

I-118 – REMOÇÃO DE *Microcystis aeruginosa* POR COAGULAÇÃO, FLOCULAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO UTILIZANDO SULFATO DE ALUMÍNIO

Silvania Nóbrega Oliveira ⁽¹⁾

Bióloga e Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Josué da Silva Buriti ⁽²⁾

Químico Industrial e Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Doutorando em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba, Brasil.

Aluísio Gonçalves ⁽³⁾

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Beatriz Ceballos ⁽⁴⁾

Bioquímica pela Universidade Nacional de Tucumán/UNT – Argentina, Mestre em Microbiologia pela Universidade Federal de São Paulo/UFSP, Doutora em Microbiologia Ambiental pela Universidade de São Paulo/USP - Professora Titular da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Campina grande, Paraíba, Brasil.

Wilton Silva Lopes ⁽⁵⁾

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Doutor em Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Professor Doutor B (DE) do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Osvaldo Cruz, 194 - Prata – Campina Grande - PB - CEP: 58400-483 - Brasil - Tel: (83) 87331562 - e-mail: silvinha194@hotmail.com

RESUMO

A proliferação luxuriante de cianobactérias na água dos mananciais usados como fontes de água potável é cada vez mais frequente. A presença desses microrganismos na água bruta pode dificultar e encarecer o tratamento, mas a principal importância sanitária do florescimento de cianobactérias é a possível liberação de cianotoxinas na água, que podem causar sérios agravos à saúde humana e alterações na biota aquática em geral. No presente trabalho foram realizados ensaios, em escala de bancada, para avaliação da eficiência de remoção de células inteiras de *Microcystis aeruginosa*. Utilizou-se água bruta de um manancial eutrofizado adicionada de células de *M. aeruginosa* cultivadas em laboratório para obter concentração inicial de aproximadamente 10^5 cel.mL⁻¹. Observou-se eficiência de até 90% de remoção de células para dosagem superior a 45 mg.L⁻¹ de sulfato de alumínio e pH de coagulação de 5,5 na água decantada (para dosagens de 40 e 60 mg.L⁻¹ do coagulante e pH de 7,5 o percentual de remoção de células foi de 35%).

PALAVRAS-CHAVE: Coagulação, Floculação, Sedimentação, *Microcystis aeruginosa*.

INTRODUÇÃO

Os registros de florações de cianobactérias em reservatórios destinados ao consumo humano vêm aumentando nos últimos 15 a 20 anos, associadas às condições ambientais, de aumento da poluição nas bacias hidrográficas e enriquecimento dos corpos aquáticos com compostos diversos de fósforo e de nitrogênio. São ambientes favoráveis corpos aquáticos com escassa turbulência e longos tempos de detenção hidráulica, temperaturas elevadas, longos períodos de incidência luminosa, pH neutro-alcálico e abundância de macronutrientes (em particular-fósforo e nitrogênio).

No Brasil, crescem os relatos de ocorrência de cianobactérias especialmente na região Nordeste do país por apresentar fatores climáticos favoráveis a esses blooms como longos períodos de estiagem, elevada incidência luminosa durante o ano todo associados às características morfológicas dos açudes, geralmente com formas dendríticas, que favorecem ambientes de menor fluxo hidráulico e maior aquecimento da água, entre outros fatores.

Os principais problemas das florações de cianobactérias para as ETAs se referem às dificuldades que elevados números de células causam ao tratamento, ao dificultar a coagulação, sendo necessárias maiores dosagens de coagulantes e a verificação da eficiência na etapa de sedimentação (DRIKAS et al., 2001; SUN et al., 2012). O excesso de células tende a favorecer a formação de flocos de difícil sedimentação que podem persistir na unidade de decantação e serem carregados para os filtros, diminuindo o tempo das carreiras de filtração devido à colmatção. Esse fenômeno pode ocorrer após poucas horas de funcionamento (DI BERNARDO e DANTAS, 2005; HENDERSON et al., 2008; 2010).

Sendo assim, o presente trabalho vem relatar um estudo realizado em escala de bancada, com água de manancial destinado ao abastecimento público, para avaliar a remoção de células de *Microcystis aeruginosa* por coagulação, floculação e sedimentação usando sulfato de alumínio.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizada água do açude Argemiro de Figueiredo (Acauã), com frequentes eventos de florações de cianobactérias. A água foi coletada na entrada da Estação de Tratamento de Água de Itatuba, no Município do mesmo nome, na Paraíba, antes de qualquer tratamento. O transporte até o laboratório foi realizado em bombonas de plástico escuro de 80 L, onde foi acondicionada em caixa de fibra de vidro com capacidade de 500 L e mantida em temperatura inferior ou igual a 25°C, sem receber luz.

Os ensaios foram realizados com água de estudo (AE) preparada com a água bruta (AB) de Acauã adicionada um volume conhecido de uma cultura pura de *Microcystis aeruginosa* crescida em laboratório para se obter concentração final de células na ordem de 10^5 cel.mL⁻¹. Esse valor foi definido para simular um florescimento e ser bastante empregado em trabalhos que visam a remoção de células de cianobactérias (CHOW et al., 1998; DRIKAS et al., 2001).

A cepa pura de *M. aeruginosa*, produtora de microcistina – LR foi fornecida pelo Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos - São Paulo. O cultivo foi realizado no meio líquido ASM-1, com aeração contínua e mantido sob condições controladas de temperatura (24°C), com foto-período de 12 horas com intensidade luminosa aproximada de 1.200 LUX com uso de lâmpadas tubulares fluorescentes de 40 W. O crescimento celular foi monitorado com a contagem das células com uso de microscópio invertido, seguindo o método de sedimentação de UTHERMÖHL (1958), até as mesmas atingirem a fase de crescimento exponencial, na ordem de 10^7 cel. mL⁻¹, o qual se alcançava após 15 a 18 dias de cultivo.

Após preparada a água de estudo, se coletava uma amostra que era fixada com lugol a 1% e se procedia à contagem das células; em outra amostra sem fixador se procedia à medição dos parâmetros físicos e químicos de controle: pH, temperatura, alcalinidade total, dureza total, turbidez, cor aparente e clorofila-*a*.

Os ensaios de coagulação foram realizados usando-se sulfato de alumínio em reatores estáticos (*Jar Test*) marca Poli Control® modelo FlocControl com seis jarros de base quadrada e capacidade de 2 litros cada um. Para cada jarro o equipamento apresenta um agitador do tipo paleta de eixo vertical de aço inoxidável, com capacidade de fornecer gradientes de velocidade entre 10 e 1000 s⁻¹. Os parâmetros operacionais usados foram 800 s⁻¹ (Gmr), 30 s (Tmr), 30 s⁻¹ (Gfl) e 25 min (Tfl). A velocidade de sedimentação (Vs) foi de 20 minutos, que corresponde à taxa de aplicação superficial (TAS) de 5,0 m³. m⁻². dia⁻¹. Na construção do diagrama de coagulação para o sulfato de alumínio, foi avaliada a dose do coagulante a partir da concentração inicial de 5mg.L⁻¹, variando em concentrações crescentes de 5 em 5 mg.L⁻¹ até 60 mg.L⁻¹. Utilizou-se uma solução de sulfato de alumínio em pó (Al₂ (SO₄)₃. (14-18). H₂O) marca VETEC preparada no mesmo dia do ensaio, na concentração de 1%.

A faixa do pH de coagulação definida foi de 5,5 a 8,5, variando em intervalos de aproximadamente 0,5. O ajuste do pH de coagulação foi realizado com ácido clorídrico ou hidróxido de sódio a 0,1 N. Os diagramas de coagulação foram construídos em função da turbidez remanescente utilizando o software Minitab 14.

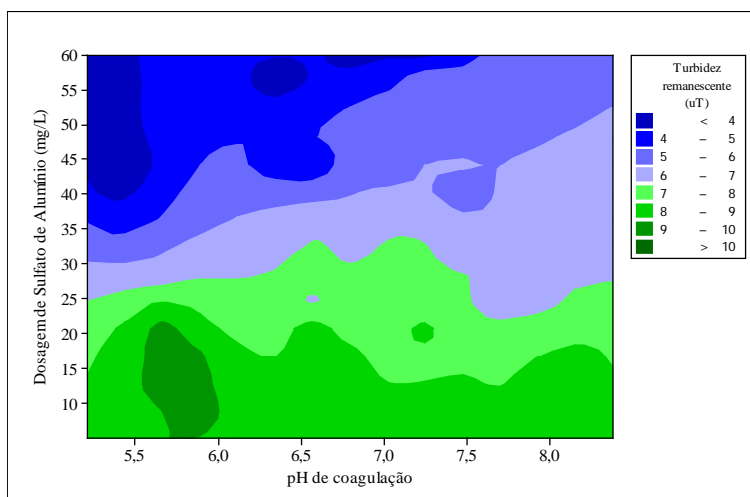
RESULTADOS E DISCUSSÕES

O diagrama de coagulação representativo dos ensaios realizados com a AE (água de estudo) contendo $1,22\text{E}+05 \text{ cel.mL}^{-1}$ de *M. aeruginosa* é apresentado na Figura 1. Foi construído a partir dos valores de turbidez remanescente da água de estudo após os processos de coagulação, floculação e sedimentação.

Na elaboração desse diagrama foi observado que nos processos de coagulação, floculação e sedimentação é produzida água com turbidez remanescente menor que 4 uT para o pH de 5,5 com dosagens de 40 a 60 mg.L^{-1} de sulfato de alumínio, sendo possível identificar outra região para esse valor de turbidez remanescente para o pH de 6,5 para dosagem de 60 mg.L^{-1} . Já para o pH na faixa de 7,0 a 7,5 os valores de turbidez remanescente foram entre 5 e 6 uT para 55 e 60 mg.L^{-1} de sulfato de alumínio, respectivamente.

Os melhores resultados de remoção de turbidez, ou seja, de turbidez remanescente, foram obtidos com doses de sulfato de alumínio entre 40 a 60 mg.L^{-1} para os valores de pH de 5,5. Pode-se observar no diagrama que dosagens inferiores a 25 mg.L^{-1} para pH na faixa de 5,5 a 8,0 resultaram em maiores valores de turbidez remanescente.

Figura 12 – Diagrama de coagulação com sulfato de alumínio em função da turbidez remanescente para água de estudo contendo *Microcystis aeruginosa* na concentração de $1,22\text{E}+05 \text{ cel.mL}^{-1}$.



Foram repetidos os melhores resultados obtidos no diagrama de coagulação (Figura 1) incluindo a contagem de células de *M. aeruginosa* com o objetivo de averiguar a eficiência de remoção de células. Para isto foram realizados ensaios em triplicata para cada dosagem de sulfato de alumínio e pH de coagulação escolhido totalizando 21 ensaios. A Tabela 1 mostra os resultados das repetições (valores médios) das melhores dosagens para pH, turbidez e cor aparente remanescentes e das quantificações de células de *M. aeruginosa* na água decantada. As tendências observadas anteriormente no diagrama de coagulação (Figura 1) se repetiram.

De acordo com Kawamura (2000) o processo de sedimentação deve fornecer água decantada com turbidez menor que 2 uT para não sobrecarregar a unidade subsequente do sistema de tratamento. Dos resultados apresentados na Tabela 1 apenas as dosagens de 45 e 55 mg.L^{-1} para pH de coagulação de 5,5, apresentaram valores residuais de turbidez na água decantada compatíveis com o sugerido pelo autor citado.

Tabela 1 – Melhores dosagens do sulfato de alumínio, pH de coagulação turbidez e cor aparente remanescentes e concentração de células de *M. aeruginosa* na água decantada.

| Dosagem de sulfato de alumínio (mg.L ⁻¹) | pH coagulação | Turbidez remanescente (uT) | Cor aparente remanescente (uH) | <i>M. aeruginosa</i> * (cel.mL ⁻¹) | % de remoção de <i>M. aeruginosa</i> |
|--|---------------|----------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|
| 40 | 7,5 | 4,5 | 80 | 7,23E+04 | 35 |
| 45 | 5,5 | 1,8 | 33 | 1,78E+04 | 84 |
| | 6,5 | 2,9 | 55 | 2,60E+04 | 73 |
| 55 | 5,5 | 1,8 | 35 | 1,08E+04 | 90 |
| | 6,5 | 2,5 | 51 | 2,39E+04 | 79 |
| 60 | 7,0 | 2,6 | 54 | 2,70E+04 | 76 |
| | 7,5 | 3,5 | 72 | 7,21E+04 | 36 |

*Concentração inicial de 1,22E+05 cel.mL⁻¹ de *M. aeruginosa* na água de estudo (água bruta de Acauã + cultura pura de *M. aeruginosa*).

Houve resultados de até 80% de remoção de turbidez no pH 5,5 para dosagens de 45 a 55 mg.L⁻¹ de sulfato de alumínio, mas os valores remanescentes ainda evidenciam concentração significativa de células de *M. aeruginosa* (1,78E+04 e 1,08E+04, respectivamente), que podem causar obstrução dos filtros de areia, resultando em carreiras de filtração mais curtas. Valor de pH de 7,0 que é o mais próximo à água natural de Acauã, precisa de maior dosagem de coagulante de 60 mg.L⁻¹ conforme se mostra na Tabela 1.

Teixeira e Rosa (2006) avaliaram a eficiência da sedimentação na remoção de células intactas de *M. aeruginosa* na concentração de 10⁵ cel.mL⁻¹ em escala de bancada com sulfato de alumínio e relataram eficiências de remoção da turbidez de 80 % para dosagem de 10 mg.L⁻¹ de Al₂O₃.

Dentre os valores de pH de coagulação avaliados, o valor 5,5 parece ser o mais eficiente visto que além de ocorrer a remoção de turbidez e cor aparente também houve a mais elevada remoção de células de *M. aeruginosa* (até 90%). Entretanto, há dificuldades de caráter prático nas ETAs ao se trabalhar com valores baixos de pH de coagulação devido à necessidade da adição de ácido para atingir o pH de 5,5. Mas, como evidenciado neste trabalho, para pH 7,0 (próximo ao da água bruta do açude) se deve gastar maior quantidade de coagulante sem se obter iguais eficiências de remoção de células nem dos outros parâmetros de controle (turbidez e cor).

Drikas et al. (2001), também empregaram sedimentação para remover células de cianobactérias em ensaios de bancada em escala piloto usando *Jar Teste*. A água de estudo foi água sintética, preparada com água tratada com adição de células de *M. aeruginosa* na concentração de 1,50E+05 cel.mL⁻¹; o coagulante utilizado foi o sulfato de alumínio na dosagem de 65 mg.L⁻¹ e pH de coagulação de 7,2 obtendo remoção de 70% das células, na sua forma intacta, após 15 minutos de sedimentação. Neste contexto, os resultados aqui obtidos evidenciam maior eficiência do sistema sob estudo.

CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos podem-se delinear as seguintes conclusões:

- a coagulação, floculação e sedimentação mostraram-se eficiente na remoção de células de *M. aeruginosa* apresentando valor máximo de 90% para 55 mg.L⁻¹ de sulfato de alumínio no pH de 5,5;
- para as dosagens de 40 e 60 mg.L⁻¹ do coagulante e pH de 7,5 o percentual de remoção de células de *M. aeruginosa* foi de 35% e essas dosagens do sulfato de alumínio para esse valor de pH também resultaram em

maiores valores de turbidez e cor aparente remanescentes, não sendo portanto recomendáveis para sua aplicação na água estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th. APHA, 2005.
2. CHOW, C. W. K.; DRIKAS, M.; HOUSE, H.; BURCH, M. D.; VELZEBOER, R. M. A. The impact of conventional water treatment processes on cells of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. **Water Research**, v. 33, n. 15, p. 3253 - 3262, 1999.
3. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. ed 2ª. São Carlos: Rima, p. 792, 2005.
4. DRIKAS, M.; CHOW, C. W. K.; HOUSE, J.; BURCH, M. D. Using coagulation, flocculation, and settling to remove toxic cyanobacteria. **Journal AWWA**, vol.93, ed.2, p.100- 111, 2001.
5. HENDERSON, R. K.; BAKER, A.; PARSONS, S. A.; JEFFERSON, B. Characterisation of algogenic organic matter extracted from cyanobacteria, green algae and diatoms. **Water Research**, v. 42, p. 3435 – 3445, 2008.
6. HENDERSON, R. K.; PARSONS, S. A.; JEFFERSON, B. The impact of differing cell and algogenic organic matter (MOA) characteristics on the coagulation and flotation of algae. **Water Research**, v. 44, p. 3617–3624, 2010.
7. KAWAMURA, S. **Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities**. 2ª ed. John Wiley e Sons, Inc., E.U.A., 74-104, 2000.
8. SUN, F.; HAI-YAN PEI.; WEN-RONG HUA.; CHUN-XIA MA. The lysis of *Microcystis aeruginosa* in $AlCl_3$ coagulation and sedimentation processes. **Chemical Engineering Journal** p. 196–202, 2012.
9. TEIXEIRA, M. R.; ROSA, M. J. Comparing dissolved air flotation and conventional sedimentation to remove cyanobacterial cells of *Microcystis aeruginosa*: Part I: The key operating conditions. **Separation and Purification Technology**, v.52, ed.1, p. 84-94, 2006.
10. UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie** 9: 1-38, 1998.