

## I-395 - OTIMIZAÇÃO DAS DOSAGENS DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E COAGULANTES INORGÂNICOS VISANDO A REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS NA ETA GRAVATA, PB - BRASIL

**Antônio Cavalcante Pereira** <sup>(1)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba.

**Ronnan Barbosa dos Santos** <sup>(2)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba.

**Luan Gabriel Xavier de Souza** <sup>(3)</sup>

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba.

**Weruska Brasileiro Ferreira** <sup>(4)</sup>

Professora Doutora do Dept. de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba.

**Ronaldo Amâncio Meneses** <sup>(5)</sup>

Mestre em Engenharia Civil, Engenheiro Civil da Companhia de águas e esgotos da Paraíba.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Joao Caetano de Andrade, 19 – Liberdade – Campina Grande – Paraíba - CEP: 58410-080 - País - Tel: +55 (83) 99803-8363 - e-mail: [antoniocp.eng@gmail.com](mailto:antoniocp.eng@gmail.com).

### RESUMO

A água é um bem finito de extrema importância para o desenvolvimento dos povos, mas devido a fatores como crescimento populacional e grande exploração deste recurso, o balanço hídrico está sendo afetado. A escassez física desse recurso está intimamente ligada à falta de um processo efetivo de gestão dos recursos hídricos e conscientização da população que usufrui deste bem tão importante, o que leva na maioria das vezes na redução de sua qualidade. Uma das maiores preocupações em relação à qualidade desse recurso é a excessiva presença de nutriente dissolvidos no corpo aquático o que leva na maioria das vezes ao rápido crescimento de algas e cianobactérias. As cianobactérias podem liberar toxinas intra(lise) ou extracelular, as quais não afetam somente a diversidade da biota aquática como também a população que usa esse recurso como fonte de água potável. O manancial Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão-PB se encontra em situação dramática de escassez hídrica, de acordo com a AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, o referido reservatório chegou no seu período mais crítico de estiagem com apenas 2,9 % da sua capacidade total aproximada de 11.000.000 m<sup>3</sup>. Logo o objetivo do presente trabalho foi realizar a otimização das dosagens dos coagulantes inorgânicos sulfato de alumínio e sulfato férrico, ambos associados com peróxido de hidrogênio, tendo como critério preponderante a redução da densidade das células de cianobactérias. Os ensaios de tratabilidade foram realizados em escala de bancada com *Jar test*, onde procurou-se adotar os valores mais próximos das variáveis hidráulicas presentes na estação de tratamento de água. Foi possível direcionar quais as melhores condições de tratabilidade com intuito de obter remoção de cianobactérias e cianotoxinas, podendo assim ter duas possibilidades de tratamento com excelência na remoção de cianotoxinas e cianobactérias com vista a garantir os valores padrões preconizados na Portaria 2914/2011, por meio dos tratamentos com 10 mg.L<sup>-1</sup> sulfato de alumínio e 2 mg.L<sup>-1</sup> de peróxido de hidrogênio e com o tratamento utilizando 7,5 mg.L<sup>-1</sup> de sulfato férrico, 3 mg.L<sup>-1</sup> de peróxido de hidrogênio com correção de pH para promover o processo oxidativo avançado (Fenton).

**PALAVRAS-CHAVE:** Cianotoxinas, otimização, coagulantes inorgânicos, peróxido de hidrogênio.

### INTRODUÇÃO

Extensiva atenção mundial está voltada para os recursos hídricos, pois observa-se um grande crescimento populacional interligado a uma ampla exploração deste recurso natural não renovável nos atuais modelos de consumo. Complementarmente, nota-se que este consumo está sendo feito de forma desordenada por diversos setores que demandam deste bem finito, afetando diretamente o balanço hídrico. Segundo Freitas e Santos, (1999) essa crise a qual é discutida mundialmente, torna-se cada vez mais grave neste terceiro milênio, por um lado, devido ao crescente aumento populacional anteriormente citado, e por outro, pelo o aumento da poluição dos recursos naturais e consumo excessivo, reduzindo assim sua qualidade e quantidade (balanço hídrico) deste

recurso. Adicionalmente, pode ser citado a falta generalizada de políticas que orientem a minimização dos desperdícios em diferentes escalas e de políticas de reuso de água servidas.

Devido a esta demanda exacerbada de água, observa-se, que em escala mundial este recurso demonstra-se cada dia mais escasso em quantidade e qualidade. ANA -Agencia Nacional de Águas (2005) afirma que a Organização Mundial da Saúde (OMS) prevê que em algumas décadas a água doce será o recurso natural mais escasso e disputado pela maioria dos países. Em condições de uso imediato e/ou simplificado, não haveria mais do que 0,01% do total de água do planeta. No Brasil, mas precisamente no semiárido Nordeste, apresenta-se irregularidades no regime de precipitação pluviométrica e uma alta taxa de evapotranspiração o que agrava ainda mais a escassez de água nessa região. Grandes metrópoles, tais como Campina Grande-PB e vem sofrendo problemas de racionamento de água devido ao baixo volume apresentado pelo reservatório. Por causa dessa problemática a ANA conjuntamente com a AESA estabeleceram uma resolução em 21 de novembro de 2016 (Resolução Conjunta ANA-AESA nº 1.397/2016), a qual fixou novas regras de uso, somente sendo eles para consumo humano e dessedentação animal.

Além disso, esta resolução deu ao monitoramento específico a qualidade em relação à cianobactérias e cianotoxinas (microcistina, saxitoxina, cilindrospermopsina) o deverá ser realizado na água no ponto de captação. A partir dessa problemática buscou-se um método para promover a remoção de ambas por meio de oxidação no processo de tratamento de água, na ETA em estudo. Após uma exaustiva pesquisa em referencial teórico: Chen et. al. (2016); Fana et al. (2014); He et.al. (2012); Qian et.al. (2010); Zhonga et.al (2009). Verificou-se que o peróxido de hidrogênio apresentava-se como um promissor oxidante para o controle de cianobactérias e degradação de cianotoxinas diversas.

Assim, o objetivo do presente trabalho é realizar a otimização das dosagens dos coagulantes inorgânicos sulfato de alumínio e sulfato férrico, ambos associados com peróxido de hidrogênio, tendo como critério preponderante a redução da densidade das células de cianobactérias, combinado com a redução de cianotoxinas na água tratada em escala de bancada, proveniente da captação da Estação de Tratamento de Água Gravatá-PB, utilizando os parâmetros hidráulicos, da mesma. Como objetivos específicos podem ser destacados a avaliação da remoção de cor e turbidez para combinações dos coagulantes estudados com peróxido de hidrogênio, assim como a analisar a ocorrência de processos oxidativos avançados com uso de peróxido de hidrogênio e sulfato férrico.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Água bruta**

A água bruta é proveniente do manancial Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão-PB. O manancial se encontra em estado de escassez hídrica, de acordo com a AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2017) o reservatório alcançou em março de 2017 apenas 2,9 % do seu volume total útil (411.686.287 m<sup>3</sup>).

Devido ao baixo volume apresentado pelo reservatório, a ANA – Agencia Nacional de Águas conjuntamente com a AESA estabeleceram uma resolução em 21 de novembro de 2016 (Resolução Conjunta ANA-AESA nº 1.397/2016), a qual fixou novas regras de uso, somente sendo eles para consumo humano e dessedentação animal.

Além disso, esta resolução deu determinações específicas para Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA-PB) atual operadora da ETA em questão, ao especificar a vazão de captação de água para abastecimento público a qual a empresa será restrita (650 L.s<sup>-1</sup>) e ao monitoramento específico de qualidade (cianobactérias e cianotoxinas) o qual ela deve realizar na água no ponto de captação.

### **Água de estudo**

Como apresentado anteriormente a água bruta utilizada é proveniente do manancial Epitácio Pessoa localizado no município de Boqueirão-PB, no entanto a água utilizada nos ensaios de tratabilidade correspondia a água de chegada à Estação de Tratamento de Água Gravatá, PB (ETA - Gravatá), coletadas em sete dias distintos no ponto de captação da mesma.

### Condições do ensaio de Tratabilidade

Os ensaios de tratabilidade foram realizados em escala de bancada com *Jar test* de 6 jarros, no Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, onde procurou-se adotar os valores mais próximos das variáveis hidráulicas presentes na ETA-Gravatá, as quais foram disponibilizadas pela CAGEPA-PB. Adicionalmente, em todos os ensaios foram utilizadas soluções a 1% dos reagentes químicos.

Com todas as informações repassadas pela companhia foi-se elaborado a Tabela 1, sendo possível verificar todas as condições hidráulicas operacionais adotadas para a realização dos ensaios, presentes na ETA e reproduzidas nos testes de jarros. Cabe esclarecer que, os valores adotados estão bem acima dos valores preconizados pela ABNT NBR – 12216/1996, devido aos baixos níveis do manancial que abastece a referida estação de tratamento, a qual está operando com uma vazão de 650 L.s<sup>-1</sup> muito abaixo da sua capacidade máxima de 1500 L.s<sup>-1</sup>.

**Tabela 1: Procedimento metodológico para a realização dos ensaios de tratabilidade**

Etapas de funcionamento do <i>Jar test</i>	Tempos de cada etapa Nº de rotações	Duração de cada etapa
Pré-Oxidação	Rotação= 80 rpm	0'0'' Início do cronômetro e adicionar o oxidante (Peróxido de Hidrogênio) nos jarros
Tempo de Mistura Rápida	Tempo= 30 s Rotação= 400 rpm	0'20'' Adicionar o coagulante nos jarros 0'50'' Fim da mistura rápida
Floculação	Tf <sub>1</sub> = 15 min Rotação = 80 rpm	0'50'' - Início da primeira etapa de floculação. 15'50'' Fim da primeira etapa de floculação.
	Tf <sub>2</sub> =20 min Rotação =50 rpm	15'50'' Início da segunda etapa de floculação 35'50'' Fim da segunda etapa de floculação
	Tf <sub>3</sub> = 20 min Rotação =20 rpm	35'50'' Início da terceira etapa de floculação 55'50'' Fim da terceira etapa de floculação
Sedimentação	Rotação= 0 rpm	55'50'' Desligamento do equipamento e início da sedimentação
		82'53'' Início do descarte
		82'53'' a 83'53'' Coleta da amostra decantada correspondente V <sub>S1</sub> = 0,25 cm.min <sup>-1</sup>

### Experimentos realizados

Seguindo as dosagens já aplicadas, para sulfato de alumínio, na ETA e de recomendações realizadas pela empresa responsável para a preconização de dosagens econômicas. As dosagens de sulfato de alumínio testadas não ultrapassaram os valores de 20 mg.L<sup>-1</sup> e de sulfato de férrico não ultrapassaram o valor de 15 mg.L<sup>-1</sup> nos experimentos. Para o oxidante a escolha realizada foi do peróxido de hidrogênio pela sua efetividade comprovada como algicida químico, na inibição do crescimento de cianobactérias Qian et. al., (2010) como também sua efetividade no controle de cianobactérias e degradação de cianotoxinas Fan et. al., (2014). Suas dosagens não ultrapassaram 6 mg.L<sup>-1</sup>, contudo dosagens econômicas foram preconizadas para garantir o consumo total desse oxidante na etapa de pré-oxidação e evitar maior consumo de cloro na

desinfecção (não superiores a 3 mg.L<sup>-1</sup>). A cal hidratada foi adicionada nos processos para reverter a dificuldade de sedimentabilidade aumentando a carga iônica por meio dos íons de cálcio. Na Tabela 2, todas as combinações para os ensaios de tratabilidade, estão discriminadas.

**Tabela 2: Combinações utilizadas para a realização dos ensaios de tratabilidade**

Combinações com o Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Combinações com o Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . 16H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . 16H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + cal hidratada	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> com prévia correção de pH

#### Parâmetros de controle analisados

Depois de definida as etapas referentes aos ensaios de tratabilidade conforme demonstrado nas Tabelas 1 e 2, as amostras foram analisadas em triplicata com base na metodologia proposta *Standard Methods* (APHA, 2012) para determinação dos parâmetros (pH - 4500 B, Turbidez - 2130 B, Cor aparente e verdadeira -2120 C). Para determinação da densidade de cianobactérias utilizou-se Utermöhl (1958), amostras foram armazenadas em recipientes esterilizados com adição da solução fixadora (Lugol acético) e encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Aquática da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. Para análise de cianotoxinas, o experimento que apresentava melhor remoção de cor, turbidez e densidade de cianobactéria era repetido para obtenção de volume representativo armazenados em recipientes esterilizados e submetidos para análises no mesmo laboratório. Cabe ressaltar que a água de estudo foi caracterizada seguindo os mesmos métodos da água após tratamento, para posteriores comparações.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste trabalho referem-se à otimização da dosagem dos coagulantes inorgânicos sulfato de alumínio e sulfato férrico, ambos associados com peróxido de hidrogênio, tendo como critério preponderante a redução da densidade de células de cianobactérias, combinado com a redução de cianotoxinas na água proveniente da captação da ETA- Gravatá, tratada em escala de bancada.

As sete coletas da água de estudo foram realizadas nos seguintes dias: 11/08/2016, 12/08/2016, 16/08/2016, 23/08/2016, 2/09/2016, 8/09/2016 e 9/09/2016 para realização dos ensaios. Na Tabela 3, pode ser visualizado a caracterização da mesma com relação aos parâmetros avaliados, representados pelo valor médio, desvio padrão e máximo/ mínimo dos valores, demonstrando o comportamento dela no período ao qual as coletas foram realizadas. Para as concentrações de cianotoxinas (Microcistina, Saxitoxina, Cilindrospermopsinas), optou-se por apresenta-las em conjunto com a água após tratamento.

**Tabela 3: Caracterização da água de estudo**

PARÂMETROS	VALOR MÉDIO	DESVIO PADRÃO	MÍN-MÁX
pH	8,22	± 0,27	7,7-8,5
Turbidez (uT)	0,64	±0,17	0,34-1,01
Cor (uH)	9,43	±2,70	6,1-14,3
Cianobactérias (Cel/ml)	46633,00	-	25584 - 73310

Primeiramente foi avaliado a remoção de cianobactérias com sulfato de alumínio e peróxido de hidrogênio. Mantendo a dosagem em uso na ETA, procurou-se verificar a influência na dosagem de peróxido de hidrogênio. Na Tabela 4 são apresentadas as médias dos parâmetros avaliados, dos três fatores combinados: cor, turbidez e densidade, optou-se por 2 mg.L<sup>-1</sup> de peróxido hidrogênio como dosagem ótima, pois na remoção conjunta dos três parâmetros, foi o que mais se destacou além da vantagem de ser uma dosagem econômica.

**Tabela 4: Influência na dosagem de peróxido de hidrogênio na tratabilidade com sulfato de alumínio**

PARÂMETROS	10 mg.L <sup>-1</sup> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·16H <sub>2</sub> O + 2 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10 mg.L <sup>-1</sup> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·16H <sub>2</sub> O + 4 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10 mg.L <sup>-1</sup> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·16H <sub>2</sub> O + 6 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
pH	7,30	7,66	7,83
Turbidez (UT)	0,39	0,23	0,45
Cor (UH)	8,47	6,83	8,90
Cianobactérias(Cel/mL)	612	3220	ND

ND: Não detectável

Procurou-se também verificar se o aumento da dosagem do coagulante apresentava influência na redução de cianobactérias. Como pode ser observado na Tabela 5, isso não ocorreu e o aumento na dosagem de coagulante reduziu a eficiência do tratamento em termos de densidade de cianobactérias e turbidez.

**Tabela 5: Influência na dosagem de coagulante sulfato de alumínio na tratabilidade da água de estudo.**

PARÂMETROS	10 mg.L <sup>-1</sup> sulfato de alumínio + 2 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	15 mg.L <sup>-1</sup> sulfato de alumínio + 2 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	15mg.L <sup>-1</sup> sulfato de alumínio + 2 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
pH	7,43	7,50	7,60
Turbidez (UT)	0,10	0,21	0,32
Cor (UH)	4	3,73	3,63
Cianobactérias (Cel/mL)	2.402	8.932	7.848

Por fim, para o sulfato de alumínio, foi-se introduzido cal hidratada no tratamento visando proporcionar uma melhor cinética de cargas para favorecer agregação dos flocos. Os resultados desses estudos estão apresentados na Tabela 6 e observa-se que com adição de cal ocorreu-se uma melhor floculação das células de cianobactérias favorecendo sua sedimentação.

**Tabela 6: Influência na dosagem de cal na tratabilidade da água de estudo com sulfato de alumínio.**

PARÂMETROS	10 mg.L <sup>-1</sup> sulfato de alumínio + 2 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 0,5 mg.L <sup>-1</sup> de cal	10 mg.L <sup>-1</sup> sulfato de alumínio + 2 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 1,0 mg.L <sup>-1</sup> cal	10 mg/L sulfato de alumínio + 2 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 1,25 mg.L <sup>-1</sup> cal
pH	7,57	8,60	8,73
Turbidez (UT)	0,38	0,40	0,51
Cor (UH)	4,90	5,37	6,20
Cianobactérias (Cel/mL)	1170	672	645

Logo, os experimentos que obtiveram representatividade na remoção da densidade de cianobactérias foram repetidos para obtenção de volume suficiente para análises de cianotoxinas. Os resultados mostraram que o tratamento sem adição de cal hidratada seria o mais recomendado para o coagulante sulfato de alumínio, como pode ser observado na Tabela 7, porque o mesmo apresentou reduções em todas as toxinas analisadas quando comparadas a concentração existente na água de estudo.

**Tabela 7: Influência na dosagem de coagulante sulfato de alumínio na tratabilidade.**

TRATAMENTO	MICROCISTINA (µg.L <sup>-1</sup> )	SAXITOXINA (µg.L <sup>-1</sup> )	CILINDROSPERMOPSINAS (µg.L <sup>-1</sup> )
Água de estudo - 23/08/2016	0.11	0.10	0.27
10 mg.L <sup>-1</sup> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·16H <sub>2</sub> O + 2 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 1,0 mg/L cal	0.31	0.02	0.25
10 mg.L <sup>-1</sup> Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·16H <sub>2</sub> O + 2 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.10	0.02	0.15

Com relação aos ensaios com o sulfato férrico, procurou-se inicialmente estudar a melhor dosagem em termos de remoção na densidade de células de cianobactérias. Para isso variou-se as dosagens de 5 à 15 mg.L<sup>-1</sup> do coagulante em intervalos de 2 mg.L<sup>-1</sup>, optou-se por esse intervalo de dosagens, pois tentou-se de forma similar aplicar dosagens econômicas em analogia as dosagens de sulfato de alumínio já utilizadas na ETA.

Visando atingir o processo oxidativo avançado (Fenton) no tratamento da água de estudo realizou-se a correção do pH dela próximo a neutralidade antes da mistura rápida, seguindo Momani et. al. (2008) que

obteve remoção significativa de cianobactérias nesse valor de pH, e adição de uma dosagem de 3 mg.L<sup>-1</sup> de peróxido de hidrogênio. As melhores dosagens foram entre 7 e 11 mg.L<sup>-1</sup> de sulfato férrico, como podem ser observadas na Tabela 8, pelo motivo de além de ser dosagens econômicas, possuem redução suficiente para os parâmetros cor e turbidez, remoção na densidade de cianobactérias.

**Tabela 8: Influência na dosagem de coagulante sulfato férrico na tratabilidade.**

PARÂMETROS	5 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> CORREÇÃO DE PH	7 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> CORREÇÃO DE PH	9 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> CORREÇÃO DE PH	11 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> CORREÇÃO DE PH	13 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> CORREÇÃO DE PH	15 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> CORREÇÃO DE PH
pH	7,57	7,63	7,63	7,67	7,60	7,67
Turbidez (UT)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cor (UH)	8,43	7,60	7,13	6,80	7,03	6,33
Cianobactérias (Cel/mL)	1308	948	ND	260	5880	ND

ND: Não detectável

Como as remoções foram semelhantes ou até melhores que os experimentos com a combinação de peróxido de hidrogênio, sulfato de alumínio e cal a adição de cal não foi testada para o sulfato férrico.

Por fim, para reafirmar a ocorrência do processo Fenton nos testes realizados, foi-se repetido as dosagens máxima (11 mg.L<sup>-1</sup>) e mínimas (7,5 mg.L<sup>-1</sup>) de melhor remoção na densidade de cianobactérias e turbidez, com e sem correção de pH. Os dados são apresentados nas Tabelas 9 e 10 a seguir, em separado pois a água de estudo possuía variações da concentração das três toxinas avaliadas.

**Tabela 9: Influência na dosagem de coagulante sulfato de alumínio na tratabilidade.**

TRATAMENTO	MICROCISTINA (µg.L <sup>-1</sup> )	SAXITOXINA (µg.L <sup>-1</sup> )	CILINDROSPERMOPSINAS (µg.L <sup>-1</sup> )
Água de estudo - 02/09/2016	0,482	ND	0,53
7.5 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.70	ND	ND
7.5 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> com correção de pH	ND	ND	ND

ND: Não detectável

**Tabela 10: Influência na dosagem de coagulante sulfato de alumínio na tratabilidade.**

TRATAMENTO	MICROCISTINA (µg.L <sup>-1</sup> )	SAXITOXINA (µg.L <sup>-1</sup> )	CILINDROSPERMOPSINAS (µg.L <sup>-1</sup> )
Água de estudo - 09/09/2016	0,2	0,02	0,19
11 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> com correção de pH	0,13	ND	0,16
11 mg.L <sup>-1</sup> de sulfato férrico + 3 mg.L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,35	ND	1,14

ND: Não detectável

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos estudos apresentados anteriormente foi possível direcionar quais as melhores condições de tratabilidade com intuito de obter remoção de cianobactérias e cianotoxinas, logo os objetivos propostos foram alcançados. Sendo assim, foram obtidas as melhores condições de remoção de cianotoxinas, sendo essa a indicação para o tratamento da água na Estação de tratamento Gravatá, podendo assim ter duas possibilidades de tratamento com excelência na remoção de cianotoxinas e cianobactérias que são os tratamentos com 10

mg.L<sup>-1</sup> sulfato de alumínio e 2 mg.L<sup>-1</sup> de peróxido de hidrogênio e com o tratamento utilizando 7,5 mg.L<sup>-1</sup> de sulfato férrico, 3 mg.L<sup>-1</sup> de peróxido de hidrogênio com correção de pH para promover o processo oxidativo avançado (Fenton). Cabe ressaltar que a concentração das cianotoxinas presentes se encontravam abaixo dos valores padrões preconizados na Portaria 2914.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaUltimosVolumesPorMunicipio>> Acesso: 11/01/2017.
2. AGÊNCIA Nacional de Águas (ANA). Disponibilidade de demanda de Recursos Hídricos no Brasil: estudo técnico. Caderno de Recursos Hídricos. Brasília, DF: ANA, 2005.
3. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21<sup>a</sup> ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
4. ANA - Agência Nacional de Águas - Resolução Conjunta ANA-AESA nº 1.397/2016. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2016/1397-2016.pdf>> Acesso: 11/01/2017.
5. CHEN, C., YANG, Z., KONG, F., ZHANG, M., YANG, Y., XIAOLI, S., Growth, physiochemical and antioxidant responses of overwintering benthic cyanobacteria to hydrogen peroxide. Environmental Pollution. xx, pag. 1-7, 2016.
6. FREITAS, M. A. V. de; SANTOS, A. H. M. Importância da água e da informação hidrológica. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília, DF: ANEEL/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 13-16. il.
7. FANA, J.J., HOBSON, P., Ho, L., DALY, R., Brookes, J., The effects of various control and water treatment processes on the membrane integrity and toxin fate of cyanobacteria. Journal of Hazard Materials. 264, pag. 313-322, 2014.
8. HE, X., Pelaez, M, Westrick, J.A., O'Shea, K.E., Hiskia, A. Triantis, T. et al., Efficient removal of microcystin-LR by UV-C/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in synthetic and natural water samples., Water Research. 46, pag. 1501–1510, 2012
9. QIAN, H.F., YU, S.Q., SUN, Z.Q., XIE, X.C., Effects of copper sulfate, hydrogen peroxide and Nphenyl-2-naphthylamine on oxidative stress and the expression of genes involved photosynthesis and microcystin disposition in Microcystis aeruginosa. Aquatic Toxicology. 99, pag. 405-412, 2010.
10. MOMANI, F.A., SMITH, D.W., EL-DIN, M.G., 2008. Degradation of cyanobacteria toxin by advanced oxidation processes. Journal of Hazard Materials - pag 150, 238–249., 2008.
11. UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie v.9: pag.1-38, 1998.
12. ZHONGA, Y., Jinb, X., Qiaoc, R., Qi, X., Zhuang, Y., Destruction of microcystin-RR by Fenton oxidation Journal of Hazardous Materials, 167, pag 1114–1118, 2009