

I-1512 - COAGULANTE NATURAL À BASE DE MORINGA OLEIFERA: COMPARAÇÃO DE EFICIÊNCIA UTILIZANDO SEMENTES COM E SEM CASCA

Jéssica Raasch da Silva⁽¹⁾

Engenheira de Produção pelo Instituto Federal do Espírito Santo – *campus* Cariacica e mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Tecnologias Sustentáveis do Instituto Federal do Espírito Santo – *campus* Vitória.

Danieli Soares de Oliveira^(1,2)

Engenheira Civil, Mestra e Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Professora do Instituto Federal do Espírito Santo - Ifes *campus* Cariacica.

Endereço⁽¹⁾: Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara - Vitória - ES - CEP: 29.040-780 - Brasil - Tel: (27) 3331-2110
e-mail: jessicaraasch@hotmail.com

Endereço⁽²⁾: Rod. Gov. José Henrique Sette, 184 - Itacibá - Cariacica - ES - CEP: 29.150-410 - Brasil - Tel: (27) 3246-1600

RESUMO

A Moringa oleifera é uma planta originária da Índia que tem sido estudada e utilizada para tratar a água há muitos anos. A planta contém uma série de compostos naturais que têm propriedades coagulantes, que ajudam a remover partículas sólidas e organismos microscópicos da água. Estudos têm mostrado que a Moringa oleifera pode ser tão eficaz quanto os produtos químicos convencionais para tratar a água. Além disso, os coagulantes naturais à base de Moringa oleifera são seguros e têm menor impacto ambiental do que os produtos químicos convencionais (tais como sulfato de alumínio). No entanto, o uso de coagulantes naturais de Moringa oleifera ainda enfrenta desafios em termos de dosagem adequada, tempo de contato necessário para a coagulação e fatores ambientais, como a variação da qualidade da água ao longo do tempo. Por isso, é importante que o processo seja supervisionado por profissionais qualificados para garantir que a água tratada esteja em conformidade com os padrões de qualidade exigidos. Neste trabalho, foi realizado um estudo comparativo entre a eficiência de remoção de turbidez de uma água sintética tratada com coagulante a base de sementes de Moringa oleifera com e sem casca. Os melhores resultados foram obtidos para o coagulante a base de sementes de Moringa oleifera sem casca, alcançando eficiências de remoção de turbidez na ordem de 92%, sendo em muitos casos superior aos resultados obtidos com a utilização de sulfato de alumínio, indicando que este coagulante pode sim ser uma opção sustentável para o tratamento de águas de abastecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulante natural, Moringa oleifera, Remoção de turbidez, Tratamento de água.

INTRODUÇÃO

O uso da água doce tem aumentado em todo o mundo e esse crescimento pode ser atribuído ao aumento da população, ao desenvolvimento econômico e às mudanças nos padrões de consumo (UNESCO, 2021). A água é um elemento fundamental e indispensável para que as necessidades básicas dos seres humanos sejam garantidas, mas precisa estar disponível para a população em quantidade suficiente e qualidade adequada. A ONU, com Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de número 6: Água Potável e Saneamento, visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos até 2030.

A maioria das estações de tratamento de água (ETAs) no Brasil utilizam o tratamento convencional, que compreende as seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação ou flotação, filtração e desinfecção (AQUINO; RODRIGUES; CORDEIRO, 2020). Na etapa de coagulação é adicionado um coagulante químico, geralmente sulfato de alumínio, porém este gera um volume alto de lodo não biodegradável e tóxico, além do fato de que o alumínio está relacionado com a doença de Alzheimer (PROLO et al., 2007; LIBÂNIO, 2010; MUISA; HOKO; CHIFAMBA, 2011).

Como opção mais sustentável tem-se estudado os coagulantes naturais, pois são biodegradáveis e livres de substâncias tóxicas. Dentre esses, destaca-se o coagulante proveniente das sementes da árvore *Moringa oleifera*, por ser eficiente na remoção de turbidez, livre de toxicidade e sua preparação pode ser realizada no próprio local (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998; LO MONACO et al., 2012; MEZA-LEONES et al., 2018).

Atualmente não há um consenso entre os pesquisadores da área acerca da utilização das sementes de *Moringa oleifera* com e sem casca para obtenção de coagulante natural eficiente. Assim, este trabalho visa contribuir com essa discussão, por meio da avaliação da eficiência de remoção de turbidez em amostras de água utilizando sementes de *Moringa oleifera* com e sem casca, em condições de operação diversas.

Desta forma, este artigo tem por objetivo comparar a eficiência de remoção de turbidez em águas clarificadas com o uso de coagulantes naturais à base de sementes de *Moringa oleifera* com e sem casca.

METODOLOGIA UTILIZADA

Este trabalho foi realizado no Núcleo de Estudos em Tratamento e Reúso de Águas e Efluentes (NETRA), onde foi preparado o coagulante natural à base de sementes de *Moringa oleifera* com e sem casca. Os testes foram realizados em um equipamento jartest modelo JT - 303M/6, marca LABOR, que possui 6 jarros com capacidade de 2 litros cada, como mostrado na Figura 1.



Figura 1 – Equipamento jartest utilizado nos testes experimentais.

Fonte: autoria própria.

Para se obter um maior controle das características da água optou-se por utilizar água preparada em laboratório (ARANTES; RIBEIRO; PATERNIANI, 2012). A água sintética foi preparada utilizando-se água da torneira; para obter uma turbidez média de 50 uT utilizou-se bentonita na concentração de 0,124 g.L⁻¹.

O processo de trituração das sementes com casca consistiu em adicioná-las no pilão e triturá-las até se obter um pó, conforme a Figura 2.



Figura 2 - Processo de trituração das sementes com casca de Moringa oleifera

Fonte: autoria própria.

O processo de trituração das sementes sem casca consistiu em retirar manualmente as cascas, adicioná-las no pilão e triturá-las até que se obtenha um pó, conforme a Figura 3.



Figura 3 - Processo de trituração das sementes sem casca de Moringa oleifera

Fonte: autoria própria.

Após a obtenção do pó das sementes de Moringa oleifera, iniciou-se o processo de preparo das soluções coagulantes com e sem casca, seguindo o mesmo procedimento: (a) pesagem de 1 grama do pó triturado; (b) adição do pó das sementes em um béquer com 100 mL de água; (c) agitação da solução com o agitador magnético por 10 minutos a 500 rpm; (d) filtragem em papel filtro.

Foram realizados 78 testes com diferentes condições de operação. Foram testados dois valores de gradiente médio de velocidade (250 s^{-1} e 603 s^{-1}), 4 tempos de floculação (12s, 90s, 113s e 180s) e concentrações de coagulantes naturais variando entre 0,025 e 1,850 mg/mL. Esses valores foram baseados no trabalho experimental de Oliveira (2008).

A eficiência de remoção de turbidez foi obtida conforme equação 1.

$$Eficiência (\%) = \left\{ 1 - \left(\frac{Turbidez\ remanescente}{Turbidez\ inicial} \right) \right\} \times 100 \quad \text{equação (1)}$$

Onde, a turbidez remanescente é a turbidez medida após a decantação e a turbidez inicial é a turbidez da água sintética.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados de eficiência de remoção de turbidez obtidos utilizando-se os coagulantes naturais à base de Moringa oleifera com e sem casca são mostrados na Tabela 1. Destaca-se que a Tabela 1 está ordenada em função da eficiência de remoção de turbidez (maiores valores no início da tabela).

Tabela 1 - Eficiência de remoção de turbidez dos coagulantes naturais com e sem casca.

Teste	Gradiente Médio de Velocidade [s^{-1}]	Tempo de floculação [s]	Concentração [mg/mL]	Turbidez inicial [uT]	Casca [1-Com / 0-Sem]	Eficiência de Remoção de Turbidez [%]
1	250	90	0,050	51,1	0	92,0
2	250	90	0,110	49,7	0	89,4
3	250	90	0,045	49,4	0	84,0
4	250	113	0,045	50,0	0	83,5
5	250	90	0,075	50,7	0	83,1
6	250	90	0,055	50,9	0	82,8
7	250	90	0,065	49,5	0	82,8
8	250	113	0,060	48,9	0	80,6
9	250	90	0,075	50,7	0	80,0
10	250	113	0,050	50,0	0	79,8
11	250	113	0,060	50,2	0	79,4
12	250	90	0,160	50,0	0	78,5
13	250	90	0,050	51,2	0	78,3
14	603	90	0,370	53,5	1	78,2
15	603	90	0,170	53,7	1	78,1
16	250	90	0,060	50,3	0	77,7
17	250	90	0,600	51,7	1	77,4
18	250	113	0,040	50,8	0	77,2
19	250	90	0,060	50,1	0	76,7
20	603	90	0,270	54,2	1	76,5
21	250	113	0,055	51,9	0	75,9
22	250	90	0,120	56,0	1	75,3
23	603	90	0,220	51,4	1	75,3
24	603	90	0,320	53,6	1	73,5
25	250	90	0,370	56,1	1	73,4
26	250	90	0,320	55,0	1	72,6
27	250	113	0,065	50,5	0	72,2
28	250	90	0,140	49,9	1	71,7
29	250	90	0,220	55,3	1	71,2
30	250	12	0,060	49,6	0	70,3
31	250	90	0,150	51,4	1	69,9
32	250	90	0,040	50,5	0	69,1
33	250	12	0,050	50,6	0	68,8
34	250	90	0,130	51,0	1	68,4
35	250	90	0,160	50,1	1	68,1
36	603	180	0,550	49,7	1	68,1
37	250	90	0,170	54,0	1	68,0
38	603	90	0,120	52,2	1	67,8
39	250	12	0,075	49,7	0	65,9
40	250	113	0,110	50,3	0	65,3
41	250	12	0,040	50,9	0	64,8

42	250	90	0,025	49,7	0	64,0
43	250	90	0,270	56,8	1	63,0
44	250	12	0,030	50,6	0	62,8
45	250	90	0,040	50,6	0	62,8
46	250	90	0,210	49,7	0	62,3
47	250	90	0,110	50,0	1	59,6
48	250	90	0,025	50,1	0	58,5
49	250	12	0,050	50,6	0	58,1
50	250	90	0,075	49,6	1	56,4
51	603	180	0,500	48,9	1	56,3
52	603	180	0,400	50,2	1	52,7
53	250	12	0,075	50,6	0	51,6
54	603	180	0,450	49,2	1	51,3
55	250	90	0,075	50,1	1	50,2
56	250	12	0,025	50,7	0	48,5
57	250	90	0,050	49,6	1	45,9
58	250	90	0,050	51,4	1	44,7
59	603	180	0,600	49,2	1	42,4
60	250	12	0,075	50,5	1	42,3
61	250	90	0,025	51,3	1	41,6
62	250	12	0,075	50,1	1	40,9
63	250	90	1,100	50,5	1	40,6
64	603	180	0,650	49,0	1	39,1
65	250	12	0,025	49,9	1	37,1
66	250	12	0,050	51,4	1	37
67	250	12	0,050	51,2	1	36,6
68	250	12	0,025	50,2	1	36,2
69	250	90	0,840	49,9	1	34,8
70	250	90	0,040	51,1	1	34,4
71	250	90	0,030	51,1	1	34,1
72	250	12	0,025	51,4	0	33
73	250	90	0,025	50,7	1	30,4
74	250	90	0,100	53,1	1	28,6
75	250	90	0,040	51,4	1	28,4
76	250	90	0,030	51,2	1	24,2
77	250	90	1,540	50,0	1	11,9
78	250	90	1,850	51,3	1	6,2

Fonte: autoria própria.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com a Tabela 1 é possível verificar que a maior eficiência de remoção de turbidez foi obtida com a utilização do coagulante feito sem a casca da semente de Moringa oleifera. Inclusive, os treze melhores resultados de eficiência foram obtidos com este coagulante, enquanto os menores valores de eficiência de remoção de turbidez foram verificados para o coagulante feito com a casca das sementes de Moringa oleifera.

A maior eficiência de remoção de turbidez obtida para o coagulante sem casca foi 92%, enquanto a eficiência de remoção de turbidez obtida para o coagulante com a casca foi 78,2%. Desta forma, a utilização do coagulante sem casca se mostra mais adequada para o processo de clarificação de águas.

Destaca-se que a utilização do coagulante sem casca promove dois inconvenientes que devem ser avaliados com cautela: o primeiro refere-se à necessidade de descarte das cascas das sementes que não serão utilizadas no processo, gerando um resíduo ambiental; o segundo refere-se à necessidade de mais uma etapa para a obtenção do coagulante: a retirada das cascas das sementes, promovendo o aumento de tempo e custos do processo.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo comparar a eficiência de remoção de turbidez em águas clarificadas com o uso de coagulantes naturais à base de sementes de *Moringa oleifera* com e sem casca.

O uso do coagulante natural preparado a partir das sementes de *Moringa oleifera* para o tratamento de água se mostrou promissor, visto que apresentou alta eficiência de remoção de turbidez. Além disso, o coagulante produzido à base de sementes de *Moringa oleifera* sem casca apresentou melhores resultados que o coagulante com casca, alcançando eficiências de remoção de turbidez na ordem de 92%, sendo em muitos casos superior aos resultados obtidos com a utilização de sulfato de alumínio como coagulante. Desta forma, o uso de coagulantes a base de sementes de *moringa oleifera* (em especial sementes sem casca) indica ser uma opção sustentável para o tratamento de águas de abastecimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro e institucional da Fapes (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo), do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), do Ifes *campus* Cariacica e *campus* Vitória e da Reitoria do Ifes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AQUINO, D. S.; RODRIGUES, A. M.; CORDEIRO, L. L. Avaliação de *Aloe arborescens* como coagulante para remoção de cor e turbidez em tratamento convencional de água. *Ingeniería del agua*, v. 24, n. 2, p. 81-88, 2020.
2. ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S. Processamento de sementes de *Moringa oleifera* utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 6, p. 661-666, 2012.
3. LIBÂNIO, Marcelo. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010. 444 p.
4. LO MONACO, P. A. V. et al. Ação Coagulante do extrato de sementes de *Moringa* preparado em diferentes substâncias químicas. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 20, n. 5, p. 453-459, 2012.
5. MEZA-LEONES, M. et al. Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleifera* en el proceso de clarificación del agua de la Ciénaga de Malambo, Atlántico. *Revista UIS Ingenierías*, v. 17, n. 2, p. 95-104, 2018.
6. MUISA, N.; HOKO, Z.; CHIFAMBA, P. Impacts of alum residues from Morton Jaffray Water Works on water quality and fish, Harare, Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, v. 36, n. 14-15, p. 853-864, 2011.
7. NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Use of *Moringa oleifera* seeds as a primary coagulant in wastewater treatment. *Environmental Technology*, v. 19, n. 8, p. 789-800, 1998.
8. OLIVEIRA, D. S. Avaliação da eficiência de remoção de turbidez em função de variações no comprimento de floculadores tubulares helicoidais. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.
9. PROLO, P. et al. Aluminium blunts the proliferative response and increases apoptosis of cultured human cells: putative relationship to Alzheimer's disease. *Bioinformation*, v. 2, n. 1, p. 24, 2007.
10. UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021, 2021. 12 p. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/noticia/509/agencias-da-onu-lancam-o-relatorio-mundial-das-nacoes-unidas-sobre-o-desenvolvimento-dos-recursos-hidricos-2021>. Acesso em 10 jun. 2022.