



AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS COAGULANTES PAC-12 E PAC-23 EM UMA ESTAÇÃO DE CICLO COMPLETO

Isabel Cristina Lima Freitas⁽¹⁾

Tecnóloga em Processos Químicos. Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental (IFCE).

Keyle Alves Freitas⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista (FBUNI). Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico (FIC).

Ana Beatriz Mendonça Sousa⁽³⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista (UNIFANOR).

Fabrcia de Melo Bonfim⁽⁴⁾

Bióloga (UECE). Mestre e Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFC).

Maria Verônica Lopes Rocha⁽⁵⁾

Tecnóloga em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (CENTEC). Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos (IFCE).

Lucicleide Maria da Silva⁽⁶⁾

Tecnóloga em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (CENTEC). Especialista em Gestão Ambiental (Faculdade de Selviria).

Endereço⁽¹⁾: Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE. Rua Av. Dr. Lauro Vieira Chaves, 1030 – Vila União CEP: 60.422-901 | Fortaleza – CE – Brasil – Tel: (85) 31011875 – e-mail: isabel.freitas@cagece.com.br

RESUMO

O custo com produtos químicos representa cerca de um terço nos custos totais de uma estação de tratamento de água e tendo em vista a variabilidade da qualidade dos mananciais e tecnologias de tratamento de uma companhia de saneamento, faz-se necessário a prospecção constante de novos produtos que possam servir de alternativa ao tratamento, avaliando-se tanto aspectos qualitativos quanto econômicos. Dessa forma, o presente trabalho apresenta um estudo realizado na estação de tratamento de água de ciclo completo, localizada no município de Lavras da Mangabeira, Ceará. O estudo traçou um comparativo entre dois coagulantes distintos visando ampliar as opções de coagulantes utilizados no processo de tratamento da ETA avaliada. Os coagulantes avaliados foram o PA-23, que já é utilizado largamente na CAGECE, e o PAC-12. Os estudos realizados apresentaram resultados satisfatórios para os parâmetros de turbidez filtrada, turbidez tratada e cor aparente da água tratada, mantendo a qualidade da água conforme os padrões exigidos pela portaria de 4 de maio de 2021. GM/MS 888, de 2021 em ambos os coagulantes avaliados. Contudo, o PAC-12 apresentou uma redução de custo de aproximadamente 52% em relação ao tratamento utilizado atualmente na ETA.

PALAVRAS-CHAVE: PAC-12, PAC-23, tratamento de água.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a existência da vida, a qual está presente na maioria dos processos biológicos dos seres vivos, além de ser utilizada em larga escala em atividades antrópicas.

Segundo Campos e Studart (2001), a água era considerada, no passado, um recurso inesgotável, e, por isso, sua gestão era descomprometida com a preservação ambiental. Hoje, a água, juridicamente tutelada pelo Estado, um direito irrenunciável à dignidade do ser humano, é considerada um recurso natural limitado e sua gestão deve sempre proporcionar o uso múltiplo, exceto em situações de escassez hídrica (BRASIL, 1997).

Por outro lado, o desenvolvimento tecnológico e científico experimentado a partir do século XVIII permitiu uma explosão demográfica mundial e aumentou consideravelmente a demanda hídrica global e seus níveis de poluição. Devido a isso, a água necessita ser submetida a processos de tratamento em Estações de Tratamento de Água (ETA), com o objetivo de reduzir e/ou eliminar contaminantes físicos, químicos e biológicos, que de

algum modo venham comprometer a ordem sanitária, estética e econômica da água (BRASIL, 2017).

O tratamento da água nas ETAs envolve o emprego de diferentes operações e processos unitários para adequar a água de diferentes mananciais aos padrões de qualidade definidos pelos órgãos de saúde e agências reguladoras. A escolha do tipo de tratamento de água deve levar em consideração alguns fatores, como tipo de origem da água (subterrânea ou superficial) e os contaminantes presentes.

Uma dessas operações ou processos unitários de tratamento da água é a coagulação. Esta etapa consiste em adicionar coagulantes ao meio líquido com o objetivo, segundo Metcalf e Eddy (2003), de desestabilizar as partículas coloidais e suspensas na água, para sua posterior retirada em processos seguintes.

Nas ETAs operadas pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (Cagece), o coagulante amplamente utilizado é o Policloreto de Alumínio 23% (PAC 23). O PAC é considerado um polímero inorgânico, catiônico pré-polimerizado de alto peso molecular, e desta forma, aglomera as partículas presentes no tratamento de água e efluentes, formando flocos.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência do coagulante químico Policloreto de Alumínio 12% (PAC-12) em relação ao coagulante de referência (PAC-23), como alternativa de tratamento no processo de coagulação da ETA de tratamento convencional de ciclo completo do Sistema Integrado de Quitaiús, da Cagece.

METODOLOGIA

A pesquisa descrita nesse trabalho foi realizada na cidade de Lavras da Mangabeira, na ETA do distrito de Quitaiús, Ceará (Figura 1). Essa localidade possui cerca de 5.400 ligações ativas.

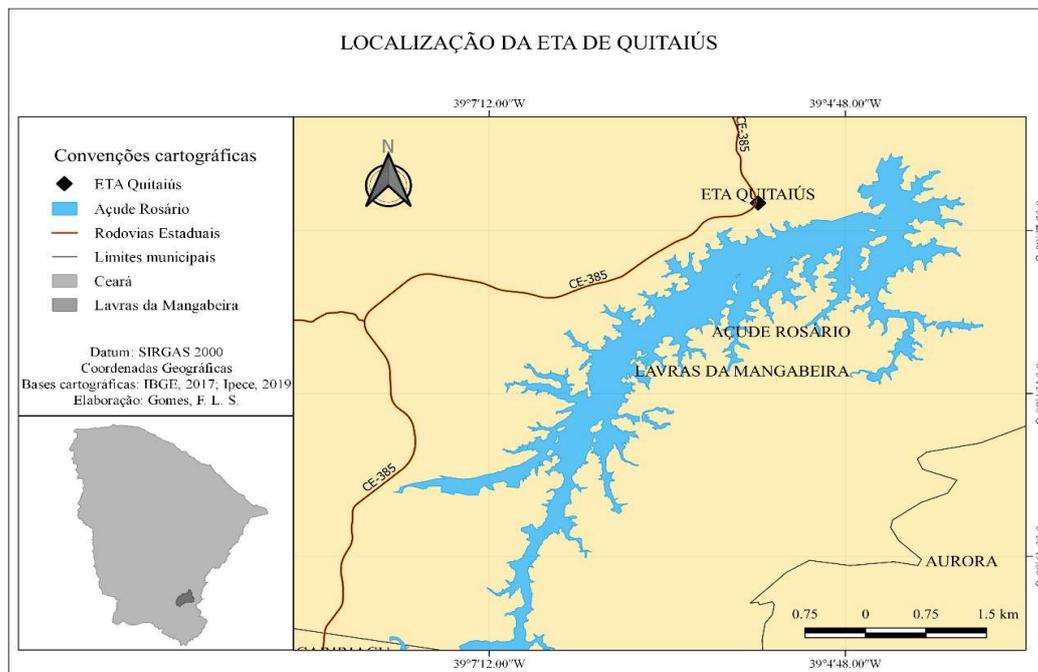


Figura 1: Localização da ETA.



A ETA tem capacidade de tratar até 150 m³/h de água bruta e opera em regime de 24 horas por dia. A tecnologia de tratamento utilizada na ETA Quitaiús é ciclo completo. A ETA é composta de 4 floculadores, 2 decantadores e 5 filtros, conforme apresentado na Figura 2.



Figura 2: Fluxograma do processo de tratamento da ETA Quitaiús

Os coagulantes utilizados no tratamento de água podem ser de origem orgânica ou inorgânica. Dentre os inorgânicos, os mais utilizados são: sulfato de alumínio, policloreto de alumínio (PAC) e cloreto férrico. Entre os orgânicos estão os a base de taninos e poliamidas. Sob o ponto de vista econômico, geralmente, são mais utilizados os inorgânicos, por apresentarem alta eficiência e baixo custo (ROSA, 2019).

Atualmente, o coagulante utilizado no tratamento de água pela CAGECE é o PAC-23, mas tendo em vista a variabilidade da qualidade dos mananciais e tecnologias de tratamento da companhia, faz-se necessário a prospecção constante de novos produtos que possam servir de alternativa ao tratamento, avaliando-se tanto aspectos qualitativos quanto econômicos.

Dessa forma, seguindo o fluxo de prospecção de novos produtos, foram realizados ensaios em escala real na ETA Quitaiús, onde foram avaliadas 3 dosagens distintas de PAC-12 nas mesmas condições operacionais utilizando o PAC 23, conforme Tabela 1.



Aspectos Operacionais		Aplicação dos Produtos Químicos		
Dados da ETA	Valor	Produto Químico Utilizado	Identificação do Produto	Dosagem (ppm)
Vazão (m ³ /h)	140	Coagulante	PAC 12 e PAC 23	-
Filtros: Diâmetro (m) / Área (m ²)	2	Auxiliar de Coagulação	Polímero Catiônico	0,2
Taxa de Filtração (m ³ /m ² dia)	214,01	Pré-Oxidante	NA	-
Vazão Máxima (m ³ /h)	150	Desinfetante	Cloro Gasoso	4,3
Carreira de filtração (hh:mm)	8	Outros		
Vazão (m ³ /dia)	3360			

Tabela 1: Aspectos Operacionais do Teste

A análise dos dados foi feita com base no teste de hipóteses (teste t). O teste t é uma ferramenta útil na estatística quando é necessário comparar médias. O teste foi aplicado para verificar se havia alguma diferença significativa entre as médias dos seguintes parâmetros: turbidez da água filtrada, turbidez da água tratada e cor aparente da água tratada. O nível de confiança utilizado para a análise estatística foi de 95%.

O resultado do teste t não foi o único dado levado em consideração para avaliação da viabilidade técnica, por isso, além da análise estatística foram analisados os dados brutos para fins de atingimento dos padrões exigidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.

RESULTADOS OBTIDOS

Turbidez água filtrada

Esses resultados foram obtidos por meio de análises da turbidez em cada filtro, conforme exigido pela Portaria GM/MS nº 888, em horários diferentes o que permitiu observar o comportamento dessas unidades sob as diversas condições operacionais.

Avaliou-se a eficiência do coagulante PAC-12 em 3 dosagens (Tabela 2) em comparativo ao coagulante de referência utilizado na Companhia PAC-23. Nesses ensaios foi aplicada uma dosagem do polímero catiônico a base de poliácridamida de 0,20 ppm. Os resultados seguem nas Figuras 3 a 7 abaixo.

Ensaio	Dosagem	Coagulante
Referência	31 ppm	PAC-23
1	34 ppm	PAC-12
2	29 ppm	PAC-12
3	26 ppm	PAC-12

Tabela 2: Dosagens utilizadas

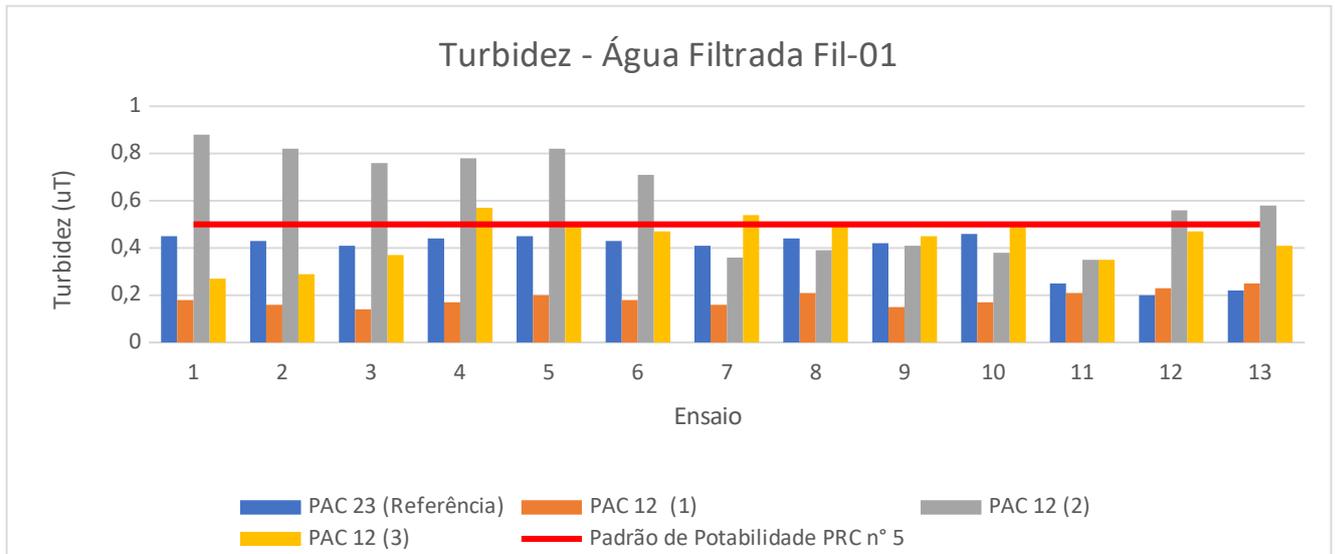


Figura 3: Resultados de turbidez do filtro 1.

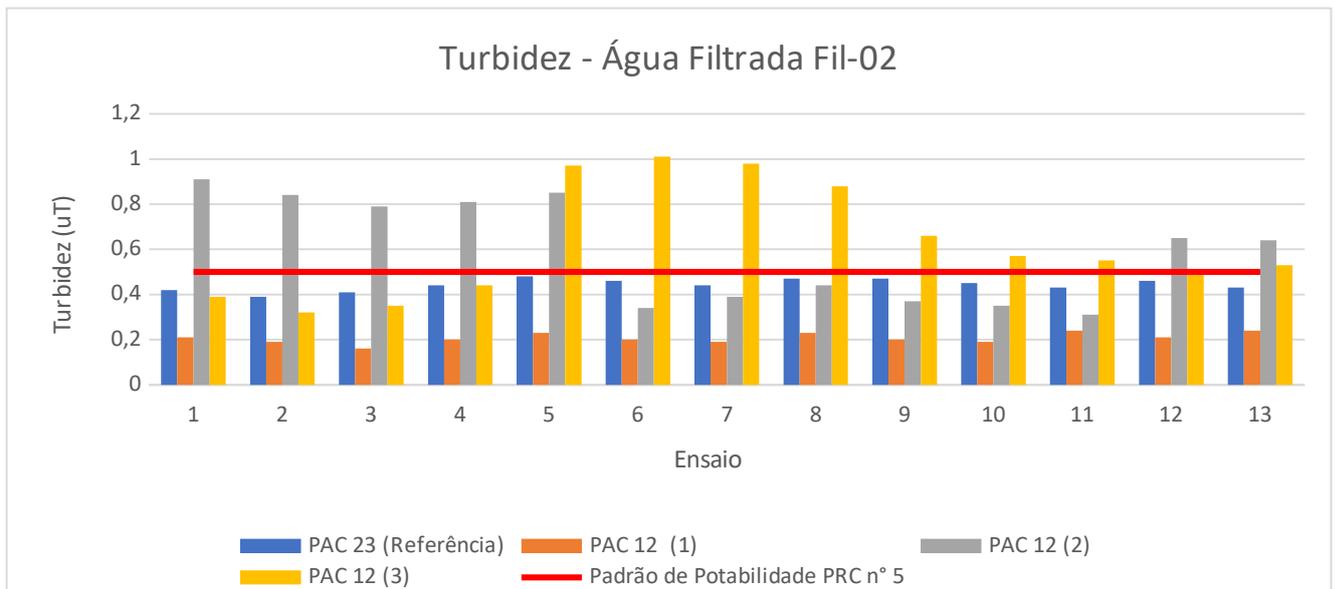


Figura 4: Resultados de turbidez do filtro 2.

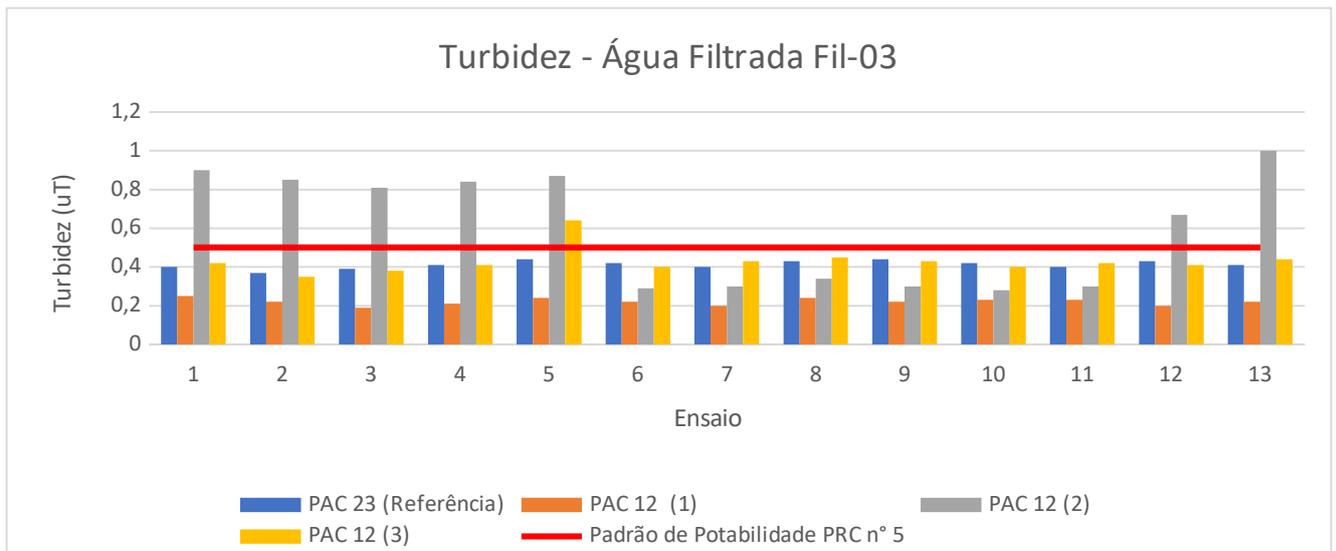


Figura 5: Resultados de turbidez do filtro 3.

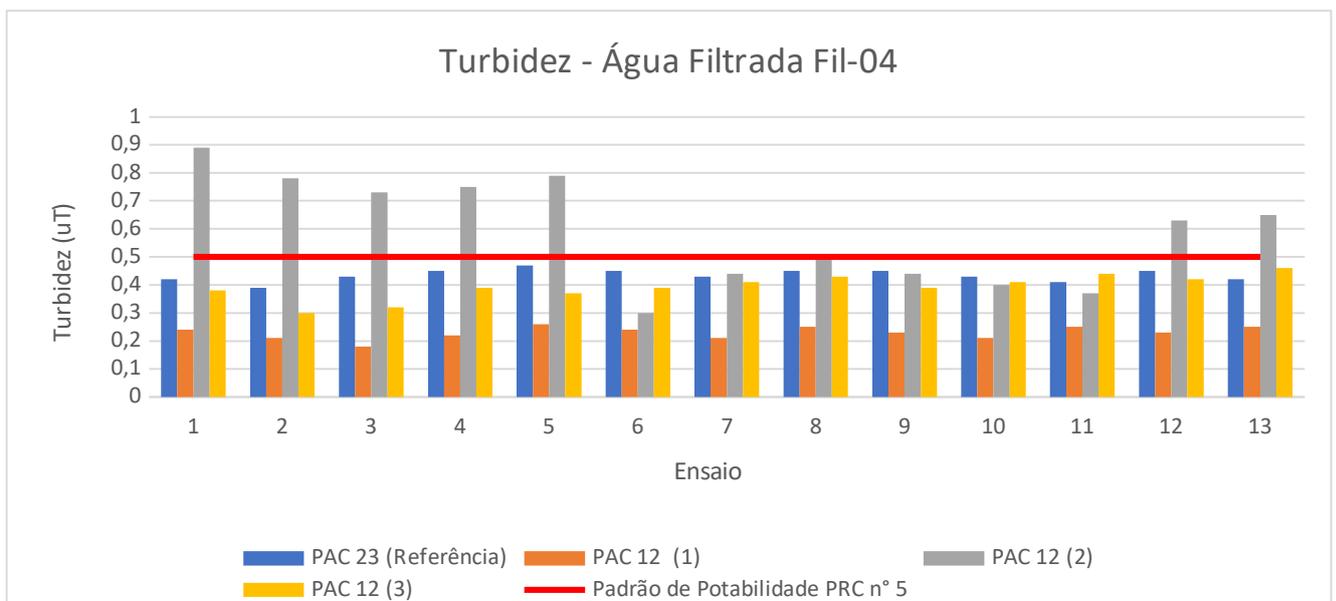


Figura 6: Resultados de turbidez do filtro 4.

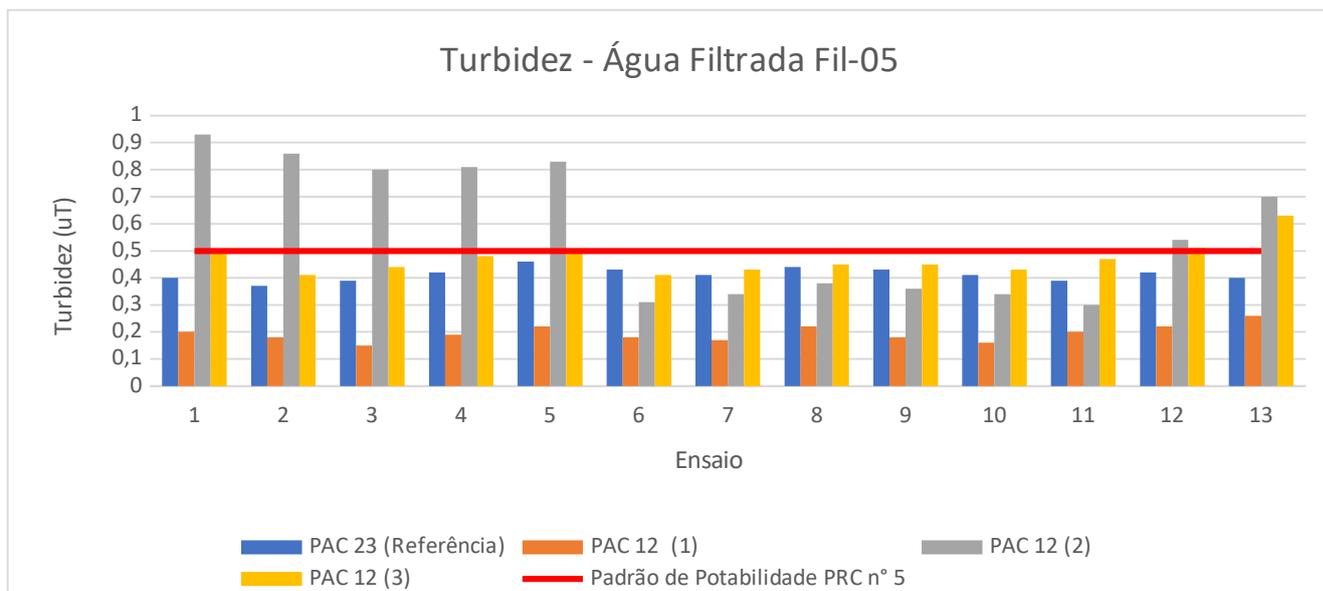


Figura 7: Resultados de turbidez do filtro 5.

Comparando as análises de todos os filtros, baseado nos resultados estatísticos do teste t de Student, o uso do coagulante PAC-12 (dosagem de 29 ppm) não foi satisfatória, apresentando valores acima da Portaria GM/MS nº 888. O uso do PAC-12 na dosagem de 34 ppm apresentou melhor eficiência para todos os filtros. Já os resultados apresentados pelo uso do PAC-12 e PAC-23 nas dosagens de 26 ppm e 31 ppm respectivamente apresentaram a mesma eficiência.

Turbidez água tratada

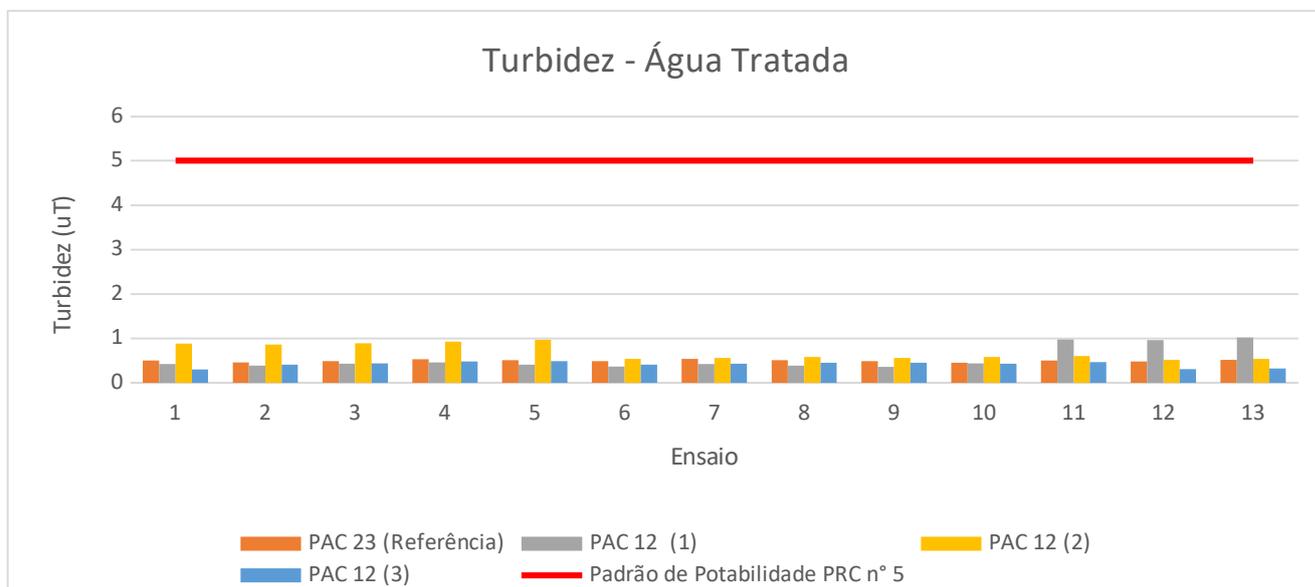


Figura 8: Resultados de turbidez água tratada

Conforme Figura 8, para todos os ensaios o resultado se manteve entre 0 e 1 uT, valores abaixo do padrão da Portaria GM/MS nº 888. Verifica-se que para os ensaios realizados a maior remoção ocorreu na dosagem de PAC-12 de 26 ppm. Contudo, todas as dosagens apresentaram eficiência satisfatória.

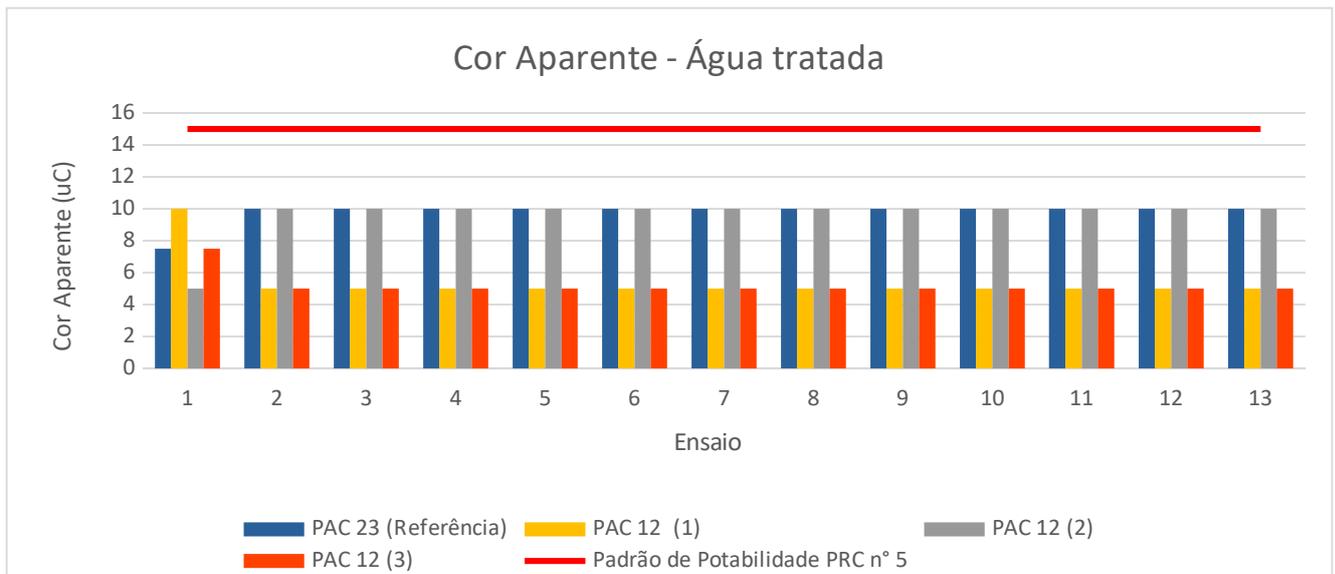


Figura 9: Resultados de cor aparente água tratada

De acordo com a Figura 9, para todos os ensaios o resultado se manteve entre 0 e 10 uC, valores abaixo do padrão da Portaria GM/MS nº 888. Analisando os resultados dos ensaios verifica-se que a maior remoção ocorreu na dosagem de PAC-12 de 34 e 26 ppm. A eficiência nas dosagens de 31 ppm de PAC-23 e 29 ppm de PAC-12 foram similares.

Custos

Também foram avaliados custos do uso do coagulante PAC-12 nas três dosagens comparado ao uso do PAC-23 no processo de tratamento. O cálculo foi realizado com base nos valores do ano de 2020. Abaixo, na Tabela 3, é apresentado o custo de cada produto e a diferença de custo do uso do PAC-12 em relação ao PAC-23:

6.2 Custo Mensal (R\$)						
Produto Químico	Valor Kg (R\$)	Teste				
		Referência	1	2	3	
PAC 23	2,78	8686,944	-	-	-	-
PAC 12	1,2	-	4112,64	3507,84	3144,96	-
Polímero	10,94	66,16512	66,16512	66,16512	66,16512	-
Custo mensal (R\$)		8753,10912	4178,80512	3574,00512	3211,12512	-
		Diferença (R\$)	-4574,304	-5179,104	-5541,984	-
		Diferença (%)	-52%	-59%	-63%	-

Tabela 3: Custo mensal (R\$)

Os dados apresentam uma redução de 63% nos custos pelo uso do coagulante PAC-12, dosagem de 26 ppm, quando comparado ao uso do PAC-23, dosagem de 31 ppm.

Quando analisamos o custo-benefício levando em consideração a qualidade da água após a saída dos filtros, a dosagem de 29 ppm PAC-12 não foi satisfatória por apresentar valores acima da Portaria GM/MS nº 888.

A melhor eficiência no tratamento se daria com o uso do PAC-12 na dosagem de 34 ppm, o que geraria uma redução de 52% ao custo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos ensaios em escala real permitem concluir que ambos os coagulantes testados podem ser utilizados na estação de ciclo completo estudada. Na maioria dos casos, o PAC-12 apresentou melhores resultados que o PAC-23, conforme apontado pelo teste estatístico de hipótese (teste t). Mesmo havendo uma diferença significativa entre os coagulantes testados, essa diferença não interferiu na qualidade final do

tratamento como pode-se observar nos resultados apresentados, onde ambos coagulantes testados atingiram o padrão de potabilidade exigido pela Portaria GM/MS nº 888.

Tanto o PAC-12, quanto o PAC-23 mostram-se eficientes para a remoção dos parâmetros de Cor Aparente e Turbidez da água tratada, mantendo os resultados sempre abaixo do valor máximo permitido pela legislação. Contudo, a dosagem de 29 ppm de PAC-12 não se mostrou eficiente na remoção de turbidez na saída dos filtros, havendo momentos durante o tratamento que a água filtrada apresentou resultados acima do valor máximo permitido pela legislação. Mas a eficiência do PAC-12 na remoção de turbidez foi atestada na avaliação de outras 2 dosagens, 26 e 34 ppm.

Levando em consideração os aspectos de qualidade e de economia, o PAC-12 mostrou-se uma alternativa viável para o tratamento da ETA Quitaiús, apresentando inclusive uma economia considerável, em todas as dosagens avaliadas.

São necessários maiores estudos de tratabilidade avaliando também outros fatores que influenciam a coagulação e floculação para se encontrar a melhor condição de operação e dosagens de produtos que deverão ser utilizados no tratamento de água da ETA Quitaiús.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei nº 8.433 de 08 de janeiro de 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília (DF): 1997.
2. BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.
3. CAMPOS, J.N; STUDART, T. M. C. Gestão de Águas: princípios e práticas. Porto Alegre. ABRH, 2001.
4. METCALF & EDDY. Waster Engineering: Treatment, Reuse and Disposal. McGraw-Hill Book Co, Singapura, 2003. 1819p.
5. ROSA, M. S. Avaliação do Emprego de Coagulantes Orgânico e Inorgânico no Tratamento Primário de Efluente de Abate e Industrialização de Aves. 2019.