

## **I-293 - REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS POR MEIO DA FLOTAÇÃO COM AR DISSOLVIDO EM ÁGUAS CONTENDO FLORAÇÕES**

**Fabíola Oliveira Lino de Araújo Esteves<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Fundação Mineira de Educação e Cultura (FUMEC). Bióloga pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix. Mestre em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre pelo Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Engenheira Civil da Empresa DESPRO-MG.

**Marcos Rocha Vianna<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia da UFMG.

**Fernando Antônio Jardim<sup>(3)</sup>**

Biólogo pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pelo departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Doutor em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica da UFMG. Responsável pelo setor de Biologia da Divisão de Pesquisa e Controle de Qualidade de Água e Esgoto da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua São Domingos do Prata, 527 - Santo Antônio - Belo Horizonte - MG - CEP: 30330-110 - Brasil - Tel: (31) 9950-2856 - e-mail: [fabiolalino@hotmail.com](mailto:fabiolalino@hotmail.com)

### **RESUMO**

Nos sistemas públicos de abastecimento de água de Minas Gerais que utilizam a água bruta originária de rios, de modo geral a presença de cianobactérias não chega a constituir um problema sério. Entretanto, existem mananciais represados total ou parcialmente, para os quais se requer atenção. Trechos de rios com baixa velocidade ou elevadas concentrações de nutrientes, devidos principalmente ao lançamento de esgoto sanitário, podem também apresentar altas concentrações dessas bactérias em certas épocas do ano. A ameaça do surgimento do problema, ainda que temporária, em alguns mananciais, paira sobre os sistemas de abastecimento de água, o que leva à necessidade de se estudá-lo para que sua eventual ocorrência não encontre despreparados os responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água.

Sendo assim, o presente trabalho avaliou por meio de experimentos de bancada, a eficiência do processo de flotação por ar dissolvido – FAD – com o emprego do coagulante sulfato de alumínio aplicado em amostras de água contendo floração de cianobactérias produtoras de cianotoxinas, cultivadas em laboratório.

Os estudos realizados mostraram que os melhores resultados foram obtidos na concentração de sulfato de alumínio 40mg/L, mas os teores e concentrações finais se encontraram acima dos valores máximos permitidos pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde para uma água tratada final.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cianobactérias, Cianotoxinas, FAD, Sulfato de Alumínio.

### **INTRODUÇÃO**

A bibliografia analisada indica que nos últimos anos foram feitos muitos experimentos visando à retirada das cianobactérias e suas toxinas das águas de abastecimento público. Existem relatos de lise celular tanto no emprego da filtração direta como no emprego da filtração lenta. Também existem relatos da remoção através dos processos de sedimentação e flotação por ar dissolvido. Nos casos relatados, o coagulante sulfato de alumínio possibilitou melhores resultados que o cloreto férrico. Além disto, os procedimentos de remoção celular são menos eficientes em microrganismos filamentosos. Também existem trabalhos que indicam que o armazenamento do lodo nos decantadores ocasiona a lise celular, sendo este um problema do caso de cepas tóxicas de cianobactérias.

A revisão bibliográfica indica que a flotação parece ser a forma de remoção de cianobactérias mais indicada quando se trata de águas com baixos valores de turbidez. Assim sendo, esta será a forma de tratamento contemplada no estudo.

O presente trabalho contém resultados de experimento de bancada que avaliaram a eficiência do processo de flotação por ar dissolvido – FAD – com emprego do coagulante sulfato de alumínio aplicado em cultivos contendo predominantemente a espécie produtora de saxitoxinas *Cylindrospermopsis raciborskii* e em menor densidade, visando simular uma situação mais próxima da real, os gêneros *Aphanocapsa* e *Microcystis* e algas verdes.

O trabalho foi dividido em três etapas. Na primeira, realizou-se a confecção de um volume considerável do cultivo de água contendo cianobactérias e algas verdes. Na segunda etapa, investigou-se a eficiência do processo FAD utilizando-se o equipamento “Flotatest” e três concentrações do coagulante sulfato de alumínio, e em seguida foi realizada a avaliação físico e química (cor, turbidez, alcalinidade e pH), antes e depois do cultivo ter sido submetido ao processo FAD. A terceira etapa consiste na avaliação das remoções das densidades celulares antes e após o procedimento de FAD, assim como as concentrações de microcistina e de saxitoxinas.

Dos estudos realizados, concluiu-se que apesar das remoções observadas na água após a flotação, os teores e concentrações finais se encontraram acima dos valores máximos permitidos pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde para uma água tratada final.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Preparação do cultivo de cianobactérias

A espécie de cianobactéria selecionada inicialmente para o estudo foi a *Cylindrospermopsis raciborskii* por estar associada à ocorrência de florações tóxicas no Brasil (Jardim & Azevedo, 2006). A cepa produtora de saxitoxinas foi cedida fornecida pelo setor de Hidrobiologia do Laboratório Central da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA.

O meio de cultura utilizado foi o ASM1 líquido (Gorham *et al.*, 1964). Os tubos de ensaio com os inóculos foram mantidos em estufa a  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  sob luminosidade constante ( $40 \mu\text{moles de fôtons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Visando simular uma situação mais próxima da real foram adicionados cultivos em menor densidade dos gêneros *Aphanocapsa* e *Microcystis* e algas verdes.

Após aproximadamente um mês, o cultivo foi transferido para frascos Erlenmeyer de 500 mL contendo o mesmo meio ASM1 líquido. Novamente após um mês o cultivo foi transferido para Erlenmeyer de 3,0 L, onde eram adicionados 500 mL do mesmo meio toda semana, até ser atingido o volume de cultivo desejado. Os cultivos eram mantidos com moderada aeração, nas mesmas condições acima descritas para os inóculos.

### Flotação por ar dissolvido - FAD

Após a densidade celular chegar à uma ordem de grandeza de  $10^6$  células.mL<sup>-1</sup>, os diferentes recipientes contendo o cultivo foram transferidos, no dia da realização do ensaio, para uma única bombona de 10 L e homogeneizado.

Cada ensaio caracterizou-se por uma concentração utilizada do coagulante sulfato de alumínio. A partir da solução sulfato de alumínio a 48% foram preparadas 3 concentrações: 20 mg.L<sup>-1</sup> /L, 30 mg L<sup>-1</sup> e 40 mg L<sup>-1</sup>.

Os ensaios por FAD foram realizados no equipamento “Flotatest” que contém uma câmara de pressurização (saturação), três cubas de acrílico transparente para a flotação e um conjunto motor-agitador. A base das cubas permite a introdução e distribuição uniforme de água saturada com ar por meio de uma placa de orifícios localizado na base de cada cuba que proporciona perda de carga suficiente para a distribuição uniforme da água saturada pela seção quadrada do mesmo. A regulação da pressão foi realizada manualmente por meio de uma válvula reguladora de pressão localizada na parte superior da câmara. O registro localizado na base da câmara permitiu regular a saída de água saturada para as três cubas. Os parâmetros operacionais utilizados foram o tempo de saturação de 10 minutos, pressão de saturação de 5 kgf, taxa de recirculação de 10%, mistura

rápida do coagulante com tempo de detenção curto (5 segundos) com gradiente de velocidade  $360\text{ s}^{-1}$  e tempo de floculação de 15 minutos com gradiente de velocidade de  $50\text{ s}^{-1}$ .

As três cubas do equipamento foram preenchidas com 2,0 L de cultivo cada, apenas duas recebiam o coagulante sulfato de alumínio na concentração estipulada, e a outra cuba serviu como controle; a câmara de pressurização foi preenchida com água deionizada.

Por meio da Figura 1 é possível visualizar o desenho experimental adotado.

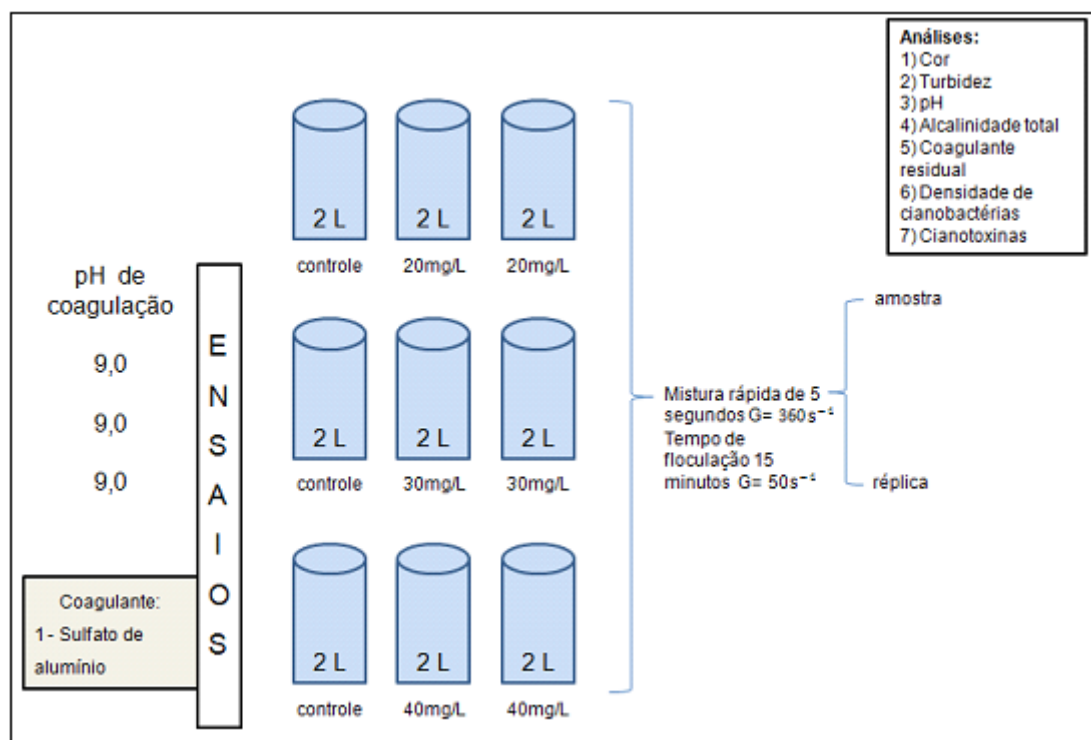


Figura 1. Desenho experimental do ensaio do procedimento de FAD.

### Variáveis físico-químicas

A avaliação físico e química, antes e depois do cultivo ter sido submetido ao processo de FAD, foi realizada no Laboratório Central da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. Os parâmetros físicos e químicos avaliados foram: cor, turbidez, pH, alcalinidade total e temperatura.

A cor foi analisada em um espectrofotômetro (colorímetro visual DLNH-100 – DEL LAB) por método de comparação visual; a turbidez foi analisada em um turbidímetro (Hach 2100AN); o pH foi medido em um pH-metro (Digimed DM22); a alcalinidade foi mensurada pelo método titulométrico e a temperatura foi medida por meio de um termômetro Multi-Thermometer com faixa de temperatura de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $300^{\circ}\text{C}$ .

### Densidade celular e análises das cianotoxinas

As amostras para a avaliação da densidade celular e as análises das cianotoxinas foram armazenadas ao abrigo da luz e congeladas para serem avaliadas posteriormente.

## RESULTADOS

As florações de algas ou de cianobactérias geralmente acarretam um aumento no pH da água, que sempre ficam na faixa superior à 7,5. A eficiência da coagulação pode ser influenciada por diversos fatores, sendo um deles o valor de pH. Conforme Vianna (2010) a coagulação utilizando o sulfato de alumínio é indicada para a faixa de pH entre 5,0 e 9,0. Neste trabalho optou-se pela verificação da eficiência do procedimento FAD com o coagulante sulfato de alumínio em amostras na faixa limite de eficiência do coagulante ( $\text{pH}=9,0$ ).

As amostras do cultivo de cianobactérias antes de serem submetidas às condições experimentais apresentavam material flutuante (nata de células de cianobactérias), odor séptico característico, cor de 400uH, turbidez entre 80 e 88 UT, pH variando em torno de 9,5, alcalinidade em torno de 32,9 mg.L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>, temperatura 21 ± 1°C.

Os resultados físicos e químicos das amostras onde havia o predomínio de *C. raciborskii*, obtidos por meio do experimento de bancada com o ensaio de FAD para diferentes concentrações do coagulante sulfato de alumínio (SA), estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3.

**Tabela 1. Resultados físicos e químicos das amostras contendo o coagulante sulfato de alumínio na concentração de 20mg.L<sup>-1</sup>.**

Concentração SA (mg.L <sup>-1</sup> )	Amostra	Cor (uH)	Turbidez (UT)	pH	Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )
0,00	Controle	400	69,9	9,43	28,9
	Réplica	400	73,0	9,22	29,8
20,0	A	250	61,5	7,39	20,4
	A (réplica)	250	59,2	6,80	22,9
20,0	B	250	67,7	6,85	19,9
	B (réplica)	250	65,3	6,63	17,9

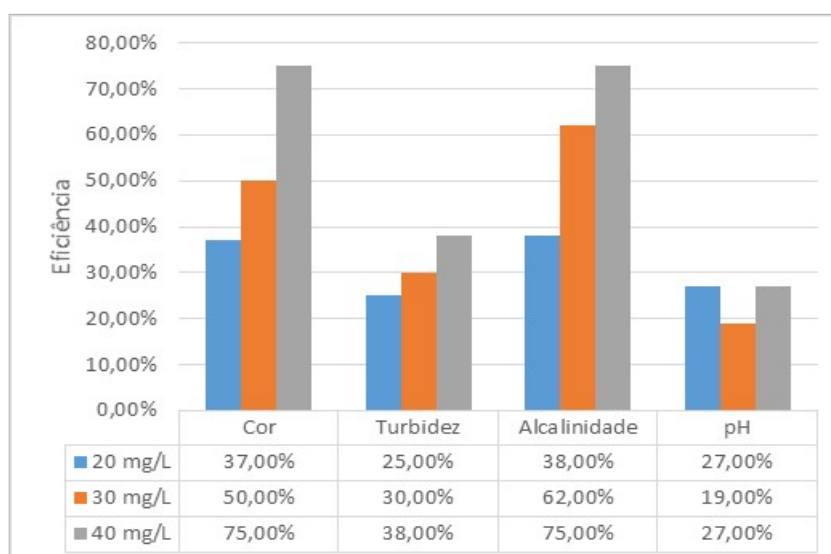
**Tabela 2. Resultados físicos e químicos das amostras contendo o coagulante sulfato de alumínio na concentração de 30mg.L<sup>-1</sup>.**

Concentração SA (mg/L)	Amostra	Cor (uH)	Turbidez (UNT)	pH	Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )
0,00	Controle	400	72,4	9,72	24,1
	Réplica	400	74,2	9,63	24,2
30,0	A	200	60,4	7,89	13,1
	A (réplica)	200	64,8	7,78	12,0
30,0	B	200	57,9	7,64	11,9
	B (réplica)	200	53,3	7,53	12,7

**Tabela 3. Resultados físicos e químicos das amostras contendo o coagulante sulfato de alumínio na concentração de 40mg.L<sup>-1</sup>.**

Concentração SA (mg/L)	Amostra	Cor (uH)	Turbidez (UNT)	pH	Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> )
0,00	Controle	400	71,0	9,87	24,6
	Réplica	400	76,0	10,03	25,3
40,0	B	100	49,3	6,88	7,4
	B (réplica)	100	53,2	7,04	7,9
40,0	A	100	51,2	6,89	8,6
	A (réplica)	100	54,7	6,89	8,6

Observou-se uma maior eficiência de remoção dos parâmetros analisados quanto maior a concentração do coagulante, exceto o parâmetro pH (Figura 2) o qual apesar de ter sofrido redução não foi observada essa relação.



**Figura 2. Eficiência da remoção dos parâmetros cor, turbidez, alcalinidade e pH nas diferentes concentrações do coagulante sulfato de alumínio.**

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com o objetivo proposto nesta primeira etapa foi possível concluir que as três concentrações do coagulante sulfato de alumínio avaliadas em escala de bancada (20 mg.L<sup>-1</sup>, 30 mg L<sup>-1</sup> e 40 mg L<sup>-1</sup>), dosagens compatíveis com a utilização em escala real, resultaram na remoção de cor, turbidez, alcalinidade e pH. Os melhores resultados foram obtidos na maior concentração de sulfato de alumínio 40 mg/L.

Apesar das remoções obtidas na água após a flotação, os teores e concentrações finais ainda se encontram acima dos valores máximos permitidos pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde para uma água tratada final.

Recomenda-se avaliar as remoções das densidades celulares antes e após o procedimento de FAD, assim como as concentrações de microcistina e de saxitoxinas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GORHAM, P.R.; MCLACHLAN, J.; HAMMER, U.T. & KIM, W.K. 1964. Isolation and culture of toxic strains of *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) de Bréb. Verh. Internat. Verein. Limnol. 15: 796-804.
2. JARDIM, F. A. & AZEVEDO, S. M. F. O. (2006). Cianobactérias em Águas para abastecimento público e o cumprimento da legislação brasileira. Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia, 35(3):86-91. ISSN: 1980-8976.
3. Manual FlotControl – Sistema de Floração. PoliControl Instrumentos Analíticos. Rev. 00/01/2010.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12/2011. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 dez. 2011. Seção 1, p. 39-46.
5. VIANNA, MARCOS R.; VIANNA NETO, MÁRCIO R. (2010). Química para engenheiros sanitaristas e ambientais. Volume 1: Fundamentos de química aplicada ao saneamento. Belo Horizonte: FUMEC, 339p.