

COMPARAÇÃO ENTRE FORMAS DE PREPARAÇÃO DO COAGULANTE *Moringa oleifera* Lam PARA UTILIZAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Karina Cardoso Valverde^{1*}; Priscila Ferri Coldebella¹; Márcia Regina Fagundes-Klen^{2*}; Angélica Marquetotti Salcedo Vieira³; Milene Carvalho Bongiovani¹; Aline Takaoka Alves Baptista³; Leticia Nishi¹; Franciele Pereira Camacho¹; Livia de Oliveira Ruiz Moreti¹; Tássia Rhuna Tonial dos Santos¹; Onélia Aparecida Andreo dos Santos¹; Rosângela Bergamasco¹

Resumo – Este trabalho propõe comparar diferentes formas de preparação da semente de *Moringa oleifera* Lam, visando obter remoção dos parâmetros cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm}. Três formas de preparação do coagulante foram estudadas, sendo elas: pó integral, solução salina integral e solução salina desengordurada. Para os ensaios de coagulação/floculação foram utilizadas água bruta coletada na Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), proveniente da bacia do rio Pirapó, Maringá, PR. Estes ensaios foram realizados em *Jar Test*, com dosagens do coagulante *Moringa oleifera* Lam entre 10 mg.L⁻¹ e 200 mg.L⁻¹. Após estes ensaios e a etapa de sedimentação, foram coletadas amostras para a avaliação da eficiência do processo. A dosagem de 50 mg.L⁻¹ mostrou-se ideal, considerando a água bruta de estudo. As três formas de preparação avaliadas são interessantes para a remoção de cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm}, sendo a *Moringa oleifera* Lam um coagulante com potencial para o tratamento e clarificação da água bruta superficial.

Palavras-Chave – *Moringa oleifera* Lam, coagulação/floculação, tratamento de água.

COMPARISON BETWEEN PREPARATION METHODS OF *Moringa oleifera* Lam COAGULANT FOR USE IN WATER TREATMENT

Abstract – This work proposes to compare different methods of preparing the *Moringa oleifera* Lam seed, to obtain the parameters removal apparent color, turbidity and compounds with absorption in UV 254nm. Three forms of coagulant preparation were studied: integral powder, integral saline solution and defatted saline solution. For tests of coagulation/flocculation were used raw water collected from the Sanitation Company of Paraná (SANEPAR), from the Pirapó river basin, Maringá, PR. This tests were performed in *Jar Test* equipment, with dosages of *Moringa oleifera* Lam as coagulant between 10 mg.L⁻¹ to 200 mg.L⁻¹. After these tests and sedimentation stage, samples were collected to evaluate the efficiency of the process. The dosage of 50 mg.L⁻¹ was ideal, considering the raw water studied. The three preparation methods evaluated are interesting for apparent color, turbidity, and compounds with absorption in UV 254nm removal, showing *Moringa oleifera* Lam a coagulant potential for treatment and clarification of raw water surface.

Keywords – *Moringa oleifera* Lam, coagulation/flocculation, water treatment.

¹ Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, ka.cc@bol.com.br; rosangela@deq.uem.br

² Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fklen@bol.com.br

³ Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, angelicamsalcedo@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Inúmeros coagulantes químicos são utilizados no tratamento de água, porém geram lodos não biodegradáveis e estudos indicam que tais coagulantes podem estar relacionados com o mal de Alzheimer (Okuda *et al.*, 2001). Estes fatores levam a busca por coagulantes naturais, que sejam inócuos a saúde e produzam lodos facilmente degradáveis.

A *Moringa oleifera* Lam é uma planta de múltiplo uso (Gidde *et al.*, 2012; Mangale Sapaná *et al.*, 2012; Joshua e Vasu, 2013). Diversos pesquisadores afirmam que esta se destaca como um dos mais promissores coagulantes naturais (Jahn, 1989; Amagloh e Benang, 2009; Madrona *et al.*, 2010; Pritchard *et al.*, 2010; Mangale *et al.*, 2012).

Supõe-se que a *Moringa oleifera* Lam é utilizada como coagulante na clarificação de água devido à presença de uma proteína coagulante catiônica solúvel capaz de reduzir a turbidez da água tratada (Jahn, 1989; Ndabingengesere *et al.*, 1995; Pritchard *et al.*, 2010; Gidde *et al.*, 2012).

A *Moringa oleifera* Lam não altera significativamente o pH da água (Yarahmadi *et al.*, 2009), o lodo produzido durante o processo de coagulação é inócuo (Ndabingengesere *et al.*, 1995) e as sementes possuem atividade antimicrobiana (Amagloh e Benang, 2009; Mangale Sapaná *et al.*, 2012; Nwaiwu *et al.*, 2012; Joshua e Vasu, 2013).

Amagloh e Benang (2009) afirmam que quando o pó das sementes é adicionado à água turva, as proteínas liberam cargas positivas atraindo as partículas carregadas negativamente, como barro, bactérias e outras partículas presentes na água. O processo de floculação ocorre quando as proteínas se ligam com as cargas negativas formando flocos, agregando as partículas presentes na água.

Este estudo propõe comparar três diferentes formas de preparação do coagulante *Moringa oleifera* Lam no tratamento de água, visando obter os melhores resultados em termos de remoção de cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm}.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental, do Departamento de Engenharia Química (DEQ), da Universidade Estadual de Maringá (UEM), utilizando a água bruta coletada na Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), proveniente da bacia do rio Pirapó, Maringá, PR.

Preparo dos coagulantes

- *Coagulante em pó integral*: 5 g de sementes foram trituradas em liquidificador. Secou-se este pó em estufa com circulação e renovação de ar (Digital Timer SX CR/42) a 40°C até peso constante (Amagloh e Benang, 2009).
- *Coagulante salino (NaCl 1M)*: foram preparadas soluções na concentração de 1% m/v. Estas extrações foram realizadas por turbólise em liquidificador por 3 min, misturadas em agitador magnético durante 30 min e filtradas a vácuo em papel de filtro qualitativo (Madrona *et al.*, 2010). Para a obtenção da solução salina desengordurada, realizou-se primeiramente a extração térmica do óleo no extrator contínuo Soxhlet. Esse processo foi realizado através da pesagem de 10 g de sementes de *Moringa oleifera* Lam trituradas. O pó foi transferido para um cartucho de extração e levado a um extrator, acrescentando 170 mL de hexano (Ali *et al.*, 2010). A evaporação do solvente

ocorreu em um ciclo de 3 h (Nwaiwu *et al.*, 2012). O extrato obtido foi lavado com 500 mL água destilada na temperatura de 40°C. Realizou-se a secagem deste pó em estufa conforme condições descritas anteriormente.

Processo de coagulação/floculação

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados em *Jar Test*, Milan – Modelo JT 101/6 de seis provas, em recipientes com capacidade para 400 mL de água bruta.

As velocidades foram fixadas em 100 rpm durante 3 min e 15 rpm durante 15 min, para propiciar a mistura rápida e lenta, respectivamente. Após, houve uma etapa de sedimentação de 60 min (Madrona *et al.*, 2012).

As dosagens adicionadas do coagulante *Moringa oleifera* Lam nos ensaios foram: 10 mg.L⁻¹, 25 mg.L⁻¹, 50 mg.L⁻¹, 100 mg.L⁻¹, 150 mg.L⁻¹ e 200 mg.L⁻¹.

A caracterização da água bruta foi realizada por meio dos seguintes parâmetros de qualidade: cor aparente e compostos com absorção em UV_{254nm} (espectrofotômetro DR 5000 Hach), turbidez (turbidímetro 2100P Hach), sólidos dissolvidos totais (APHA, 2005) e pH (pHmetro Thermo-Scientific VSTAR92 Orion Versastar). A avaliação do processo de coagulação/floculação e sedimentação foi feita com base na redução percentual dos parâmetros cor, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm}.

Análise estatística

Para a avaliação da remoção dos parâmetros de qualidade após os processos de coagulação/floculação, utilizou-se delineamento em arranjo fatorial 3x6, sendo os fatores: tratamento (três formas de preparação do coagulante) e dosagens do coagulante (seis dosagens de *Moringa oleifera* Lam), com duas repetições.

Foram realizados para comparação dos resultados a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de comparação de médias, teste Tukey, com 95% de confiança, sendo significativo um p-valor < 0,05, para verificar as diferenças significativas das eficácias de remoção dos parâmetros avaliados, através do programa estatístico SISVAR versão 5.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização da água bruta utilizada nos ensaios de coagulação/floculação e sedimentação.

Tabela 1 – Caracterização da água bruta

Parâmetro de qualidade	Unidade	Água bruta
Cor aparente	uH ⁽¹⁾	357
Turbidez	NTU ⁽²⁾	69,35
Compostos com absorção em UV _{254nm}	cm ⁻¹	0,296
Sólidos dissolvidos totais	mg.L ⁻¹	107,67
pH	-	8,12

(1) Unidade Hazen: (mg Pt-Co L⁻¹)

(2) NTU: unidades nefelométricas de turbidez

A Figura 1 apresenta os valores médios obtidos para a remoção do parâmetro cor aparente, considerando os tratamentos pó integral, solução 1% integral e solução 1% desengordurada (salina), nas dosagens entre 10 mg.L⁻¹ e 200 mg.L⁻¹.

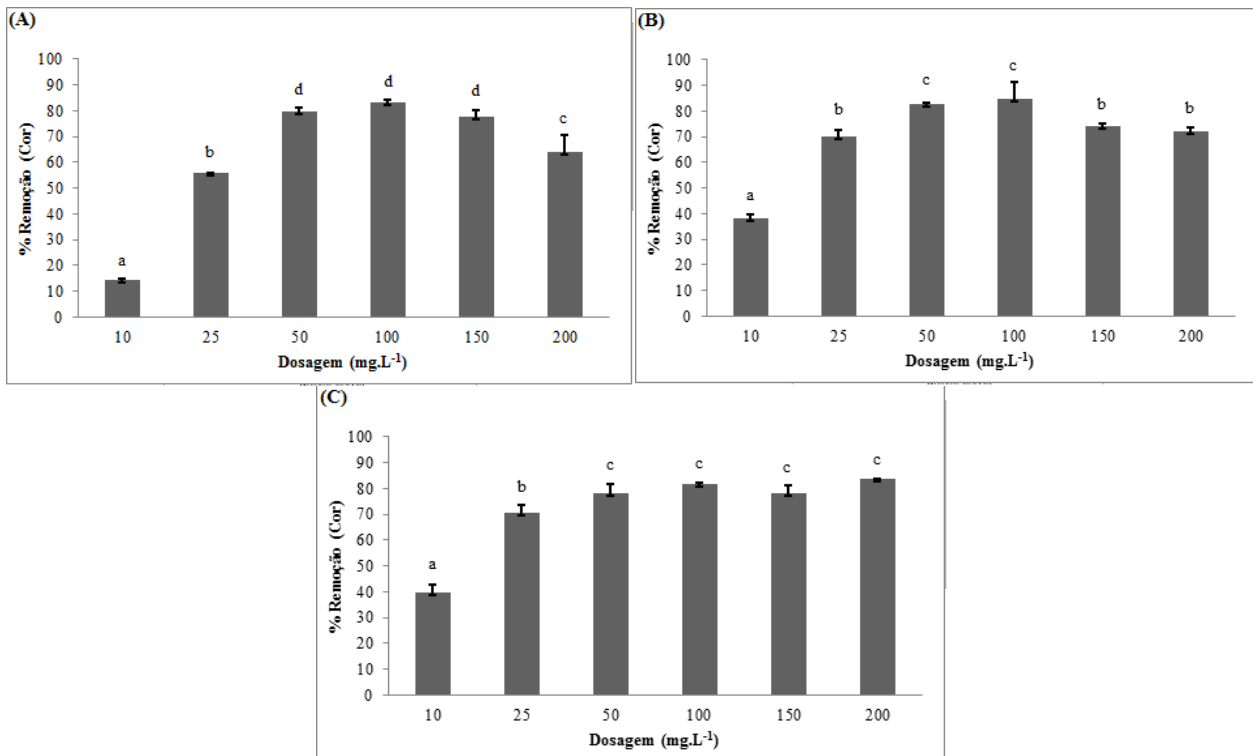


Figura 1 – Eficiência de remoção do parâmetro cor aparente para os tratamentos: (A) Pó integral; (B) Solução 1% integral (salina); (C) Solução 1% desengordurada (salina). *Considerando cada tratamento estudado, as médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

Através da Figura 1 (A) pode-se observar que as melhores remoções de cor aparente no tratamento pó integral foram 79,84%, 83,02% e 77,62%, para as dosagens de 50 mg.L⁻¹, 100 mg.L⁻¹ e 150 mg.L⁻¹, respectivamente, não havendo portanto diferenças significativas entre elas (p-valor > 0,05). A Figura 1 (B), demonstra eficiência de remoção de 82,89% e 84,74% para as dosagens de 50 mg.L⁻¹ e 100 mg.L⁻¹ no tratamento solução 1% integral (salina). Já para a Figura 1 (C), observa-se valores estatisticamente iguais para as dosagens de 50 mg.L⁻¹ a 200 mg.L⁻¹, sendo obtidas eficiências de remoção de 77,88%, 81,62%, 77,88% e 83,49% no tratamento solução 1% desengordurada (salina).

Mangale Sapana *et al.* (2012), observaram que, após o tratamento com pó de sementes de *Moringa oleifera* Lam, a cor da água bruta tornou-se incolor nas dosagens entre 50 mg.L⁻¹ e 150 mg.L⁻¹. Já neste trabalho, verificaram-se remoções próximas a 80% para a cor aparente. Assim, pode-se concluir que as sementes apresentam propriedades absorventes.

A Figura 2 apresenta os valores médios obtidos para a remoção do parâmetro turbidez.

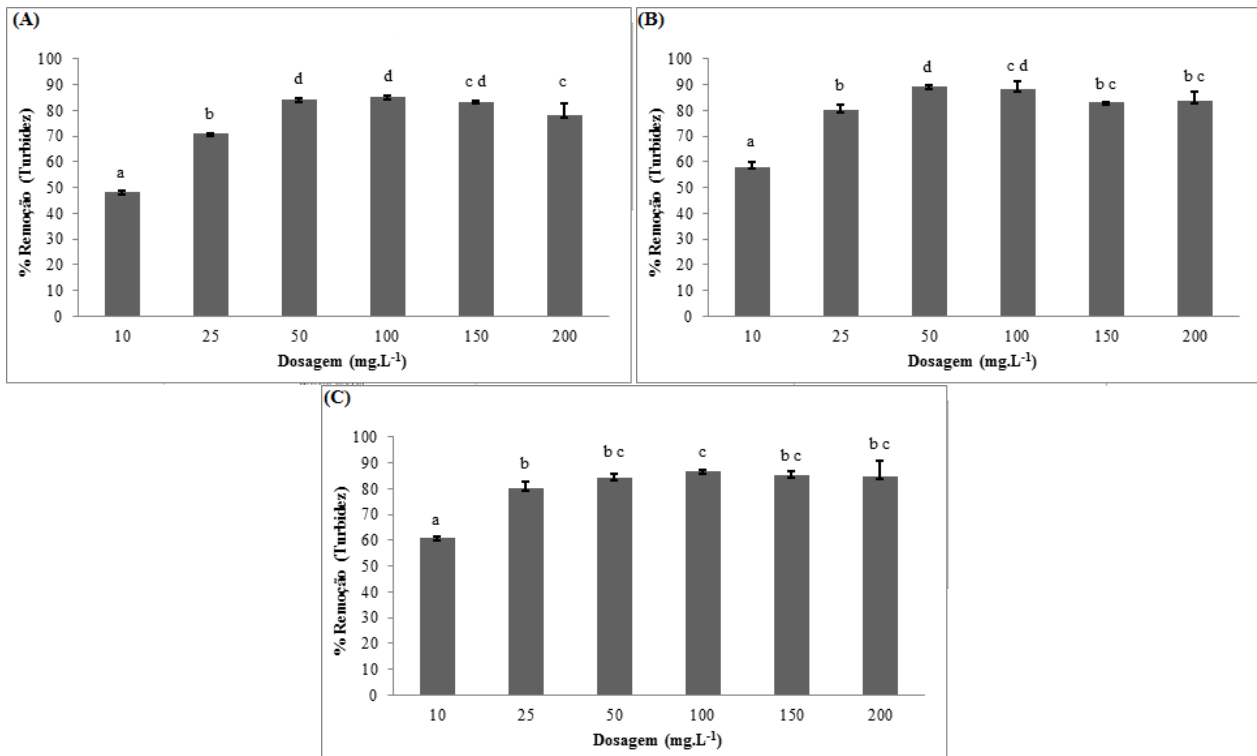


Figura 2 – Eficiência de remoção do parâmetro turbidez para os tratamentos: (A) Pó integral; (B) Solução 1% integral (salina); (C) Solução 1% desengordurada (salina). *Considerando cada tratamento estudado, as médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

Em relação ao parâmetro turbidez (Figuras 2 A, B e C), houve uma tendência similar em relação à remoção do parâmetro cor aparente. Para o tratamento pó integral, os maiores valores de remoção foram de 83,97%, 85,03% e 83,40% nas dosagens de 50 mg.L⁻¹ a 150 mg.L⁻¹. Para o tratamento solução 1% integral (salina), obteve-se eficiência de remoção de 89,30% e 88,39% para as dosagens de 50 mg.L⁻¹ e 100 mg.L⁻¹, respectivamente, e para a solução 1% desengordurada (salina), valores de remoção considerados estatisticamente iguais foram encontrados nas dosagens de 50 mg.L⁻¹ a 200 mg.L⁻¹, sendo estes 83,98%, 86,70%, 85,39% e 84,58%.

Segundo Joshua e Vasu (2013), para água bruta com valores de turbidez entre 50 e 150 NTU, dosagens entre 25 e 75 mg.L⁻¹ de coagulante natural seriam suficientes. No estudo de Muyibi e Evison (1995), a melhor dosagem foi de 50 mg.L⁻¹, enquanto que para Mangale *et al.* (2012), 100 mg.L⁻¹ é considerado ideal.

Avaliando-se os tratamentos pó integral, solução 1% integral e desengordurada salina (Figuras 1 e 2), as dosagens de 50 mg.L⁻¹ e 100 mg.L⁻¹ apresentaram-se estatisticamente iguais para a remoção de cor aparente e turbidez, sendo considerado 50 mg.L⁻¹ como uma dosagem ideal para a água bruta com turbidez inicial próxima a 70 NTU, nas condições estudadas.

A Figura 3 apresenta os valores médios obtidos para a remoção do parâmetro compostos com absorção em UV_{254nm}, considerando os tratamentos pó integral, solução 1% integral e desengordurada (salina), nas dosagens entre 10 mg.L⁻¹ e 200 mg.L⁻¹.

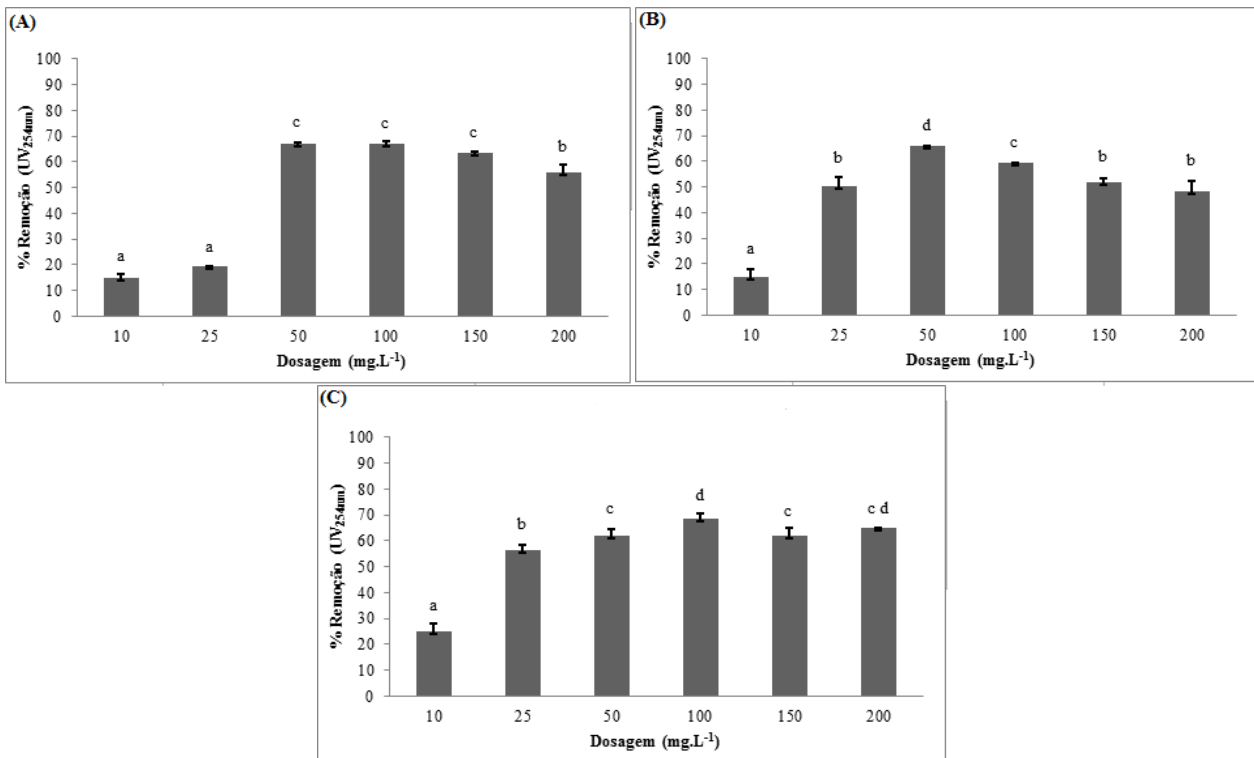


Figura 3 – Eficiência de remoção do parâmetro compostos com absorção em UV_{254nm} para os tratamentos: (A) Pó integral; (B) Solução 1% integral (salina); (C) Solução 1% desengordurada (salina). *Considerando cada tratamento estudado, as médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

Através da Figura 3 (A) pode-se observar que as melhores remoções dos compostos com absorção em UV_{254nm} foram de 66,80%, 66,94% e 63,52% para as dosagens de 50 mg.L⁻¹ a 150 mg.L⁻¹, não apresentando diferenças significativas entre elas (p-valor > 0,05). Para Figura 3 (B), observou-se remoção de 66,19% na dosagem de 50 mg.L⁻¹ e para a Figura 3 (C), remoções superiores a 60% foram observadas nas dosagens entre 50 mg.L⁻¹ e 200 mg.L⁻¹.

Como os coagulantes naturais são constituídos de matéria orgânica, acredita-se que a diminuição da eficiência de remoção dos compostos com absorção em UV_{254nm} na dosagem de 200 mg.L⁻¹ para os tratamentos pó integral (Figura 3 A) e solução 1% integral (salina) (Figura 3 B), deve-se ao aumento da concentração da matéria orgânica na água, ocasionada pela presença de carboidratos, proteínas e lipídeos existentes na composição da *Moringa oleifera* Lam. No caso do tratamento solução 1% desengordurada (salina) (Figura 3 C), este fato não foi observado, já que houve a extração do óleo previamente, ocasionando a remoção de uma parte da matéria orgânica proveniente do próprio coagulante.

Considerando-se a análise estatística realizada para a dosagem de 50 mg.L⁻¹, baseado nos resultados obtidos, verifica-se que os três tratamentos estudados não diferem entre si estatisticamente. Assim, tanto o pó integral, quanto a solução 1% integral (salina) ou a solução 1% desengordurada (salina) são viáveis em termos de remoção de cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV_{254nm}.

CONCLUSÃO

Diante desse estudo, conclui-se que para águas brutas com turbidez inicial próxima a 70 NTU, a melhor dosagem do coagulante natural de sementes de *Moringa oleifera* Lam foi de 50 mg.L⁻¹, a fim de se obter remoções em torno de 80% para os parâmetros de qualidade cor aparente, turbidez e remoções acima de 60% para compostos com absorção em UV_{254nm}.

Em relação às diferentes formas de preparação do coagulante, os tratamentos pó integral, solução 1% integral (salina) e solução 1% desengordurada (salina) são indicados para a remoção dos parâmetros de qualidade avaliados. Contudo, o pó integral destaca-se pela facilidade de preparação e aplicação nos ensaios de coagulação/floculação.

Pode-se afirmar então que, os três tratamentos propostos apresentam-se como um propício coagulante natural, com potencialidade para o tratamento e clarificação da água.

Vale ressaltar que, para fins potáveis, deve-se acrescentar a etapa de filtração e desinfecção da água, de forma que os parâmetros de qualidade atendam aos valores máximos permitidos pela legislação brasileira vigente, citados Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde (Brasil, 2011), já que o processo de coagulação/floculação e sedimentação não é capaz de eliminar totalmente os flocos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes pelo suporte financeiro, a Universidade Federal de Sergipe (UFS) pelas sementes de *Moringa oleifera* Lam e a SANEPAR pelas amostras de água bruta fornecidas.

REFERÊNCIAS

- Ali, E. N.; Muyibi, S. A.; Salleh, H. M.; Alam, M. Z.; Salleh, M. R. (2010). Production of natural coagulant from *Moringa oleifera* seed for application in treatment of low turbidity water. *Journal Water Resource and Protection*, 2 (3), pp. 259-266.
- Amagloh, F. K.; Benang, A. (2009). Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (1), pp. 119-123.
- APHA – American Public Health Association. (2005). *Standard methods for the examination for water and wastewater*, 20th ed. Washington, D.C.
- Brasil, Ministério da Saúde, Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial, Brasília, DF. 14 dez. 2011.
- Gidde, M. R.; Bhalerao, A. R.; Malusare, C. N. (2012). Comparative study of different forms of *Moringa oleifera* extracts for turbidity removal. *International Journal of Engineering Research and Development*, 2 (1), pp. 14-21.
- Jahn, S. A. A. (1989). Monitored water coagulation with *Moringa* seeds in village households. *GTZ: Gate*, (1/89), pp. 40-41.

- Joshua, R.; Vasu, V. (2013). Characteristics of stored rain water and its treatment technology using *Moringa* seeds. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, 2 (1), pp. 155-174.
- Madrona, G. S.; Branco, I. G.; Seolin, V. J.; Alves Filho, B. de A.; Fagundes-Klen, M. R.; Bergamasco, R. (2012). Evaluation of extracts of *Moringa oleifera* Lam seeds obtained with NaCl and their effects on water treatment. *Acta Scientiarum Technology*, 34 (3), pp. 289-293. doi: 10.4025/actascitechnol.v34i3.9605.
- Madrona, G. S.; Serpelloni, G. B.; Salcedo, A. M.; Nishi, L.; Cardoso, K. C.; Bergamasco, R. (2010). Study of the effect of saline solution on the extraction of the *Moringa oleifera* seeds active component for water treatment. *Water, Air and Soil Pollution*, 211 (1-4), pp. 409-415. doi: 10.1007/s11270-009-0309-0.
- Mangale, S. M.; Chonde, S. G.; Jadhav, A. S.; Raut, P. D. (2012). Study of *Moringa oleifera* (drumstick) seed as natural absorbent and antimicrobial agent for river water treatment. *Journal of Natural Product and Plant Resource*, 2 (1), pp. 89-100.
- Mangale Sapana, M.; Chonde, S. G.; Raut, P. D. (2012). Use of *Moringa oleifera* (drumstick) seed as natural absorbent and an antimicrobial agent for ground water treatment. *Research Journal of Recent Sciences*, 1 (3), pp. 31-40.
- Muyibi, S. A.; Evison, L. M. (1995). Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with *Moringa oleifera* seeds, *Water Research*, 29 (12), pp. 2689-2695.
- Ndabigengesere, A.; Narasiah, K. S.; Talbot, B. G. (1995). Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Water Research*, 29 (2), pp. 703-710.
- Nwaiwu, N. E.; Zalkiful, M. A.; Raufu I. A. (2012). Seeking an alternative antibacterial and coagulation agent for household water treatment. *Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation*, Indonésia, 1 (1), pp. 1-9.
- Okuda, T.; Baes, A. U.; Nishijima, W.; Okada, M. (2001). Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Water Research*, 35 (2), pp. 405-410.
- Pritchard, M.; Craven, T.; Mkandawire, T.; Edmondson, A. S.; O'Neill, J. G. (2010). A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35, pp. 798-805. doi:10.016/j.pce.2010.07.014.
- Yarahmadi, M.; Hossieni, M.; Bina, B.; Mahmoudian, M. H., Naimabadie, A.; Shahsavani, A. (2009). Application of *Moringa oleifera* seed extract and polyaluminum chloride in water treatment. *World Applied Sciences Journal*, Dubai, 7 (8), pp. 962-967.