

## ANÁLISE COMPARATIVA DO COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO COM E SEM UTILIZAÇÃO DE PRÉ-OXIDAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Petra Rucielle Medeiros Marinho <sup>1</sup>  
Maria Emília de Freitas Sousa <sup>2</sup>  
Julianna Ferreira dos Santos Silva <sup>3</sup>  
Amanda Raquel Bezerra de Lima <sup>4</sup>  
Whelton Brito dos Santos <sup>5</sup>

### INTRODUÇÃO

O tratamento de águas para abastecimento tornou-se um desafio, devido os níveis atuais de urbanização, que favorecem a degradação da qualidade das águas dos mananciais disponíveis. Os fatores antrópicos e naturais interferem nas propriedades físicas, químicas e biológicas, conferindo condições específicas para cada lugar o que pode comprometer a qualidade da água destinada ao abastecimento público e outros usos.

Sabe-se que as características físicas das águas de abastecimento causam o impacto imediato ao consumidor, podendo, com alguma frequência, fazer com que ocorra a recusa da água distribuída pela concessionária. Quando isso acontece, a opção de abastecimento recai para fonte alternativa, não necessariamente segura. A percepção imediata ocorre através dos sentidos da visão (turbidez e cor), paladar e olfato (sabor e odor) (LIBÂNIO, 2010).

Um alto valor de turbidez prejudica a condição estética da água e estudos técnicos constatarem o efeito de proteção física de microrganismos pelas partículas causadoras da turbidez, diminuindo a eficiência de tratamentos. A cor aparente de uma amostra de água, por sua vez, está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução ocorre devido a absorção de parte da radiação eletromagnética), sobretudo pela presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico (CAVINATTO, 2003; SKORONSKI et al., 2014).

Nas Estações de Tratamento de Água (ETA), a adequação da cor aparente e da turbidez aos limites máximos exigidos pela legislação é realizada por meio do processo de coagulação e floculação seguido de sedimentação e filtração. Para essa atividade, normalmente são utilizados coagulantes inorgânicos como sais de ferro e alumínio. Apesar de eficientes coagulantes, estes produtos geram lodos não biodegradáveis que precisam ser dispostos em aterros específicos (IMHOFF; IMHOFF, 1998).

O principal objetivo do processo de coagulação é a desestabilização das partículas coloidais e suspensas, através de um conjunto de ações físicas e reações químicas, com duração de poucos segundos, entre o coagulante, a água e as impurezas presentes. Quando o coagulante utilizado é um sal de alumínio ou de ferro, na solução aquosa, estes possuem íons metálicos, positivamente carregados, que formam fortes ligações com os átomos de oxigênio podendo coordenar até seis moléculas de água ao seu redor, liberando os átomos de

<sup>1</sup> Graduanda pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB, [petrarmm@gmail.com](mailto:petrarmm@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduanda pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB, [emiliasf97@gmail.com](mailto:emiliasf97@gmail.com);

<sup>3</sup> Graduanda pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB, [juhferreira13@gmail.com](mailto:juhferreira13@gmail.com);

<sup>4</sup> Graduanda pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB, [amandarblima@hotmail.com](mailto:amandarblima@hotmail.com);

<sup>5</sup> Doutorando em Engenharia e Recursos Naturais – UFCG, [wheltonbrt@gmail.com](mailto:wheltonbrt@gmail.com).

hidrogênio e reduzindo o pH da suspensão. As espécies hidrolisadas de ferro e alumínio, podem culminar no precipitado de hidróxido do metal, onde verifica-se o transporte dessas espécies para o contato com as impurezas presentes na mistura, ocasionando em função da magnitude da dosagem e pH de coagulação sua desestabilização ou envolvimento nos precipitados. Com a aproximação e colisão das partículas desestabilizadas, há a formação dos flocos os quais podem ser removidos nas etapas subseqüentes do tratamento de águas (LIBÂNIO, 2010).

Coagulantes inorgânicos são efetivos na remoção de uma ampla variedade de impurezas da água, incluindo partículas coloidais e substâncias orgânicas dissolvidas. Visando à remoção dessas impurezas, bem como materiais particulados, o emprego de sulfato de alumínio, em particular, em diversos conceitos de tratamento de águas vem sendo utilizado a mais de 100 anos, por meio da coagulação química. Entretanto, o uso extensivo do sulfato de alumínio tem sido discutido devido à presença de alumínio remanescente na água tratada e no lodo gerado ao final do processo, muitas vezes em concentrações bastante elevadas, o que dificulta a disposição do mesmo no solo devido a contaminação e o acúmulo deste metal (CORAL et al., 2009).

Para a tratabilidade adequada de águas naturais de cor elevada e para a redução de dosagem de coagulantes, uma das técnicas mais usuais é a pré-oxidação. Todavia, a utilização desse procedimento pode acarretar, em mananciais com grandes concentrações de substâncias húmicas, alguns inconvenientes, sobretudo a formação de subprodutos clorados, como, por exemplo, os Trihalometanos (THMs), os quais são considerados carcinogênicos, e a liberação de metabólitos que podem ser potencialmente tóxicos (MONDARDO, 2004).

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo principal avaliar a influência da pré-oxidação, com o emprego do cloro, sobre a eficiência do coagulante sulfato de alumínio no processo de clarificação da água. Como ferramenta avaliativa, realizaram-se ensaios de tratabilidade em escala de bancada por meio de equipamento *Jar Test*, analisando-se a remoção dos parâmetros cor e turbidez, a fim de verificar o desempenho das duas técnicas no tratamento de água.

## **METODOLOGIA**

Para o estudo de tratabilidade, as amostras de águas analisadas foram coletadas do reservatório urbano de Bodocongó, localizado na Bacia do Rio Paraíba, na porção do alto curso desta bacia (latitude 07°12'49.70''S e longitude 35°54'159.82''W), com extensão de aproximadamente 354.059 m<sup>2</sup> de área e 4.319 m de perímetro. Construído com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água para abastecimento de Campina Grande-PB, o açude de Bodocongó foi entregue à população deste município no ano de 1917. No entanto, por apresentar elevados índices de salinidade, a sua utilização para abastecimento tornou-se inviável (DE PAULA CARVALHO et al., 2009).

A coleta das amostras de água foi realizada na superfície do açude de Bodocongó, no dia 11 de abril de 2019. Devidamente coletadas e armazenadas, foram submetidas a ensaios de coagulação/floculação/decantação, realizadas em escala laboratorial em aparelho *Jar Test* Poli Control®, modelo Floc Control III, com a aplicação do coagulante Sulfato de Alumínio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) e do mesmo precedido pela pré-oxidação com cloro.

Foram realizados dois ensaios distintos. O ensaio 1 corresponde a utilização de apenas sulfato de alumínio sendo as dosagens utilizadas de 30, 40 e 50 mg.L<sup>-1</sup>. No ensaio 2, de forma análoga, utilizou-se a mesma variação de dosagens, porém com a adição da etapa de pré-oxidação na água, utilizando-se o agente oxidante cloro da marca Genco (Cloro Estabilizado – Dicloro granulado), com uma solução a 0,5% (10mg.L<sup>-1</sup>) e tempo de contato de 15 minutos. As dosagens dos coagulantes foram definidas com base em estudos realizados anteriormente

(CORAL et al., 2009; MONDARDO et al., 2004; NEPOMUCENO, 2016; SILVEIRA et al., 2019).

Antes de cada ensaio, realizou-se a determinação da turbidez e da cor aparente das amostras de água bruta, como pode ser visto na Tabela 1. Para isso, utilizaram-se medidores nefelométricos da Poli Control® (Aquacolor Cor e Turbidímetro AP2000). Para pH e temperatura foram utilizados medidores portáteis da KASVI®, modelo K39-0014PA.

As soluções do agente coagulante foram preparadas à concentrações de 0,5% (1 mL - 2,5 mg.L<sup>-1</sup>). A partir disso, foram definidos os volumes da solução a ser adicionada nos jarros. Sendo o volume da solução do produto químico adicionado (mL) igual à dosagem do produto químico resultante no jarro (mg.L<sup>-1</sup>) multiplicado pelo volume do jarro do equipamento *Jar Test* (L), sendo aqui utilizado jarros com 2L de volume, Por fim, dividido pela concentração da solução preparada do produto químico (mg.L<sup>-1</sup>).

A velocidade adotada para simular a unidade de mistura rápida foi de 600 rpm, com tempo de agitação de 20 segundos. Em seguida, foi realizada a mistura lenta com as rotações decrescentes de 70, 40 e 20 rpm, com 10 minutos cada. O tempo de decantação foi de 4 minutos e 36 segundos, que caracteriza uma velocidade de sedimentação de 1,5 cm.min<sup>-1</sup>, já que o ponto de coleta foi realizado 7 cm do nível máximo de água no jarro. Estes valores foram definidos com base em outros experimentos realizados anteriormente (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2011); NEPOMUCENO, 2016; SILVEIRA et al., 2019).

Os ensaios foram realizados sem alteração do pH da água bruta e em temperatura ambiente. Foram coletados 100 mL de água decantada em cada ensaio para determinação dos parâmetros cor aparente e verdadeira (uC), turbidez (NTU) e pH. As análises foram realizadas em triplicata, sendo adotado o valor médio das medições.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características avaliadas da água bruta do Açude de Bodocongó foram, pH = 8,3; temperatura (°C) = 25,73; turbidez (NTU) = 13,8; cor aparente (uT) = 82,37; cor verdadeira (uT) = 55,3.

Comparando os experimentos com coagulante sulfato de alumínio e sulfato de alumínio com pré-oxidação, ocorreu redução gradativa dos valores de pH de acordo com a concentração e maior redução para o coagulante sulfato de alumínio com pré-oxidação. Obteve-se um equilíbrio nos valores de ambos experimentos no tratamento com concentração de 40 mg.L<sup>-1</sup>.

Na análise da turbidez, o valor inicial obtido para ambos os coagulantes foi semelhante ao verificado para a água bruta, 13,8 NTU. No entanto, o sulfato de alumínio sem a pré-oxidação promoveu uma maior redução da turbidez, em todas as concentrações, quando comparado com o sulfato de alumínio com pré-oxidação.

Os menores valores de turbidez para os dois coagulantes foram na concentração de 40 mg.L<sup>-1</sup>, sendo o melhor valor de concentração para a redução de turbidez. Já que em concentração maior o valor deste parâmetro se eleva.

Para os parâmetros de cor aparente e cor verdadeira, foi possível observar melhor desempenho para o sulfato de alumínio com pré-oxidação. As substâncias coloidais que provocam cor na água podem dificultar o tratamento devido a sua baixa susceptibilidade à coagulação, em razão da dificuldade do sulfato de alumínio em provocar a desestabilização das substâncias coloidais derivadas da decomposição de matéria orgânica vegetal.

A cor aparente, na qual consideram-se as partículas em suspensão, da cor verdadeira provocada pelas substâncias dissolvidas, ocorreu uma diminuição de aproximadamente 10%

da cor inicial para o tratamento com sulfato de alumínio e 20% para o sulfato de alumínio com pré-oxidação.

Para a cor verdadeira, que constitui um importante indicador de matéria orgânica presente nas águas naturais, ocorreu uma diminuição de aproximadamente 29% da cor inicial para o tratamento com sulfato de alumínio e 34% para o sulfato de alumínio com pré-oxidação. Observou-se que na concentração de 30 mg.L<sup>-1</sup> se obteve melhor eficiência na remoção de cor verdadeira para o sulfato de alumínio sem a pré-oxidação e nas concentrações seguintes melhor desempenho para o sulfato de alumínio com pré-oxidação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos parâmetros analisados, verificou-se uma equivalência nos resultados. Os melhores desempenhos na redução de cor ocorreram na concentração de 40 mg.L<sup>-1</sup>, tanto para o do sulfato de alumínio sem a pré-oxidação, quanto para o mesmo com a pré-oxidação. Os resultados foram satisfatórios de acordo com o pH da amostra de água (8,1), visto que estudos na literatura comprovam que o uso da pré-oxidação é eficaz na remoção de tal indicador. Contudo, para redução de turbidez, constatou-se que o uso da pré-oxidação não surtiu efeito satisfatório.

Por fim, conclui-se que no uso do coagulante sulfato de alumínio com pré-oxidação e sem pré-oxidação, os melhores resultados encontrados foram para a dosagem de 40 mg.L<sup>-1</sup>. Dessa forma, recomenda-se a realização de mais estudos com a proposta de analisar a utilização do sulfato de alumínio e sua eficiência sob diferentes condições no tratamento de águas para consumo humano.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BERNARDO, L. DI; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Tecnologias de tratamento, processos e operações. In: Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: Editora LDIBE LTDA, 2011. p. 97-153.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e das outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em 11 de setembro de 2019.

CAVINATTO, V. M. Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar. São Paulo: Moderna, 2003.

CORAL, L. A.; BERGAMASSO, R.; BASSETTI, F. J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. Key Elements For A Sustainable World: Energy, Water And Climate Change São Paulo–Brasil, 2009.

DE PAULA CARVALHO, Aurean; DE MORAES NETO, João Miguel; DE LIMA, Vera Lúcia Antunes. Estudo Da Degradação Ambiental Do Açude De Bodocongó Em Campina Grande–Pb.

GUEDES, C. D. et al. Coagulação/floculação de suspensões ricas em óxidos de ferro por sulfato de alumínio. Química Nova, v. 27, n. 5, p. 715-719, 2004.

IMHOFF, K.; IMHOFF, K. R. Manual de tratamento de águas residuárias. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

LIBÂNIO, Marcelo. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Marcelo Libânio. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. 3a Edição

MONDARDO, Renata Iza et al. Influência da pré-oxidação na tratabilidade das águas via filtração direta descendente em manancial com elevadas concentrações de microalgas e cianobactérias. 2004.

SKORONSKI, Everton et al. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science, Taubaté, v. 9, n. 4, p.679-687, dez. 2014.