



## Otimização de pré-oxidação em tratamento de água superficial para abastecimento público, conjugando Ultrassom com $\text{ClO}_2/\text{NaClO}$ : Determinação de subprodutos via HS-GC-MS

**Autores: Amanda Alves De Mello (Bolsista BAS, PIBIC Voluntária, FT/UNICAMP), Eric Augusto de Medeiros Rodrigues (FT/UNICAMP), Maria Gabriela Caxias Ribeiro(FT/UNICAMP) e Maria Aparecida Carvalho de Medeiros (Orientadora, FT/UNICAMP)**

### 1. Introdução

A aplicação do cloro nas etapas de pré-oxidação e desinfecção da água para fins de abastecimento público é amplamente utilizado, visando a oxidação da matéria orgânica natural (MON) e a inativação dos microrganismos patogênicos de veiculação hídrica, respectivamente.

O Saneamento Básico, que utiliza este modelo tradicional de tratamento enfrenta um desafio no controle dos subprodutos de desinfecção (SPDs), que são compostos potencialmente cancerígenos gerados a partir da reação do cloro com a MON.

Dentre os SPDs formados, existem dois grupos que são regulados pela Portaria de Consolidação nº 5 (2017): os trihalometanos (THMs) e ácidos haloacéticos (HAAs).

Neste sentido, há necessidade de alternativas de pré-oxidação e desinfecção que substituam ou atenuem a utilização do cloro como agente principal na etapa de pré-oxidação, favorecendo assim a minimização da formação destes subprodutos orgânicos halogenados.

Análises físico-químicas em amostras de água têm por objetivo identificar características, quantificar elementos presentes e assim associar seus respectivos efeitos no ambiente. A partir dessas, investiga-se alterações que podem ser apontadas como processos naturais e antrópicas e, quando comparadas a resoluções legais para parâmetros de qualidade hídrica, indica-se o caso de níveis adversos para contato com ecossistemas e à saúde humana. Recomenda-se também que a tecnologia de tratamento adotada em estações seja escolhida a partir da qualidade da água bruta, acompanhando também suas características ao longo das etapas (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Sendo a etapa de tratamento de água em foco no projeto, a pré-oxidação tem por objetivo a inibição de atividade microbológica patogênica e a oxidação de matérias orgânicas que provocam odor e gosto na água. Em seguida, tem-se a coagulação, floculação, decantação e filtração, onde partículas indesejáveis aglutinam-se, separam-se do restante e são mecanicamente removidas.

Para a realização da pré-oxidação, tem-se como um dos principais agentes o dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), por sua maior eficácia em comparação ao gás cloro e cloraminas na inibição de vírus, possuir um poder de oxidação superior, melhorar o processo de clarificação, ser efetivo no controle de sabor e odor, por seu poder desinfectante não ser influenciado pelo pH, entre outros fatores. É possível, ainda, que sua utilização seja combinada ao uso da tecnologia de ultrassom (ondas sonoras acima da faixa de audição humana que provocam maior reatividade em sistemas químicos), sendo eficaz na minimização de subprodutos de desinfecção (SPDs) (FAUSTINO, 2016) e referências citadas na dissertação de mestrado.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivos Gerais**

O projeto tem por objetivo a otimização do processo de pré-oxidação, realizado no tratamento de águas para abastecimento, utilizando-se os reagentes dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), além do teste da eficiência de sua conjugação ao ultrassom.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Especificamente, tem-se também a otimização do coagulante Policloreto de alumínio (PAC), a determinação de subprodutos formados durante o processo de desinfecção via HS-GC-MS e o aprendizado de novas metodologias para análise de qualidade de água.

## **3. Material e Métodos**

### **3.1 Caracterização da água bruta**

Previamente, a amostra de água bruta foi coletada em um galão de capacidade de 20 L nos reservatórios 3 e 4 da SANASA (advinda do rio Atibaia, em Campinas) e transportada até a Faculdade de Tecnologia da UNICAMP, em Limeira, para análises e ensaios em laboratório.

Para a aferição de suas características físico-químicas, parte da água coletada foi transferida para um béquer de volume igual a 2000 mL e homogeneizada com uso do bastão de vidro. Após a homogeneização, 100 mL foram retirados da amostra com o uso da pipeta e o pipetador e assim colocados em um becker de 250 mL para medição dos parâmetros de qualidade.

Para análise de cor, o espectrofotômetro Hach DR/2000 foi calibrado com uso do álcool etílico e a programação selecionada com  $\lambda = 455$  nm. No mesmo equipamento já calibrado, trocando-se o comprimento de onda para  $\lambda = 450$  nm, foi possível realizar também a análise de turbidez.

### **3.2 Otimização do coagulante policloreto de alumínio (PAC)**

Após a caracterização de propriedades físico-químicas de água bruta, foram realizados os ensaios de otimização para a dosagem do coagulante. Uma concentração diferente de PAC foi colocada em cada um dos jarros junto a uma concentração de 22 mg/L de Hidróxido de cálcio (para uma aumento de alcalinidade, consumida durante o processo de coagulação) e, em seguida, seguiu-se o ensaio de acordo com a parametrização descrita por FAUSTINO e MEDEIROS, 2016.

Após o tempo para a decantação, as amostras foram recolhidas dos jarros e levadas para o sistema de filtração à vácuo. Após a filtração, foram realizadas novas análises físico-químicas a fim de determinar a concentração mais adequada para o coagulante.

Os ensaios posteriores de oxidação foram realizados em único jarro de água bruta, utilizando-se a concentração otimizada de PAC.

### **3.3 Otimização da pré-oxidação**

Foram realizados, ao todo, dois ensaios para otimização da pré-oxidação. Para tal, em cada um dos seis jarros do equipamento Jar Test foi colocado um oxidante diferente, sendo as opções: dióxido de cloro, hipoclorito de sódio, peróxido e peróxido de hidrogênio. O esquema de tempo e rotação utilizado foi semelhante ao ensaio de otimização do coagulante.

Para jarros com a combinação de oxidantes com a tecnologia de ultrassom ou somente ultrassom, o conteúdo dos mesmos foi transferido para béqueres de 2000 mL e levados para o aparelho de ultrassom, sendo submetidos à ondas em uma frequência de 40kHz em potência de 56 W durante 15 minutos.

## **4. Resultados e Discussão**

### **4.2 Otimização do coagulante (PAC)**

Após realização do ensaio de coagulação, os dados aferidos para a otimização do PAC nas diferentes concentrações escolhidas (sendo as análises de pH, cor, absorvância e condutividade)

A partir de uma comparação dos resultados obtidos em ensaios com os parâmetros descritos pela Portaria de Consolidação nº5/2017, tem-se que a concentração mais adequada para o coagulante PAC é a de 120 mg/L, que atingiu um nível de pH mais próximo à neutralidade, um valor de cor inferior ao dado como limite máximo pela legislação e, principalmente, um decaimento considerável de absorvância em um comprimento de onda de 254 nm, que indica a diminuição de matéria orgânica.

### 4.3 Otimização da pré-oxidação

Assim como foi feito para a otimização do coagulante PAC, foi realizada a comparação dos parâmetros obtidos nos ensaios de pré-oxidação com a Portaria de Consolidação nº5/2017. Sendo assim, os resultados apontam que os oxidantes combinados com a tecnologia de ultrassom obtiveram um maior desempenho na remoção de características organolépticas não desejáveis na amostra de água bruta, ajustando-se o pH para valor mais neutro, melhora na cor e decaimento da absorbância.

## 5. Conclusões

A partir dos ensaios, foi possível comprovar que os oxidantes alternativos dióxido de cloro, hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogênio são realmente efetivos quando utilizados para substituir a aplicação do gás cloro em tratamento de água para consumo humano, obtendo um desempenho ainda maior quando combinado à tecnologia de ultrassom.

Com ajustes na dosagem e tempo de contato dos oxidantes, é possível que se remova a matéria orgânica e se mantenha-se um cloro residual dentro do estabelecido legalmente, diminuindo traços organolépticos indesejáveis e a ocorrência da formação de subprodutos de desinfecção.

Através de ensaios de coagulação e oxidação, verificou-se uma maior eficiência do dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>) em conjugação com a tecnologia de ultrassom.

## 6. Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria de Consolidação nº 5, de 03 de outubro de 2017. 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 dá outras providências. Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 out. 2017.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2. ed. v. 1. São Carlos: RiMa, 2005. 792 p.

FAUSTINO, Nilto Cândido. **Alternativas de pré-oxidação ClO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/NaClO combinadas com ultrassom para minimização de subprodutos em águas superficiais**. 2016. 107f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Inovação) - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Tecnologia, Limeira, 2016.