

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE COAGULANTES INORGÂNICOS E ORGÂNICO NA TRATABILIDADE DA ÁGUA NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.IX-030>

Byanca Lorraine Bezerra Amador (*), Juliana Moreira da Silva, Ana Julia Soares Barbosa

* Universidade do Estado do Pará / Campus VIII Marabá – amadorbyanca@gmail.com

RESUMO

O tratamento de água surge para garantir que todo ser humano tenha condições de consumir água potável. Dessa forma, após a captação, a água está sujeita a processos químicos e físicos que a adequam em critérios de qualidade para consumo humano, sendo assim, a estação de tratamento de água possui o objetivo de transformar água bruta em água potável. Dessa forma o objetivo do estudo é realizar ensaios em bancada para o tratamento de água para analisar o comportamento e eficiência de coagulantes, nos processos de clarificação para produção de água tratada, e seu desempenho na remoção das variáveis de qualidade da água, cor aparente e turbidez, em diferentes amostras. Os testes foram feitos no *Jar test*, um equipamento que simula o processo de coagulação e floculação por meio da agitação rápida e lenta das amostras. A área de estudo é a Estação de Tratamento de Água (ETA) de Marabá-PA, que realiza a captação de água do Rio Tocantins. Para aplicação do estudo seguiu a metodologia de coleta de água bruta diretamente na ETA, após, determinação das dosagens e determinar os parâmetros do jar-test. Com os resultados alcançados na primeira e segunda bateria de testes, onde os coagulantes foram submetidos as mesmas condições das características da água bruta que foram previamente analisados e com características semelhantes, apresentaram valores variados de eficiência. observa-se que a remoção da turbidez e cor, tanto para o PAC quanto para o tanino, apresentou resultados eficazes onde o sulfato apresentou os melhores resultados de eficiência tanto para a cor e turbidez em comparação ao PAC e tanino.

PALAVRAS-CHAVE: Sulfato, PAC, Tanino, *Jar-test*, Tratamento de água.

INTRODUÇÃO

A água possui grande importância para a humanidade, isto é, civilizações desde a idade antiga até a idade contemporânea deixaram evidente o quão este recurso natural é relevante para a saúde e bem-estar do homem, durante esse período o consumo da água passou por modificações em decorrência dos avanços tecnológicos que possibilitaram a melhoria do sistema de abastecimento de água.

Ao longo do tempo, a evolução e o crescimento demográfico passaram a exigir maior quantidade e fácil acesso a fontes de água tratada, além disso, este recurso ao ser destinado ao consumo humano, necessariamente, precisa estar tratada, limpa e livre de qualquer contaminação que ao ser consumido não cause mazelas à saúde da população (MICHELAN *et al.*, 2019).

O tratamento de água surge para garantir que todo ser humano tenha condições de consumir água potável. Dessa forma, após a captação, a água está sujeita a processos químicos e físicos que a adequam em critérios de qualidade para consumo humano, sendo assim, a estação de tratamento de água possui o objetivo de transformar água bruta em água potável. Logo, a escolha do processo de tratamento se dá mediante fatores econômicos e baseados na qualidade da água bruta (MICHELAN *et al.*, 2019). As especificações da água bruta determinam como a ETA irá funcionar fazendo uso das melhores técnicas de tratamento, produtos químicos, bem como, as variações das estações, uma vez que, isto implicará de forma direta na dosagem de agentes químicos (BRAGA, 2014).

A água destinada para consumo humano é avaliada por vários parâmetros físicos, químicos e biológicos a fim de assegurar a saúde coletiva da população. A qualidade química, física e biológica das águas fluviais apresenta grande variabilidade, e são influenciadas pelas dinâmicas de fatores naturais, os fatores climáticos, como a temperatura, umidade, ventos e precipitação, a influência do tipo de rochas e substrato da região e pela vegetação. (FRITZSONS *et al.*, 2009)

OBJETIVO

Objetivo deste trabalho foi realizar ensaios em bancada para o tratamento de água no equipamento Jar – Test para analisar o comportamento e eficiência de coagulantes, nos processos de clarificação para produção de água tratada, e seu desempenho na remoção das variáveis de qualidade da água, cor aparente e turbidez, em diferentes amostras.

METODOLOGIA

• Área de estudo

A pesquisa será realizada no município de Marabá (figura 01), o município está situado entre as coordenadas geográficas Latitude: 05° 22' 07" Sul e Longitude: 49° 07' 04" Oeste, na mesorregião do Sudeste Paraense e na microrregião de Marabá-PA, no estado o Pará, com uma população estimada de 266.533 habitantes distribuídos no território de 15.128,058 km², segundo o IBGE (2022).

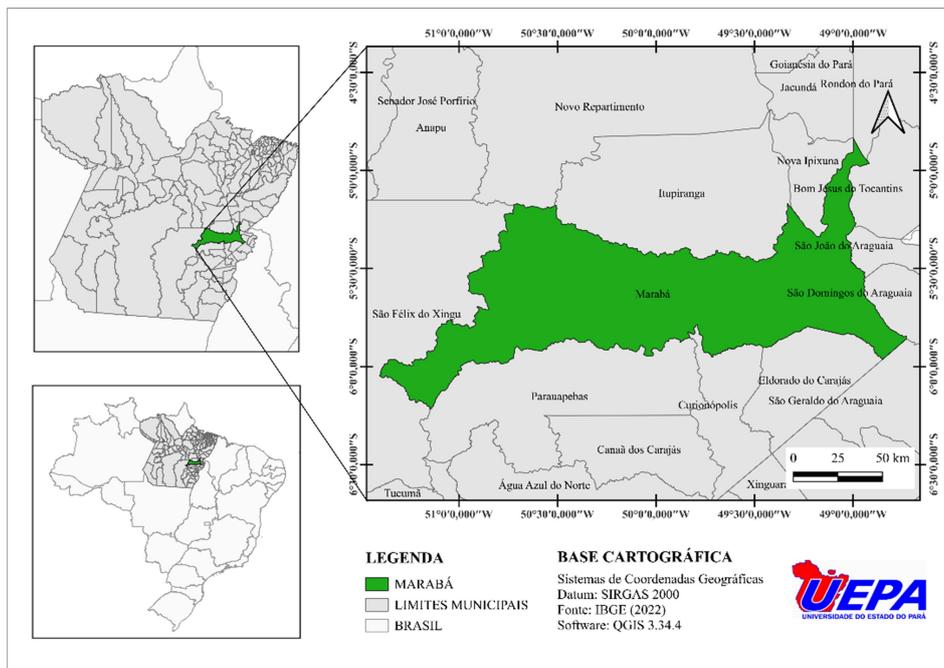


Figura 01: Mapa de localização do município de Marabá - PA. Fonte: Autores, (2024).

Quanto aos aspectos climáticos, o município de Marabá apresenta um clima tropical semiúmido (Aw), temperatura média anual por volta dos 26 °C e um índice pluviométrico elevado, com aproximadamente 2.200 milímetros (mm) anuais. Na região, os meses com maior média de pluviosidade são março com 421 mm e fevereiro, 405 (mm), enquanto os menores índices pluviométricos são agosto 15 (mm) e julho 24 (mm) (HOFFMANN ET AL., 2018).

O município de Marabá encontra-se na confluência dos rios Tocantins e Itacaiúnas, pertencentes à macrorregião hidrográfica da Bacia Tocantins-Araguaia (SEMA, 2014). Nos limites municipais de marabá, o Rio Itacaiúnas percorre uma área municipal de aproximadamente 200 km e o Rio Tocantins percorre cerca de 50 km (ARAÚJO ET AL., 2023).

O Rio Tocantins tem uma extensão de 2400 km e tem origem nos Rios Paraná e Pirineus, tendo como principais afluentes pela margem direita os Rios Manoel Alves, do Sono e Manoel Alves da Natividade e pela margem esquerda, os Rios Araguaia, Santa Teresa e Itacaiúnas (LIMA, 2004).

O Rio Itacaiúnas tem uma extensão de 390 km de comprimento, com a nascente localizada no município de Água Azul do Norte (CIRILO E ALMEIDA, 2020). Os afluentes principais que constituem o rio Itacaiúnas são: rio Madeira, rio Parauapebas, rio Oneã, rio Aquiri, rio Vermelho, rio Sororó, rio Tapirapé e rio Preto (SILVA, 2021).

• Estação de tratamento de água de Marabá

A água bruta será coletada na Estação de Tratamento de Água - ETA (figura 02), que capta água do Rio Tocantins. A coleta foi realizada na ETA, por meio de garrafões de 20 L.

A ETA apresenta ciclo completo, ou seja, utiliza o tratamento físico-químico convencional, a água bruta é captada a partir do manancial superficial e bombeada para a estação de tratamento. O tratamento convencional de água é caracterizado pela presença dos ciclos de coagulação, floculação, decantação e filtração. Posteriormente a essas etapas, a água passa pela desinfecção e fluoretação e logo é distribuída para a população (LACERDA, RÄDER E LOPES, 2019). Na ETA em estudo, não há os processos de fluoretação e correção de pH da água.

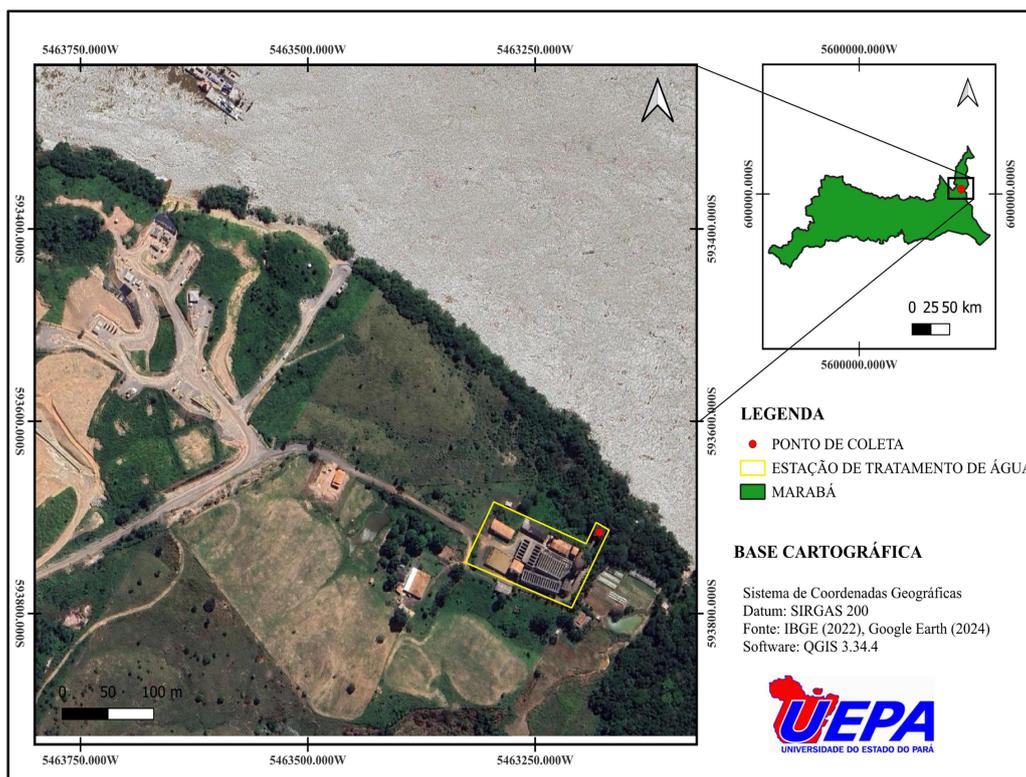


Figura 02: Mapa de localização do ponto de coleta de água. Fonte: Autores (2024).

• Determinação das dosagens

Para os testes de coagulação, será utilizado os coagulantes: policloreto de alumínio (PAC) da empresa QuimisulSC, o sulfato de alumínio da linha BAUSAN® do grupo BAUMINAS, atual agente coagulante utilizado na ETA da cidade de Marabá - PA e o tanino em pó da espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. As soluções de todos os coagulantes inorgânicos serão preparadas a 1% v/v, correspondendo a 1,0 ml do coagulante diluído em 100 ml de água destilada, no preparo da solução do tanino será pesado 10 gramas do produto químico diluído em 1 L de água destilada (10 mg/ L-1).

As dosagens, adicionadas nos ensaios para o PAC e Sulfato de Alumínio, serão adaptadas baseando-se em dados de turbidez e cor inicial e na relação entre produto ativo e comercial, conforme preconizado por Silva (2022). A faixa de varredura de dosagem do coagulante orgânico tanino será determinada conforme as faixas utilizadas por (SKORONSKI ET AL., 2014; Silveira Et al., 2021; Silveira Et al., 2019). O escalonamento de distribuição inicial entre os jarros utilizados nos ensaios para o tanino será de 2,5 mg L-1.

Para determinar o volume que será retirado da diluição a 1% do tanino e vertidos nos jarros com a variação da concentração pré-determinada do coagulante será realizado um cálculo presente na (equação 01) apresentada por Di Bernardo (2011).

$$V.ad = (Dos . V.jar)/(C.sol) \quad \text{equação (1)}$$

Em que:

V.ad.: Volume da solução do produto químico adicionado (ml);

Dos: Dosagem do produto químico resultante no jarro (mg/L -1).

V. jar: volume do jarro do equipamento Jar teste (L).

C. sol: concentração da solução preparada do produto químico (mg/ml -1).

Após a determinação das dosagens iniciais, para verificar a concentração ideal para cada coagulante ao nível de bancada, será realizado o teste de Jarros, que consiste na análise das diferentes faixas de concentrações dos coagulantes comerciais em escala laboratorial. Os ensaios Jar-test foram realizados com o FlocControl IV da marca POLICONTROL aparelho digital com possibilidade de agitação de 10 a 300 rpm em 6 jarros com capacidade de 2.000 ml. O equipamento consiste em uma base 14 sobre a qual são colocados os 6 jarros com hastes para a agitação programada.

As fases dos ensaios de Jar-test simulam as três etapas de processo da ETA, coagulação, floculação e decantação. As amostras serão adicionadas aos seis jarros com diferentes volumes de coagulantes, permitindo assim avaliar a eficiência de diferentes concentrações dos reagentes.

Para verificar a eficiência de remoção do parâmetro turbidez e cor, foi utilizada a (Equação 2) adaptada de acordo com Jiménez e Jumbo (2024), para constatar qual coagulante é o mais eficiente na remoção da turbidez e cor da água bruta, esse parâmetro servirá para definir as dosagens ótimas de coagulante.

$$E\% = (Ps - Pd)/Ps \cdot 100 \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

E: eficiência de remoção (%);

Ps: Parâmetro sem tratamento;

Pd: Parâmetro depois do tratamento

Conforme Jiménez e Jumbo (2024), esta fórmula pode ser aplicada tanto para a remoção da turbidez quanto para a cor, posteriores ao tratamento, pois, evidencia-se uma relação diretamente proporcional, v isto que é comprovado que quanto maior for a dosagem de coagulante, mais sólidos suspensos se precipitaram e maior a eficiência de remoção.

• **Determinação dos Parâmetros Jar-Test**

Será realizado o teste de Jarros, que consiste na análise das diferentes faixas de concentrações dos coagulantes comerciais em escala laboratorial. Os ensaios Jar-test foram realizados com o FlocControl IV da marca POLICONTROL aparelho digital com possibilidade de agitação de 10 a 300 rpm em 6 jarros com capacidade de 2.000 ml. O equipamento consiste em uma base 14 sobre a qual são colocados os 6 jarros com hastes para a agitação programada (figura 3).

As fases dos ensaios de Jar-test simulam as três etapas de processo da ETA, coagulação, floculação e decantação. As amostras serão adicionadas aos seis jarros com diferentes volumes de coagulantes, permitindo assim avaliar a eficiência de diferentes concentrações dos reagentes.

Para este estudo será calculado os gradientes de velocidade (G) da mistura rápida e lenta, tempo de retenção ou tempo de mistura (T). A rotação necessária para se alcançar os gradientes de velocidade obtidos nos cálculos serão determinadas por meio de um gráfico retirado do manual de operação do aparelho de jar test. Para calcular o gradiente de velocidade e tempo de retenção da mistura rápida, foram utilizadas as Equações de acordo com Richter (2011), e as dimensões padronizadas para a calha Parshall de 2' polegadas e os valores das constantes k e n, e para cálculo do gradiente de velocidade (G) da mistura lenta será utilizado a equação estabelecida por Richter (2011). O tempo de retenção da mistura lenta e o tempo de decantação foram utilizados conforme os dados fornecidos pela ETA. Os resultados obtidos estão demonstrados na tabela 1.

Tabela 1. Programação de controle operacional utilizados. Fonte: Autores (2024).

ETAPA	VELOCIDADE (rpm)	DURAÇÃO
Tempo de mistura rápida (coagulação)	300 rpm	10 seg
Tempo de mistura lenta (Floculação)	70 rpm	15 min
Tempo de sedimentação	0 rpm	15 min

RESULTADOS

• **Caracterização da água bruta superficial**

Os parâmetros de qualidade da água foram aferidos antes e após o tratamento da água, com o intuito de avaliar as variações das dosagens dos coagulantes e analisar a eficiência de remoção de partículas solúveis. Os parâmetros da água bruta estão descritos da tabela 2.

Tabela 2. Características físico-químicas da água da captação do Rio Tocantins, no município de Marabá- PA, durante o período de testes. Fonte: Autores, 2024

Água Bruta do Rio Tocantins		
Parâmetros	29/abril	30/abril
Turbidez	37,4 unT	36,2 unT
pH	7,1	7,1
Cor	98,7 uC	100 uC

• Análise dos ensaios de bancada *jar-test*

Os experimentos procederam-se com aplicação de diferentes dosagens para cada coagulante na primeira bateria de testes, posteriormente com os resultados obtidos foram definidas as dosagens para a próxima bateria a partir de uma nova razão de adição de coagulante a partir dos melhores resultados obtidos no ensaio 1. As dosagens definidas estão expostas na tabela 3.

Tabela 3. Dosagens aplicada a cada tratamento da bateria de ensaios 1. Fonte: Autores, 2024

Jarros	Dosagens (ml)		
	Sulfato	PAC	Tanino
1	4,2	1,8	1,5
2	5,5	2,3	2,0
3	6,7	2,9	2,5
4	8,0	3,4	3,0
5	9,2	4,0	3,5
6	10,5	4,5	4,0

Considerando os resultados quanto ao coagulante que apresenta melhor eficiência, os dados obtidos foram tratados com o auxílio do software Excel que possibilita representar graficamente as taxas de eficiência de remoção obtidos com os ensaios. Para avaliação dos resultados com os diferentes coagulantes utilizados, foi elaborado uma comparação entre os dados obtidos com as melhores eficiências de remoção da turbidez em cada ensaio realizado. Os resultados obtidos utilizando o PAC e tanino e sulfato a 1% estão representados nas (Figuras 3), abaixo:

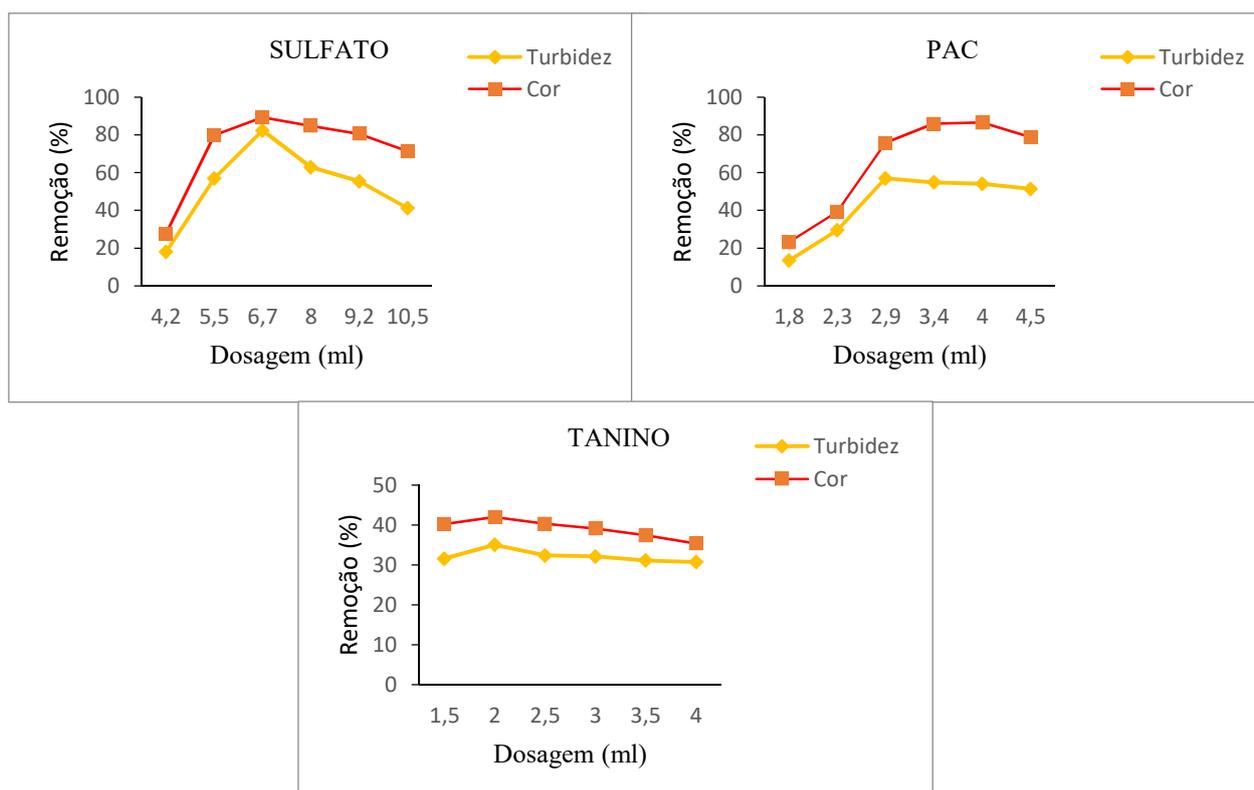


Figura 3: Gráficos comparativos para a remoção de Turbidez e remoção de Cor da bateria de ensaios 1.

No **ensaio 1** foram avaliadas as dosagens 4,2 a 10,5 ml para o Sulfato, 1,8 a 4,5ml para o PAC e 1,5 a 4 ml para o tanino, o pH e turbidez e cor natural da água bruta, foram 7,1, 37,4 uT e 98,7 uC respectivamente. A partir da variação da dosagem para os diferentes coagulantes, percebe-se que o sulfato apresentou variação expressiva de remoção para os parâmetros analisados, com melhor desempenho com a dosagem de 6,7ml para remoção da cor quanto turbidez com taxa de remoção de 89,26% e 82,3% respectivamente. Já o PAC apresentou padrões de variação de eficiência para os parâmetros analisados, com dosagem de 4ml apresentando maior taxa de eficiência com 86,52% para a remoção da cor, enquanto para a remoção da turbidez a melhor dosagem foi de 56,95%. O tanino mostrou-se menos eficiente para a remoção dos parâmetros analisado, onde os melhores resultados alcançados foram de 2 ml com remoção de 35% para turbidez e 41% para a cor.

Com os resultados alcançados para a primeira bateria de ensaios, onde os coagulantes foram submetidos as mesmas condições das características da água bruta que foram previamente analisados, apresentaram valores variados de eficiência, onde o sulfato apresentou os melhores resultados de eficiência tanto para a cor e turbidez em comparação ao PAC que obteve ótimos valores de cor, entretanto não apresentando tanto eficiência para a remoção da turbidez em comparação ao sulfato. Já o tanino mostrou-se menos eficiente em comparação aos coagulantes inorgânicos utilizados nesse ensaio.

Os resultados para a bateria de ensaio 2 estão descritos na (Figura 4), e são as dosagens realizadas a partir dos melhores resultados obtidos da bateria de ensaio 1 e posteriormente definido uma nova razão de coagulante. As dosagens definidas estão expostas na tabela 3.

Tabela 4. Dosagens aplicada a cada tratamento da bateria de ensaios 2. Fonte: Autores, 2024

Jarros	Dosagens (ml)		
	Sulfato	PAC	Tanino
1	6,0	3,2	0,4
2	6,6	3,5	0,6
3	7,3	3,8	0,8
4	7,9	4,0	1,0
5	8,5	4,8	1,2
6	9,1	5,0	1,4

Para avaliação dos resultados com os diferentes coagulantes utilizados, foi elaborado uma comparação entre os dados obtidos com as melhores eficiências de remoção da turbidez em cada ensaio realizado na bateria 2. Os resultados obtidos utilizando o PAC e tanino e sulfato a 1% estão representados nas (Figuras 4), abaixo:

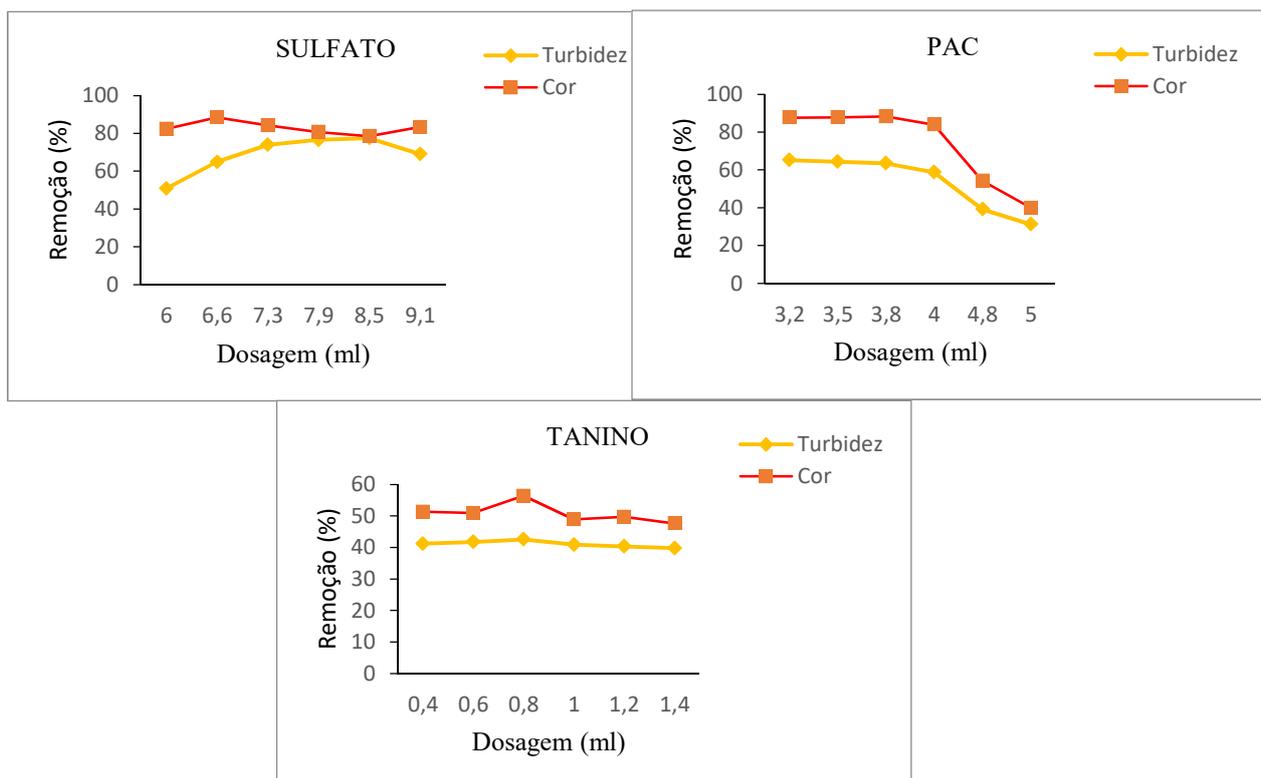


Figura 3: Gráficos comparativos para a remoção de Turbidez e remoção de Cor da bateria de ensaios 1

Para o **ensaio 2**, foram avaliadas as dosagens 6,0 a 9,1 ml para o Sulfato, 3,2 a 5,0 ml para o PAC e 0,4 a 1,4 ml para o tanino, o pH e turbidez e cor natural da água bruta, foram 7,1, 36,2 uT e 100 uC respectivamente. A partir da variação da dosagem para os diferentes coagulantes, percebe-se que o sulfato apresentou variação expressiva de dosagens de remoção para os parâmetros analisados, com melhor desempenho com a dosagem de 8,5 ml para remoção da turbidez com taxa de remoção de 77,5% e melhor dosagem de 6,6 ml para remoção da cor com remoção de 88,5%. E o PAC também apresentou padrões de variação para diferentes dosagens na eficiência para os parâmetros analisados, com dosagem de 3,5 ml apresentando maior taxa de eficiência com 88,2% para a remoção da cor, enquanto para a remoção da turbidez a melhor dosagem foi 3,2 ml com remoção 65%. O tanino também se mostrou menos eficiente para a remoção dos parâmetros analisado mesmo após mudar as dosagens, que foram consideradas baixas neste estudo. Os melhores resultados alcançados para a remoção de cor foi a dosagem de 0,8 ml com remoção de 56,4% de eficiência e para turbidez 48,5%.

Com os resultados alcançados na primeira e segunda bateria de testes, onde os coagulantes foram submetidos as mesmas condições das características da água bruta que foram previamente analisados e com características semelhantes, apresentaram valores variados de eficiência. observa-se que a remoção da turbidez e cor, tanto para o PAC quanto para o sulfato, apresentou resultados eficazes onde o sulfato apresentou os melhores resultados de eficiência tanto para a cor e turbidez em comparação ao PAC que obteve ótimos valores de cor, entretanto não apresentando tanto eficiência para a remoção da turbidez em comparação ao sulfato, entretanto, é importante ressaltar que os valores de eficiência estão próximos entre o sulfato e o PAC, só que com dosagens menores e com eficiência semelhante ao sulfato que utilizou dosagens maiores. Já o tanino mostrou-se menos eficiente em comparação aos coagulantes inorgânicos utilizados nesse ensaio.

Nesse contexto, identifica-se que conforme o aumento das dosagens a turbidez e a cor diminuía a eficiência de remoção, com dosagens na faixa mediana para todos os coagulantes. A portaria GM/MS nº888/2021 estabelece como padrão de potabilidade valores (< 5,0 uT), o que não foi atingido nesse estudos para as duas baterias de ensaios para os diferentes coagulantes, dessa forma há necessidade de testar novas dosagens, para atingir os valores exigidas pela normas legais.

Nos ensaios em escala laboratorial utilizando o equipamento *Jar -Test* não houve adição de alcalinizante nem correção de pH, pois a alcalinidade natural da água do manancial estava no necessário para a reação com os agentes coagulantes. E também porque foram seguidos os procedimentos de acordo com os realizados na ETA do município de Marabá. Os experimentos realizados evidenciam que tanto os coagulantes inorgânicos (sulfato de alumínio e PAC) quanto o coagulante orgânico (tanino) possuem potencial de utilização no tratamento de água no município de Marabá, com variações em eficácia dependendo das condições de dosagem e parâmetros iniciais da água bruta. A escolha do coagulante e sua dosagem devem ser otimizadas para garantir a eficiência máxima no processo de tratamento.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados dos ensaios conduzidos no estudo sobre a eficiência de diferentes coagulantes no tratamento de água no município de Marabá-PA, podemos concluir que tanto os coagulantes inorgânicos quanto o coagulante orgânico demonstraram eficácia variada na remoção de turbidez e cor da água bruta. O sulfato mostrou-se consistentemente eficaz em diversas dosagens para a redução de ambos os parâmetros, enquanto o policloreto de alumínio (PAC) apresentou uma maior eficiência em alguns pontos específicos de dosagem. O coagulante orgânico, tanino, apesar de sua natureza sustentável e renovável, demonstrou uma eficiência ligeiramente inferior na remoção de turbidez e cor, mas ainda significativa.

Esses resultados indicam que há potencial para o uso de coagulantes orgânicos como alternativas viáveis aos coagulantes inorgânicos tradicionais, especialmente em um contexto onde a sustentabilidade e a redução do impacto ambiental são prioridades. No entanto, é essencial considerar a variação na eficiência de acordo com as dosagens aplicadas e as condições específicas de cada ensaio. Com base nos dados coletados, recomenda-se uma avaliação contínua e ajustes finos nas dosagens para otimizar os processos de tratamento de água em Marabá, garantindo assim a qualidade da água fornecida à população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, A.N; CARVALHO, B.C; ROSSETE, A.N. SILVA, R. C.F; LIMA, J.L.L. Dinâmica da Paisagem no Estudo Da Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente das Sub-Bacias do Rio Itacaiunas-Município de Marabá(PA). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.16, n.03, p.1586-1599, 2023.

2. BRAGA, F. P. Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de água do município de juiz de fora-mg. **Trabalho de conclusão de Curso. Universidade Federal de juiz de Fora**, 2014.
3. BRASIL. PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
4. FRITZONS, E; MANTOVANI, L.E; NETO, A.C; HINDI, E.C. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14 n.3, p. 381-390, 2009.
5. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Marabá. **Informações estatísticas**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/maraba.html>. Acesso em: 01 jun. 2024.
6. JIMÉNEZ-JUMBO, Luis David et al. Aplicación de diferentes coagulantes inorgánicos y evaluación de costos en la clarificación del agua de ríos de la amazonia ecuatoriana. **MQRInvestigar**, v. 8, n. 1, p. 686-705, 2024.
7. LACERDA, A.B; RÄDER, A.S; LOPES, E.S. A eficiência de remoção de coliformes em uma estação de tratamento de água convencional. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 5, n. 6, p. 7523-7539 2019.
8. LIMA, J. E. F. W; SANTOS, P.M.C; CARVALHO, N.O; SILVA, E.M. **Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, Brasília, DF: ANEEL: ANA, 2004.
9. 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. 2, p. 7-14, 2019.
10. RICHTER, C. A. **Água: Métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2011. 340p.
11. SILVA, R. C. F. Análise da bacia hidrográfica do rio Itacaiúnas (BHRI): subsídio ao planejamento ambiental. **Dissertação (Mestrado)**. Belém, UFPA, 2021.
12. SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES, M.V; TREVISAN, V. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. **Ambiente e Água**. vol. 9 n. 4 Taubaté, 2014.