



**INSTITUTO FEDERAL**

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO  
PERNAMBUCANO**

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO (PROPIP)  
CAMPUS SALGUEIRO**

**PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM RECURSOS HÍDRICOS PARA O SEMIÁRIDO**

**VICTOR HUGO MOREIRA DE LIMA**

**USO DO COAGULANTE ORGÂNICO *MORINGA OLEIFERA* (LAM.) PARA A  
REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS EM ÁGUAS DE RESERVATÓRIO  
EUTROFIZADO**

Salgueiro/PE

2023

**VICTOR HUGO MOREIRA DE LIMA**

**USO DO COAGULANTE ORGÂNICO *MORINGA OLEIFERA* (LAM.) PARA A  
REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS EM ÁGUAS DE RESERVATÓRIO  
EUTROFIZADO**

Monografia apresentada ao curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Recursos Hídricos para o Semiárido, ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, como parte dos requisitos para obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos para o Semiárido.

Orientadora: Adriana de Carvalho Figueirêdo Rodrigues.

Salgueiro/PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

M835 Moreira de Lima, Victor Hugo.

Uso do coagulante orgânico Moringa oleifera (LAM.) para a remoção de cianobactérias em águas de reservatório eutrofizado / Victor Hugo Moreira de Lima. - Salgueiro, 2023.  
19 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Recursos Hídricos) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Adriana de Carvalho Figueirêdo Rodrigues.

1. Água - Tratamento - Controle de Qualidade. 2. Coagulante natural. 3. Sedimentação. 4. Tratamento de água.. I. Título.

CDD 628.16

---



## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulada **USO DO COAGULANTE ORGÂNICO MORINGA OLEIFERA (LAM.) PARA A REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS EM ÁGUAS DE RESERVATÓRIO EUTROFIZADO**, sob orientação de Adriana de Carvalho Figueiredo Rodrigues, apresentada pelo aluno **Victor Hugo Moreira de Lima (202127030013)** do Curso **Pós-Graduação em Especialização em Recursos Hídricos** para o Semiárido (Salgueiro). Os trabalhos foram iniciados às 19h30 pela Professora presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Adriana de Carvalho Figueiredo Rodrigues** (Presidente)
- **Sandra Regina da Silva Galvao** (Examinadora Interna)
- **Patrícia Rodrigues Pê** (Examinadora Externa)
- **Luciana Nunes Cordeiro** (Examinadora Suplente Interna)
- **Aretuza Bezerra Brito Ramos** (Examinadora Suplente Interna)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à argüição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

Aprovado

Reprovado

Nota (quando exigido): 95

**Observação / Apreciações:**


---


---


---

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Adriana de Carvalho Figueiredo Rodrigues** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Salgueiro / PE, 14/02/2023

Documento assinado digitalmente  
 ADRIANA DE CARVALHO FIGUEIREDO RODR  
Data: 31/03/2023 16:53:05-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
 SANDRA REGINA DA SILVA GALVAO  
Data: 01/04/2023 09:09:35-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
 PATRICIA RODRIGUES PE  
Data: 04/04/2023 19:56:46-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

# USO DO COAGULANTE ORGÂNICO *MORINGA OLEIFERA* (LAM.) PARA A REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS EM ÁGUAS DE RESERVATÓRIO EUTROFIZADO

Victor Hugo Moreira de Lima; Adriana de Carvalho Figueirêdo Rodrigues

## RESUMO

O crescimento desordenado das cidades e os longos períodos de estiagem afetam diretamente a qualidade de vida da população do semiárido brasileiro, gerando escassez na distribuição de água, fome e miséria. Visando minimizar os impactos causados pelo uso de coagulantes químicos no tratamento da água, estudos vêm sendo realizados no sentido de se buscar uma alternativa menos degradante ao meio ambiente. Uma dessas alternativas é o uso da *Moringa oleifera* (Lam.) como agente coagulante. O presente estudo fez uma revisão da literatura sobre a aplicabilidade das sementes de *M. oleifera* na remoção de células de cianobactérias presentes em águas de reservatórios eutrofizados, situados na região do semiárido, destinados ao abastecimento público. A metodologia empregada foi a análise de fontes bibliográficas, através da coleta de informações contidas em artigos de periódicos nacionais e internacionais. Os resultados indicam que o coagulante orgânico da *M. oleifera* pode ser uma alternativa promissora ao tratamento de água em reservatórios do semiárido brasileiros, podendo substituir o uso do coagulante químico. As principais vantagens do uso da *M. oleifera* está na remoção das células de cianobactérias e na redução da cor e turbidez da água, assim como a simplicidade de aplicação. Dentre suas limitações, cita-se a perda da eficiência, ou seja, a solução não pode ser armazenada por mais de 24 horas, podendo assim apresentar odor desagradável devido à decomposição microbológica do material orgânico. Conclui-se que as sementes de *M. oleifera* são economicamente viáveis e constitui em uma prática sustentável e segura para o tratamento de água com a presença de células de cianobactérias.

**Palavras-chave:** Coagulante natural; Sedimentação; Tratamento de água.

## ABSTRACT

The disorderly growth of cities and the long periods of drought directly affect the quality of life of the population in the Brazilian semi-arid region, generating shortages in the distribution of water, hunger and misery. In order to minimize the impacts caused by the use of chemical coagulants in water treatment, studies have been carried out in order to seek a less degrading alternative to the environment. One of these alternatives is the use of *Moringa oleifera* (Lam.) as a coagulant agent. The present study reviewed the literature on the applicability of *M. oleifera* seeds in the removal of cyanobacterial cells present in water from eutrophic reservoirs, located in the semi-arid region,

intended for public supply. The methodology employed was the analysis of bibliographic sources, through the collection of information contained in articles from national and international journals. The results indicate that the organic coagulant of *M. oleifera* can be a promising alternative for the treatment of water in reservoirs in the Brazilian semi-arid region, and may replace the use of chemical coagulant. The main advantages of using *M. oleifera* are the removal of cyanobacteria cells and the reduction of water color and turbidity, as well as the simplicity of application. Among its limitations, we mention the loss of efficiency, that is, the solution cannot be stored for more than 24 hours, and thus may have an unpleasant odor due to the microbiological decomposition of the organic material. It is concluded that *M. oleifera* seeds are economically viable and constitute a sustainable and safe practice for the treatment of water with the presence of cyanobacteria cells.

**Keywords:** Natural coagulant; Sedimentation; Water treatment.

## 1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios de água são construídos com a finalidade de atender ao abastecimento público, auxiliar na irrigação, na dessedentação animal e na aquicultura, atividades fundamentais para o desenvolvimento social e econômico de uma região. Os ecossistemas aquáticos localizados nas zonas áridas e semiáridas estão sujeitos a variações hidrológicas acentuadas, sobretudo devido as características da região: baixa precipitação anual (400-800 mm) e alta taxa de evaporação (ALVARES et al., 2013). O semiárido brasileiro possui um grande número de reservatórios que possibilitam a retenção da água para atendimento as múltiplas necessidades (AZEVEDO et al., 2017).

Apesar dos diversos benefícios, sociais e econômicos, decorrente da construção de reservatórios para as atividades antrópicas desenvolvidas, na maioria das vezes, de forma não planejada no entorno desses ecossistemas e associadas aos eventos de estiagem prolongada na região, promovem efeitos sinérgicos que favorecem a eutrofização artificial, comprometendo a qualidade da água e impactando a biota aquática. Dentre os impactos se destacam os lançamentos de efluentes domésticos e industriais não tratados, os escoamentos de águas de áreas agrícolas que carregam fertilizantes e pesticidas e a piscicultura praticada nos corpos hídricos. Estas atividades aumentam os níveis de nutrientes nitrogenados e fosfatados, causando a fertilização das águas e sua consequente eutrofização.

Um dos efeitos da eutrofização é a proliferação de produtores primários, tais como: cianobactérias, microalgas e macrófitas. O fenômeno da eutrofização se

expressa quando se observa uma densa camada verde na superfície da água, denominada “floração” ou “*bloom*”, alterando suas características sensoriais, podendo ser facilmente visualizadas, além de produzirem odores e sabores desagradáveis (BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2010; PAWLIK-SKOWORONSKA; TOPOROWSKA, 2016).

No tratamento da água eutrofizada, um dos principais entraves encontrados nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) é a rápida colmatação (entupimento) dos filtros, que devem ser lavados com maior frequência, gerando um aumento na demanda de água tratada, bem como nas quantidades de coagulantes e de outros produtos químicos usados para o tratamento, aumentando os custos deste processo (DI BERNARDO;DANTAS, 2005). Contudo, um problema que tem se intensificado com a estiagem prolongada no nordeste brasileiro é a produção de cianotoxinas por cepas de cianobactérias toxigênicas com efeitos neuro, hepato e dermatotóxicos em animais e seres humanos (CALIJURI et al., 2006).

Uma maneira de resolver este problema é mediante o uso de coagulantes/floculantes, onde as células de cianobactérias podendo ser separadas por sedimentação ou floculação, ou então através da utilização de tecnologia de imobilização, na qual os microrganismos são fixados em uma matriz, o que impede o arraste da biomassa para o ponto de captação do reservatório (LALIBERTÉ et al., 1997; CRAGGS et al., 1997; BASHAN et al., 2002).

De acordo com Molina-Grima et al. (2003), a coagulação/floculação é um eficiente processo de pré-tratamento de águas. Tem como base a adição de compostos químicos inorgânicos ou de polímeros de natureza orgânica na água a ser tratada. Estes compostos são capazes de induzir a agregação de células microalgas e materiais em suspensão, os quais se aderem à superfície coloidal, provocando a aglomeração das partículas (CHEN et al., 2006; SILVA-MANETTI, 2009).

A *Moringa oleifera* (Lam.), popularmente conhecida como Moringa, é uma planta de origem indiana, pertencente à família Moringaceae, que foi introduzida no Brasil como uma planta ornamental. Apresenta tamanho de médio porte e seu crescimento é rápido e propício em quase todos os tipos de solo, com melhor desenvolvimento em planícies (RAMACHANDRAN et al., 1980). Quando adicionada à água, o pó das sementes secas e trituradas apresenta propriedades floculantes, destacando-se como promissor no uso do tratamento de águas, cujo desempenho

se relaciona à presença de uma proteína catiônica, a Lectina, que apresenta a habilidade de desestabilizar e aglomerar as partículas poluentes presentes na água, permitindo a decantação ou flotação das partículas contaminantes (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998).

Os coagulantes orgânicos têm sido utilizados como alternativa promissora aos inorgânicos para produção de água potável visando a melhoria dos processos de tratamento, aplicação ou disposição do lodo gerado e ausência de resíduos metálicos (CHO et al., 2011; RIAÑO et al., 2012). Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a aplicabilidade das sementes de *Moringa oleifera* (Lam.) na remoção de células de cianobactérias presentes em águas de reservatórios eutrofizados destinados ao abastecimento público.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cianobactérias

As cianobactérias são organismos procariontes, fotossintetizantes e liberam oxigênio como co-produto da fotossíntese, normalmente unicelulares, mas é comum que cresçam em grandes colônias, facilitando assim sua visualização, sua parede celular é espessa, algumas espécies produzem células diferenciadas como acinetos, elas são consideradas células de resistência e se desenvolvem em meios desfavoráveis podendo acumular proteínas assegurando sua sobrevivência (CALIJURI et al., 2006).

Os acinetos formam pseudo-vacúolos ou vesículas de gás, denominadas aerótopos, tornando possível sua flutuação na água. A reprodução das cianobactérias é do tipo assexuada, por fissão binária ou fissão múltipla (CALIJURI et al., 2006). A produção de compostos orgânicos e a alta eficiência no uso do oxigênio para obtenção de energia permitiu a esses organismos o aumento da capacidade de carga biológica e, ao mesmo tempo, o surgimento de uma elevada diversidade de espécies capazes de se adaptar a diferentes condições ambientais (TSUKAMOTO; TAKAHASHI, 2007).

Vários fatores podem favorecer o desenvolvimento das florações de cianobactérias, fatores físicos (ex: temperatura, luz solar, turbidez, sedimentos, sólidos e cor), químicos (ex: salinidade, pH, oxigênio dissolvido, alcalinidade, carbono total, compostos de nitrogênio e fósforo e metais pesados), biológicos



(fitoplâncton, zooplâncton, ictiofauna e invertebrados aquáticos) e hidrológicos (ex: volume armazenado, tempo de retenção hidráulico, razão entre a área superficial e o perímetro) (DOLMAN et al., 2012; FIGUEREDO et al., 2016; CHIA et al., 2017).

O ambiente ideal para o desenvolvimento das cianobactérias possui temperatura entre 15-30°C, pH neutro alcalino, baixa incidência de ventos e rico em nutrientes (GAO et al., 2012), tais fatores levam a eutrofização da água de maneira natural, além disso, fatores antrópicos, aceleram esse processo, onde muitas atividades humanas estão impactando diretamente as águas continentais, também em reservatórios, causando assim a denominada eutrofização artificial (CHIA et al., 2017).

Esta eutrofização vem impactando negativamente os ecossistemas aquáticos, por reduzir a taxa de oxigênio dissolvido, diminuir a transparência da água, alterar as concentrações iônicas e o acúmulo de fósforo nos sedimentos na coluna d'água (FORTIN et al., 2010).

## **2.2 O papel do coagulante no tratamento de água**

Um dos primeiros passos para o tratamento de água em uma estação de tratamento é a coagulação, que tem por finalidade remover as partículas em suspensão, reduzir a carga de matéria orgânica, inorgânica, bem como a turbidez da água. Para isso, são adicionados coagulantes ao meio, os quais têm como função desestabilizar os colóides (PAVANELLI, 2001; RICHTER, 2009).

A coagulação e a floculação desempenham um papel dominante no processo de tratamento de água, principalmente na preparação da decantação ou da flotação e, assim, na filtração que se segue. Diante disso, a escolha do coagulante é de suma importância para a obtenção de uma água tratada de qualidade (RICHTER, 2009).

Os sais de alumínio e ferro são os agentes mais usados no tratamento de água, por serem de baixo custo e apresentarem melhor desempenho como coagulantes (CARVALHO, 2013; RICHTER, 2009). Os coagulantes mais empregados no tratamento de água atualmente são o sulfato de alumínio e o policloreto de alumínio (PAC).

O Policloreto de Alumínio (PAC) é um coagulante inorgânico catiônico pré-

polimerizado a base de cloreto de poli alumínio, de fórmula bruta  $Al_n(OH_m)Cl_{(3n-m)}$ , sendo o  $(3n-m)$  indicador da sua basicidade (DI BERNARDO et al., 2008). Este coagulante possui algumas vantagens como, por exemplo: não provoca alterações bruscas no pH da água tratada; maior eficiência na remoção de matéria orgânica e inorgânica presente na água bruta; e a formação de flocos grandes e pesados, elevando a velocidade de decantação (PAVANELLI, 2001; SRIVASTAVA et al., 2005).

Apesar das vantagens apresentadas, o PAC ainda pode deixar um residual de alumínio na água tratada, embora em concentrações menores quando comparado ao residual do sulfato de alumínio (PAVANELLI, 2001; SRIVASTAVA et al., 2005). No entanto, ambos os coagulantes podem ser considerados inconvenientes no tratamento de água, uma vez que o residual de alumínio deixado por esses tem sido relacionado a casos de iniciação e progressão da doença de Alzheimer (BONDY, 2016; MARTYN et al., 1989).

A alternativa que surge nesse contexto é a utilização de coagulantes naturais, os quais apresentam vantagens aos coagulantes químicos por serem biodegradáveis, não tóxicos, produzirem menor quantidade de lodo com concentrações de metais reduzidas, e não alterarem o pH e a condutividade do meio (AMARAL et al., 2006; KAWAMURA, 1991). Um exemplo de coagulante natural que vem sendo estudado é o coagulante obtido a partir das sementes da *Moringa oleifera* (Lam.), que contém agentes ativos com propriedades coagulantes.

### **2.3 Coagulante orgânico de *Moringa oleifera* (Lam.)**

A *Moringa oleifera* (Lam.) é uma árvore de origem Indiana e foi introduzida no Brasil em 1950, no estado do Maranhão. É uma planta tropical pertencente à família Moringaceae que possui 14 espécies identificadas. Seu crescimento é rápido, podendo alcançar doze metros de altura e desenvolve-se em temperaturas de 24 a 30°C (GALLÃO, 2006).

A semente é a parte que apresenta melhor potencial como coagulante, devido à presença de uma proteína catiônica dimérica de alto peso molecular, que promove a desestabilização de partículas sólidas presentes na água bruta, formando os flocos que em seguida decantam (GALLÃO, 2006).

Segundo Valverde et al. (2014), o ideal é que as sementes utilizadas para

preparar o coagulante sejam recentemente colhidas, para garantir a eficácia do tratamento de água, pois a eficiência da coagulação diminui com o tempo de armazenamento das sementes, sendo o período máximo recomendado igual a 18 meses, diminuindo o potencial coagulante das sementes significativamente e tornando-se ineficiente após 24 meses.

As proteínas catiônicas que conferem às sementes de *M. oleifera* a capacidade de ser um ótimo coagulante natural podem ser extraídas tanto por solução aquosa quanto por soluções salinas, sendo esta última a mais recomendada para a extração proteica em geral. No entanto, o pó da semente de *M. oleifera* também resulta em ótimas eficiências na clarificação de águas (GHEBREMICHAEL et al., 2005; NISHI et al., 2011).

Lima et al. (2015), avaliando a eficiência de diferentes dosagens do pó da semente de *M. oleifera* em um tratamento com sedimentação, verificou uma eficiência de redução de 100% da turbidez para a concentração de 200 mg L<sup>-1</sup> para um tempo de sedimentação de 2 horas, bem como os demais parâmetros físico-químicos: pH e condutividade elétrica.

Moreti et al. (2015), em estudo avaliando a remoção de *Dolichospermum flo-aquae* utilizando como coagulante natural pó integral da semente de *M. oleifera* Lam, observaram que as sementes de *M. oleifera* trituradas, na dosagem de 100 mg L<sup>-1</sup>, foram eficientes na remoção de cor (78%), turbidez (78%) e clorofila *a* (96%) da água tratada pelos processos de coagulação/floculação/flotação por ar dissolvido. De acordo com Silva et al. (2007), a solução de *M. oleifera* tem sido eficiente como agente coagulante na remoção de patógenos de águas brutas.

Camacho et al. (2012), em estudo avaliando a remoção de cianobactérias e cianotoxinas em água de abastecimento pela associação de flotação por ar dissolvido e nanofiltração, concluíram que a flotação por ar dissolvido (FAD), com o emprego de extrato salino de *M. oleifera* em condições ótimas, permitiu atingir uma eficiência de remoção de células do gênero *Microcystis* acima de 80%.

Carvalho et al. (2016), em estudo avaliando a aplicação de dois extratos salinos de *M. oleifera*, verificaram que o extrato coagulante obtido a partir de cloreto de cálcio apresentou melhor resultado em relação ao extrato obtido com solução de cloreto de sódio na remoção de células de *M. aeruginosa*.

### 3. METODOLOGIA

No mês de dezembro de 2021 foi realizada uma revisão da literatura narrativa em bases de dados eletrônicas (*Web of Science*, Biblioteca eletrônica *Scientific Electronic Librany Online* - Scielo e Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde - Lilacs) para identificar publicações que abordassem o tema utilizando as palavras-chave: “tratamento com coagulantes orgânicos”, tratamento de água com *Moringa oleifera*, “coagulantes naturais” e “coagulantes no tratamento de água” e seu equivalente em português e inglês, conectados pelo operador booleano AND, sem estabelecer um período de tempo.

Foi utilizado os seguintes critérios de inclusão: textos completos sem restrição de desenho de estudo ou período de tempo; escrito em inglês ou português; uso das sementes da *Moringa oleifera* e estudos que apresentem informações referentes ao tema em estudo. Os estudos identificados em mais de um banco de dados foram considerados apenas uma vez. A análise dos artigos incluiu títulos, resumos e textos completos após a seleção.

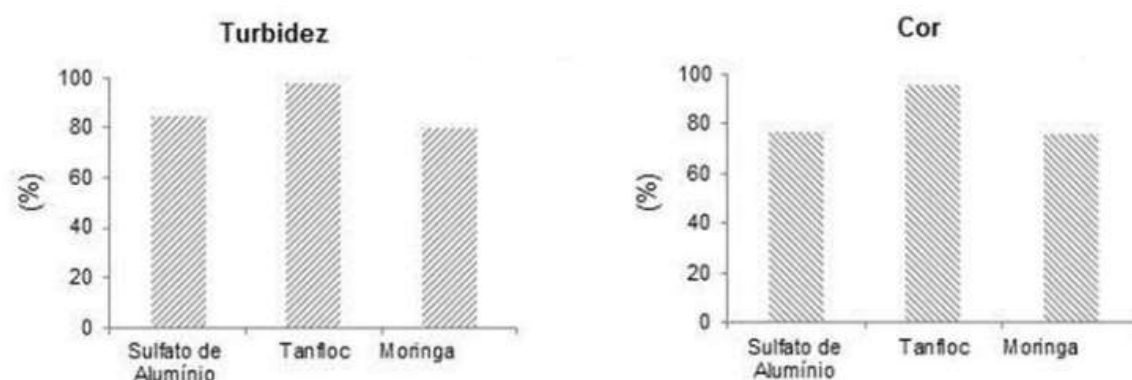
Os estudos selecionados foram organizados com o objetivo de esclarecer os aspectos gerais da aplicação de sementes de *Moringa oleifera* para remoção de cianobactérias na água, e os procedimentos utilizados.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca bibliográfica resultou no total de 25 artigos. Após a aplicação de critérios de inclusão e desconsiderando os trabalhos repetidos, um total de 11 trabalhos foram finalmente incluídos. A grande maioria dos estudos experimentais utilizando coagulantes orgânicos, ainda são realizados em sua maioria em escala laboratorial, com alguns poucos trabalhos em escala piloto. A descoberta da extração aquosa das sementes de *Moringa oleifera* (Lam.) 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 (Figura 1) e também promove grandes remoções de cianobactérias (GHEBREMICHAEL, 2005; NKURUNZIZA et al., 2009;

NWAIWU; LINGMU, 2011). Camacho et al. (2012), demonstram que o coagulante à base de semente de *Moringa oleifera* é tão eficiente quanto o Tanfloc SG e pode se constituir em uma alternativa adequada para o tratamento de águas com florações de cianobactérias, sobretudo em reservatórios localizados no semiárido brasileiro.

Figura 1. Percentual da turbidez (a) e da cor (b) removida da água bruta tratada com sulfato de alumínio, Tanfloc e Moringa.



Fonte: Camacho et al., 2012.

Segundo Ndabigengesere et al. (1995), a maior desvantagem da utilização da extração aquosa de *Moringa oleifera* (Lam.) 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 microbológica do material orgânico.

Quanto a potencialidade das sementes de moringa para a remoção de turbidez e microalgas em águas, Camacho et al. (2017) demonstraram a efetividade das sementes de moringa como agente coagulante na remoção de cianobactérias e turbidez de águas superficiais. Houve a remoção de 85% de turbidez e de células de cianobactérias, para águas com alta turbidez usando o pó integral de *Moringa oleifera*. Para águas com baixa turbidez o extrato salino foi mais eficiente.

A produção dos extratos coagulantes das sementes de *Moringa oleifera* se dá, majoritariamente, através das sementes secas e descascadas, as quais devem ser trituradas e peneiradas até um pó fino. Após a produção do pó, as proteínas são ativadas através da dissolução do pó produzido em uma solução, que, na maioria das vezes, é aquosa, por ser o solvente menos oneroso, além de ser capaz de dissolver as proteínas desejadas e produzir um extrato com o desempenho

desejado. Porém, alguns estudos apontam que a dissolução proteica em soluções de sais, como NaOH, CaCl<sub>2</sub>, NaCl, KCl, entre outros, podem favorecer um aumento no desempenho coagulante do extrato (TRIQUES et al., 2020; OKUDA et al., 2001). Carvalho et al. (2016), avaliaram a eficiência de extratos salinos de *Moringa oleifera* usando com sais o NaCl e o CaCl<sub>2</sub>. O extrato salino de *Moringa oleifera* usando o sal CaCl<sub>2</sub> foi mais eficiente que o sal NaCl, com uma remoção de célula de 78,9%, cor de 77,9% e turbidez de 57,9%, para uma dosagem de 50 mg L<sup>-1</sup>.

Foi observado 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, foram encontrados na literatura utilizando a semente de moringa em solução salina para a remoção de cianobactérias. De acordo com Barrado-Moreno et al. (2015), observaram que o extrato salino de *Moringa oleifera* teve bons resultados para remoção de células. Para dosagens acima de 25 mg L<sup>-1</sup>, obteve-se 90% de remoção de clorofila-a.

Camacho et al. (2017), avaliaram a remoção de turbidez, cor e células de *Microcystis protocystis* através do processo de coagulação/floculação/sedimentação utilizando a semente de *Moringa oleifera* em solução salina de NaCl a 1M. De acordo com os resultados obtidos no estudo, 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%. 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 (HENDERSON et al., 2010). Cianobactérias que apresentam estruturas mais ou menos esféricas e com superfície suave podem ser desestabilizadas pelo mecanismo de adsorção e neutralização de cargas.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No semiárido brasileiro a disponibilidade de água em quantidade e qualidade é estratégica para o desenvolvimento social e econômico da região. Entretanto, devido às condições climáticas e aos impactos antrópicos, os reservatórios atingem rapidamente níveis elevados de eutrofização, com consequentes dificuldades de potabilização da água e floração de cianobactérias. Esse cenário tem se intensificado nas últimas décadas pela estiagem prolongada. É imprescindível o desenvolvimento e aplicação de tecnologias que possam com eficiência e segurança tratar essas águas e garantir sua qualidade. Devem também ser tecnologias ecologicamente corretas e economicamente viáveis de modo que o tratamento de água não seja mais um impacto ao ambiente.

O uso das sementes de *Moringa oleifera* (Lam.) na remoção de células de diversas cianobactérias, têm comprovado excelentes resultados. Comparando os coagulantes inorgânicos convencionais e os orgânicos, observa-se que estes são economicamente viáveis e podem ser utilizados como práticas alternativas sustentáveis no tratamento de água.

## REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

AMARAL, L. A.; ROSSI JÚNIOR, O. D.; SOARES E BARROS, L. S.; LORENZON, C. S.; NUNES, A. P. Tratamento alternativo da água utilizando extrato de semente de *Moringa oleifera* e radiação solar. **Arq. Inst. Biol.**, v. 73, n. 3, p. 287-293, 2006.

AZEVÊDO, E. L.; ALVES, R. R. N.; DIAS, T. L. P.; MOLOZZI, J. How do people gain access to water resources in the Brazilian semiarid (Caatinga) in times of climate change? **Environmental monitoring and assessment**, v. 189, n. 8, p. 375-392, 2017.

BARRADO-MORENO MM, BELTRÁN-HEREDIA J, MARTÍN-GALLARDO J. Removal of oocystis algae from freshwater by means of tannin-based coagulant. **J Appl Phycol**. 28:1589-95, 2016.

BASHAN, L. E.; et al. Removal of ammonium and phosphorus ions from synthetic wastewater by the microalgae *Chlorella vulgaris* coimmobilized in alginate beads with

the microalgae growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. **Water Research**, v. 36, p. 2941-2948, 2002.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; SANTOS, D. M. S.; MOURA, N. A. toxic cyanobacteria in reservoirs in northeastern Brazil: detection using a molecular method. **Brazilian Journal of Biology**, v.70, n. 4, p. 1005-1010. 2010.

BONDY, S. C. Low levels of aluminum can lead to behavioral and morphological changes associated with Alzheimer's disease and age-related neurodegeneration. **Neurotoxicology**, v. 52, p. 222-229, 2016.

CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A.; SANTOS, A. A. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos, Ed. Rima, p.109, 2006.

CAMACHO, F. P.; STROHER, A. P.; MORETI, L. SILVA, F. A.; WURZLER, G. T.; NISHI, L. BERGAMASCO, R. Remoção de cianobactérias e cianotoxinas em águas de abastecimento pela associação de flotação por ar dissolvido e nanofiltração. **E-xacta.**, v. 5, n. 2, p 127-138, 2012.

CAMACHO, F. P.; SOUSA, V. S.; BERGAMASCO, R.; TEIXEIRA, M. R. The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. **Chemical Engineering Journal**, v. 313, p. 226-237, 2017.

CARVALHO, M. C.; AGUJARO, L. F.; PIRES, D. A.; PICOLI, C. **Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientação para o monitoramento e aspectos ambientais**. São Paulo: CETESB, 47 p. 2013.

CARVALHO, M. S.; ALVES, B. R. R.; SILVA, M. F.; BERGAMASCO, R.; CORAL, L. A.; BASSETTI, F. J. CaCl<sub>2</sub> applied to the extraction of *Moringa oleifera* seeds and the use for *Microcystis aeruginosa* removal. **Chemical Engineering Journal**, v. 304, p. 469-475, 2016.

CHEN, L., ZHANG L., CHEN,, H., GAO, C. Carbon dioxide removal from air by microalgae cultured in a membrane-photobioreactor. **Separation and Purification Technology**, v. 50, p. 324-329, 2006.

CHIA, M. A.; CORDEIRO-ARAÚJO, M. K.; LORENZI, A. S.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Cylindrospermopsin induced changes in growth, toxin production and antioxidant response of *Acutodesmus acuminatus* and *Microcystis aeruginosa* under differing light and nitrogen conditions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 142, p. 189-199. 2017.

CHO, S.; LUONG, T. T.; LEE, D.; OH, Y.; LEE, T. Reuse of effluent water from a municipal wastewater treatment plant in microalgae cultivation for biofuel production. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 8639–8645, 2011.

CRAGGS, R. J.; McAULEY, P. J.; SMITH, V. J. Wastewater nutrient removal by marine microalgae grown on a corrugated raceway. **Water Research**, v. 31, n. 7, p.



1701-1707, 1997.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Paulo: Rima. p.784. 2007.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água**. São Carlos: Editora LDIBE LTDA, (Vol. 2). 682p. 2008.

DOLMAN, A. M.; RÜCKER, J.; PICK, F. R.; FASTNER, J.; ROHRLACK, T.; MISHKE, U.; WIEDNER, C. Cyanobacteria and cyanotoxins: the influence of nitrogen versus phosphorus. **Plos one**, v. 7(6): e38757. Journal.pone. 2012.

FIGUEREDO, C. C.; PINTO-COELHO, R. M.; LOPES, A. M. M. B.; LIMA, P. H. O.; GÜCKER, A. G. From intermitente to persistent cyanobacterial blooms: identifying the main drivers in urban tropical reservoir. **Journal of Limnology**, v.75, p. 445-454. 2016.

FORTIN, N.; ARANDA-RODRIGUEZ, R.; JING, H.; PICK, F.; BIRD, D.; GREER, C. W. Detection of microcystin – producing cyanobacteria in Missiquoi Bay, Quebec, Canada, using quantitative PCR. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, p.5105-5112. 2010.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Avaliação Química e Estrutural da Semente de *Moringa*. **Cien. Agron. Fortaleza**, v. 37, n. 1, p. 106- 109, 2006.

GAO, Y.; CORNWELL, J. C.; STOECKER, D. K.; OWENS, M. S. Effects of cyanobacterial-driven pH increases on sediment nutrient fluxes and coupled nitrification-denitrification in shallow fresh water estuary. **Biogeosciences**, v. 9, p. 2697-2710. 2012.

GHEBREMICHAEL, K. A., GUNARATIN, K. R., HENRIKSSON, H., BRUMER, H., DALHAMMAN, G. A. Simples Purification and Activity Assay of the Coagulant Proteion from *Moringa oleífera* 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**, v. 44, n. 12, p. 3617-3624, 2010.

KAWAMURA, S. Effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. **Journal American Water Works Association**, v. 83, n. 10, p. 88-91, 1991.

LALIBERTÉ, G.; LESSARD, P.; DE LA NOÛE, J.; SYLVESTRE, S. Effect of phosphorus addition on nutrient removal from wastewater with the cyanobacterium *Phormidium bohneri*. **Bioresource Technology**. v. 59, p. 227- 233, 1997.

LIMA, N. M. **Aplicação da *Moringa oleífera* no tratamento de água com turbidez**. 2015. 56 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais). Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2015.

MARTYN, C. N.; BARKER, D. J.; OSMOND, C.; HARRIS, E. C.; EDWARDSON, J. A.; LACEY, R. F. Geographical relation between Alzheimer's disease and aluminum in drinking water. **Lancet**, v. 1, n. 8629, p. 59-62, 1989.

MOLINA-GRIMA, E., BELARBI, E.-H., ANCIÉN FERNÁNDEZ, F.G., ROBLES-MEDINA, A., CHISTI, Y. Recovery of microalgal biomass and metabolites: process options and economics. **Biotechnol. Adv.** v. 20, p. 491–515, 2003.

MORETI, L. O. R.; CAMACHO, F. P.; COLDEBELLA, P. F.; VALVERDE, K. C.; SILVA, M.F.; ARAKAWA, F. S.; SANTOS, T. R. T.; SHIMABUKU, Q. L.; NISHI, L.; BERGAMASCO, R. Avaliação do processo de remoção de *Dolichospermum flos-aquae* utilizando como coagulante natural pó integral da semente de *Moringa oleífera* Lam. **Revista Tecnológica - Edição Especial**, p. 227-236, 2015.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleífera*. **Water Research**, v. 29, n. 2, p. 703-710, 1995.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleífera* seeds. **Water Research**, v.32, p.781-791, 1998.

NISHI, L.; MADRONA, G. S.; GUILHERME, A. L. F.; VIEIRA, A. M. S.; ARAÚJO, A. A.; UGRI, M. C. B. A.; BERGAMASCO, R. Cyanobacteria removal by coagulation/flocculation with seeds of the natural coagulant *Moringa oleífera* Lam. **Chem. Eng. Trans.**, v. 24, p. 1129-1134, 2011.

NKURUNZIZA, T. J. B.; NDUWAYEZU, E. N.; BANADDA, I. 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.; LINGMU, B. Studies on the effect of settling time on coliform reduction using *Moringa oleífera* 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 oleífera* seed. **Water Research**, v.33, p.3373-3378, 1999.

OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleífera* seed by salt solution. **Water Research**, v.35, p.405-410, 2001.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. 233 f.

Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

PAWLIK-SKOWEONSKA, B.; TOPOROWSKA, M. How to mitigate cyanobacterial blooms and cyanotoxin production in eutrophic water reservoirs? **Hydrobiologia**, v.778. p.45-59. 2016.

RAMACHANDRAN, C.; PETER, K. V; GOPALAKRISHNAN, P. K. Drumstick (*Moringa oleifera*): A multipurpose Indian vegetable. **Economic Botany**, v. 34, p. 276–83, 1980.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologias de tratamento**. São Paulo: Blucher. p. 340, 2009.

RIAÑO, B; MOLINUEVO, B; GARCÍA-GONZÁLEZ, M.C. Optimization of chitosan flocculation for microalgal-bacterial biomass harvesting via response surface methodology. **Ecological Engineering**, v. 38, p. 110 – 113, 2012.

SILVA-MANETTI, A. G.; HORNES, M. O.; MITTERER, M. L.; QUEIROZ, M. I. Application of coagulants in pretreatment of fish wastewater using factorial Design. **Desalination and Water Treatment**, v. 1, p. 208-214, 2009.

SRIVASTAVA, V. C.; MALL, I. D.; MISHRA, I. M. Treatment of pulp and paper mill wastewaters with polyaluminium chloride and bagasse fly ash. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects**, v. 260, p. 17-28, 2005.

TSUKAMOTO, R. Y.; TAKAHASHI, N. S. Cianobactérias + Civilização = Problemas para Saúde, a Aquicultura e a Natureza. **Rev. Panorama da Aquicultura**, 2007.

TRIQUES, C. C.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; SUZAKI, P. Y. R.; MATEUS, G. A. P.; WERNKE, G.; BERGAMASCO, R.; RODRIGUES, M. L. F. Influence evaluation of the functionalization of magnetic nanoparticles with a natural extract coagulant in the primary treatment of a dairy cleaning-in-place wastewater. **J. Cleaner Prod.**, 243, 2020.

VALVERDE, K. C.; COLDEBELLA, P. F.; NISHI, L.; MADRONA, G. S.; CAMACHO, F. P.; SANTOS, T. R. T.; SANTOS, O. A. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam. em pó no tratamento de água superficial. **E-xacta**, v. 7 n. 1, p. 75-82, 2014.