

I-1271 – ESTUDO DE CASO: COMPLEXAÇÃO DE ÍONS METÁLICOS EM SISTEMA DE ABASTEDIMENTO DE ÁGUA

André Luiz Estevam Farias ⁽¹⁾

Tecnólogo em Logística pela UniFANAP. Especialista em Sistema de Abastecimento de Água pelo IPOG. Trabalha na Supervisão de Produção em Aparecida de Goiânia – Saneago.

Mauro Aparecido Lessa de Souza

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Goiás – UFG. Especialista em Gestão de Projetos pela University of Cambridge. Mestre em Geotécnica pela UNB. Trabalha na Superintendente de Tecnologia Operacional – Saneago.

Patrícia Pereira Ribeiro Keller

Farmacêutica e Bioquímica pela Universidade Federal de Goiás – UFG. Técnica em Saneamento Ambiental pela ETFGO. Especialista em Sistema de Abastecimento de Água pelo IPOG. Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás – UFG. Gerente de Proteção Ambiental e Qualidade do Produto – Saneago.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Fued José Sebba, 1245 – Jardim Goiás – Goiânia - GO - CEP: 74805-100 - Brasil - Tel: (62) 32433288 - e-mail: patriciakeller@saneago.com.br

RESUMO

A presença de íons metálicos em água subterrânea torna-se um desafio às companhias de saneamento em unidades com baixa viabilidade econômica e desprovidas de tecnologias compatíveis para a remoção de ferro e manganês, principalmente. Essas limitações podem comprometer a eficiência do sistema de tratamento de água. Concomitantemente, o não atendimento aos requisitos legais de potabilidade dos padrões organolépticos gera insatisfação aos clientes e rejeição pelo produto tornando-o impróprio para o consumo humano. Assim, a complexação dos íons metálicos é uma alternativa economicamente viável desde que as concentrações de ferro e manganês não ultrapassem 2,4 mg/L e 0,4 mg/L na água tratada, respectivamente. Visando a eficiência no processo de complexação, este estudo utilizou nos testes o ortopolifosfato (O-Poli-P) na água bruta subterrânea captada. Os parâmetros de controle foram cor aparente, turbidez, pH, ferro total, manganês e ortofosfato. Os resultados obtidos foram positivos evidenciando redução de padrões organolépticos de potabilidade, principalmente na otimização de cor aparente, e a satisfação do cliente.

PALAVRAS-CHAVE: íons metálicos, ferro, manganês, complexação, UTA Tiradentes.

INTRODUÇÃO

A Estação de Tratamento de Água – ETA é o conjunto de estruturas que visa a produção de água potável conforme os requisitos legais do Ministério da Saúde, Portaria nº 888/2021, a partir da água bruta captada que pode ser superficial e/ou subterrânea. Tem-se, por conseguinte, um sistema produtor industrial que necessita investir em soluções e tecnologias para superar os desafios e a competitividade norteadas pela Lei nº14026/2020 que atualiza o marco legal do saneamento e altera as leis 9984/2000, 10768/2003, 11107/2005, 11445/2010, 13089/2015, 13529/2017.

Na química analítica a complexometria em Unidade de Tratamento de Água – UTA é representada pelo íon metálico e o ortopolifosfato que interagem por meio de uma ligação covalente, sendo que os elétrons do ortopolifosfato ocupam orbitais livres do íon metálico. Assim, o ferro dissolvido e o manganês quando complexados não sofrem o processo de oxidação evitando a elevação na turbidez, cor aparente e problemas de operação como incrustações no sistema de distribuição provocando gosto e coloração à água.

Como a água subterrânea é geralmente anóxica, o ferro solúvel geralmente está no estado ferroso. Quando em exposição ao ar ou adição de oxidantes, como o cloro, o ferro ferroso é oxidado para o estado férrico (Fe³⁺) e

pode hidrolisar para formar óxido férrico hidratado insolúvel vermelho. O ferro férrico pode apresentar-se na forma solúvel quando o pH encontra-se muito baixo. A química aquosa do manganês é semelhante ao do ferro. Todavia, o manganês oxidado confere precipitado MnO_2 preto. (APHA et al., 2022).

Segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, a cor aparente, turbidez, o ferro e o manganês são parâmetros que compõem o padrão organoléptico de potabilidade, que são parâmetros relacionados aos estímulos sensoriais, que não necessariamente indicam risco à saúde mas que estão relacionados a aceitação para o consumo humano.

Em 2018, Weigert & Rattmann evidenciaram que a aplicação de ortopolifosfato na água bruta captada é benéfica para a operação do sistema de abastecimento de água, considerando não só a qualidade da água mas a viabilidade econômica de seu uso. Com o sucesso do projeto piloto desenvolvido na Estação de Tratamento de Água – ETA Iguaçú após comprovação de reações secundárias, a complexação foi reportada em escala real na ETA Iguaçú e na ETA Tarumã, ambas em Curitiba. Assim, os resultados operacionais mostraram-se otimizados logo nos primeiros meses de aplicação mensurados pela satisfação do cliente e pela melhora no Índice da Qualidade da Água Distribuída – IQAD.

Aparecida de Goiânia é um município que possui não apenas arenitos alterados e pedra britada, mas também possui os recursos minerais quartzito (Córrego da Mata) e turfa (Córrego Granada). O quartzito geralmente contém óxido de ferro e pode conter vestígios dos minerais rutilo, zircão e magnetita. Já a turfa é composta por substâncias húmicas (produtos de um processo oxidativo) e não húmicas; sendo o pH normalmente baixo (ácido) e tendo alto teor de colóides não cristalinos. Os ácidos fúlvicos possuem estrutura simples e são capazes de entrar nos interstícios da rede das argilas mobilizando o ferro (LACERDA FILHO et al., 1999).

Visando atender a demanda do município de Aparecida de Goiânia, um dos sistemas de abastecimento de água é o SAA Tiradentes com captação subterrânea, adução por recalque, capacidade de produção de 5628 m^3 /dia e reservação de 1050 m^3 . Dentre os 13 poços deste sistema observa-se a presença de íons metálicos na água bruta captada, sendo que alguns desses poços com íons metálicos foram desligados e 1 (um) apenas continua sendo utilizado mesmo com a presença de ferro e manganês que é o Poço 7, com vazão de 1,78 L/s.

Considerando as metodologias dispostas para a remoção de íons metálicos em diferentes matrizes, Richeski & Moraes (2022) evidenciaram que limitações na metodologia de complexação podem inviabilizar a aplicação da metodologia. Todavia, é inquestionável que o uso do método precipitação química aplicando agentes complexante é viável para remediar ou mitigar os problemas com ferro e manganês na água bruta captada.

Para viabilizar a metodologia de complexação, Corrêa e colaboradores (2021) aplicou ortopolifosfato de sódio após filtração e aeração seguido por filtração com carvão ativado. Assim, através de monitoramento colorimétrico a remoção de manganês não foi satisfatória ao obter resultados de até 50%. Porém, uma metodologia que atende aos requisitos legais de potabilidade é o uso de filtros com zeólita.

Visando suplantiar as limitações econômicas do Sistema de Abastecimento de Água Tiradentes, o presente trabalho tem como objetivo implementar uma metodologia mercadológica viável e eficaz no atendimento aos requisitos legais de potabilidade da água tratada visando a satisfação do cliente; no que tange a complexação dos íons metálicos na água bruta subterrânea captada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo deste trabalho foi o Sistema de Abastecimento de Água Tiradentes, situado em Aparecida de Goiânia, Estado de Goiás – Brasil nas coordenadas: -16.80640 / -49.32975 (UTA – Unidade de Tratamento de Água), -16.81512 / -49.31945 (CR – Caixa de Reunião de Água Bruta), -16.81931 / -49.32007 (Poço 7 – Captação Subterrânea). Salienta-se que o sistema é desprovido de filtração e a água bruta subterrânea captada (média de 41L/s) é apenas clorada e fluoretada.

O controle analítico foi realizado na saída do Poço 7 que possui alto teor de íons metálicos, na saída da CR e na saída da UTA, sendo monitorados no primeiro semestre de 2020. Foram realizadas as análises de cor aparente, turbidez, pH, ferro total, manganês e ortofosfato.

Assim, foram realizados testes da dosagem de ortopolifosfato para determinar a diluição da solução e sua aplicação em 6 (seis) cenários, considerando que o tanque de agitação possui capacidade de 1800L e utilizou-se bomba dosadora eletromagnética com capacidade de 26L/s. Como referência realizou-se análise crítica dos dados antes da dosagem de ortopolifosfato na água tratada.

Também foi monitorado o quantitativo de reclamações sobre qualidade da água no Sistema de Abastecimento de Água (SAA) Tiradentes. A fonte desse monitoramento foi o sistema integrado da prestação de serviço e atendimento ao público da companhia de saneamento que atende a respectiva unidade de tratamento de água em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na execução do projeto MGO e para avaliar as melhorias contínuas necessárias na ETA Brazabrantes, inicialmente realizou-se uma vistoria no local e foi elaborado um Plano de Ação exequível com as seguintes

A caracterização da água na saída da UTA Tiradentes evidenciou 0,500 mg/L de ferro total e 0,059 mg/L de manganês promovendo 5uT de turbidez e 19,8uC de cor aparente em pH 6,91.

Observa-se que no Poço 7 a presença constante dos íons metálicos ferro total e manganês compromete a qualidade da água tratada. Assim, os testes foram iniciados com uma solução de ortopolifosfato de 45.10^3 g/L numa dosagem de 1,3 L/h. Porém, evidenciou-se que essa dosagem inicial foi insuficiente para atender os requisitos legais de potabilidade da água tratada, segundo o Ministério da Saúde. Dessa forma, utilizou-se soluções de ortopolifosfato de 50.10^3 g/L, 75.10^3 g/L, 100.10^3 g/L, 125.10^3 g/L, numa dosagem de 1,3 L/h que reduziu a cor aparente para 9,6 uC e a turbidez para 1,9 uT; o que representa uma redução de 51% e 62% respectivamente.

Assim, visando refinar o processo de complexação, utilizou-se a soluções de ortopolifosfato de 125.10^3 g/L numa dosagem de 1,56 L/h e 1,86 L/h e foi possível otimizar a complexação. Posteriormente, manteve-se a dosagem de 1,86 L/s utilizando soluções de ortopolifosfato de 150.10^3 g/L e vários cenários foram considerados durante 2 meses de testes. Por conseguinte, evidenciou-se que a melhor dosagem seria a de 1,86 L/s utilizando soluções de ortopolifosfato de 150.10^3 g/L. Por conseguinte, a caracterização da água na saída da UTA Tiradentes evidenciou 0,500 mg/L de ferro total e 0,059 mg/L de manganês promovendo 5uT de turbidez e 19,8uC de cor aparente em pH 6,91. Assim, após a execução de todos os testes e ajustes necessários os resultados obtidos foram satisfatórios considerando os teores de 0,500 mg/L de ferro total e 0,059 mg/L de manganês promovendo 1,6uT de turbidez e 7,4uC de cor aparente em pH 6,61. Verificou-se uma redução de 62% na redução de cor aparente e 68% na redução de turbidez; além de um residual de ortofosfato que atende as normativas de saúde pública.

A satisfação do cliente com relação aos parâmetros organolépticos foram mensurados no ano de 2019 (antes dos testes apresentados), 2020 (durante os testes apresentados) e 2021 (após a conclusão dos testes apresentados). Constatou-se o registro de 51 reclamações dos clientes com relação a qualidade da água, sendo: 35 ocorrências registradas em 2019, 11 ocorrências registradas em 2020 e 5 ocorrências registradas em 2021.

Marcos Vianna (2019) enfatiza a necessidade de remoção de íons metálicos em concentrações inaceitáveis na forma oxidada. Assim, a remoção dos íons metálicos em excesso pode dar-se através da oxidação da forma solúvel seguida pela filtração. Salienta-se que o íon ferro é mais fácil de ser removido que o íon manganês, sendo neste caso necessário o controle do pH e o tempo de contato. Considerando a rede de distribuição, os íons metálicos em excesso podem possibilitar o desenvolvimento de ferrobactérias no interior das tubulações em incrustações que comprometem tanto a hidráulica quanto a saúde pública do consumidor. Dessa forma, como oportunidade de melhoria do tratamento da água bruta subterrânea captada na UTA Tiradentes, a situação é sugestiva de implementação de unidade de filtração

As melhorias organolépticas foram vislumbradas em testes nos resultados analíticos da UTA Tiradentes, porém faz-se necessário a remoção dos íons metálicos a fim de atender não só a satisfação do cliente mas também a legislação de potabilidade em sua integridade.

Outra situação é a condição sugestiva de incrustações na rede de distribuição. Assim, limpeza na rede de distribuição por arraste como ação preventiva é uma alternativa a ser considerada a fim de mitigar os efeitos nocivos à qualidade da água e ao sistema hidráulico da rede de distribuição, incluindo vazamentos e rompimentos de tubulações devido a fragilidade do sistema.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos foram positivos evidenciando redução de padrões organolépticos de potabilidade, principalmente na otimização de cor aparente, e a satisfação do cliente. Contudo, deve-se considerar a implementação de novas tecnologias de tratamento e sua automação vislumbrando um sistema com efetividade e sustentabilidade operacional.

Como oportunidade de melhoria, é sugestivo que a análise de fluoreto utilize o método potenciométrico para evitar não conformidades nos resultados pelo interferente ortopolifosfato em análises colorimétricas. Assim, o objetivo foi atingido ao implementar a metodologia por complexação que se apresentou viável e eficaz no atendimento aos requisitos legais de potabilidade da água tratada visando a satisfação do cliente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for Examination for Water and Wastewater. New York: 22th ed., 2012.
2. CORRÊA, Julia Guimarães; MARQUES, Carolina Resmini Melo; FARACO, Morgana Nuernberg Sartor; MELO, Aline Resmini. Remoção de manganês em água bruta da ETA V de Araranguá. Revista Vincci – Periódico Científico da UniSATC, vol. 6, 2021.
3. GUERRERO, Nicholas. Filtração. 2014 <<https://slideplayer.com.br/slide/295555/>>
4. LACERDA FILHO, Joffre Valmório de; REZENDE, Abelson; SILVA, Aurelene de. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal. Programa Levantamento Geológicos Básicos do Brasil. Goiânia: CPRM, 1999
5. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria GM/MS nº 888 de 04 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.
6. RICHESKI, Sucris Beatriz; MORAES, Sandra Regina de. Metodologias que utilizam agentes complexantes para a remoção de íons ferro em matriz aquosa: uma revisão. Revista CIPPUS - UNILASALLE: Canoas, vol.10, 2022.
7. RUBIM, Cristiane. Eletrodialise Reversa (EDR) hoje atende variadas aplicações e trata fármacos e vinhaça. Revista TAE. Edição 57, 2020.
8. VIANNA, Marcos Rocha. Hidráulica aplicada às Estações de Tratamento de Água. 3I Editora Ltda. 6ª ed., 2019.
9. WEIGERT, Wilmar; RATTMANN, Carlos Antônio. Utilização de orto-polifosfato no tratamento de água para eliminação de água suja (água vermelha) e redução de incrustações na rede de distribuição. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. II-68, 2018.