



# AVALIAÇÃO DO TEMPO DE DEGRADAÇÃO DO COAGULANTE NATURAL *MORINGA OLEIFERA* LAM EM PÓ NO TRATAMENTO DE ÁGUA SUPERFICIAL

## EVALUATION OF DEGRADATION TIME OF NATURAL COAGULANT *MORINGA OLEIFERA* LAM POWDER IN SURFACE WATER TREATMENT

**Karina Cardoso Valverde<sup>1</sup>; Priscila Ferri Coldebella<sup>2</sup>; Letícia Nishi<sup>3</sup>; Grasielle Scaramal Madrona<sup>4</sup>; Franciele Pereira Camacho<sup>5</sup>; Tássia Rhuna Tonial dos Santos<sup>6</sup>; Onélia Aparecida Andreo dos Santos<sup>7</sup>; Rosângela Bergamasco<sup>8</sup>**

- 1 Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Mestre em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2007. [ka.cc@bol.com.br](mailto:ka.cc@bol.com.br).
- 2 Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2006. [priscila.ferri@bol.com.br](mailto:priscila.ferri@bol.com.br).
- 3 Pós-Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Doutora em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2011. [leticianishi@hotmail.com](mailto:leticianishi@hotmail.com).
- 4 Doutora em Engenharia Química PEQ/UEM, 2010. Professora da UEM - Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2007. [grasielle@yahoo.br](mailto:grasielle@yahoo.br).
- 5 Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Mestre em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2012. [franciele\\_camacho@hotmail.com](mailto:franciele_camacho@hotmail.com).
- 6 Doutoranda em Engenharia Química PEQ/UEM. Mestre em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2014. [tassia\\_tonial@hotmail.com](mailto:tassia_tonial@hotmail.com).
- 7 Doutora em Engenharia Química Unicamp, 1999. Professora da UEM - Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. [onelia@deq.uem.br](mailto:onelia@deq.uem.br).
- 8 Pós-Doutora em Engenharia Química Université Laval, 2003. Professora da UEM - Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. [rosangela@deq.uem.br](mailto:rosangela@deq.uem.br).

Recebido em: 28/02/2014 - Aprovado em: 30/04/2014 - Disponibilizado em: 31/05/2014

**RESUMO:** A *Moringa oleifera* Lam (*M. oleifera*) é um biopolímero considerado como um promissor coagulante principalmente por ser natural, biodegradável, e produzir altas reduções na turbidez da água bruta. Contudo, o desempenho começa a decair a ponto de tornar o coagulante ineficiente após um certo período. Desse modo, este trabalho propõe o estudo do tempo de degradação do coagulante *M. oleifera* em pó, a fim de verificar se o poder coagulante é alterado em relação ao tempo de armazenamento desse produto em refrigerador. Os ensaios de coagulação/floculação e sedimentação foram realizados em Jar Test, com água bruta coletada na Sanepar, proveniente da Bacia do Rio Pirapó, Maringá, Paraná, com turbidez inicial de 80 NTU. Utilizou-se a dosagem de 50 mg.L<sup>-1</sup> do coagulante. Para a avaliação do tempo de degradação, analisou-se a redução percentual de cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>. Verificou-se que é interessante

utilizar o coagulante durante o período de até 1 semana, pois as propriedades coagulantes tendem a diminuir com o tempo de armazenamento. Pode-se considerar que o pó das sementes de *M. oleifera* destaca-se como um produto sustentável bastante atrativo para a purificação da água, sendo uma alternativa ambientalmente correta.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Moringa oleifera* Lam. Tempo de degradação. Coagulante natural. Tratamento de água.

**ABSTRACT:** *Moringa oleifera* Lam (*M. oleifera*) is a biopolymer considered as a promising coagulant, mainly since it is natural, biodegradable, and results in high reductions of raw water turbidity. However, the performance declines after determined time and becomes the coagulant inefficient. Thus, this work aims to study the degradation time of coagulant *M. oleifera* powder in order to verify if the coagulating capacity changes in relation to the storage time of the product in the refrigerator. Tests of coagulation/flocculation and sedimentation were performed in Jar Test with raw water collected in Sanepar, from Pirapó River, Maringá, PR, with an initial turbidity of 80 NTU. It was used a coagulant concentration of 50 mg.L<sup>-1</sup>. For the degradation time study, it was evaluated the percentage reduction in apparent color, turbidity and compounds with UV<sub>254nm</sub> absorption. It was observed that it is interesting to use the coagulant during for a maximum period of 1 week since coagulant properties tend to decrease with the storage time. It can be considered the dried seeds of *M. oleifera* stand out as a very attractive sustainable product for water purification, and represents an environmentally friendly alternative.

**KEYWORDS:** *Moringa oleifera* Lam. Degradation time. Natural coagulant. Water treatment.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de coagulantes para a remoção de cor, turbidez, matéria orgânica e demais impurezas presentes na água tem sido realizada com sucesso no tratamento para a produção de água potável, assim a busca por novos coagulantes se torna uma tarefa importante da pesquisa em relação à proteção ambiental.

Atualmente, diversos trabalhos sobre os coagulantes naturais têm recebido atenção de pesquisadores do mundo todo, principalmente em virtude de sua disponibilidade abundante na natureza, baixo custo e comportamento multifuncional (AWAD; WANG; LI, 2013). A utilização desses coagulantes é uma opção interessante, de grande valia em termos ecológicos e ambientais ao tratamento de água normalmente realizado com a adição de coagulantes químicos.

Diversos trabalhos (AMAGLOH; BENANG, 2009; MADRONA *et al.*, 2010; PRITCHARD *et al.*, 2010; MANGALE; CHONDE; RAUT, 2012; VALVERDE *et al.*, 2013) se preocuparam em substituir os coagulantes convencionais, derivados de sais de ferro

e alumínio, com o intuito de melhorar a etapa de coagulação/ floculação no tratamento de água, tanto pela qualidade dos flocos produzidos quanto pela ausência de metais no lodo gerado.

Segundo Lo Monaco *et al.* (2010), a utilização dos coagulantes naturais pode proporcionar atenuação nos problemas ligados ao consumo de água não potável e despejos de águas residuárias sem tratamento em corpos hídricos receptores. Esses coagulantes são normalmente seguros para a saúde humana (MANGALE; CHONDE; RAUT, 2012; JOSHUA; VASU, 2013) e não há efeitos tóxicos relatados na literatura até o presente momento (EGBUIKWEM; SANGODOYIN, 2013).

Dentre os biopolímeros que vêm sendo investigados mais intensamente, a *M. oleifera* se destaca (BONGIOVANI *et al.*, 2013) por ser considerada como uma planta de múltiplo uso (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998; GIDDE; BHALERAO; MALUSARE, 2012; MANGALE; CHONDE; RAUT, 2012). Folhas, frutos verdes, flores e sementes são ditos como sendo de valor alimentar e medicinal (VIJAY KUMAR *et al.*, 2012).

Considerando o fato de que a *M. oleifera* pode ser produzida localmente, já que se trata de uma planta, o seu uso como coagulante na purificação de água deve ser incentivado (AMAGLOH; BENANG, 2009) como uma alternativa segura e barata (AWAD; WANG; LI, 2013).

Além disso, o coagulante extraído das sementes da *M. oleifera* se destaca dos coagulantes químicos por ser natural e biodegradável (AMAGLOH; BENANG, 2009; MANGALE; CHONDE; RAUT, 2012). Essas questões podem ser interessantes para o desenvolvimento sustentável (POUMAYE *et al.*, 2012).

Nwaiwu, Zalkiful e Raufu (2012) destacam que as sementes de *M. oleifera* apresentam o melhor potencial de coagulação/floculação quando comparadas às folhas, vagens e cascas. Ndabigengesere e Narasiah (1998) sugerem que as proteínas ativas estão contidas apenas nas sementes, de acordo com resultados obtidos experimentalmente.

Em alguns países em desenvolvimento da África, como o Sudão e Nigéria, a população rural emprega sementes de *M. oleifera* a fim de obter água clarificada (VIJAY KUMAR *et al.*, 2012). Segundo Egbuikwem e Sangodoyin (2013), é recomendada a utilização desse coagulante natural em áreas rurais, onde não há instalações disponíveis para tratamento de água.

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, tais como: barro, argila, bactérias e outras partículas tóxicas 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.

De acordo com Katayon *et al.* (2006), a eficiência da coagulação independe da temperatura de armazenamento e embalagem, mas a eficiência de coagulação diminui com o passar do tempo de

armazenamento das sementes. Entretanto, Pritchard *et al.* (2010) afirmam que as sementes de *M. oleifera* são consideradas altamente ativas pelo fato de produzirem altas reduções na turbidez da água bruta por um período máximo de 18 meses, sendo que o desempenho começa a decair significativamente a ponto de tornar o coagulante ineficiente após 24 meses, especialmente para água bruta com turbidez inferior a 100 NTU. Dessa forma, é interessante utilizar sementes colhidas recentemente, a fim de garantir a eficácia do tratamento de água.

Segundo a literatura (KATAYON *et al.*, 2006), o método de extração do composto ativo da semente de *M. oleifera* com solvente apresenta como desvantagem a instabilidade do coagulante. Assim, a conservação das soluções preparadas a partir do coagulante natural possui tempo limitado, já que normalmente ocorre o processo de biodegradação.

Desse modo, este trabalho propõe o estudo do tempo de degradação do coagulante natural *M. oleifera* em pó no tratamento de água superficial, a fim de verificar se o poder coagulante avaliado em termos de eficiência de remoção de cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub> é alterado em relação ao tempo de armazenamento desse produto.

## 2 METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), utilizando-se água de estudo coletada em 05 de junho de 2013, na Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), localizada na cidade de Maringá, Paraná, proveniente da bacia do Rio Pirapó.

A caracterização da água de estudo foi realizada por meio dos seguintes parâmetros de qualidade: cor aparente e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>

(espectrofotômetro DR 5000 Hach), turbidez (turbidímetro 2100P Hach), pH (pHmetro Thermo Scientific Orion VSTAR92 Versastar), carbono orgânico dissolvido (COD) (Analisador de carbono orgânico total TOC-L CPH Shimadzu), sólidos dissolvidos totais (SDT) (APHA, 1995), coliformes totais e *E. coli* (Placa Petrifilm TM EC 3M Company).

Para a obtenção do coagulante natural obtido a partir das sementes de *M. oleifera* em pó, 15 g de sementes provenientes da Universidade Federal do Sergipe (UFS), Aracaju, Sergipe, previamente descascadas, foram trituradas em liquidificador doméstico (NL-41 Mondial) durante 3 minutos e retidas em estufa com circulação e renovação de ar (SX CR/42 Digital Timer) a 40°C até massa constante (AMAGLOH; BENANG, 2009) (Figura 1).



Figura 1 – *M. oleifera* (com casca, descascada e em pó).

Foi realizada a caracterização do pó segundo a metodologia AOAC (2005), a fim de se identificar a composição centesimal de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos, assim como a distribuição granulométrica desse pó.

O pó obtido a partir das sementes de *M. oleifera* foi devidamente embalado em sacos de polietileno e acondicionado em recipientes com tampa, sendo armazenado em refrigerador à temperatura média de

4°C. Segundo Bezerra *et al.* (2004), o potencial de armazenamento é mais eficaz sob condições de baixa temperatura e umidade relativa. Os ensaios para a avaliação do tempo de degradação do coagulante natural foram realizados a cada 7 dias durante um período total de 8 semanas.

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados em *Jar Test* simples Nova Ética, Modelo 218/LDB06 de seis provas, com regulador de rotação das hastes misturadoras. As velocidades e tempos foram fixados em: 100 rpm (velocidade de mistura rápida – VMR), 3 minutos (tempo de mistura rápida – TMR), 15 rpm (velocidade de mistura lenta – VML), 15 minutos (tempo de mistura lenta – TML) e 60 minutos (tempo de sedimentação – TS) (MADRONA *et al.*, 2012).

A temperatura da água foi mantida na faixa de  $25 \pm 3^\circ\text{C}$  para a realização dos ensaios (VALVERDE *et al.*, 2013), uma vez que a temperatura influi significativamente na viscosidade da água (CARDOSO *et al.*, 2008).

Utilizaram-se 400 mL da água de estudo e  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  de dosagem do coagulante *M. oleifera* em pó nos ensaios, já que estudos anteriores demonstraram que essa dosagem é suficiente para a turbidez inicial da água de estudo (JOSHUA; VASU, 2013).

Após o processo de coagulação/floculação e sedimentação, a amostra de água tratada foi retirada contando-se com o auxílio de uma pipeta graduada de 20 mL. A avaliação do processo foi realizada com base na redução percentual dos parâmetros de qualidade: cor aparente, turbidez e compostos com absorção em  $\text{UV}_{254\text{nm}}$ .

Para a comparação dos resultados, foram realizados a análise de variância (ANOVA) e o teste de comparação de médias, teste de Tukey, com 95% de confiança, sendo significativo um p-valor  $< 0,05$ , para verificar as diferenças significativas, por meio do programa estatístico SISVAR, versão 5.3. As

eficiências de remoção dos parâmetros de qualidade em função do tempo de armazenamento do coagulante natural de *M. oleifera* em pó foram realizadas por meio do delineamento inteiramente casualizado (DIC), com duas repetições.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a caracterização da água de estudo.

Tabela 1

Caracterização da água de estudo

Parâmetros (unidade)	Valores
Cor aparente (uH)	417
Turbidez (NTU)	79,9
UV <sub>254nm</sub> (cm <sup>-1</sup> )	0,263
pH	7,537
COD (mg.L <sup>-1</sup> )	4,160
SDT (mg.L <sup>-1</sup> )	171,00
Coliformes totais (UFC) <sup>(1)</sup>	1200
<i>E. coli</i> (UFC) <sup>(1)</sup>	200

(1) UFC: Unidade formadoras de colônias em 100 mL.

A Tabela 2 apresenta a caracterização do pó obtido a partir das sementes de *M. oleifera*.

Tabela 2

Caracterização do pó

Composição	Valores (%) <sup>(1)</sup>
Umidade	7,31 ± 0,16
Cinzas	3,51 ± 0,05
Proteínas	35,30 ± 0,20
Lipídeos	36,15 ± 0,96
Carboidratos <sup>(2)</sup>	12,53 ± 0,37

(1) Resultados expressos em valores médios (duplicata) ± desvio padrão.

(2) Carboidratos obtidos por diferença.

Em termos de caracterização, a semente da *M. oleifera* possui um elevado teor de proteínas e lipídeos (BEZERRA *et al.*, 2004), o que corrobora os resultados obtidos na Tabela 2. Gidde, Bhalerao e Malusare (2012) observaram 37% de proteínas, 37% de lipídeos e 16% de carboidratos na composição da semente de *M. oleifera*.

A Tabela 3 apresenta a distribuição granulométrica do pó.

Tabela 3

Distribuição granulométrica do pó

Tyler	Aberturas (mm)	Frações (%) que passam
6	3,350	97,14
12	1,400	89,84
20	0,850	82,09
32	0,500	21,13
48	0,300	3,54
Fundo	0,000	0,00

A maior parte do pó obtido a partir das sementes de *M. oleifera* ficou retida no Tyler 32.

Nas Figuras 2, 3 e 4 são apresentadas as eficiências de remoção dos parâmetros de qualidade: cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>, para o controle que se refere ao processo de coagulação/floculação e sedimentação realizado sem a adição da *M. oleifera* em pó, e para as demais amostras avaliadas durante o período de 8 semanas de armazenamento desse coagulante.

Em cada Figura, as médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância.

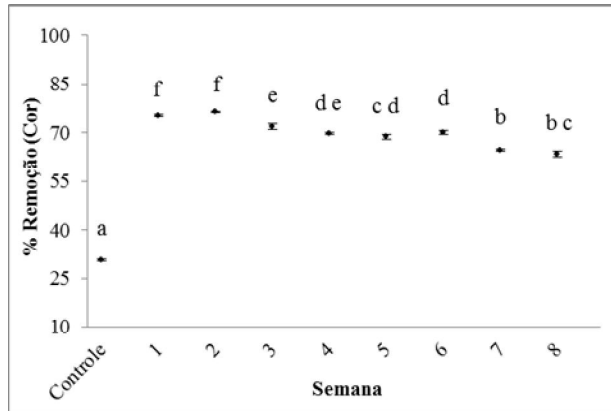


Figura 2 – Avaliação do tempo de degradação do coagulante *M. oleifera* em pó para o parâmetro cor aparente.

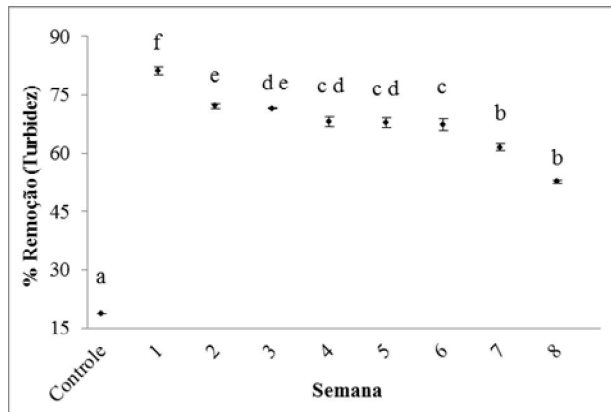


Figura 3 – Avaliação do tempo de degradação do coagulante *M. oleifera* em pó para o parâmetro turbidez.

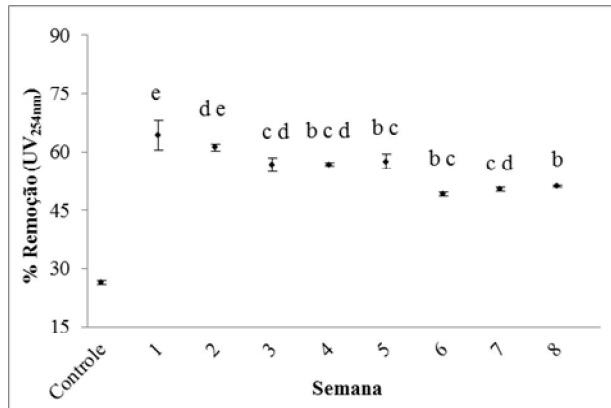


Figura 4 – Avaliação do tempo de degradação do coagulante *M. oleifera* em pó para o parâmetro compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>.

Verificou-se, por meio da análise estatística realizada, que o controle apresenta eficiências de remoção

bastante inferiores em relação às amostras de *M. oleifera* em pó, que variam de 63,4% a 76,3% para cor aparente, 52,6% a 81,2% para turbidez e 51,1% a 64,3% para compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>, comprovando que esse coagulante é efetivo na redução dos parâmetros de qualidade.

Constatou-se que as melhores eficiências de remoção de cor aparente e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub> foram verificadas durante o período de armazenamento da *M. oleifera* em pó por 2 semanas, não havendo diferença estatisticamente significativa nesse período. Para o parâmetro turbidez, o coagulante deve ser utilizado já na primeira semana.

De acordo com Madrona (2010), o extrato aquoso e salino das sementes de *M. oleifera* perde seu poder coagulante com o tempo, devendo ser utilizado em até 3 dias para garantir a eficiência na remoção de cor aparente e turbidez. Katayon *et al.* (2006) destacam que a elevação do tempo de armazenamento da *M. oleifera* tende a aumentar a turbidez residual obtida. Além disso, produtos naturais são normalmente afetados, como todos os materiais biológicos, à umidade e temperatura.

Apesar de detectar a degradação do coagulante *M. oleifera* ao longo do tempo, o pó ainda mantém o seu poder coagulante, sendo observada uma redução na eficiência de remoção próxima a 15% para cor aparente e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>, e 30% para turbidez no período total de 8 semanas de armazenamento. Contudo, durante o período de 6 semanas, a turbidez perde aproximadamente 15% da sua eficiência de remoção.

Porém, para obter resultados promissores durante a pesquisa, é recomendado utilizar o pó de sementes de *M. oleifera* durante o período de até 1 semana, pois as suas propriedades coagulantes/floculantes tendem a diminuir com o tempo de armazenamento.

## 4 CONCLUSÕES

Pode-se considerar que o pó das sementes de *M. oleifera* é um propício coagulante natural com grande potencial para o tratamento de água superficial, principalmente em áreas rurais ou países em desenvolvimento como uma técnica alternativa, onde não há estrutura disponível para a realização do tratamento convencional de água. Assim, a *M. oleifera* destaca-se como um produto sustentável e atrativo para a purificação da água, sendo uma alternativa ambientalmente correta.

É interessante utilizar o coagulante *M. oleifera* em pó durante o período máximo de 1 semana, pois as propriedades coagulantes/floculantes diminuem com o tempo de armazenamento do produto.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro; ao professor Gabriel Francisco da Silva da UFS pela doação das sementes de *M. oleifera*; e à Sanepar, pela amostra da água de estudo fornecida.

## REFERÊNCIAS

AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultural Research**, 4 (1), 119-123, 2009.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18<sup>th</sup> ed. 2005.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater**. 19<sup>th</sup> ed. Washington, 1995.

AWAD, M.; WANG, H.; LI, F. Preliminary study on combined use of *Moringa* seeds extract and PAC for water treatment. **Research Journal of Recent Sciences**, 2 (8), 52-55, 2013.

BEZERRA, A. M. E. *et al.* Avaliação da qualidade das sementes de *Moringa oleifera* Lam durante o armazenamento. **Ciência Agrotécnica**, 28 (6), 1240-1246, 2004.

BONGIOVANI, M. C.; VALVERDE, K. C.; BERGAMASCO, R. Utilização do processo combinado coagulação/floculação/UF como processo alternativo ao tratamento convencional utilizando como coagulante a *Moringa oleifera* Lam. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, 9 (11), 65-76, 2013.

CARDOSO, K. C. *et al.* Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* Lam. **Acta Scientiarum Technology**, 3 (2), 193-198, 2008. doi:10.4025/actascitechnol.v30i2.5493.

EGBUIKWEM, P. N.; SANGODOYIN, A. Y. Coagulation efficacy of *Moringa oleifera* seed extract compared to alum for removal of turbidity and *E. coli* in tree different water sources. **European International Journal of Science and Technology**, 2, (7), 13-20, 2013.

GIDDE, M. R.; BHALERAO, A. R.; MALUSARE, C. N. Comparative study of different forms of *Moringa oleifera* extracts for turbidity removal. **International Journal of Engineering Research and Development**, 2 (1), 14-21, 2012.

JOSHUA, R.; VASU, V. Characteristics of stored rain water and its treatment technology using *Moringa* seeds. **International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research**, 2 (1), 154-175, 2013.

KATAYON, S. *et al.* Effects of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation. **Bioresource Technology**, 97 (13), 1455-1460, 2006.

LO MONACO, P. A. V. *et al.* Utilização de extrato de sementes de *Moringa* como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Ambi-Agua**, 5 (3), 222-231, 2010. doi:10.4136/ambi-agua.164.

MADRONA, G.S. **Extração/purificação do composto ativo da semente da *Moringa oleifera* Lam e sua utilização no tratamento de água para consumo humano**. 2010. 176 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia

Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

MADRONA, G. S. *et al.* Evaluation of extracts of *Moringa oleifera* Lam seeds obtained with NaCl and their effects on water treatment. **Acta Scientiarum Technology**, 34 (3), 289-293, 2012. doi:10.4025/actascitechnol.v34i3.9605.

MADRONA, G. S. *et al.* Study of the effect of saline solution on the extraction of the *Moringa oleifera* seeds active component for water treatment. **Water, Air & Soil Pollution**, 211 (1-4), 409-415, 2010. Doi: 10.1007/s11270-009-0309-0.

MANGALE S. M.; CHONDE, S. G.; RAUT, P. D. Use of *Moringa oleifera* (drumstick) seed as natural absorbent and an antimicrobial agent for ground water treatment. **Research Journal of Recent Sciences**, 1 (3), 31-40, 2012.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. **Water Research**, 32 (3), 781-791, 1998. doi:10.1016/S0043-1354(97)00295-9.

NWAIWU, N. E.; ZALKIFUL, M. A.; RAUFU, I. A. Seeking an alternative antibacterial and coagulation

agent for household water treatment. **Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation**, 1 (1), 1-9, 2012.

POUMAYE, N. *et al.* Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*: Case M'Poko river to Bangui, Central African Republic. **Chemical Engineering Research and Design**, 90, 2346-2352, 2012. doi: 10.1016/j.cherd.2012.05.017.

PRITCHARD, M. *et al.* A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* drinking water purification. **Physics and Chemistry of the Earth**, 35 (13-14), 791-797, 2010. doi:10.1016/j.pce.2010.07.020.

VALVERDE, K. C. *et al.* Coagulation diagram using the *Moringa oleifera* Lam and the aluminium sulphate, aiming the removal of color and turbidity of water. **Acta Scientiarum Technology**, 5 (3), 485-489, 2013. doi:10.4025/actascitechnol.v35i3.12268.

VIJAY KUMAR *et al.* *Moringa oleifera* – The nature's gift. **Universal Journal of Environmental Research and Technology**, 2 (4), 203-209, 2012.