

## EMPREGO DO SULFATO DE ALUMÍNIO E DO POLÍMERO POLIACRILAMIDA ANIÔNICA NO TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE TANGARÁ DA SERRA - MT

Jéssica Torres Rocha (\*), Leonardo Ribeiro Pimentel, Vanessa Mayumi Nakamura

\* Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) – Campus Cuiabá; jessicatorresz@live.com.

### RESUMO

O presente estudo buscou realizar ensaios de coagulação-floculação por meio do *jar-test* em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) para abastecimento no município de Tangará da Serra – MT e comparar os resultados que apresentaram melhor eficiência do coagulante e polímero com os utilizados na ETA por meio da análise do pH e da turbidez das amostras. Também foi possível estimar a demanda de Sulfato de Alumínio para operar o sistema. Os ensaios de *jar-test* ocorreram no laboratório da ETA Queima-Pê em maio de 2019, sendo as amostras de água bruta coletadas antes da passagem pela Calha Parshall. As amostras coaguladas com sulfato de alumínio e o polímero poliacrilamida aniônica foram mantidas sob condições operacionais no *jar-test* e após a sedimentação dos flocos foi coletado o sobrenadante e realizou-se as análises de pH e turbidez. Foi possível obter uma remoção de 79,29% da turbidez com o uso de 6 mg/L de  $Al_2(SO_4)_3$  a 10% e 0,10 mg/L do polímero com pH da água bruta de 6,20, promovendo uma turbidez final de 1,78 NTU. Verificou-se que mesmo sem a adição do polímero houve uma remoção de turbidez suficiente pois a água bruta apresentava boa qualidade já que a amostragem foi realizada em época de estiagem, apresentando resultados satisfatórios e em conformidade com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5. Estimou-se, ainda, um gasto de cerca de 215 kg (8 sacos e 10 kg) de  $Al_2(SO_4)_3$  granular por mês.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de água, *jar-test*, coagulação-floculação.

### INTRODUÇÃO

A qualidade e a quantidade de água doce disponível para o abastecimento da população mundial estão comprometidas pela poluição dos corpos d'água e a grande demanda para os usos múltiplos da água. Em razão disso, destaca-se a importância da realização de tratamentos alternativos com o intuito de garantir a qualidade da água tratada.

De acordo com a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017), toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade, ou seja, os parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioativos devem ser atendidos. Para isso, a água bruta captada deve passar por uma Estação de Tratamento de Água (ETA) a fim de torná-la potável para consumo humano por meio processos como a coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção.

Os mecanismos de coagulação/floculação objetivam aglutinar partículas em suspensão, de modo a promover a redução de sólidos em suspensão e coloidais, de carga orgânica e de alguns tipos de poluentes, transferindo-os da fase líquida para a fase sólida formada por meio das seguintes fases sequenciais: neutralização, coagulação, floculação e sedimentação/flotação (CAVALCANTI, 2012).

Vale ressaltar que os componentes químicos utilizados para promover a coagulação, agem também como aceleradores de floculação, que consiste na formação de macro flocos. Para auxiliar no tratamento da floculação está cada vez mais sendo utilizados polímeros sintéticos que servem como coagulante e possui alto peso molecular e são solúveis em água (SILVA, 2002).

Os principais coagulantes inorgânicos utilizados são sulfetos, sais de cloreto de alumínio ou de íons férricos e os sais pré-hidrolisados desses metais. Os cátions de metais hidrolisáveis estão prontamente disponíveis nas formas líquidas e sólidas. Nos Estados Unidos, o coagulante predominantemente utilizado no tratamento de água é o sulfato de alumínio ou "alúmen", vendido de forma hidratada como  $Al_2(SO_4)_3 \times H_2O$  (HOWE et al., 2016 apud SILVA, 2017). O sulfato de alumínio destaca-se como o coagulante químico mais utilizado no Brasil, pela boa eficiência e pelo baixo custo.

### OBJETIVOS

- Realizar ensaio de coagulação-floculação em uma Estação de Tratamento de Água para abastecimento no município de Tangará da Serra – MT e comparar os resultados que apresentaram melhor eficiência do coagulante e polímero com os utilizados na ETA;
- Analisar os parâmetros de pH e turbidez das amostras brutas e tratadas após o *jar-test*;

- Determinar a melhor dosagem do sulfato de alumínio e do polímero poliacrilamida aniônica;
- Estimar a quantidade de Sulfato de Alumínio para operar o sistema.

## METODOLOGIA

O manancial que abastece a Estação de Tratamento de Água (ETA) do município de Tangará da Serra – MT é o do Rio Queima Pé, localizado na Bacia do Rio Queima Pé. A ETA tem capacidade de tratamento de 320 l/s, operando 24 horas por dia, o arranjo é do tipo convencional completa, com as seguintes operações de tratamento: Adição de sulfato realizada na Calha Parshall; Floculação por meio de chicanas verticais; Decantação com 4 decantadores lisos e a filtração (SAMAE, 2019).

Os ensaios de *jar-test* ocorreram no laboratório da Estação de Tratamento de Água Queima-Pé nos dias 24 e 25/05/2019. As amostras de água bruta foram coletadas antes da passagem pela Calha Parshall com o auxílio de um balde com volume de 20 litros, o equipamento para simulação do ensaio de coagulação-floculação foi o da própria ETA Queima-Pé *jar-test* Modelo 218 – 6LDB (Ethik), bem como o turbidímetro, como demonstrado a seguir. Para as amostras brutas, foram realizadas análises de pH e turbidez.

As amostras coaguladas foram mantidas sob condições operacionais com gradiente de velocidade da mistura rápida (GMR) igual a  $180\text{ s}^{-1}$  e o tempo de mistura rápida (TMR) por 60 segundos. As condições de floculação foram, gradiente de floculação (GML) a  $60\text{ s}^{-1}$  e o tempo de mistura lenta (TML) por 15 minutos. A sedimentação dos flocos fora igual a 15 minutos dentro do reator, após sedimentado, foi coletado o sobrenadante e feito as análises de pH e turbidez. A medição do pH foi feita por meio do método Colorimétrico adicionando azul de bromotimol nas amostras.

Devido as condições estruturais da ETA, a qual não dispõe de um reservatório para a solução de correção do pH, os ensaios foram realizados com o pH natural da água.

O coagulante e o polímero utilizados para os ensaios foram coletados das soluções utilizadas para operação da ETA, sendo ambos, com concentração a 10%. O sulfato de alumínio isento de ferro é granulado, pacotes de 25 kg e o polímero Superfloc 8566 – poliacrilamida aniônica, pacotes de 25 kg.

No dia 24/04 foram feitos os ensaios para encontrar a melhor dosagem do sulfato de alumínio mantendo o pH da água captada com as concentrações de 2,5; 5; 6,25; 7,5; 8,75; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5 e 25 mg/L. Encontrando-as, isto é, eficiência na remoção de turbidez, posteriormente no dia 25/04, foram realizadas as variações de concentrações de polímeros, sendo: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 e 0,5 mg/L.

## RESULTADOS

Conforme a metodologia, foram coletadas duas amostras de água bruta na ETA Queima Pé em dois dias consecutivos, cuja análise do pH e da turbidez resultou, respectivamente, em 6 e 8,01 NTU para a amostra 1; 6,4 e 8,2 NTU para a amostra 2. Dessa forma, verifica-se um pH próximo ao neutro, levemente ácido.

Com os ensaios de *jar-test* utilizando a amostra 1, foi possível obter uma estimativa da melhor faixa de dosagem do sulfato de alumínio para remoção da turbidez da água bruta sem variação prévia do pH. Os resultados que se obteve redução na turbidez, descritos na Tabela 01, demonstram que há melhor remoção para dosagens entre 5 e 10 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Para as concentrações de 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5 e 25 mg/L ocorreu a saturação da solução e consequentemente o aumento da turbidez após ensaios.

**Tabela 1: Resultados do ensaio de *jar-test* da amostra 1.**

| Dosagem (mg/L de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) | pH final | Turbidez (NTU) | Remoção da turbidez (%) |
|---|----------|----------------|-------------------------|
| 2,5   | 6        | 6,46           | 19,35%                  |
| 5   | 5,6      | 2,49           | 68,91%                  |
| 6,25  | 6,4      | 2,8            | 65,04%                  |
| 7,5   | 5,8      | 4,4            | 45,07%                  |
| 8,75  | 6,2      | 2,13           | 73,41%                  |
| 10  | 5,8      | 4,86           | 39,33%                  |

Altas dosagens de coagulante é impraticável na rotina operacional de uma ETA devido ao alto custo de produção, à elevada produção de lodo e ao tamanho do espaço físico necessário para o armazenamento dos produtos químicos

(FERRARI et al., 2011). Assim, fica em evidência a importância do controle das dosagens, as quais podem ser pré-definidas segundo Netto e José (1987) por intermédio de ensaios de bancada *jar-test*, onde são simuladas as condições ideais de coagulação e floculação, possibilitando uma análise precisa do processo.

Segundo Di Bernardo (1993) a turbidez é provocada pelas partículas em suspensão na água, as quais podem ser de origem orgânica (algas, plânctons) ou inorgânica (metais diversos, areia, despejos industriais e domésticos), sendo carregadas ao meio aquático pela ação das chuvas e outros intemperismos. Em valores que estejam acima dos aceitáveis é possível que a etapa de desinfecção é prejudicada, uma vez que partículas suspensas conferem proteção a microrganismos diversos, o que os torna resistentes à agentes desinfetantes, como o cloro.

O pH é um parâmetro que determina a identidade ácida ou alcalina de uma água, por meio da concentração de íons  $H^+$  no meio analisado. Seus valores influenciam reações químicas e bioquímicas, sendo sua determinação imprescindível (FRANCO, 2009).

Com a redução do pH ocorre o aumento da velocidade de oxidação de metais, fator determinante no processo de corrosão e entupimento de tubulações nos sistemas de distribuição.

Dada a importância do controle da turbidez e pH em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017, expressa 5 NTU como valor máximo permitido (VMP) para turbidez e devendo o pH estar na faixa de 6 a 9,5.

**Tabela 2: Ensaios de *jar-test* aplicando o polímero, parte 1.**

| DOSAGENS        |     | 6 (mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ ) |             | 7,5 (mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ ) |                |             |
|-----------------|-----|-----------------------------|-------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Polímero (mg/L) | pH  | Turbidez (NTU)              | Remoção (%) | pH                            | Turbidez (NTU) | Remoção (%) |
| 0,1             | 6,2 | 1,78                        | 78,29%      | 5,8                           | 1,46           | 82,20%      |
| 0,2             | 6,4 | 1,74                        | 78,78%      | 5,4                           | 1,33           | 83,78%      |
| 0,3             | 6,2 | 1,62                        | 80,24%      | 5,6                           | 1,38           | 83,17%      |
| 0,4             | 6,4 | 1,81                        | 77,93%      | 5,8                           | 1,4            | 82,93%      |
| 0,5             | 6,2 | 1,92                        | 76,59%      | 6                             | 1,92           | 76,59%      |
| 0,6             | 6,4 | 1,75                        | 78,66%      | 6                             | 1,96           | 76,10%      |

**Tabela 3: Ensaios de *jar-test* aplicando o polímero, parte 2.**

| DOSAGENS        |     | 8,75 (mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ ) |             | 10 (mg/L de $Al_2(SO_4)_3$ ) |                |             |
|-----------------|-----|--------------------------------|-------------|------------------------------|----------------|-------------|
| Polímero (mg/L) | pH  | Turbidez (NTU)                 | Remoção (%) | pH                           | Turbidez (NTU) | Remoção (%) |
| 0,1             | 5,6 | 1,72                           | 79,02%      | 5,6                          | 3,74           | 54,39%      |
| 0,2             | 5,6 | 1,75                           | 78,66%      | 5,8                          | 3,79           | 53,78%      |
| 0,3             | 5,6 | 1,74                           | 78,78%      | 5,8                          | 3,77           | 54,02%      |
| 0,4             | 6   | 2,08                           | 74,63%      | 6                            | 3,64           | 55,61%      |
| 0,5             | 6   | 1,53                           | 81,34%      | 6                            | 4,5            | 45,12%      |
| 0,6             | 6   | 1,94                           | 76,34%      | 6                            | 5,42           | 33,90%      |

Após determinar a faixa da dosagem de sulfato de alumínio, que apresentou melhor eficiência na remoção de turbidez, avaliou-se a influência da dosagem de polímero, como auxiliar de floculação, na remoção de turbidez. Os resultados dos ensaios estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Como critério de seleção para a dosagem ótima na operação, primeiramente, foi a utilização das menores dosagens de coagulante (sulfato de alumínio), ou seja, foi levado em consideração os valores de turbidez obtidos para a dosagem de 6 mg/L de coagulante, valores estes, já utilizado no processo de tratamento da ETA.

O segundo critério de seleção foi adotar a menor dosagem de polímero, que resultasse em valores satisfatórios de remoção de turbidez, sem, contudo, que houvesse deposição de flocos durante a realização da etapa de floculação e incremento significativo no custo da operação. Portanto, a dosagem selecionada de polímero foi de 0,10 mg/L. Ressalta-se que mesmo sem a adição do polímero houve uma remoção de turbidez suficiente, haja vista que a amostragem foi realizada em época de estiagem.

Considerando o volume do tanque de mistura do sulfato de alumínio  $9 \text{ m}^3$  e as melhores dosagens de remoção da turbidez  $6 \text{ mg/L}$ ,  $7,5 \text{ mg/L}$  e  $8,75 \text{ mg/L}$ , tem-se os respectivos pesos de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$  granular:  $215 \text{ kg}$  (8 sacos e  $10 \text{ kg}$ );  $269 \text{ kg}$  (10 sacos e  $19 \text{ kg}$ ); e  $313 \text{ kg}$  (12 sacos e  $13 \text{ kg}$ ).

## CONCLUSÃO

Como a ETA Queima Pé não dispõe de um reservatório para prévia alteração do pH, buscou-se realizar ensaios de *jar-test* com condições operacionais consoante à estrutura da estação e com o pH natural da água. Foi possível obter uma remoção de  $79,29\%$  da turbidez com o uso de  $6 \text{ mg/L}$  de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  a  $10\%$  e  $0,10 \text{ mg/L}$  do polímero poliácridamida aniônica com pH da água bruta de  $6,20$ , promovendo uma turbidez ao final do processo de coagulação/floculação de  $1,78 \text{ NTU}$ . Esse valor está em conformidade com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 e ainda pode ser reduzido por meio do processo de filtração, mas destaca-se a importância de uma boa remoção inicial da turbidez em virtude da manutenção dos filtros, periodicidade de retrolavagem dos mesmos e eficiência da desinfecção.

Destaca-se que esse estudo foi realizado em época de estiagem, o que resultou em baixa turbidez na captação da água bruta. Posto isso, para futuros estudos recomenda-se realizar ensaios *jar-test* em períodos chuvosos para determinar dosagens mínimas na remoção da turbidez em circunstâncias críticas na ETA Queima Pé.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério da Saúde. **Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 de 03 de outubro de 2017**. Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
2. DI BERNARDO, L. (1993). **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Vol. I e II. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. 481 p. Rio de Janeiro.
3. FRANCO, E. S. **Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água**. 2009. 207 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.
4. FERRARI, T. N.; JULIO, M. D.; JULIO, T. S. D. **Emprego do sulfato de alumínio e do cloreto de polialumínio em estudos de tratabilidade da água que abastece o município de São José dos Campos-SP**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 118-137, 2011.
5. NETTO, A.; JOSÉ M. (1987). **Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água**. São Paulo, CETESB.
6. SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. **Água**. 2019. Disponível em: <<http://www.samaetga.com.br/portal/Artigo.aspx?id=40>>. Acesso em: 30 de junho de 2019.
7. SILVA, Alessandra Cristina. **Tratamento do Percolado de Aterro Sanitário e Avaliação da Toxicidade do Efluente bruto e Tratado**. 2002. 126 f. Tese de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.
8. SILVA, Priscila Nunes da. **Avaliação do processo de coagulação/floculação aplicado ao lixiviado do Aterro Sanitário de Seropédica, com ênfase na redução da ecotoxicidade**. 2017. 106 f. Tese de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.