

USO DE POLÍMERO COMO AUXILIAR DE SEDIMENTAÇÃO NA ETA CASTELO BRANCO

Igor Lopes Araujo

ila@discente.ifpe.edu.br

Dr. Ronaldo Faustino da Silva

ronaldofaustino@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

Atualmente, o serviço de abastecimento de água para a população encontra diversos desafios, entre eles está a piora da qualidade da água bruta com despejos industriais e domésticos nos corpos hídricos, sem o controle e tratamento adequado, e o aumento da necessidade de consumo da população que cresce de maneira não planejada. Diante dessas questões, as concessionárias de saneamento devem buscar alternativas para manter a qualidade da água tratada dentro dos padrões estabelecidos pela portaria no 888/21 do Ministério da Saúde e visando sempre otimizar os processos de forma a reduzir o consumo dos produtos químicos. O presente trabalho foi desenvolvido na ETA Castelo Branco que tem capacidade nominal de 4.000 L/s e atualmente está operando com 3.200 L/s. A unidade possui um consumo alto de coagulante e apresenta dificuldade para enquadramento da turbidez filtrada abaixo de 0,5 NTU, além disso, em épocas de seca dos mananciais, apresenta altos índices de Ferro e Manganês na água bruta. A ETA possui tratamento convencional composto das etapas de coagulação (com sulfato de alumínio), floculação (floculadores mecânicos), decantação (sendo a primeira etapa de decantadores convencionais e a segunda etapa de decantadores modulares), filtração (com filtros descendentes) e desinfecção (com cloro). Além dos processos descritos, busca-se alternativas para aumentar a eficiência da unidade, como o uso de polímero como auxiliar de sedimentação, afim de reduzir a turbidez da água decantada, o consumo de produtos químicos e aumentar o índice de remoção de ferro e manganês.

Palavras-chave: Qualidade da água bruta. Consumo de produtos químicos. Ferro e Manganês. Tratamento Convencional. Polímero.

ABSTRACT

Currently, the water supply service for the population faces several challenges, including the worsening of the quality of raw water with industrial and domestic discharges into water bodies, without adequate control and treatment, and the increase

in the population's need for consumption. That grows in an unplanned way. Faced with these issues, sanitation concessionaires must seek alternatives to maintain the quality of treated water within the standards established by ordinance 888/21 of the Ministry of Health and always aim to optimize processes in order to reduce consumption of chemical products. The present work was developed at ETA Castelo Branco, which has a nominal capacity of 4,000 L/s and is currently operating at 3,200 L/s. The unit has a high consumption of coagulant and presents difficulty in adjusting the filtered turbidity below 0.5 NTU, in addition, in times of drought in the water sources, it presents high levels of Iron and Manganese in the raw water. The ETA has conventional treatment consisting of the stages of coagulation (with aluminum sulfate), flocculation (mechanical flocculators), decantation (the first stage being conventional decanters and the second stage being modular decanters), filtration (with descending filters) and disinfection (with chlorine). In addition to the processes described, alternatives are sought to increase the efficiency of the unit, such as the use of polymer as a sedimentation aid, in order to reduce the turbidity of the settled water, the consumption of chemical products and increase the iron and manganese removal rate.

Key words: Quality of raw water. Consumption of chemical products. Iron and Manganese. Conventional treatment. Polymer.

1 INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental compreende um conjunto de ações que visam a preservação do meio ambiente e a garantia das condições de salubridade para proteção da saúde da população (Heller; Pádua, 2016).

A água é um elemento essencial para a vida e para o desenvolvimento humano e com o crescimento populacional desordenado, que aumenta a demanda hídrica e causa a piora da qualidade da água bruta, devido despejos de esgoto sem o devido tratamento nos corpos hídricos, o setor de abastecimento de água tem enfrentado desafios para suprir as necessidades da sociedade em relação à quantidade e qualidade da água distribuída, como a ampliação da capacidade de tratamento dos sistemas e otimização dos processos.

Para Santos (2001), a necessidade cada vez maior de se obter água em quantidade e qualidade desejada para os seus diversos usos leva à necessidade de se planejar e coordenar sua utilização, considerando suas características físicas, químicas e biológicas.

O tratamento e a distribuição de água potável à população é um trabalho de grande responsabilidade. Atualmente, a portaria que delimita os padrões de potabilidade da água é a de número 888 de 2021 do Ministério da Saúde, devendo ser seguida pelas concessionárias de saneamento de todo o país, órgãos responsáveis pelo abastecimento público de água.

Para atender a esses padrões estabelecidos pela portaria de potabilidade é muito importante que, desde a concepção da Estação de Tratamento de Água (ETA), seja observada a questão da qualidade da água bruta a ser captada e tratada, pois a negligência desse aspecto para o projeto da ETA traz prejuízos à operacionalidade da

unidade e ao enquadramento da água. A NBR 12216/92 define os tipos de água encontrada nos mananciais e o sistema de tratamento adequado para cada um, podendo ser unidades convencionais, com todos os processos de tratamentos bem definidos, ou compactas, com as etapas de tratamento reduzidas. (ABNT, 1992)

Nas unidades de tratamento convencional, há processos físico-químicos, com etapas de Coagulação, Floculação, Decantação, Filtração e Desinfecção. Dependendo da eficiência dos processos ou a peculiaridade de cada sistema, podem ser utilizadas outras etapas de tratamento, como pré-oxidação, fluoretação, correção de pH e uso de auxiliares de coagulação, sedimentação ou filtração.

Outro parâmetro relevante é a presença de ferro e manganês, que é bastante comum nos mananciais brasileiros. Segundo Moruzzi (2012), os íons de ferro e manganês em águas destinadas ao abastecimento causam depósitos, incrustações e possibilitam o aparecimento de ferrobactérias nocivas nas redes de abastecimento, além disso, esses fatos são responsáveis pelo aparecimento de gosto e odor, manchas em roupas e aparelhos sanitários e interferir em processos industriais. Assim, as concessionárias de saneamento devem buscar meios de eliminar esses agentes durante o processo de tratamento.

A fim de manter a qualidade da água tratada, uma ETA, pode passar por mudanças na sua estrutura física, como também nos produtos químicos utilizados (CONSTANTINO, 2009). Alguns sistemas de tratamento são construídos em desacordo com o tipo de água bruta que operam, por falha no projeto ou mudança do próprio manancial com o decorrer do tempo, além disso, outros fatores podem atrapalhar os processos como falhas construtivas, uso da unidade além da capacidade nominal para a qual foi projetada, dentre outros fatores.

Para o melhoramento ou atendimento, aos parâmetros de qualidade (cor, turbidez, ferro, manganês), as prestadoras de serviço da área de saneamento tem buscado alternativas e entre elas está o uso de auxiliares poliméricos para a sedimentação dos flocos, que atuam como coadjuvantes no processo de floculação, atuando associado ao coagulante.

Segundo Paixão (1996), em países como a Índia, mesmo em períodos que a água apresenta alta turbidez, são obtidas economias totais da ordem de 30 % nos custos com produtos químicos, quando da utilização de polímeros sintéticos como auxiliar de coagulação.

As companhias de saneamento visam atender o abastecimento público em conformidade com a vazão, pressão e qualidade e da forma mais econômica viável. Por isso, busca-se aperfeiçoar cada vez mais os processos para tornar as unidades mais assertivas, confiáveis e econômicas.

Os principais gastos das estações de tratamento são com energia elétrica e produtos químicos, com isso, a associação do uso de polímeros como auxiliar de sedimentação tem a finalidade de obter economia do coagulante utilizado na unidade e, caso auxilie na remoção de ferro e manganês, poderá reduzir também o consumo do oxidante usado na estação.

Diante desse contexto, o presente trabalho teve por objetivo verificar a relação do uso de polímero não iônico (associado ao coagulante) como auxiliar de sedimentação na melhoria da turbidez da água decantada, na economia de produtos químicos e na remoção de ferro e manganês, através de estudos laboratoriais.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

2 DESENVOLVIMENTO

Segundo Viana (2010), a água está se tornando, cada vez mais, um bem escasso, de elevado valor econômico e cuja qualidade se deteriora cada vez mais rápido devido à falta de infraestruturas de saneamento básico adequado e a poluição causada por despejos de águas residuárias e contaminantes.

A água é essencial para o desenvolvimento humano em vários aspectos, como o abastecimento domiciliar e industrial, a agricultura, a pecuária, a geração de energia elétrica, o lazer, a alimentação, entre outras atividades. (IGAM, 2003)

Porém, conforme Bega (2021), o crescimento desordenado das cidades, caracterizado pelo aumento exponencial da população e pela expansão não planejada da malha urbana, corrobora para a degradação dos recursos naturais. Principalmente, da água que, apesar de ser um recurso renovável, necessita de uma mudança na forma de ser gerenciada, pois a poluição crescente e seu uso irresponsável pode aumentar gradativamente a escassez do planeta.

Exemplo disso é que a utilização da água no mundo aumentou em seis vezes ao longo dos últimos 100 anos e continua crescendo de forma constante, com uma taxa de 1% ao ano (ONU, 2018).

Von Sperling (2005) expõe que, a qualidade da água está sempre em função de seu uso, onde alguns desses possuem requisitos mais exigentes quanto à qualidade, como é o caso do abastecimento humano, no qual é considerado o mais nobre, que requer diversos critérios de qualidade e está frequentemente associado a um tratamento prévio.

Cada manancial destinado ao abastecimento humano possui suas próprias características, por isso, ao realizar o projeto de uma ETA é essencial que o manancial que será utilizado seja estudado com atenção.

Alguns mananciais, devido a característica da bacia, apresentam espécies químicas inconvenientes para o tratamento de água, como o ferro e o manganês. Na estação de tratamento de água as etapas destinadas a realizar o tratamento dessas substâncias são a oxidação e a remoção do precipitado formado (Moruzzi, 2012).

Segundo Moruzzi e Reali (2012), o ferro e o manganês na forma Fe^{2+} e de Mn^{2+} formam compostos solúveis, mas ao entrarem em contato com ambiente oxidante, se precipitam na forma de Fe^{3+} ou Mn^{4+} dando origem a compostos insolúveis que conferem à água a coloração avermelhada para os precipitados de ferro e marrom escuro para os precipitados de manganês, além de deixá-la com um aspecto turvo.

Diante de fontes contaminadas por esses metais, os consumidores buscam fontes alternativas para seu abastecimento. Tais alternativas podem não ser tão seguras, como por exemplo o abastecimento por poços rasos. Geralmente esses dispositivos apresentam água com teores elevados de substâncias tóxicas, como o nitrato e amônia. Isso ocorre devido à vulnerabilidade a contaminação desses poços pelas

atividades antrópicas (PINCANÇO *et al.*, 2002; KEMERICH *et al.*, 2011; KUMAR *et al.*, 2017).

Além da vigilância quanto aos padrões estabelecidos, Almeida, Silva e Paula (2017) afirmam que o estudo das variáveis envolvidas no tratamento da água é fundamental para a maximização do desempenho da ETA em termos qualitativos e quantitativos, além de subsidiar a tomada de decisão para a redução de custos.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado na ETA Castelo Branco (Figura 1), que está localizada no município de Jaboatão dos Guararapes no estado de Pernambuco. A referida estação atende a parte da cidade do Recife, parte da cidade em que se localiza e a cidade de Camaragibe. A unidade apresenta uma vazão nominal de 4.000 L/s e atualmente, opera com 3.200 L/s.

Figura 1 – ETA Castelo Branco (Tapacurá)



Fonte: Compesa (2022)

Foi realizada a caracterização da água, através da coleta da água bruta de chegada na ETA. Em seguida as amostras foram analisadas de acordo com os parâmetros de turbidez, cor, ferro e manganês. Após a caracterização da água bruta, foram realizados os ensaios de Jar Test, primeiro apenas com o coagulante sulfato de alumínio (Fornecido pela Bauminas) e depois com o coagulante associado ao polímero não iônico, para elaboração de quadro comparativo dos resultados obtidos.

O polímero utilizado para o teste é o Clim Floc não iônico fornecido pela empresa Hidrodomi do Brasil, e ele atua com um auxiliar na formação dos flocos, junto ao coagulante.

Para coleta da água bruta foi usado o sistema de bombeamento existente na unidade, que capta água da caixa de reunião na chegada da ETA e transporta ao laboratório. Após o acionamento da bomba, foi aguardado um tempo de 5 minutos, para eliminar possíveis interferências da tubulação.

Foram coletados 13 litros de água bruta, sendo 1 Litro para caracterização da água bruta, 6 Litros para Jar Test apenas com o uso do coagulante e 6 Litros com o uso do coagulante associado ao polímero não-iônico (com a dosagem de 0,3 mg/L).

Para realização de Jar Test foi utilizado o equipamento modelo 218-6 da ETHIK TECHNOLOGY (Figura 2), para as análises de turbidez, o turbidímetro AP2000 da POLICONTROL, para cor, o colorímetro DM-COR da DIGIMED, para ferro, o kit visual de análise de ferro da HACH e para o manganês o kit visual para análise de manganês da MERK.

Figura 2: Jar Test



Fonte: Autor (2024)

Para a realização do Teste de Jarro, o equipamento foi programado seguindo as características de projeto da ETA Castelo Branco. A mistura rápida em 500 rpm, velocidade de agitação mecânica de 35 rpm por 20 minutos e 22 rpm por 20 minutos

e repouso de 6 minutos. Nos testes de jarro com o polímero, o produto foi adicionado entre a mudança de velocidade de 35 rpm para 22 rpm.

Logo abaixo, é apresentada a Tabela 1 contendo as características da água bruta estudada.

Tabela 1: Características da água bruta da ETA Castelo Branco

	Turbidez (NTU)	Cor (Pt/ Co)	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)
Água bruta	40	183	2,0	0,15
Valor Máximo Permitido (VMP)	5	15	0,3	0,10

Fonte: Autor (2024)

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos testes de jarro com o uso apenas do coagulante Sulfato de Alumínio com os resultados remanescentes para os parâmetros Turbidez, Cor, Ferro e Manganês.

Tabela 2: Jar Test com Sulfato de Alumínio resultados remanescentes de Turbidez, Cor, Ferro e Manganês

Dosagem Al₂(SO₄)₃ (mg/L)	Dosagem Polímero não iônico (mg/L)	Turbidez remanescente (NTU)	Cor (Pt/Co)	Ferro remanescente (mg/L)	Manganês remanescente (mg/L)
65	0	25,0	87	0,8	0,15
75	0	7,8	26	0,6	0,10
85	0	8,8	30	0,4	0,10

Fonte: Autor 2024

Na Tabela 3 são apresentados os ensaios Jar Test com o uso do coagulante associado ao polímero não iônico com as dosagens em 0,3 mg/L para o polímero e os resultados remanescentes de Turbidez, Cor, Ferro e Manganês.

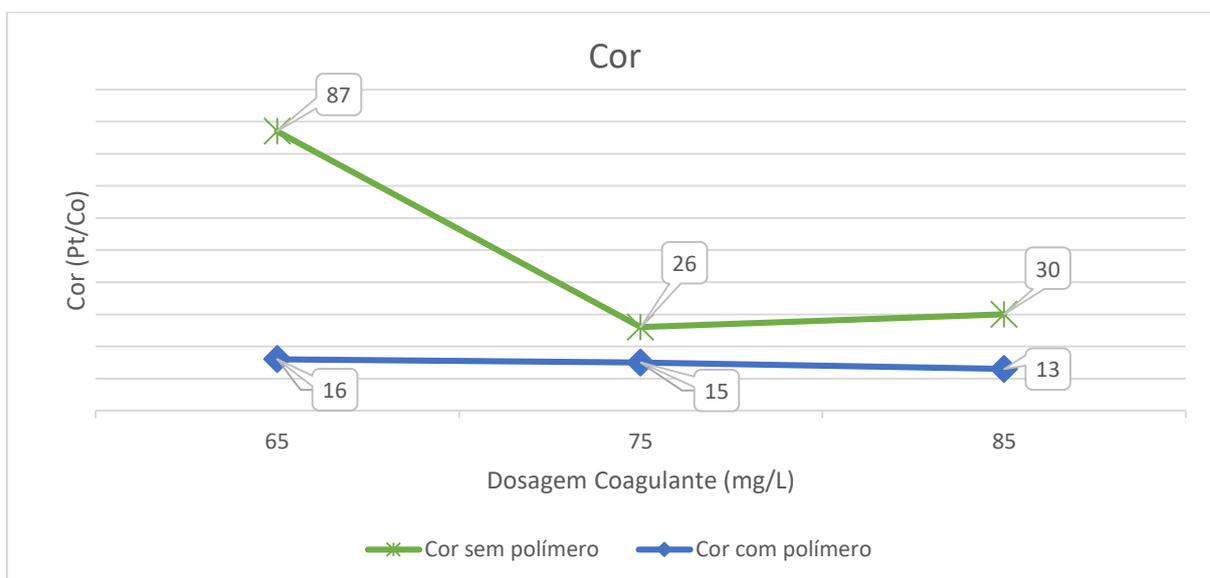
Tabela 3: Jar Test com o coagulante e polímero não iônico resultados remanescentes de Turbidez, Cor, Ferro e Manganês

Dosagem $Al_2(SO_4)_3$ (mg/L)	Dosagem do Polímero (mg/L)	Turbidez remanescente (NTU)	Cor (Pt/Co)	Ferro remanescente (mg/L)	Manganês remanescente (mg/L)
65	0,3	2,9	16	0,4	0,06
75	0,3	2,1	15	0,4	0,06
85	0,3	2,1	13	0,4	0,06

Fonte: Autor (2024)

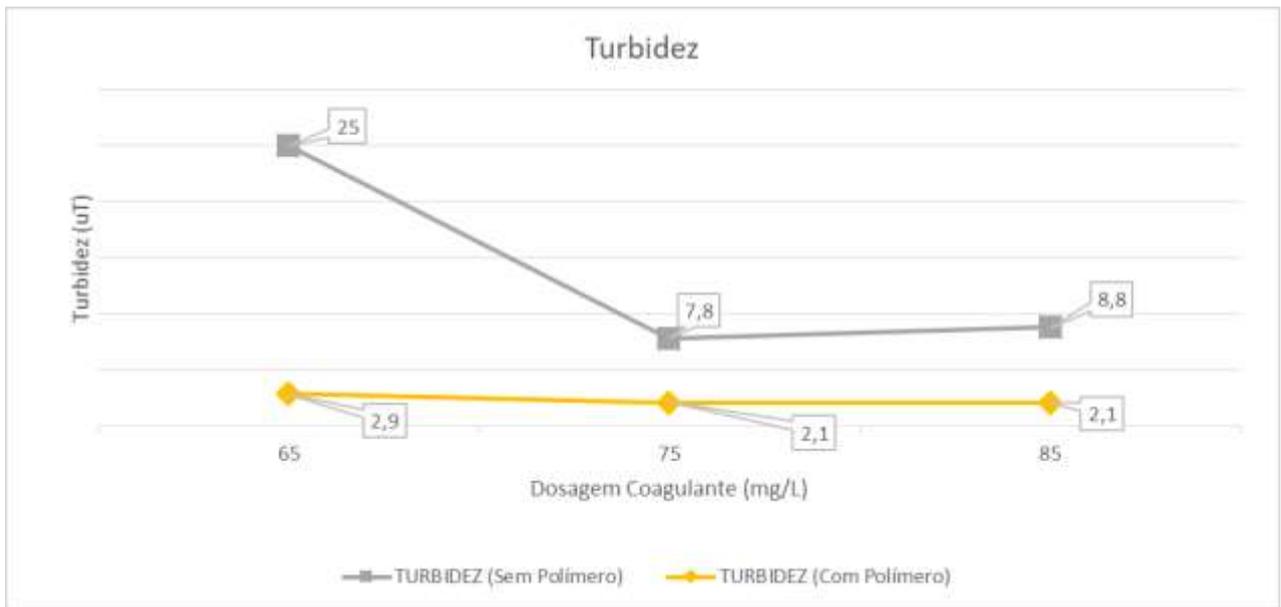
Nas figuras 3, 4 e 5 são apresentados os resultados comparativos de cor e turbidez, obtidos a partir dos Jar Tests, apenas com o coagulante e com o coagulante e o incremento do polímero não iônico.

Figura 03 – Cor aparente remanescente em função da dosagem do coagulante com e sem uso do polímero na ETA Castelo Branco



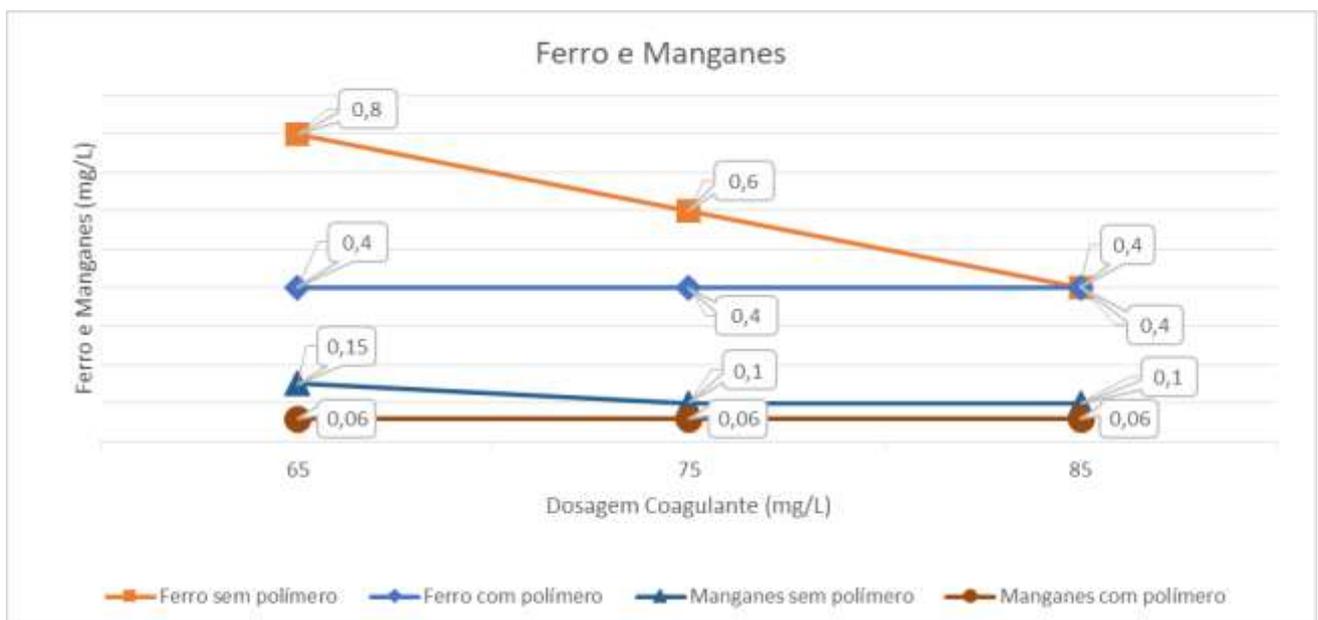
Fonte: Autor (2024)

Figura 04 – Turbidez remanescente em função da dosagem do coagulante com e sem uso de polímero na ETA Castelo Branco.



Fonte: Autor (2024)

Figura 05 – Ferro remanescente e Manganês remanescente em função da dosagem do coagulante com e sem uso de polímero na ETA Castelo Branco.



Fonte: Autor (2024)

A portaria de potabilidade número 888/2021 do Ministério da Saúde determina os valores máximos permitidos de saída da ETA com 5 NTU de turbidez, 15 Pt/Co de cor, 0,3 mg/L de ferro e 0,1 mg/L de manganês (Brasil,2021). O Jar Test realizado representa em laboratório as etapas de tratamento até o processo de decantação, assim, o resultado obtido ainda passaria pelas etapas de filtração e desinfecção em escala real.

Conforme Silva (2018), a eficiência dos processos físico-químicos na adequação da qualidade da água bruta àquela exigida pelo padrão de potabilidade é medida, na operação rotineira da ETA, através da turbidez.

Portanto, a turbidez é um parâmetro de fundamental importância dentro da operação de sistemas de tratamento e o seu controle é decisivo para estabelecer a eficiência do processo.

Com o auxílio das figuras 3, 4 e 5 é possível observar considerável melhoria na eficiência da remoção de turbidez com o uso do polímero não iônico. Além disso, apresentou maior redução dos índices de ferro e manganês com o uso do polímero.

A turbidez é um parâmetro de mensuração analítica extremamente simples, de baixo custo e altamente informativo em termos de presença e remoção de material particulado na água. (Cornélio, 2021).

O ferro causa aumento no consumo de reagentes coagulantes e auxiliares de coagulação, provoca elevação de turbidez e problemas de operação como incrustações no sistema de distribuição conferindo gosto e coloração amarelada a água. (Awwa, 2010). O manganês gera problemas em sistemas de tratamento e distribuição semelhantes aos causados pelo ferro. (Ramos, 2020).

Considerando a dosagem de 75 mg/L como a melhor com o uso apenas do coagulante, devido ser a menor dosagem para a maioria dos resultados para remoção do parâmetro turbidez e cor, e comparando os resultados com o uso do coagulante e polímero em conjunto, sendo considerado para essa configuração a dosagem de sulfato de alumínio em 65 mg/L e do polímero em 0,3 mg/L, é obtido um índice de remoção de turbidez maior em relação a apenas o uso do coagulante. A partir disso, tem-se um indicativo para a configuração mais econômica em relação ao uso dos produtos químicos, de acordo com os Jar Tests realizados.

Visto que, apesar do polímero ser mais caro do que o coagulante sulfato de alumínio, a sua aplicação é consideravelmente menor, dessa forma os 10 mg/L reduzidos, conforme indicação do teste de jarro, representaria um economia representativa em relação ao gasto com produtos químicos da unidade.

Porém é importante destacar que o Jar Test não reproduz exatamente o que ocorrerá em escala real, mas é um indicativo importante para a realização de testes em planta.

5 CONCLUSÕES

Os testes laboratoriais com o uso do polímero não iônico como auxiliar de sedimentação indicaram melhoria na eficiência de remoção da Turbidez, da Cor, do Ferro e do Manganês.

De acordo com os Jar Tests realizados, com o incremento do uso do polímero não iônico, seria possível reduzir a aplicação do coagulante, significando redução de custos para a unidade.

Além disso, poderia auxiliar na redução da aplicação do oxidante, devido a maior remoção do ferro e do manganês com o uso do polímero.

Dessa forma, os testes laboratoriais apresentados, foram favoráveis ao uso do produto em associação ao coagulante, sendo necessária aplicação e acompanhamento em planta para validar em escala real esses resultados.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ana. SILVA, Priscilla. LIMA, Mira. SANTOS, Yannice. MOREIRA, Yanka. **Concentração de ferro e manganês em águas de abastecimento no município de Crato, Ceará: caracterização e proposta de tratamento.** 2019. Águas subterrâneas - Seção estudos de caso e notas técnicas.

ALMEIDA, C.; SILVA, M.; PAULA, M. Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de água em relação à turbidez, cor e ph da água. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, v. 5, n. 1, p. 25-40, 2017.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, abril 1992.

AWWA, **Water Sources. Principles And Practices Of Water Supply Operations Series.**, USA: American Water Works Association, 2010

BEGA, João. OLIVEIRA, Jefferson. ALBERTIN, Lillane. ISIQUE, William. **Uso de cafeína como indicador de poluição por esgoto doméstico em corpos d'água urbanos.** 2021. ABES

BRASIL. Ministério da Saúde. PRT MS/GM 888/2021. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da República da União, Poder Executivo: Brasília, DF, 2021.

CONSTANTINO, Arcioni Ferrari.; YAMAMURA, Victor Doce. **Redução do Gasto Operacional em Estação de Tratamento de Água Utilizando o PAC.** 2009. Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana. Maringá, PR.

CORNÉLIO, Luana. **Avaliação do tratamento de água por filtração rápida descendente com uso de areia de britagem – Remoção de turbidez e indicadores bacterianos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2021.

HELLER, Léo. PÁDUA, Valter. **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2ª Edição, v.1, 2016.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão de águas. **Relatório de monitoramento das águas superficiais na Bacia do Rio Grande em 2002**. Belo Horizonte, 2003.

KEMERICH, P., SILVA, J., FILHO, L., VOLPATTO, F., SAUCEDO, E. Determinação da vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro em Santa Maria - RS. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p.85-98, Jul/Set 2011.

KUMAR, V.; BHARTI, P.; TALWAR, M.; TYAGI, A., KUMAR, P. Studies on high iron content in water resources of Moradabad district (UP) India. Water Science, v. 31, n. 1, p. 44-51, 2017.

MORUZZI, R., REALI, M. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial - uma abordagem geral. Revista de Engenharia e Tecnologia, V. 4, pag. 29 a 43, Abr/2012.

ONU. **Glossário de termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos**. 2018.

PAIXÃO, Giulio. **Estudo da coagulação – floculação – sedimentação de água com turbidez ou cor elevada, utilizando polímero sintético como auxiliar de floculação**. São Carlos; Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 1996.

PICANÇO, F. E. L.; LOPES, E. C. S.; SOUZA, E. L. de. **Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA**. 2002. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XII., Santa Catarina.

RAMOS, R. Complexação de ferro e manganês em presença de orto-polifosfato para otimização de tratamento de água de abastecimento: Estudo de caso. Revista AIDIS, V. 13, N. 3. Dezembro 2020.

SANTOS, Alexandre. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG**. Viçosa; Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

SILVA, E. G. P. **Comparação entre polímeros como auxiliares de floculação e filtração**. Foz do Iguaçu. 2018. Artigo. XIV SIBESA – Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018.

VIANA, M. SILVA, S. Qualidade físico-química das águas para abastecimento humano no município de Manhumirim (MG). 2011. Revista Científica da Faminas. V. 6. N 3. SET a DEZ de 2010.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.