

## I-055 - ESTUDO DO USO COMBINADO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO EM MANANCIAL EUTROFIZADO DESTINADO AO ABASTECIMENTO HUMANO

**Jonny Klan de Araújo<sup>(1)</sup>**

Químico Industrial pela UEPB. Analista de Saneamento na COMPESA.

**Valderice Pereira Alves Baydum<sup>(2)</sup>**

Engenheira Ambiental pela UNICAP. Química Industrial pela UFPE. Mestre e Doutora em Eng. Química pela UFPE. Professora Assistente na UNICAP. Analista de Saneamento na COMPESA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Dois Irmãos, 1012 – Dois Irmãos – Recife - PE - CEP: 52071-440 - Brasil - Tel: (81) 34129977 - e-mail: jonnyklan@compesa.com.br

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a remoção de células de cianobactérias, cianotoxinas, ferro, manganês e demais parâmetros no tratamento de água proveniente do açude Mororó, localizado na região agreste do Estado de Pernambuco, submetido a estudos de oxidação com Peróxido de Hidrogênio 50%, Hidróxido de Sódio 50%, Hidróxido de Sódio e Peróxido combinados e Cloro. Os testes foram feitos em escala de bancada e em escala real na EEAB (Estação Elevatória de Água Bruta) em Pedra/PE. Para se avaliar a ação dos produtos químicos foram feitos testes variando cada um isoladamente e no final combinando o Peróxido de Hidrogênio com o Hidróxido, sempre aplicados na EEAB e avaliados os parâmetros após o tratamento na ETA Pedra. Os resultados mostraram que a remoção de células de cianobactérias pode ser superior a 99,9% tanto com peróxido de hidrogênio quanto com cloro liquefeito, embora tenha sido observada maior remoção de cianotoxinas e metais na forma combinada peróxido de hidrogênio e Hidróxido de sódio. Sendo assim, o presente trabalho apresenta os estudos do efeito da pré-oxidação e uso combinado de alcalinizante em um manancial contendo cianobactérias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cianobactérias, Hidróxido de Sódio, Peróxido de Hidrogênio.

### INTRODUÇÃO

O crescimento excessivo de cianobactérias em reservatórios brasileiros é uma realidade e tem prejudicado os usos múltiplos da água. Algumas cepas de bactérias, em especial as do grupo de cianobactérias, podem causar gosto e odor desagradáveis na água. Porém o maior problema está no fato de que podem produzir toxinas, tais como as microcistinas, que causam a morte de animais domésticos e selvagens e também a intoxicação humana (FERNANDES et al., 2009).

A maioria dos sistemas de captação do agreste pernambucano tem sofrido com a crescente escassez das chuvas e concentração de nutrientes que somados à intensa insolação da região, tem favorecido sua eutrofização. Além da possibilidade de presença de toxinas em águas eutrofizadas, as algas podem ser consideradas como fonte de precursores da formação de subprodutos da desinfecção que reagem com cloro produzindo Trihalometanos (THM).

O processo de oxidação envolve a troca de elétrons entre espécies químicas com mudança do estado de oxidação das espécies envolvidas. De acordo com Weber Jr. (1972), o objetivo da oxidação no tratamento de água é converter espécies químicas indesejáveis em espécies não prejudiciais, ou seja, no tratamento de água, além da inativação de organismos, os desinfetantes, devido ao elevado poder de oxidação que os mesmos apresentam, também são usados com outros fins, destacando-se:

- Oxidar ferro e manganês;
- Prevenir o crescimento e manutenção da estabilidade biológica nos sistemas de reservação e distribuição de água;
- Remover sabor e odor;
- Melhorar a eficiência de coagulação e filtração;

- Remover cor;
- Minimizar a formação de subprodutos da desinfecção dependendo do oxidante.

O processo de oxidação química pode então se configurar como a barreira para a redução dos riscos à saúde associados à presença de cianotoxinas na água para consumo humano. Segundo a Portaria 2914/11 o limite permitido para Microcistinas em água é de 1 µg/L. (BRASIL, 2011)

Os agentes oxidantes usados no tratamento de água para remoção dessas toxinas incluem, dentre outros, cloro, dióxido de cloro, permanganato de potássio, ozônio e peróxido de hidrogênio. O presente trabalho contém estudos realizados no laboratório da Gerência de Qualidade da COMPESA e estudos práticos na EEAB do açude Mororó, em Pedra/PE, com a aplicação de cloro, peróxido de hidrogênio e o uso combinado de Hidróxido de Sódio e peróxido de hidrogênio na remoção de cianobactérias e cianotoxinas.

O trabalho foi planejado em duas etapas. Na primeira, realizou-se em laboratório uma investigação experimental utilizando-se os agentes oxidantes em concentrações variadas. Na segunda etapa, baseando-se nos resultados obtidos na primeira etapa, aplicou-se a concentração ótima na EEAB.

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

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foi coletada água bruta do açude Mororó, manancial eutrofizado, com elevada quantidade de cianobactérias, ferro e manganês, que serve de captação para a Estação de Tratamento de Água (ETA) Pedra, que possui capacidade para 11 L/s (40 m<sup>3</sup>/h) e apresenta concepção de ETA compacta com filtração ascendente (03 filtros em paralelo).

A Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) Mororó dista 1,5 Km da ETA e possui adutora de 200 mm, correspondendo a um tempo de contato de 70 min para os oxidantes.

## PRIMEIRA ETAPA: ESTUDOS EM LABORATÓRIO

Os tempos utilizados em Jar Test foram os mesmos adotados pela ETA:

**Tabela 1 – Condições do Jar Test.**

ETAPAS	GRADIENTE/TEMPO
EEAB	300 RPM / 70 min
Mistura rápida	300 RPM / 5 seg
Filtração	---

Os produtos químicos utilizados foram dosados conforme o planejamento apresentado na Tabela 2, indicando os pontos de aplicação dos produtos.

**Tabela 2 – Condições testadas**

PONTO DE APLICAÇÃO	EEAB			ETA
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	NaOH	Al <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Ensaio 1	5, 7.5, 10 ppm	0	0	120 ppm
2	0	5, 7.5, 10 e 200 ppm	0	120 ppm
3	0	0	100, 150 e 200 ppm	120 ppm
4	7.5	0	50,100 e 150 ppm	120 ppm

Todos os parâmetros e equipamentos analíticos utilizados no experimento estão relacionados na tabela abaixo:

**Tabela 3 – Equipamentos analíticos**

PARÂMETROS	UNIDADE	EQUIPAMENTOS
Turbidez	UNT	Turbidímetro Hach 2110 P
Cor Aparente	uH	Colorímetro Visual DLNH-100 Del Lab
pH		Kit pH -Modelo 17N Hach
Ferro	mg/L	Kit Ferro-Microquant 14759
Manganês	mg/L	Kit Manganês Aquaquant
Residual de Cloro	mg/L	Kit DPD
Residual de Peróxido	mg/L	Colorímetro Hach DR/890
Cianobactérias	cél/mL	Microscópio Leica
Cianotoxinas	µg/L	Espectrofotômetro Elisa

Foi utilizado Jar Test da marca Ethik, com 3 jarros e dispositivo para filtração acoplado.

Os ensaios de tratabilidade foram realizados em fevereiro/15 e os testes práticos realizados em abril/15 na EEAB Mororó.

## RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

### Teste com Peróxido de Hidrogênio a 50%

O resultado da análise da água filtrada após teste de Jarros na condição estudada foi comparado com a água bruta para verificar a eficiência de remoção dos parâmetros e encontram-se representadas abaixo:

**Tabela 4 – Resultados do Jar Test utilizando Peróxido de hidrogênio como pré-oxidante.**

PARÂMETROS	BRUTA	FILTRADA		
Dosagem peróxido (mg/L)	---	5	7,5	10
Dosagem de sulfato (mg/L)	120	---	---	---
Residual peróxido (mg/L)	---	0,05	0,52	0,78
Turbidez (uT)	216	8,41	2,17	2,0
Cor (uH)	206	1,3	2,0	2,4
Microcistina (µg/L)	1,8	1,3	0,9	0,7
Saxitoxinas (µg/L)	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cianobactérias (cél/mL)	463.732	129	251'	433
Ferro (mg/L)	3,8	0,8	0,2	0,2
Manganês (mg/L)	2	1	1,6	1,6

Observou-se que a maior remoção de Microcistina (61%), turbidez (99%), Cor (99%) e ferro (95%) foi para a dosagem de 10 ppm.

A água bruta apresentava teor de ferro e manganês elevados, Ferro = 3.8 ppm, Manganês=2 ppm, observou-se no Jar Test que na amostra filtrada houve remoção do ferro, mas não houve redução significativa para o Manganês (20%), o que era esperado, uma vez que o Peróxido não tem eficiência na remoção deste elemento.

### Teste com Cloro Liquefeito

Foi simulada também a dosagem com cloro liquefeito, nas dosagens de 5, 7.5, 10 e 200 ppm, nas mesmas condições de gradiente da Tabela 1.

**Tabela 5 – Condições e resultados do Jar Test utilizando como oxidante o cloro liquefeito.**

PARÂMETROS	BRUTA	FILTRADA			
		5	7,5	10	200
Dosagem cloro (mg/L)	---	5	7,5	10	200
Dosagem de sulfato (mg/L)	120	---	---	---	---
Residual cloro (mg/L)	---	0	0	0,2	>3,4
Turbidez (uT)	216	2,3	2,17	2,3	4,31
Cor (uH)	206	21,5	21	20,3	21,9
Microcistina (µg/L)	1,8	0,5	0,3	0,5	0,5
Cianobactérias (cél/mL)	463.732	0	87.705	316	3.561
Ferro (mg/L)	3,8	0,2	0,2	0,2	0,2
Manganês (mg/L)	2	1	1	1	0,6

Todas as dosagens testadas obtiveram resultado praticamente equivalente para os parâmetros avaliados, porém a maior remoção de manganês foi observada com dosagem de Cloro de 200 ppm que conseguiu remover 70% do manganês;

Comparado ao teste com Peróxido, a remoção da Cor foi ligeiramente menor 90%.

A remoção de toxina foi praticamente a mesma para as dosagem de cloro testadas, ficando abaixo de 0,5 µg/L, o que corresponde a uma eficiência de remoção de 72%.

#### **Teste com Hidróxido de Sódio a 50% sem uso de pré-oxidação**

Foi considerada a aplicação de Hidróxido de Sódio a 50% e o coagulante Sulfato de Alumínio na etapa de mistura rápida.

**Tabela 6 – Condições e resultados do Jar Test utilizando o Hidróxido de Sódio.**

PARÂMETROS	BRUTA	FILTRADA		
		100	150	200
Dosagem Soda (mg/L)	---	100	150	200
Dosagem de sulfato (mg/L)	120	---	---	---
pH após 60 min com Soda	7,29	10	10,28	10,67
Turbidez (uT)	216	12,57	11,97	3,38
Cor (uH)	206	58	42	35,4
Microcistina (µg/L)	0,4	<0,1	<0,1	<0,1
Ferro (mg/L)	3	0,2	0,2	0,1
Manganês (mg/L)	2	0,3	0,12	0,03
pH final após coagulação e filtração	---	7,4	7,83	8,8

O melhor resultado de remoção dos parâmetros foi para a dosagem de 200 ppm de Hidróxido de sódio.

Em todas as condições testadas utilizando apenas o Hidróxido de sódio a 50%, a concentração de microcistina ficou abaixo de 0,1 µg/L, o que representou uma redução de 75 %.

A água bruta apresentava teor de Ferro e Manganês elevados, Fe = 3 ppm, Mn = 2 ppm, no Jar Test a filtrada com 150 ppm de Soda conseguiu reduzir a concentração de Ferro para 0,2 ppm (93%) e de Manganês para 0,12 ppm (94%).

Havia uma preocupação no uso apenas do Hidróxido de Sódio na EEAB em virtude do pH final da água filtrada, porém observou-se nos estudos que o pH ficou próximo a 10 e após adição do coagulante e filtração o mesmo adequou-se aos limites permitidos pela Portaria, podendo ser reduzido ainda mais com a adição do cloro na desinfecção.

### Teste em conjunto Hidróxido de Sódio a 50% e Peróxido de Hidrogênio a 50%

Foi variada a dosagem do Hidróxido de Sódio a 50% em 50, 100 e 150 ppm, e fixada a dosagem de Peróxido em 7.5 ppm, o Hidróxido foi dosado primeiro e após 16 minutos adicionado o Oxidante. A dosagem do coagulante Sulfato de Alumínio de 120 ppm foi aplicada após 70 min de contato, simulando o tempo da adutora.

**Tabela 7 – Condições e resultados do Jar Test utilizando Hidróxido de Sódio e Peróxido.**

PARÂMETROS	BRUTA	FILTRADA		
		50	100	150
Dosagem Soda (mg/L)	---	50	100	150
Dosagem de Peróxido (mg/L)	---	7,5	7,5	7,5
Dosagem de sulfato (mg/L)	120	---	---	---
pH após 60 min com Soda e Peróxido	7,29	9,75	10,3 9	10,7 5
Turbidez (uT)	216	12,9	18,5	15,5
Cor (uH)	206	53	69	62
Microcistina (µg/L)	0,4	<0, 1	<0,1	<0,1
Ferro (mg/L)	3	0,2	0,2	0,2
Manganês (mg/L)	2	0,4	0,12	0,03
pH final após coagulação e filtração	---	7,85	9,37	9,98
Residual de Peróxido (mg/L)	---	0	0	0

O melhor resultado foi observado na dosagem de 150 ppm de Hidróxido de Sódio e 7,5 ppm de Peróxido, sendo que resultados satisfatórios foram obtidos a partir de 100 ppm de Hidróxido de sódio.

O teor de Ferro e Manganês também adequaram após filtração, ficando abaixo do limite previsto pela Portaria 2914/11 que seria 0,3 ppm e 0,1 ppm, respectivamente, para dosagem a partir de 100 ppm.

Houve elevação do pH após adição do Hidróxido de Sódio, porém após adição do coagulante à água e filtração o pH reduziu, com a adição do cloro na desinfecção estima-se que este pH possa reduzir mais, não ultrapassando o limite de 9.5 previstos na Portaria.

O residual de Peróxido zerou após filtração, logo, não haverá consumo de cloro aplicado na desinfecção. A concentração de microcistina também foi reduzida em 75%.

## SEGUNDA ETAPA: APLICAÇÃO NA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA

### Teste prático EEAB Mororó

Os resultados obtidos em laboratório com Hidróxido de Sódio a 50% e Peróxido de Hidrogênio a 50%, foram adotados para realização dos testes práticos na EEAB Mororó, aplicando Hidróxido de Sódio 100 ppm e Peróxido de Hidrogênio a 7.5 ppm.

Foi colocado em funcionamento uma pré - filtração através do filtro ascendente em pedregulho na EEAB Mororó e aplicado o Hidróxido de sódio e Sulfato de Alumínio antes da filtração. Foram ajustadas as descargas e na sequência foi aplicado Peróxido de hidrogênio direto no poço de sucção (Pós Filtração na EEAB Mororó). Os testes práticos duraram 30 dias.

## RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Observou-se que a água bruta que chegava à ETA Pedra após este pré-tratamento apresentou uma qualidade muito boa comparada às condições anteriores ao teste prático, além do aspecto do odor e coloração da água bruta que reduziu bastante com o pré-tratamento.

O resultado médio para água tratada nas condições anteriores e posteriores ao teste estão representadas abaixo:

**Tabela 8 – Condições e resultados do teste prático utilizando Hidróxido de Sódio e Peróxido.**

PARÂMETROS	ÁGUA TRATADA	
	ANTES DO TESTE	APÓS TESTE
Dosagem peróxido (mg/L)	0	7,5
Dosagem de sulfato (mg/L)	120	120
Dosagem Hidróxido Sódio (mg/L)	0	100
Turbidez (uT)	36,6	0,7
Cor (uH)	145	5

Observou-se também, em relação à presença de metais que o Ferro e principalmente o Manganês foram removidos completamente.

## CONCLUSÃO

O ensaio de tratabilidade para as condições estudadas mostrou que o peróxido é eficiente em dosagens elevadas chegando a 10 ppm;

O percentual de remoção de toxinas para todas as condições estudadas foram satisfatórias, atingindo percentuais de 61% (Peróxido de Hidrogênio na pré-oxidação), 72% (Cloro na pré-oxidação) e 75 % (Hidróxido de sódio e combinado – Hidróxido de Sódio com Peróxido de Hidrogênio na pré-oxidação) chegando a resultados de remoção de toxina menores que 0,1 µg/L;

O atendimento aos parâmetros, além de remoção da toxina e considerando a remoção de metais (Ferro e Manganês) foi mais plena com o uso de Hidróxido de Sódio e o uso combinado de Hidróxido de Sódio e Peróxido de Hidrogênio, que removeram praticamente todos os metais, condição não observada para o uso do Peróxido individualmente nem do Cloro;

A aplicação na estação elevatória possibilitará mais tempo de contato e de reação dos produtos químicos com a água bruta e mostrou resultados satisfatórios para água tratada nestas condições.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21ª ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
2. BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2011b.
3. DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P.L. Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. São Carlos. RIMA, p. 17 – 117, 2002.
4. FERNANDES, V.O.; CAVATI, B.; OLIVEIRA, L.B.; SOUZA, B.D.A. Ecologia de Cianobactérias: Fatores promotores e consequências das florações. Oecol Brás.13 (2) : 247-58. 2009.
5. WEBER J.R. Physicochemical processes for water quality control. Wileyinterscience, new york, 640p. 1972.