

DETERMINAÇÃO DO pH ÓTIMO DE FLOCULAÇÃO DE ÁGUA DO RIO CUIABÁ ATRAVÉS DE JAR TEST

DETERMINATION OF THE OPTIMUM pH OF WATER FLOCCULATION IN RIO CUIABÁ THROUGH JAR TEST

Gabriela Regina Rosa Galiassi*

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Bela Vista, Mestrado Profissional em Química Tecnológica e Ambiental, Brasil

Erico Tasso Leite Barros Teixeira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Bela Vista, Mestrado Profissional em Química Tecnológica e Ambiental, Brasil

Karine Silva de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Bela Vista, Mestrado Profissional em Química Tecnológica e Ambiental, Brasil

Matheus Henrique Sacomani Martins

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Bela Vista, Mestrado Profissional em Química Tecnológica e Ambiental, Brasil

Josias do Espírito Santo Coringa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Bela Vista, Mestrado Profissional em Química Tecnológica e Ambiental, Brasil

**Autor correspondente*

e-mail: gabigaliassi@gmail.com

Received 27 June 2023; received in revised form 30 June 2023; accepted 01 August 2023

RESUMO

Introdução: A água limpa é essencial para a saúde humana e para o meio ambiente. A remoção de flocos durante o tratamento da água é crucial para eliminar partículas suspensas e contaminantes. O pH ótimo desempenha um papel fundamental na eficiência da floculação, permitindo a formação de flocos maiores e mais densos. Ajustar o pH corretamente ajuda a neutralizar as cargas elétricas das partículas e otimizar a interação entre elas. Isso resulta em uma remoção mais eficiente de flocos e partículas, melhorando a qualidade da água tratada. **Objetivo:** Este estudo tem como objetivo determinar o pH ótimo para floculação da água do Rio Cuiabá através do Jar Test. **Métodos:** O Jar Test foi utilizado para determinar o pH ótimo da floculação da água no Rio Cuiabá, localizado na cidade de Cuiabá - MT, Brasil. As amostras de água foram misturadas em 6 frascos com diferentes doses de coagulante, agitadas e observadas para identificar a dosagem e pH mais eficazes. O teste foi realizado com dois coagulantes diferentes: sulfato de alumínio e cloreto de polialumínio (PAC). **Resultados e Discussão:** Para o teste com sulfato de alumínio, os melhores valores de pH foram encontrados nos frascos 4 a 6, onde o pH ficou entre 6,37 e 6,5, pois, nesses casos, a turbidez foi quase nula ou nula. No caso do PAC, o melhor pH foi o neutro, pois em pH igual a 7,16 houve a menor turbidez. O ajuste adequado do pH afetou a eficiência da coagulação e floculação, influenciando na remoção de partículas em suspensão e na qualidade da água tratada. O pH ótimo promoveu a formação de flocos maiores e mais densos, melhorando a eficiência de remoção de partículas. A turbidez da água também foi influenciada pelo pH, e ajustes adequados podem facilitar a remoção de particulados durante os processos de coagulação e floculação. **Conclusões:** A determinação do pH ótimo de floculação é fundamental para melhorar a qualidade da água tratada, principalmente em relação à remoção de partículas em suspensão.

Palavras-chave: Sulfato de alumínio. PAC. Coagulação. Tratamento de água. Turbidez.

ABSTRACT

Background: Clean water is essential for human health and the environment. Removing flakes during water treatment is crucial to eliminating suspended particles and contaminants. Optimum pH plays a key role in the efficiency of flocculation, allowing the formation of larger and denser flocs. Adjusting the pH correctly helps to neutralize the electrical charges of the particles and optimize the interaction between them. This results in more efficient removal of flakes and particles, improving the quality of the treated water. **Aim:** This study aims to determine the optimal pH for flocculation of water in Rio Cuiabá through the Jar Test. **Methods:** The Jar Test was used to determine the optimal pH of water flocculation in Rio Cuiabá, located in the city of Cuiabá - MT, Brazil. Water samples were mixed in 6 vials with different doses of coagulant, shaken and observed to identify the most effective dosage and pH. The test was carried out using two different coagulants: aluminum sulfate and polyaluminium chloride (PAC). **Results and discussion:** For the test with aluminum sulfate, the best pH values were found in flasks 4 to 6, where the pH was between 6.37 and 6.5, since, in these cases, the turbidity was almost null or null. In the case of PAC, the best pH was the neutral one, because at pH equal to 7.16 there was the lowest turbidity. Proper pH adjustment affected the efficiency of coagulation and flocculation, influencing the removal of suspended particles and the quality of treated water. The optimum pH promoted the formation of larger and denser flocs, improving particle removal efficiency. Water turbidity was also influenced by pH, and appropriate adjustments can facilitate particulate removal during coagulation and flocculation processes. **Conclusions:** The determination of the optimal flocculation pH is crucial to improve the quality of treated water, especially in relation to the removal of suspended particles.

Keywords: Aluminum sulfate. PAC. Coagulation. Water treatment. Turbidity.

1. INTRODUÇÃO:

O Rio Cuiabá é um importante rio localizado no estado de Mato Grosso, no Brasil. Ele nasce na Chapada dos Parecis, no município de Campo Novo do Parecis, e percorre aproximadamente 600km até desaguar no Rio Paraguai, próximo à cidade de Cáceres. No entanto, assim como muitos rios no Brasil, o Rio Cuiabá enfrenta desafios relacionados à preservação e à sustentabilidade. O problema principal é causado pelo despejo de esgoto e resíduos industriais. Além disso, a exploração desordenada dos recursos naturais ao longo de suas margens e a degradação ambiental representam desafios para a manutenção da saúde do ecossistema do rio. Esforços estão sendo feitos para a preservação e revitalização do Rio Cuiabá, incluindo a implementação de medidas de tratamento de esgoto (Possavatz *et al.*, 2014; Vallejos *et al.*, 2022)

A água limpa é de extrema importância para a sobrevivência e bem-estar de todos os seres vivos no planeta. Ela tem um papel fundamental para a saúde humana, e é considerada um carreador, tanto de substâncias com sais minerais essenciais para o organismo ou de patógenos (SOMBRA *et al.*, 2022). Ainda, água limpa é um recurso vital para a preservação do meio ambiente, a segurança alimentar, o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida em geral. Garantir o acesso universal à água limpa e a proteção dos recursos hídricos é um desafio global, mas essencial para o bem-estar

das pessoas e a sustentabilidade do nosso planeta. (Soares *et al.*, 2022).

Impurezas permaneceram dispostas na água por tempo indeterminado, visto que essas partículas possuem tamanho diminuto, sendo assim apresentem cargas superficiais negativas, esse fato atrelado as forças de repulsão impedem que elas se aproximem uma das outras para formar pequenos flocos com tamanho e densidade considerável para decantar ou sedimentar. Ao menos que se insiram substâncias químicas para alterar as características dessas partículas e da água, essas substâncias por sua vez que são denominadas de coagulantes (Di Bernardo; Dantas, 1993).

A remoção de flocos na água é de extrema importância no processo de tratamento de água. Os flocos são aglomerados de partículas suspensas que se formam durante a coagulação e floculação, etapas fundamentais no tratamento de água. A retirada for flocos clarifica a água, remove partículas suspensas, elimina contaminantes, gera eficiência em processos de tratamento subsequentes e previne problemas operacionais (Lopes *et al.*, 2020)

O pH desempenha um papel crítico na eficiência da remoção de flocos. O ajuste adequado do pH é essencial para otimizar a formação, crescimento e aglomeração dos flocos, garantindo assim uma remoção eficiente de partículas suspensas. Ajustar o pH resulta em neutralização das cargas elétricas das partículas, formação de flocos estáveis, aglomeração

adequada e posterior remoção durante os processos de sedimentação e filtração. Portanto, o controle e o monitoramento cuidadosos do pH são essenciais para garantir a eficiência geral do processo de tratamento de água e a obtenção de água tratada de alta qualidade (Simões *et al.*, 2022).

O Jar Test, também conhecido como teste dos jarros, é um método utilizado para analisar a qualidade da água com base na sedimentação de partículas suspensas. Ele consiste em uma execução experimental de todo o processo de clarificação da água, e é usado como forma de análise de bancada dos métodos de clarificação e tratamento primário da água para calcular dosagem ideal de coagulante em água bruta. O coagulante mais utilizado atualmente para o tratamento de efluentes é o sulfato de alumínio, pois é um substrato barato e eficiente para a maioria dos tratamentos de água convencional (Pisceselia *et al.*, 2023).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo determinar o pH ótimo de floculação da água do Rio Cuiabá através de ensaio Jar Test.

2. DESENVOLVIMENTO OU MATERIAL E MÉTODOS OU PARTE EXPERIMENTAL:

Neste trabalho foi utilizado o ensaio Jar Test para determinar o pH ótimo de floculação de água bruta do Rio Cuiabá, que fica na cidade de Cuiabá – MT, Brasil.

2.1. Materiais

Os materiais utilizados para determinação das soluções foram:

- Sulfato de alumínio;
- Policloreto de Alumínio;
- Aparelho Jar Test;
- pHmetro da marca Marconi modelo MA-522;
- Turbidímetro plus da marca Alfakit;
- Colorímetro da marca Hanna modelo HI 96727.

O aparelho utilizado para o experimento consiste em um misturador com seis pás (uma para cada frasco de 2 litros), com velocidade de agitação regulável, como mostra a Figura 1.



Figura 1. Aparelho utilizado para efetuar o Jar Test

2.2. Métodos

2.2.1 Determinação do pH ótimo de floculação

Os jarros de ensaio foram enumerados de 1 a 6, e cada um foi enchido com 2L de água bruta.

Foram realizados dois testes, onde variou-se o coagulante utilizado. No primeiro, foi utilizado sulfato de alumínio e, no segundo teste, policloreto de Alumínio – PAC. As concentrações de coagulante utilizadas em cada ensaio estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Concentrações dos coagulantes em cada frasco do jar test

Frasco		1	2	3	4	5	6
Sulfato de alumínio	Conc. [mg/L]	5	10	15	20	25	30
	PAC	5	10	15	20	25	30

Após inserir o coagulante, iniciou-se a agitação a 100 rpm (agitação rápida) por 2 minutos. Depois, esta foi reduzida para 45 rpm (agitação lenta), permanecendo assim por 10 minutos. Cessou-se a agitação e deixou-se em repouso por 10 minutos. Mediu-se o pH, a turbidez e a cor.

2.2.2 Determinação de turbidez e cor

Para a análise da turbidez e da cor utilizou-se os equipamentos Turbidímetro Plus marca Alfakit e colorímetro marca Hanna modelo HI 96727, respectivamente. Em ambos os casos, inseriu-se uma amostra da solução a ser

analisada na cubeta do equipamento e o mesmo realizou a leitura do dado. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

3.1. Resultados

Os resultados medidos para pH, turbidez e cor da água bruta e das soluções após o ensaio de Jar Test, para cada coagulante utilizado, estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2. pH, turbidez e cor da água antes e após o Jar Test para dois diferentes coagulantes

Água bruta			
	pH	Cor	Turbidez
	6,26	0	7,95
Coagulante	Sulfato de alumínio		
FRASCO	pH	Cor	Turbidez
1	6,41	0	6,80
2	6,31	0	1,58
3	6,58	0	1,0
4	6,50	0	0,34
5	6,24	0	0,04
6	6,37	0	0,0
Coagulante	PAC		
FRASCO	pH	Cor	Turbidez
1	7,16	0	3,24
2	6,79	0	8,05
3	6,32	0	8,10
4	5,40	0	7,92
5	4,82	0	7,24
6	4,22	0	6,70

3.2. Discussão

Para escolher a melhor floculação, é necessário avaliar dados como tamanho dos flocos, sujeira dos flocos (quanto mais sujo o floco tanto melhor está, limpando a água) e melhor aspecto (transparência) da água após a decantação. O pH ótimo será o correspondente à melhor floculação, e geralmente ele corresponde à um intervalo, e não apenas a um valor (Marbelia *et al.*, 2023).

A floculação é o processo no qual as partículas suspensas na água são aglutinadas para formar flocos maiores, facilitando sua posterior remoção durante a decantação ou filtração. No que tange à eficiência da coagulação, o pH afeta a carga das partículas e dos coagulantes presentes na água. O ajuste do pH para o valor ótimo permite neutralizar cargas elétricas repulsivas e promover a formação de flocos maiores e mais densos. Um pH inadequado pode resultar em menor eficiência da coagulação e menor remoção de partículas suspensas (Lopes *et al.*, 2020).

Os coagulantes utilizados no tratamento de água possuem faixas de pH nas quais são mais eficazes. Fora dessas faixas, sua estabilidade e eficiência podem ser comprometidas. O pH ótimo de floculação garante que os coagulantes sejam utilizados em seu intervalo de pH mais eficaz, maximizando sua performance e minimizando o desperdício de produtos químicos. O pH influencia a formação, o tamanho e a estrutura dos flocos formados durante a floculação. Um pH incorreto pode levar à formação de flocos pequenos e frágeis, que não sedimentam adequadamente e são mais difíceis de remover na etapa de decantação ou filtração (Moreno, 2023; Lemos *et al.*, 2020).

O pH da água também afeta a corrosividade e o potencial de incrustação em sistemas de distribuição de água e equipamentos. Um pH inadequado pode resultar em corrosão de tubulações, vazamentos e liberação de metais indesejados na água. Portanto, manter o pH ótimo de floculação contribui para a preservação da infraestrutura e a qualidade da água distribuída (Lemos *et al.*, 2020).

Em resumo, o pH ótimo de floculação desempenha um papel crucial na eficiência do processo de tratamento de água, afetando a remoção de partículas suspensas, a estabilidade dos coagulantes, a formação de flocos adequados e a integridade dos sistemas de distribuição. É essencial monitorar e controlar o pH durante o tratamento de água para garantir uma operação eficaz e a obtenção de água tratada de qualidade.

Ressalta-se que a variação da composição da água devido a despejos clandestinos, chuvas intensas ou outros fatores pode afetar o pH ótimo de floculação. Isso ocorre porque diferentes contaminantes ou substâncias presentes na água podem influenciar a acidez ou alcalinidade, afetando o equilíbrio de cargas elétricas e, conseqüentemente, a eficiência do processo de floculação (Moreno, 2023).

A turbidez da água pode ser influenciada pelo pH. Mudanças no pH podem afetar a estabilidade das partículas em suspensão, aglomerando-as ou dispersando-as. Em certos casos, ajustar o pH para um valor específico pode facilitar a remoção das partículas durante os processos de coagulação e floculação, melhorando a eficiência da remoção de turbidez. Além disso, a presença de materiais orgânicos dissolvidos na água pode afetar tanto o pH quanto a turbidez. Alguns materiais orgânicos podem aumentar a turbidez da água, enquanto outros podem afetar o pH e a capacidade tampão da água (Pisceselia *et al.*, 2023).

O pH pode influenciar a turbidez através de interações químicas e estabilidade de partículas suspensas, e ajustes de pH adequados podem ser necessários para otimizar a eficiência dos processos de coagulação e floculação (Pisceselia *et al.*, 2023; Moreno, 2023).

Altos valores de turbidez indicam que há muitas partículas não dissolvidas na água e ela pode ser considerada impura (Pisceselia *et al.*, 2023). Analisando os resultados da Tabela 2, para o sulfato de alumínio, os melhores valores de pH são encontrados nos frascos 4 a 6, onde o pH está entre 6,37 e 6,5, visto que, nesses casos, a turbidez é quase nula ou nula. No caso do PAC, o melhor pH é o neutro, pois em pH igual a 7,16 têm-se a menor turbidez.

Avaliando os dois coagulantes utilizados, percebe-se que o sulfato de alumínio foi mais efetivo, pois os valores de turbidez foram menores. De acordo com Monero (2023), o sulfato de alumínio é mais eficiente em águas com pH mais baixo, geralmente na faixa de pH ácido. O PAC tende a ser mais tolerante a níveis mais baixos de alcalinidade na água. Se a água de alimentação tiver baixa alcalinidade, o PAC pode ser uma escolha mais adequada. Quanto à turbidez, o PAC geralmente é eficaz na remoção de partículas finas e turbidez elevada.

Quanto à coloração da água, em todos os casos esta resultou em zero. Segundo Ferraz (2020), um valor de zero indica que a água está praticamente livre de cor visível. Em termos de qualidade da água, isso é considerado muito bom, pois a cor é frequentemente associada à presença de substâncias orgânicas dissolvidas ou em suspensão na água. A cor da água pode ser causada por várias fontes, como matéria orgânica natural, como taninos, ou pela presença de substâncias químicas, como corantes industriais.

A presença de cor na água pode afetar sua aceitabilidade estética, sabor e odor, além de

interferir em processos de tratamento de água, como desinfecção e coagulação. Dessa forma, quando a cor da água é medida como zero, como no caso deste trabalho, isso indica que a água possui uma baixa concentração de substâncias que causam cor e é considerada visualmente clara. Essa é uma característica desejável para águas destinadas ao consumo humano ou a outras finalidades onde a ausência de cor é importante (Mesquita *et al.*, 2020).

Associando todas as informações abordadas, têm-se que a diferença na turbidez resultante do uso de sulfato de alumínio em comparação com PAC pode ocorrer devido a várias razões, como o fato de terem composição química diferente. O sulfato de alumínio contém íons de alumínio e sulfato, enquanto o PAC contém uma mistura de compostos de alumínio, como cloretos e hidróxidos. Essas diferenças químicas podem influenciar a forma como os coagulantes interagem com as partículas suspensas na água, afetando a eficiência da coagulação e, conseqüentemente, a turbidez resultante (Kamiwada *et al.*, 2020).

Outra questão, é que a dosagem e o ajuste de pH dos coagulantes também podem desempenhar um papel na diferença de turbidez. A dosagem inadequada de um coagulante pode resultar em uma quantidade insuficiente de coagulante para remover efetivamente as partículas suspensas, levando a uma maior turbidez. Além disso, o ajuste incorreto do pH para o valor ótimo de floculação pode comprometer a eficiência da coagulação, afetando a turbidez resultante (Moreno, 2023; Mesquita *et al.*, 2020; Kamiwada *et al.*, 2020).

A água bruta pode variar em sua composição e características, como a concentração e a natureza das partículas suspensas. Alguns coagulantes podem ser mais eficazes na remoção de certos tipos de partículas em comparação com outros. Portanto, a diferença na turbidez observada pode estar relacionada às características específicas da água bruta e à afinidade do coagulante escolhido para essas partículas (Kamiwada *et al.*, 2020).

A eficácia da floculação, que é a etapa subsequente à coagulação, também pode afetar a turbidez resultante. A formação de flocos maiores e mais densos durante a floculação pode levar a uma melhor remoção de partículas e, conseqüentemente, a uma menor turbidez na água tratada. A eficiência da floculação pode ser influenciada pelo tipo de coagulante utilizado e pelas condições operacionais do processo (Lopes

et al., 2020).

Dessa forma, as diferenças na turbidez resultante do uso de sulfato de alumínio e PAC podem variar dependendo das características específicas da água e das condições do processo de tratamento.

4. CONCLUSÕES:

Neste estudo foi investigada a determinação do pH ótimo de floculação no processo de tratamento de água, comparando o desempenho do sulfato de alumínio em relação ao Policloreto de Alumínio - PAC. Além disso, buscou-se identificar o intervalo de pH mais eficaz para a formação de flocos e a remoção de partículas suspensas.

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que o sulfato de alumínio apresentou um desempenho superior em comparação ao PAC. A faixa de pH ideal para a floculação ficou entre 6,37 e 6,5, o que resultou em uma coagulação mais eficiente e em uma remoção mais eficaz de partículas suspensas.

Ao analisar as características do sulfato de alumínio e do PAC, observa-se que o sulfato de alumínio, com sua composição química específica contendo íons de alumínio e sulfato, foi capaz de atingir um melhor desempenho na formação de flocos. A neutralização das cargas elétricas repulsivas entre as partículas foi otimizada nesse intervalo de pH, resultando em flocos maiores, mais densos e mais facilmente removíveis.

Esses resultados têm implicações significativas no desenvolvimento de estratégias de tratamento de água mais eficientes. A determinação do pH ótimo de floculação é crucial para melhorar a qualidade da água tratada, especialmente em relação à remoção de partículas suspensas. A utilização do sulfato de alumínio e o controle preciso do pH dentro da faixa identificada podem resultar em melhorias substanciais no processo de tratamento de água, tanto em termos de eficiência operacional quanto de qualidade da água tratada.

É interessante que estudos adicionais sejam conduzidos para investigar ainda mais as condições específicas de operação e as características da água do Rio Cuiabá.

5. DECLARAÇÕES

5.1. Open Access

Este artigo está licenciado sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 (CC BY 4.0), que permite o uso, compartilhamento, adaptação, distribuição e reprodução em qualquer meio ou formato, desde que você dê o devido crédito ao (s) autor (es) original (is) e a fonte, forneça um link para a licença Creative Commons e indique se foram feitas alterações. As imagens ou outro material de terceiros neste artigo estão incluídos na licença Creative Commons do artigo, a menos que indicado de outra forma em uma linha de crédito para o material. Se o material não estiver incluído na licença Creative Commons do artigo e seu uso pretendido não for permitido por regulamentação legal ou exceder o uso permitido, você precisará obter permissão diretamente do detentor dos direitos autorais. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

7. REFERÊNCIAS:

1. Possavatz, J., Zeilhofer, P., Pinto, A. A., Tives, A. L., & Dores, E. F. G. de C. (2014). Resíduos de pesticidas em sedimento de fundo de rio na Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 9, p. 83-96.
2. Vallejos, I. I., Zúñiga, C. H., & Alcântara, L. C. S. (2022). Artes, ofícios y saberes locales: Desarrollo a Escala Humana y Buen Vivir para un microsistema educativo en São Gonçalo Beira Rio, Brasil. *Revista Portuguesa de Educação*, 35(1), 331-360.
3. Sombra Neto, L. L., Silva, F. V. E. D., Barbosa, A. C. M., Carneiro, F. F., & Pessoa, V. M. (2022). Condições de vida e saúde de famílias rurais no sertão cearense: desafios para Agenda 2030. *Saúde em Debate*, 46, 148-162.
4. Soares, J. A., da Silva Peixoto, F., & Ribeiro, V. S. (2022). Conflicts over water in Brazil. *Sociedade & Natureza*, 34, e59410.
5. Di Bernardo, L.; Dantas, Â. D. B. (2006). Métodos e técnicas de tratamento de água. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 11(2), 107-107.
6. Lopes, V. D. S., Silva, L. M. D. A., Moruzzi, R. B., & Oliveira, A. L. D. (2020). Estudo da coagulação/floculação de água com

- turbidez moderada na sedimentação e flotação por ar dissolvido. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 25, 567-572.
7. Simões, W. L., Angelotti, F., Guimarães, M. J. M., Silva, J. S. D., Silva, R. M., & Barros, J. R. A. (2022). Water-use efficiency and onion quality in future climate scenarios. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 52.
 8. Pisceselia, D., Arita, S., & Agustina, T. (2023). Pulp and Paper Wastewater Treatment with Bottom Ash Using Jar Test. In *Journal of Ecological Engineering* (Vol. 24, Issue 1, pp. 188–194). Wydawnictwo Naukowe Gabriel Borowski (WNGB).
 9. Alves, A. G. T., Pacheco, I. da S., Freitas, A. B., Ribeiro, E. A. M., Canobre, S. C., & Amaral, F. A. do. (2022). Investigation of new natural coagulant - cationic hemicellulose associated with cationic tannin - for coagulation/dissolved air flotation (C/DAF) in the treatment of industrial effluent. *Revista Ambiente & Água*, 17.
 10. Marbelia, L., Bilad, M. R., Rens, P., & Vankelecom, I. (2023). Combined Filtration and Flocculation for *Chlorella vulgaris* Harvesting. In *Micro and Nanosystems* (Vol. 15, Issue 1, p. 28–34). Bentham Science Publishers Ltd.
 11. Moreno, A. C. (2023). Uso do Policloreto de Alumínio (PAC): vantagens sobre o Sulfato de Alumínio em sistema de tratamento de água. Editora Dialética.
 12. Lemos, K. S., de Aguiar Filho, S. Q., & Cavallini, G. S. (2020). Avaliação comparativa entre os coagulantes sulfato de alumínio ferroso e policloreto de alumínio para tratamento de água: estudo de viabilidade econômica. *DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, 7(1), 109-119.
 13. Ferraz, C. J. (2020). Método para determinação de oxigênio dissolvido em águas utilizando complexo Mn III-EDTA.
 14. Mesquita, A. G. G., dos Santos, W. L., & de Menezes Furtado, C. (2020). *Águas de Rio Branco: Dos Lençóis Freáticos às Torneiras*. Editora Appris.
 15. Kamiwada, W. Y., Andrade, P. V., & Reis, A. G. D. (2020). Emprego do cloreto de polialumínio em estudos de tratabilidade de água de abastecimento via coagulação, floculação e sedimentação. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 25, 667-676.