SO₄)₃: 4º 160, 5º 180, 6º 200 (mg mL⁻¹).



Figura 4. Ensaio Jar-test realizado após a adição de A1: 1º 160, 2º 180, 3º 200 (mg mL⁻¹); e adição da mistura de A1(50%) + A2(50%): 4º 160, 5º 180, 6º 200 (mg mL⁻¹).



Quando se compara os percentuais de redução de turbidez e cor aparente do A1 50% + A2 50% com os do A1, é observado que a mistura dos coagulantes foi mais eficiente do que a



ação individual do A1, chegando a reduzir mais de 60% da turbidez (entrada 19) e mais de 50% da cor aparente (entrada 23), quando nas dosagens de 180 e 160 mg mL⁻¹ respectivamente. Esses resultados apontam inclusive novos estudos, possíveis combinações e diferentes dosagens.

Tabela 1. Análises das amostras de água bruta.

Entrada	Manancial	Cor aparente (uC)	Turbidez (NTU)	pH	Alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) ⁵	Ferro (ppm)
1	Ipojuca	107,0	32,9	7,85	208,6444	0,0
2	Ipojuca	69,4	13,1	7,72	189,7316	0,0
3	Adutora do Agreste	21,2	6,4	8,00	-----	0,6

Tabela 2. Resultados do ensaio com o coagulante A2 e o sulfato de alumínio a 2%, referente a amostra de água bruta (entrada 1 da Tabela 1).

Entrada	Coagulante	Cor aparente (uC)	Turbidez (NTU)	pH	Alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) ⁶
4	A2	62,8	9,58	1,97	-----
5	A2	70,3	12,1	1,81	-----
6	A2	51,7	9,75	1,75	-----
7	Sulfato de alumínio 2%	19,2	0,33	6,28	154,5216
8	Sulfato de alumínio 2%	15,9	0,27	7,00	150,4976
9	Sulfato de alumínio 2%	14,7	0,26	6,98	151,7048

⁵ Na Tabela 1, entrada 3, não apresenta valores de alcalinidade, pois o teste de coagulação foi realizado em meio ácido, o que impossibilitou a medição da alcalinidade após a adição do coagulante.

⁷ Na Tabela 2, nas entradas 4, 5 e 6, os valores de alcalinidade não foram registrados, uma vez que o meio se tornou ácido, inviabilizando a mensuração por titulação utilizado o metilorange como indicador.



Tabela 3. Resultados do ensaio com o coagulante A1 e a mistura A1/A2, referente a amostra de água bruta (entrada 2 da Tabela 1).

Entrada	Coagulante	Cor aparente (uC)	Turbidez (NTU)	pH	Alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) ⁷
10	A1	62,9	13,0	7,66	166,3924
11	A1	65,4	12,6	7,53	155,3264
12	A1	58,8	10,2	7,38	148,0832
13	A1/A2	34,3	5,36	2,20	-----
14	A1/A2	36,0	4,91	2,18	-----
15	A1/A2	49,3	6,76	2,09	-----

No entanto, uma questão crítica identificada foi o pH extremamente ácido da água após a adição do coagulante A2 (entradas 4,5,6) que também pode ser percebido nos resultados da combinação dos coagulantes (entradas 13,14,15), o que inviabiliza seu uso para consumo humano por que de acordo com a Portaria N° 888, 4 de maio de 2021, o pH da água tratada (água potável), varia entre 6 e 9,5, mas que pode ser resolvido utilizando uma base para elevar o pH.

As tabelas 4 e 5 mostram o percentual de redução de turbidez e cor aparente para diferentes coagulantes e combinações, destacando a eficácia dos coagulantes obtidos da Babosa (entradas 17,19) em comparação com o sulfato de alumínio (entrada 18). Considerando a eficiência de A2 na remoção de turbidez e a sua eficácia razoável na redução de cor aparente, eu recomendaria o uso do coagulante A2 (Babosa) na concentração de 160 mg mL⁻¹. Nesta dosagem, A2 apresentou uma remoção de 70,88% de turbidez e 41,31% de cor aparente, sendo uma opção viável e mais sustentável em comparação com o uso de sulfato de alumínio, pois atinge uma alta eficiência com uma menor concentração.

⁷ Na Tabela 3, entradas 13, 14 e 15 os valores de alcalinidade não foram registrados, pois o meio apresentou características ácidas, impossibilitando a realização da mensuração por meio de titulação utilizado o metilorange como indicador.

**Tabela 4.** Percentual de redução de turbidez.

Entrada	Coagulante	Concentrações		
		160 mg mL ⁻¹	180 mg mL ⁻¹	200 mg mL ⁻¹
16	A1	0,76%	3,82%	22,14%
17	A2	70,88%	63,22%	70,36%
18	Sulfato de alumínio a 2%	99,01%	99,20%	100,00%
19	A1 50% + A2 50%	59,08%	62,52%	48,39%

Tabela 5. Percentual de redução de cor aparente.

Entrada	Coagulante	Concentrações		
		160 mg mL ⁻¹	180 mg mL ⁻¹	200 mg mL ⁻¹
20	A1	9,37%	5,76%	15,27%
21	A2	41,31%	34,30%	51,68%
22	Sulfato de alumínio a 2%	82,06%	85,14%	100,00%
23	A1 50% + A2 50%	50,58%	48,13%	28,96%

Tendo em vista a exacerbada diminuição do pH (1 a 3) nas utilizações dos coagulantes A2 e A1 50% + A2 50%, e a baixa eficiência do coagulante A1, foi realizada a tentativa de melhorar o pH da água tratada com o A2, onde foi feito um novo coagulante A2 com solução extratora de HCl de 1 mol L⁻¹. E como forma de investigar se o pH baixo estava influenciando a remoção de turbidez e cor, foi feito um novo procedimento no Jar-Test, conforme resultados descritos na tabelas 7, cujo resultados visaram avaliar a eficácia isolada do novo coagulante A2 e da solução de HCl (1 mol L⁻¹), este último usado para verificar a influência do pH.

Ao comparar os resultados da entrada 3 da tabela 1 com os resultados da tabela 7, observamos que a solução contendo somente HCl a 1%, que foi utilizada como coagulante (entradas 28,29,30) conseguiu ser mais eficiente, chegando a remover 80% da turbidez, quando dosado a 200 mg mL⁻¹. Foi observado que o principal fator de redução da turbidez e da cor era o pH baixo. Esse efeito foi perceptível nos ensaios em que se utilizou o HCl (entradas 28,29,30), sugerindo que a mudança no pH, mais do que a ação coagulante em si, foi predominante para a



diminuição da turbidez. E o novo coagulante A2, apesar de agora possuir uma menor concentração de ácido, ainda sim apresentou o pH ácido, conforme as entradas 27,26 e 25.

O coagulante à base de *A. vera* (Babosa), apresentou uma excelente redução na turbidez e na cor verdadeira; apesar de que, não foi capaz de promover a formação de flocos grandes. Conforme Figura 3, ao comparar as amostras do A2 (cubas 1, 2 e 3) com aquelas tratadas com sulfato de alumínio a 2% (cubas 4, 5 e 6), é possível observar visualmente que os flocos em suspensão permanecem em grande quantidade, e a água das amostras ainda assim continuam turvas. Embora a Babosa seja rica em aloína, um glicosídeo antraquinônico e biopolímero, como o polissacarídeo complexo, o aloferon, semelhante a arabino-galactana, conhecido por suas propriedades floculantes, a interação química necessária para a coagulação não foi suficientemente forte para neutralizar as cargas das partículas de maneira eficaz. Isso sugere que os biopolímeros da Babosa apesar de suas características estruturais que poderiam auxiliar na aglomeração de partículas, dependem fortemente de um pH mais ácido ou alcalino para otimizar a coagulação.

O teor de ferro nas amostras de água tratada e bruta, foi testado com o coagulante A2, visto que pelos testes anteriores foi o mais eficiente. O método utilizado foi da fenantrolina, específico para a detecção de ferro em soluções aquosas. Os resultados das entradas 25,26,27 comparados com os resultados da entrada 3 mostraram que, com os coagulantes A2 testado, não houve remoção de ferro (Fe).

Tabela 6. Percentual de redução de turbidez, HCl (1 mol L⁻¹).

Entrada	Coagulante	Dosagem -160 mg	Dosagem -180 mg	Dosagem - 200 mg
24	HCl 1 mol L ⁻¹	70,00%	67,00%	80,00%

Tabela 7. Resultados do ensaio com o coagulante A2 e HCl (1 mol L⁻¹), referentes a amostra de água bruta (entrada 3 da Tabela 1).

Entrada	Coagulante	Dosagem (mg mL ⁻¹)	Cor aparente (uC)	Turbidez (NTU)	pH	Ferro (ppm)
25	A2	160	7,7	1,95	3,7	0,6
26	A2	180	10,9	2,12	3,5	0,6
27	A2	200	10,0	1,29	3,3	0,6
28	HCl	160	7,7	1,73	5,5	0,6
29	HCl	180	10,7	1,16	4,0	0,6
30	HCl	200	11,0	1,22	3,8	0,6



Conclusões

Os experimentos realizados demonstraram que o uso da *Aloe vera* (L.) Burm.F. (Babosa) como coagulante e floculante em processos de tratamento de água, se mostram promissores. Os resultados obtidos mostraram que, embora o coagulante A2 (derivado da *Aloe vera* (L.) Burm.F.) tenha sido eficaz na remoção de turbidez (com reduções superiores a 70% a 160 mg mL^{-1}), ele apresentou limitações em formar flocos grandes e eficientes, se comparado ao sulfato de alumínio. Além disso, o pH extremamente ácido resultante do uso de A2 inviabiliza sua aplicação direta para consumo humano, sendo necessário o uso de um reagente, como a barrilha, para ajustar o pH e torná-lo adequado.

A combinação dos coagulantes A1 e A2 apresentou um desempenho melhor do que o A1 utilizado isoladamente, mostrando-se uma alternativa viável para áreas rurais ou remotas, onde o acesso a coagulantes químicos pode ser limitado. O uso de alternativas como a babosa pode reduzir os impactos ambientais e os riscos à saúde associados aos coagulantes químicos. O coagulante HCl (1 mol L^{-1}) também foi testado e mostrou que a redução da turbidez foi mais relacionada à alteração do pH do que à coagulação efetiva. A remoção do ferro, não foi eficiente, pois o coagulante A2 não foi capaz de promover a oxidação do ferro, não havendo mudanças significativas nas concentrações de ferro presente na água.

A pesquisa surgiu da necessidade de encontrar alternativas aos coagulantes químicos, que podem causar impactos ambientais e riscos à saúde. Há poucos estudos sobre o uso de plantas mucilaginosas, como a *Aloe vera* (L.) Burm.F., no tratamento de água. Essa pesquisa evidenciou a necessidade de mais estudos para melhorar a eficiência e segurança dessa abordagem, incluindo a otimização das concentrações utilizadas, a exploração de métodos de extração e a combinação com outras substâncias que complementem suas propriedades. O estudo contribui ao propor uma solução mais sustentável e acessível para tratamento de água.

Agradecimentos

UFRPE, CNPQ, PIC, PROGESTI, COMPESA E AEB.

Referências

- AMARAL, C. L. C., DA SILVA, I., & VASCONCELOS, T. N. H. Aplicação de uma atividade experimental investigativa para o ensino de tratamento de água. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática* 9.1, 2018.
- BATTESTIN, V., MATSUDA, L. K., MACEDO, G. A. "Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos." *Alimentos e Nutrição Araraquara* 15.1, 2008.
- BÖCK, F. C.; HELFER, G. A.; COSTA, A. B.; DESSUY, M. B.; FERRÃO, M. F. RAPID. Determination of Ethanol in Sugarcane Spirit Using Partial Least Squares Regression Embedded in Smartphone. *Food Analytical Methods*, 11(4), 1951-1957, 2018.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SANTOS, E. M.; VIEGAS, J.; PEREIRA, J. C. Quantificação de tanino em três povoamentos de *Acacia mearnsii* de Wild. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 37, p. 81-88, jul./dez. 1998.
- CARDOSO, K. C., BERGAMASCO, R., COSSICH, E. S., & MORAES, L. C. K. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. *Acta Scientiarum. Technology*, 30(2), 193-198. 2008
- DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. ABES v. 1. Rio de Janeiro, 1993.



63º Congresso Brasileiro de Química

05 a 08 de novembro de 2024

Salvador - BA

FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KOHN, G. P.; FIA, R. Coagulação com semente de Moringa oleifera preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. Engenharia Sanitária Ambiental, Lavras (MG), Brasil, v. 22, 2017.

GOUVEIA, ANDREIA DE F. Remoção de azul de metileno e vermelho remazol por adsorção utilizando lodo de estação de tratamento De água e carvão ativado granular. Trabalho de Conclusão de Curso (Programa de Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

JOÃO, J. J., & JÚNIOR, W. S. Utilização da Casca de Pinus para Extração de Taninos e aplicar como Coagulante no Tratamento do Efluentes Industriais. Revista Virtual de Química, 11(3), 2019.

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, Rev. Virtual Quím. 2018, 10 (3), 709-735. disponível em: <http://rvq.s bq.org.br/> data de publicação na web: 28 de junho de 2018.

NASCIMENTO, R. C. Tratamento de água para consumo humano utilizando processo de eletrocoagulação. 2018. Trabalho de conclusão de curso (superior Engenharia Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, [s. l.], 2018.

PASSOS, L. M. L.; SOUZA-SARTORI, J. A.; BERGAMIN-LIMA, R.; ZOCCA, T. N.; BAPTISTA, A. S.; AGUIAR, C. L. Extração de proteína total e atividade antioxidante de torta de filtro de cana de açúcar. Revista de Química Industrial, 741, 22-28, 2013.

ROCHA, JÚLIO C.; ROSA, ANDRÉ H.; CARDOSO, ARNALDO A. Introdução à química ambiental . São Paulo: Grupo A 2009.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. Tratamento de água. Tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

SANTOS, C. E. M., LIMA, M. B. Potencial uso de extrato do cacto Pilosocereus gounellei como coagulante no tratamento de água turva no semiárido. VI Encontro Internacional de Jovens Investigadores, JOIN. 2019.

VANACÔR, R. N. Avaliação do coagulante orgânico veta organic utilizado em uma estação de tratamento de água para abastecimento público., 2005.

YAMAGUCHI, N. U.; CUSIOLI, L. F.; QUESADA, H. B.; FERREIRA, M. E. C.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; VIEIRA, A. M. S.; GOMES, R. G.; VIEIRA, M. F.; BERGAMASCO, R. A review of *Moringa oleifera* seeds in water treatment: trends and future challenges. *Process Safety and Environmental Protection*. 2021.