

# USO DO COAGULANTE NATURAL *MORINGA OLEIFERA* LAM NO TRATAMENTO DE ÁGUA COM FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS

## USE OF NATURAL COAGULANT *MORINGA OLEIFERA* LAM IN THE TREATMENT OF WATER WITH CYANOBACTERIA

Franciele Pereira Camacho<sup>1</sup>  
Mariana Oliveira Silva<sup>1</sup>  
Lívia Oliveira Ruiz Moreti<sup>1</sup>  
Aline Takaoka Alves Baptista<sup>1</sup>  
Flávia Sayuri Arakawa<sup>1</sup>  
Quelen Leticia Shimabuku<sup>1</sup>  
Tássia Rhuna Tonial dos Santos<sup>1</sup>  
Simone de Lima Bazana<sup>1</sup>  
Priscila Ferri Coldebella<sup>1</sup>  
Karina Cardoso Valverde<sup>1</sup>  
Marcela Fernandes Silva<sup>2</sup>  
Rosângela Bergamasco<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da *Moringa oleifera* Lam como coagulante natural na remoção das células de cianobactéria. Para realizar os ensaios de coagulação, amostras de água deionizada foram artificialmente contaminadas com cultura da espécie *Microcystis protocystis* na ordem de 106 a 107 cel·mL<sup>-1</sup> e submetidas ao processo de coagulação/floculação em equipamento Jar-test com diferentes diluições a partir de uma solução salina de estoque de 1% de sementes de moringa. A eficiência do processo foi avaliada em função da remoção de cianobactéria, cor e turbidez. De maneira geral, a remoção de *M. protocystis* variou de 65 a 92,10%, a remoção de cor variou de 86,33 a 94,12% e a remoção de turbidez variou de 81,10 a 91,11%. Sendo que, as melhores eficiências de remoção ocorreram tanto para as amostras na ordem de 106 cel·mL<sup>-1</sup> quanto para 107 cel·mL<sup>-1</sup>. Com relação à formação dos flocos, foi verificado que a adição da extração salina NaCl (1M) de moringa acarretou na formação de flocos leves e com tendência a flutuar.

**Palavras-chave:** Sedimentação. Coagulante natural. *Moringa oleifera*. Cianobactéria.

**Abstract:** This study aimed to evaluate the efficiency of *Moringa oleifera* Lam as a natural coagulant in removing cyanobacterial cells. To perform coagulation assays, samples of deionized water were spiked with culture *Microcystis protocystis* species in order to 107 cel·L<sup>-1</sup> and 106 cel·L<sup>-1</sup> subjected to the coagulation/flocculation process jar test equipped with various dilutions from a saline 1% of stock of seeds of moringa. The process efficiency was evaluated according to the cyanobacterium removing color and turbidity. In general, the removal of *M. protocystis* ranged from 65 to 92.10%, color removal ranged from 86.33 to 94.12%, and the removal of turbidity ranged from 81.10 to 91.11%. The best removal efficiencies were obtained for both samples in the order of 106 cel·L<sup>-1</sup> and 107 cel·L<sup>-1</sup>. Regarding the formation of flakes, it was found that the addition of salt extraction NaCl (1M) Moringa resulted in the formation of light and flakes with a tendency to float.

**Keywords:** Sedimentation. Natural coagulant. *Moringa oleifera*. Cyanobacterium.

## 1 INTRODUÇÃO

A presença de cianobactérias em mananciais de abastecimento é uma realidade

<sup>1</sup> Mestre e doutorando(a) em Engenharia Química na Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil.

<sup>2</sup> Mestre e doutora em Química e pós-doutoranda em Engenharia Química na Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil.

<sup>3</sup> Mestre em Ciências de Alimentos, doutora em Engenharia Química e docente do Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil.

presente em muitos países, inclusive no Brasil. Nos últimos anos, este problema tem se intensificado com magnitudes significativas, pelo fato da maior parte do território nacional estar localizado na região tropical e sob processo de eutrofização, pois a maioria dos mananciais apresenta condições favoráveis ao crescimento de cianobactérias durante o ano inteiro.

Esse aumento nas ocorrências de florações de cianobactérias, particularmente em mananciais voltados para abastecimento de água para consumo humano, resulta em diferentes impactos ambientais, sociais e econômicos, além de ser um grave problema de saúde pública, uma vez que alguns grupos de cianobactérias são capazes de produzir e liberar para a água cianotoxinas que podem vir a afetar a saúde de homens e animais.

A intoxicação por cianotoxinas ocorre principalmente por via oral, pelo consumo de água e de pescados contaminados, e via cutânea, durante atividades recreacionais em corpos d'água. Entretanto, há casos de exposição às cianotoxinas pela inalação, por via intravenosa (hemodiálise) e pela alimentação direta de cianobactérias.

De acordo com Zagatto (1997), espécies do gênero *Microcystis* têm sido responsável por mais de 65% dos casos de intoxicação ao redor do mundo. No Brasil, as espécies *Microcystisaeruginosa*, *Microcystispaniformis* e *Microcystisprotocystis*, são bastante comuns e estão associadas às mais frequentes florações. A espécie *Microcystisprotocystis* foi descrita recentemente, mas já apresenta uma ampla distribuição nos reservatórios brasileiros e pode ser encontrada formando florações juntamente com a *Microcystisaeruginosa* (Sant'Anna et al., 2008).

As cianobactérias do gênero *Microcystis* são caracterizadas por apresentar células unicelulares esféricas, aglomeradas irregularmente numa mucilagem comum, incolor e produtora da cianotoxina microcistina, que tem ação hepatotóxica. Estudos mostram que o principal alvo desta cianotoxina é o fígado, mas outros órgãos, como o timo, rins e coração também são afetados. Adicionalmente, foi demonstrado que elas produzem efeitos genotóxicos, induzindo à quebra da fita de DNA e outros danos nos cromossomos (Zegura et al., 2008).

Buscando o controle das cianobactérias em mananciais hídricos utilizados para abastecimento público e a minimização dos riscos para a saúde humana, a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece que o monitoramento das cianobactérias no ponto de captação (não pode exceder 20.000 cel·mL<sup>-1</sup>, isto é, 2mm<sup>3</sup>·L<sup>-1</sup> de biovolume). Em relação à microcistina, a Portaria estabelece um limite máximo de 1µg·L<sup>-1</sup> para água de consumo humano.

Nos últimos anos vários trabalhos foram desenvolvidos no sentido da utilização de coagulantes naturais alternativos aos coagulantes químicos, para a obtenção de água potável. Estes trabalhos inicialmente preocuparam-se em substituir ou auxiliar os coagulantes convencionais com o intuito de melhorar a etapa de coagulação/floculação, tanto pela quantidade dos flocos produzidos quanto pela ausência de metais do lodo gerado. Posteriormente, notou-se uma preocupação com a saúde da população, principalmente em relação ao mal de Alzheimer, que de acordo com estudos realizados, pode ser agravado pelo alumínio (Rondeau et al., 2000; Katayonet al., 2006).

A descoberta da extração aquosa das sementes de *Moringa oleifera* para purificação de água, a um custo menor, apresenta várias vantagens em relação aos coagulantes químicos, sendo biodegradável, não-tóxico e ainda produz lodo em menor quantidade e com menores teores de metais. Além disso, não altera o pH da água, apresenta boa remoção de cor e turbidez e também promove grandes remoções de bactérias, acima de 90% (Ghebremichael, 2005; Nkurunziza et al., 2009; Nwaiwu e Lingmu, 2011).

Segundo Ndabigengesere et al. (1995), a maior desvantagem da utilização da extração aquosa de *Moringa oleifera* está na sua perda da eficiência, ou seja, a solução não pode ser armazenada por mais de 24 horas, podendo assim apresentar odor desagradável devido à

decomposição microbiológica do material orgânico.

Segundo Okuda et al. (2010), é possível aumentar a eficiência da *Moringa oleifera* Lam extraindo-a em solução salina. Foi observada em estudos, usando a semente em solução salina no tratamento de água, uma durabilidade maior no armazenamento da solução, além de melhorar a eficiência da proteína para remoção de cor e turbidez da água tratada (Okuda et al., 1999; Okuda et al., 2001). Poucos trabalhos, porém, são encontrados na literatura utilizando a semente de moringa em solução salina para a remoção de espécies do gênero *Microcystis*.

Neste sentido, o presente trabalho pretende trazer uma contribuição relevante, pois se observa a necessidade de mais estudos referentes à remoção de cianobactérias, utilizando-se as sementes de moringa em meio salino, e assim oferecer melhorias significativas no tratamento de água para países em vias de desenvolvimento. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a remoção de turbidez, cor e células de *Microcystis protocystis* através do processo de coagulação/floculação/sedimentação, utilizando a semente de *Moringa oleifera*.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 CULTIVO

As células de *M. protocystis* foram cultivadas no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental, do Departamento de Engenharia Química, UEM. Essa cepa, fornecida pelo laboratório de hidrobiologia da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa/MG). Mantida em meio ASM-1 definir, sob condições de máxima assepsia, a sala de cultivo com temperatura controlada em torno de 24°C, sob lâmpadas fluorescentes (Philips TLT 20 W/75 S cool), com foto-período de 12 horas (Figura 1).

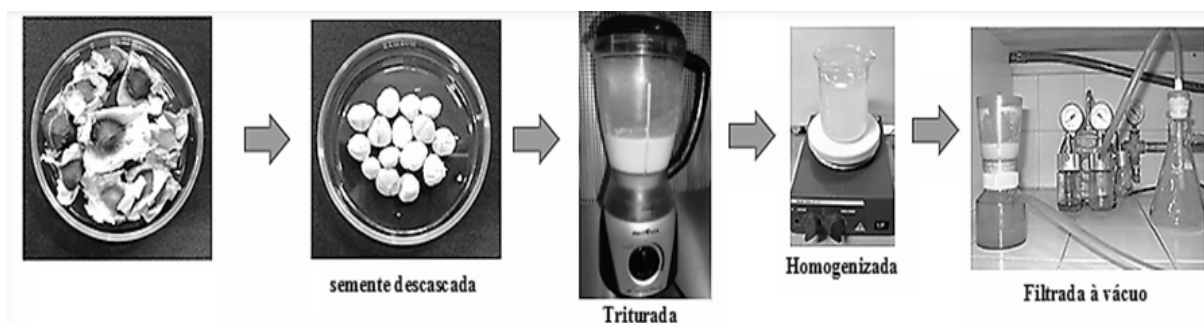


**Figura 1.** Cultivo da espécie *Microcystis protocystis*.

### 2.2 PREPARAÇÃO DA EXTRAÇÃO SALINA DE *MORINGA OLEIFERA* LAM (ES)

A extração salina de *Moringa oleifera* Lam foi preparada utilizando 1g de polpa de semente da *Moringa oleifera*, descascadas e trituradas no liquidificador em 100 mL de solução salina de NaCl a 1M. Na sequência a solução foi agitada por 30 min e filtrada a vácuo (Figura 2). Optou-se por utilizar a concentração 1 M do sal de NaCl devido a estudos

anteriores aplicando ao tratamento de água (Okuda et al., 1999; Nkurunziza et al., 2009; Madrona et al., 2010). A partir dessa solução foram usados 12 níveis dosagens com variação de 25 a 300 mg·L<sup>-1</sup>, em pH 7,0.



**Figura 2.** Esquema da preparação do extrato salino de *Moringa oleifera* Lam.

### 2.3 ENSAIOS DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO/SEDIMENTAÇÃO (C/F/S)

Após a obtenção das soluções, procedeu-se a aplicação no processo de coagulação/floculação/sedimentação (C/F/S). O equipamento empregado foi Jar Test simples, da Nova Ética – modelo 218/LDB, que acomoda seis recipientes (jarros) de base quadrada de 115 x 115 mm<sup>2</sup> e com a capacidade para 2 litros. Os parâmetros operacionais utilizados neste trabalho foram segundo Madrona et al., 2010.

A eficiência do processo foi avaliada por meio de contagem de células de *M. protocystis*, cor, turbidez e pH. As contagens de células de *M. protocystis* foram realizadas em microscópio (Olympus BX51) com o auxílio de uma lâmina de microscópio com marcação em quadrante e de dimensões conhecidas, denominada câmara de Neubauer. A cor foi medida em espectrofotômetro HACH DR/2010 por métodos de comparação visual com padrão de cobalto-platina (APHA, 2005). A turbidez foi determinada em espectrofotômetro HACH DR/2010 (APHA, 2005). Os resultados da turbidez foram expressos em NTU, Nephelometric Turbidity Units. O pH foi determinado por meio de pH-metro Digimed DM-2, conforme metodologia descrita no manual do aparelho.

Foi analisada, também, a densidade e o diâmetro das partículas através das leituras no Microscópio Olympus UplanFl 10x/0,30 Cooesnap-Prof Color Na Intergrated Solution Media Cybernetic the Imaging Experts (Olympus UPM-TUC). Para cada ensaio, colocou-se uma gota da amostra em estudo na lâmina fixando com a lamínula, analisando com a objetiva de 400 vezes, em seguida os resultados obtidos foram avaliados com a distribuição de frequência.

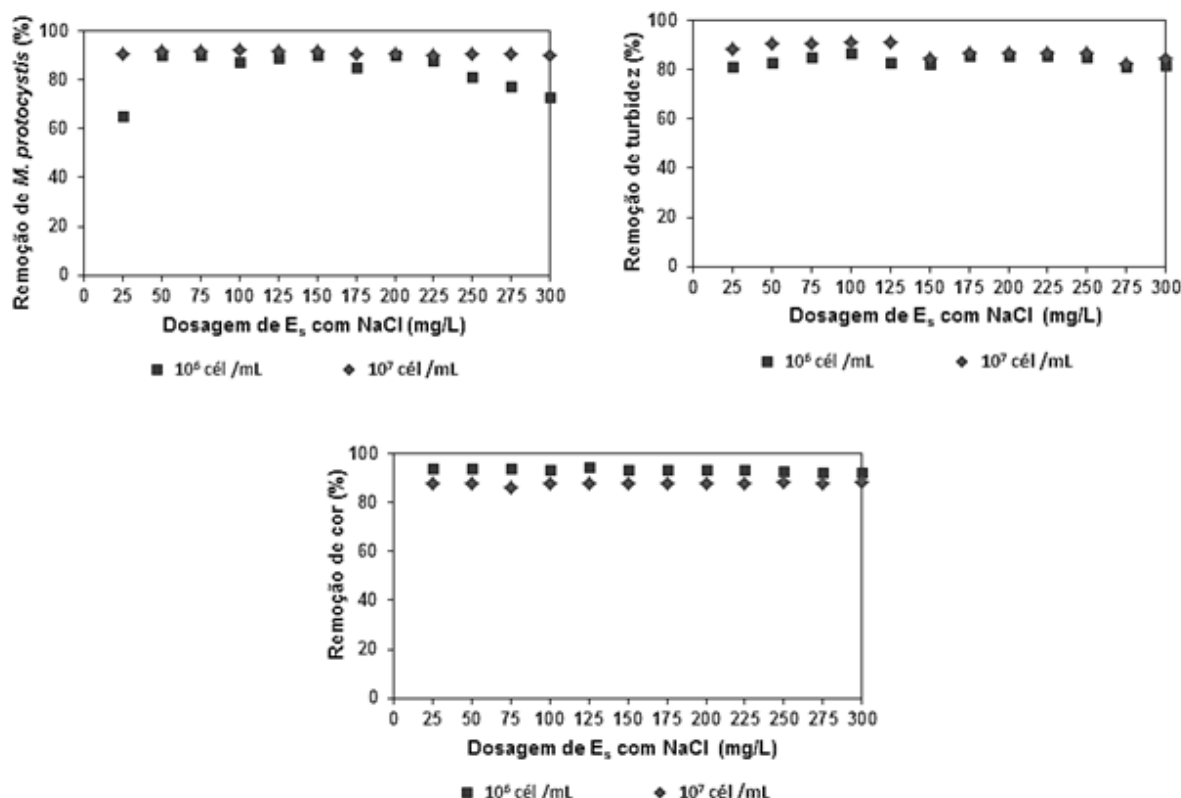
### 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para avaliar a dosagem ótima de coagulante, os resultados obtidos nos ensaios de C/F/S foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) através do programa STATISTICA 6.0/2000, utilizando o teste F. A influência das variáveis sobre as respostas desejadas, ou seja, a possível interação estatística entre a densidade celular e dosagem do coagulante moringa com os parâmetros medidos (células de cianobactéria, cor e turbidez,) foi avaliada e as dosagens ótimas dos coagulantes foram determinados. Para esta análise estatística, valores com 95% de confiança foram considerados significativos.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a porcentagem de remoção de *M. protocystis*, cor e turbidez

respectivamente para as diferentes dosagens de Es com NaCl (1M) utilizadas no processo de C/F/S para os diferentes valores de densidade celular  $10^6$  à  $10^7$  cél/mL.



**Figura 3.** Porcentagem de remoção de *M. protozois*, cor e turbidez para as diferentes dosagens de solução coagulante, utilizando a extração salina (Es) com NaCl (1M) para os diferentes valores de densidade celular de *M. protozois* na ordem de  $10^6$  à  $10^7$  cél/mL-1.

De acordo com os resultados obtidos, podemos observar que a remoção de *M. protozois* variou de 65 a 92,10%, a remoção de cor variou de 86,33 a 94,12% e a remoção de turbidez variou de 81,10 a 91,11%. Sendo que, as melhores eficiências de remoção ocorreram tanto para as amostras na ordem de  $10^6$  cél/mL-1 quanto para  $10^7$  cél/mL-1.

Aplicando a análise estatística observou-se que há relação entre remoção de células de *M. protozois* ( $R^2 = 0,9913$ ), cor ( $R^2 = 0,9806$ ) e a turbidez ( $R^2 = 0,9705$ ) com a dosagem da Moringa Es com NaCl (1M). Nenhuma interação estatística significativa foi observada em relação ao pH ( $R^2 = 0,7650$ ). A interação ocorreu para as amostras na ordem de  $10^6$  cél/mL-1 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores de “p” entre os parâmetros analisados e dosagem de Es com NaCl X densidade celular.

| Parâmetros                     | Valores de p* |
|--------------------------------|---------------|
| Células de <i>M. protozois</i> | p= 0,000001   |
| Turbidez                       | p= 0,000009   |
| Cor                            | p= 0,000002   |
| Ph                             | p= 0,853585   |

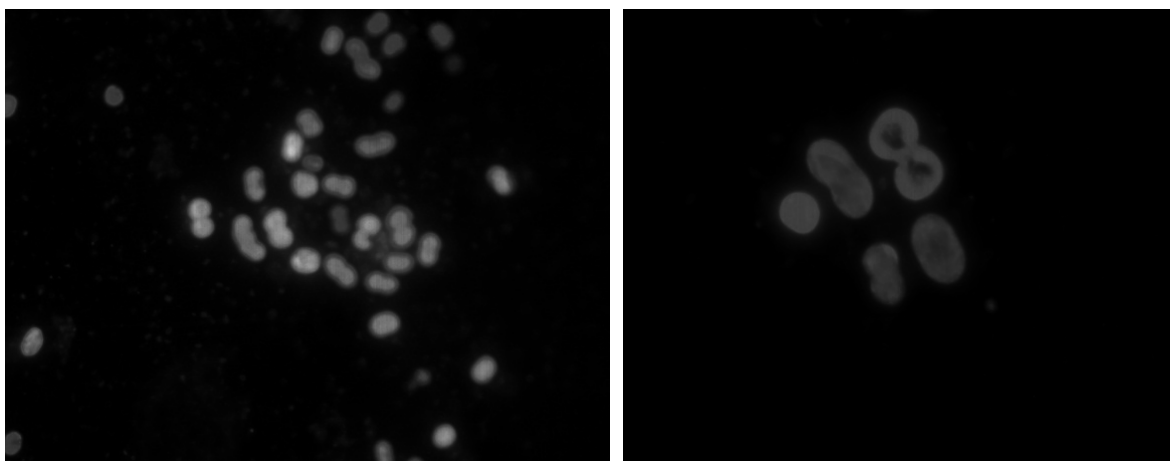
\*p<0,05

As dosagens que apresentaram as melhores eficiências de remoção dos parâmetros células de *M. protozois*, cor e turbidez de acordo com a densidade celular estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Dosagem do coagulante Moringa Escom NaCl que resultou nas melhores remoções de células de *M. protocystis*, cor e turbidez de acordo com a densidade celular.

| Densidade celular<br>de <i>M. protocystis</i> | Dosagem ótima<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
| 106                                           | 175                                    |
| 107                                           | 50                                     |

A remoção de cianobactérias pelo processo de coagulação, floculação é governada pelo mesmo princípio aplicado a remoção de partículas coloidais e em suspensão. Desta forma, as cianobactérias podem ser desestabilizadas e floculadas de acordo com os mesmos mecanismos que atuam no caso de partículas inorgânicas. Além disso, a estrutura destes organismos pode influenciar no tipo de mecanismo adotado. Cianobactérias que apresentam estruturas mais ou menos esféricas e com superfície suave podem ser desestabilizadas pelo mecanismo de adsorção e neutralização de cargas (Henderson et al.,2010), como é o caso das cianobactérias tratadas neste estudo. A espécie *M. protocystis* apresenta células arredondadas, tornando-se alongadas, irregulares ou lobadas durante o crescimento em cultura (Figura 4).



**Figura 4.** Imagem de epifluorescência das células de *Microcystis protocystis* (aumento 400 X)

Com relação à formação dos flocos, foi verificado que a adição da extração salina com NaCl (1M) resultou na formação de flocos leve com tendência a flutuar (Fig. 5).



**Figura 5.** Aspecto geral da formação dos flocos após a adição do coagulante

Para comprovar a densidade óptica e o diâmetro dos flocos formados, retirou-se uma amostra nas condições otimizadas após o processo de C/F/S e, na sequência foram observadas no microscópio. Na Tabela 3 têm-se os dados da densidade óptica das partículas (mais significativos) que variaram entre 162-164; 165-167; 170-172 apresentando as frequências

absolutas de 3038, 1088, 135 respectivamente.

**Tabela 3.** Distribuição de frequência da densidade óptica da partícula, utilizando a semente de moringa em solução salina na dosagem ótima de 275 mg/L.

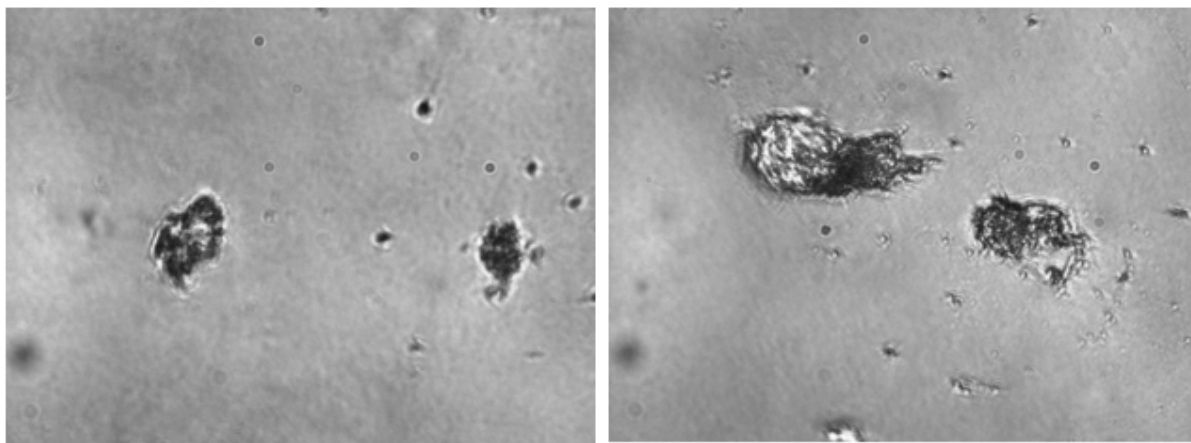
| Densidade óptica | Frequência absoluta | Porcentagem na amostra |
|------------------|---------------------|------------------------|
| 162 - 164        | 3038                | 69%                    |
| 165 – 167        | 1088                | 26%                    |
| 170 - 172        | 135                 | 5%                     |

Na Tabela 4, apresentam-se os dados de diâmetro médio das partículas mais significativas que variaram entre 0,1 -1  $\mu\text{m}$ ; 2-3  $\mu\text{m}$ ; 3-4  $\mu\text{m}$  apresentando as frequências absolutas de 2110, 1015, 151 respectivamente.

**Tabela 4.** Distribuição de frequência do diâmetro das partículas, utilizando a semente de moringa em solução salina na dosagem ótima de 275 mg/L.

| Diâmetro médio ( $\mu\text{m}$ ) | Frequência absoluta | Porcentagem na amostra |
|----------------------------------|---------------------|------------------------|
| 0,1 – 1                          | 2110                | 65%                    |
| 2 – 3                            | 1015                | 32%                    |
| 3 – 4                            | 151                 | 3%                     |

Na Figura 6 pode ser visualizada a formação dos flocos formados durante o processo de C/F/S, utilizando o coagulante Moringa em solução salina NaCl (1M).



**Figura 6.** Imagens dos flocos formados após a etapa de C/F/S (aumento 400x).

Analisando a prática de tratamento de água na remoção de espécies do gênero *Microcystis* sp., Vlaski et al. (1996) confirmaram o que já havia sido reportado por Edzwald (1993), que para a etapa de sedimentação ser efetiva são requeridos extensos períodos de floculação. Além disso, normalmente são aplicadas altas dosagens de coagulante, que, conseqüentemente, aumentam os custos e produzem uma quantidade exagerada de lodo nos decantadores, dificultando disposição final deste resíduo.

#### 4 CONCLUSÃO

O tratamento com a aplicação de extrato salino obtido das sementes de *Moringa oleifera* Lam apresenta-se como uma fonte alternativa e eficiente de tratamento de água com presença de cianobactérias. Porém, como a remoção das células de cianobactéria no processo

de C/F/S não foi completa, são necessários estudos com a combinação de outras técnicas de tratamento avançado, bem como pesquisas em relação ao comportamento desse coagulante natural na remoção da cianotoxina.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) por ceder as cepas de *Microcystisprotocystis*, à Universidade Estadual de Maringá (UEM), ao Departamento de Engenharia Química (DEQ/UEM) e ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS

- APHA American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st, Centennial Edition, Washington, 2005.
- Edzwald J.K. Algae, Bubbles, Coagulants and Dissolved Air Flotation. *Water Science and Technology*, 27 (10), 67-81, 1993.
- Ghebremichael, K. A., Gunaratin, K. R., Henriksson, H., Brumer, H., Dalhamman, G. A Simple Purification and Activity Assay of the Coagulant Protein from *Moringa oleifera* Seed. *Water Research*, V. 39, P. 2338-2344, 2005.
- Henderson R. K.; Parsons S. A.; Jefferson B. The Impact of Differing Cell and Algogenic Organic Matter (Aom) Characteristics on the Coagulation and Flotation Of Algae, *Water Research* 44 (12), 3617-3624, 2010.
- Katayon, S., Noor, M.J.M.M., Tat, W.K, Halim, G.A., Thamer, A.M., Badronisa, Y. Effect Of Natural Coagulant Application On Microfiltration Performance In Treatment Of Secondary Oxidation Pond Effluent. *Desalination*, 204: 204-212, 2007.
- Madrona, G.S.; Serpelloni, G.B.; Vieira, A.M.S.; Nishi, L.; Cardoso, K.C.; Bergamasco, R. Study Of The Effect Of Saline Solution On The Extraction Of The *Moringa oleifera* Seed's Active Component For Water Treatment. *Water, Air and Soil Pollution* 211 (1-4), 409-415, 2010
- Ndabigengesere A., K. S. Narasiah, B. G. Talbot, Active Agents And Mechanism Of Coagulation Of Turbid Waters Using *Moringa oleifera*. *Water Research* 29 (2) 703-612., 1995.
- Nkurunziza, T., J. B. Nduwayezu, E. N. Banadda, I. Nhapi, The Effect Of Turbidity Levels And Concentration On The Effectiveness Of Coagulation In Water Treatment. *Water Science and Technology* 59 (8) 1551-1558, 2009.
- Nwaiwu N. E., B. Lingmu, Studies on the Effect of Settling Time on Coliform Reduction Using *Moringa oleifera* Seed Powder. *Journal Of Applied Sciences In Environmental Sanitation* 6 (3) 279-286. 608, 2011.
- Okuda, T., Baes, A. U., Nishijima, W., Okada, M. Improvement of Extraction Method Of Coagulation Active Components From *Moringa oleifera* Seed. *Water Research*, V. 33, N. 15, P. 3373-3378, 1999.
- Okuda, T., Baes, A. U., Nishijima, W., Okada, M. Isolation And Characterizations Of Coagulant Extracted From *Moringa oleifera* Seed By Salt Solution. *Water Research*, 35(2), 405-410, 2001.
- Rondeau, V.; Commenges, D.; Jacqmin-Gadda, H.; Dartgues, J. F. Relation between Aluminum Concentrations in Drinking Water and Alzheimer's Diseases: An 8-Year Follow-Up Study. *American Journal of Epidemiology*. 152: (1), 59-66, 1999.
- Sant'anna, C. L., Azevedo, M. T. P., Werner, V. R., Dogo, C. R., Rios, F. R., De Carvalho, L. R. Review Of Toxic Species Of Cyanobacteria In Brazil. *Algological Studies* 126 (1), 251-

265, 2008.

Vlaski, A.; Van Breeman, A. N.; Alaerts, G. J. Optimization Of Coagulation Conditions For The Removal Of Cyanobacteria By Dissolved Air Flotation Or Sedimentation. *JournalWaterSrt- Aqua*, 45 (5), 253-261, 1996.

Zagatto, P. A. Manual De Orientação Em Casos De Florações De Algas Tóxicas: Um Problema Ambiental E De Saúde Pública. Cetesb, São Paulo (Série Manual), 1997.