



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

EFICIÊNCIA DO COAGULANTE EXTRAÍDO DE SEMENTES DE MORINGA OLEIFERA LAM. NO TRATAMENTO DE ÁGUA PELA TECNOLOGIA DA FLOTAÇÃO

Artur, MARQUES¹; Filipe, ABREU²; António, ALBUQUERQUE³; Paulo, LOBO⁴; Paulo, SCALIZE⁵

¹Engenheiro ambiental e sanitarista, Universidade Federal de Goiás, artur_rm@hotmail.com

²Engenheiro ambiental e sanitarista, Universidade Federal de Goiás, filipe_abreu92@hotmail.com

³Professor Auxiliar, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, antonio.albuquerque@ubi.pt

⁴Químico, SECIMA, paulo-gyn2011@live.com

⁵Professor Associado I, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil, pscalize.ufg@gmail.com

Resumo

A semente da árvore Moringa Oleífera é utilizada desde a antiguidade na clarificação de águas turvas por processos rudimentares. Contudo, pesquisas contemporâneas demonstraram sua capacidade em clarificar águas de baixa turbidez, inserindo-a em processos mais modernos no papel de coagulante, apresentando-a como alternativa aos coagulantes químicos consolidados. Porém, uma alta concentração de carbono orgânico na água clarificada pela moringa é apontada por alguns pesquisadores como um possível impedimento para seu uso. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o potencial coagulante do extrato de sementes de Moringa Oleífera Lamarck no tratamento de água de baixa turbidez utilizando a tecnologia de flotação por ar dissolvido em escala de bancada, avaliando-se ainda a quantidade de carbono orgânico residual nas amostras flotadas. Nos ensaios foi avaliada a influência do pH e da dosagem da solução coagulante e os parâmetros investigados para mensurar a eficiência do processo de tratamento foram turbidez, cor aparente, cor verdadeira e carbono orgânico total. Os resultados confirmaram a capacidade de coagulação da semente em ampla faixa de dosagem e nos três valores de pH estudados (6, 7 e 7,7), alcançando nas condições ótimas (pH = 6 e dosagem de 75 mg.L⁻¹) remoção de 80% de turbidez e remoção de carbono orgânico.

Palavras-chave: coagulante de moringa; tratamento de água; flotação; turbidez; cor; carbono orgânico total.

Tema: Serviços de abastecimento, drenagem e tratamento de águas.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

1. INTRODUÇÃO

Nas diversas pesquisas com coagulantes alternativos, a semente da *Moringa oleifera* se destaca não só por sua capacidade de tratar a água, mas também por outras vantagens da própria planta. Suas folhas e sementes possuem propriedades medicinais e altíssimo valor nutricional, sendo comprovadamente seguras para ingestão humana e animal. Somando isso ao seu crescimento rápido e sua adaptabilidade a diversos climas e solos pobres, o uso da moringa se torna muito recomendável (ANWAR et al., 2007).

O coagulante de moringa apresenta uma série de vantagens em relação aos coagulantes sintéticos: não altera o pH da mistura, funciona numa faixa relativamente ampla de pHs, gera pouco lodo, o lodo produzido é biodegradável e possui propriedades bactericidas. (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998; GHEBREMICHAEL et al., 2005)

Ribeiro (2010) sugere que para tratamento com moringa, a flotação é mais indicada, pois sua velocidade de sedimentação é relativamente baixa. Porém a pesquisadora aponta que em seus ensaios o extrato aquoso não atendeu ao padrão de potabilidade português no quesito limite de carbono orgânico residual, o que já havia sido relatado por Ndabigengesere e Narasiah (1998) e Okuda (1999). Portanto, neste trabalho foi avaliada essa possível sinergia do uso do coagulante de moringa com a flotação, avaliando-se sua capacidade de remover cor e turbidez sem extrapolar o limite de carbono orgânico residual.

2. MATERIAS E MÉTODOS

2.1. Ensaio de flotação por ar dissolvido (FAD)

A flotação por ar dissolvido (FAD) constitui-se em submeter a água clarificada a alta pressão para saturá-la com ar, para posteriormente adicioná-la na base de um tanque com água a ser flotada, liberando microbolhas que ascendem, fixando-se aos flocos atingidos para torná-los menos densos e flotarem (De RIJK et al., 1994; EDZWALD, 1995; REALI et al., 2003). O equipamento de flote teste, marca Nova Ética, modelo 218-3 LDB, do Laboratório de Análise de Águas (LAnA) da Universidade Federal de Goiás (UFG), possui uma câmara de saturação ligada por mangueira a três jarros de dois litros cada com furos num fundo falso. Dentro dos jarros existem agitadores mecânicos cuja rotação proporciona os gradientes de velocidade desejados para simular a câmara de mistura rápida e de floculação, que precedem a câmara de flotação (DI BERNARDO et al., 2002).

Os parâmetros escolhidos para realização dos flote testes foram: taxa de recirculação de 15%, mistura rápida de 2 minutos com Gm de 1000 s⁻¹, floculação de 25 minutos com Gm de 20 s⁻¹, pressão de saturação de 5 Kg.f.cm⁻² e tempo de flotação de 2,5 min. No total foram oito flote testes, realizados com as dosagens de 0,0 mg.L⁻¹, 50,0 mg.L⁻¹, 62,5 mg.L⁻¹, 75,0 mg.L⁻¹, 87,5 mg.L⁻¹, 100,0 mg.L⁻¹, 112,5 mg.L⁻¹ e 250,0 mg.L⁻¹, com os valores de pH 6, 7 e 7,7. Foi utilizado ácido clorídrico a 50% para correção do pH.

Os parâmetros físico-químicos analisados nas amostras foram turbidez, cor aparente, cor verdadeira, pH e COT. Os métodos empregados para determinação dos parâmetros analisados nessa pesquisa foram conforme descritos no *Standard Methods* (APHA; AWWA; WEF, 1999).

2.2. Amostra de água ensaiada

Para utilização nos ensaios, foram coletados 180 litros de água do ribeirão João Leite no ponto de captação de água bruta da ETA Jaime Câmara, Goiânia-Goiás, Brasil, os quais foram armazenados em um tanque no LAnA e cuja caracterização do dia de seu uso é mostrada na Tabela 1:

Tabela 1. Caracterização da água bruta utilizada nos ensaios de flotação.

Amostra	Parâmetro					
	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Cor aparente (uC)	Cor verdadeira (uC)	pH	COT (mg.L ⁻¹)
Água Bruta	23,5	7,1	31,0	10,0	7,7	15,0

2.3. Preparação da solução coagulante

As sementes da moringa foram descascadas e trituradas manualmente com almofaris e pistilo. O pó foi adicionado em água ultrapura na proporção de 25 g.L⁻¹ em um erlenmeyer e agitado manualmente por 4 minutos. A suspensão foi filtrada a vácuo em filtro descartável utilizado no preparo de café. O filtrado foi o coagulante pronto para o uso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De forma geral, os resultados obtidos nos ensaios de flotação evidenciaram que ocorreu remoção de turbidez, cor aparente, cor verdadeira e carbono orgânico total, apresentando pequenas variações quanto ao pH. Com relação à remoção de turbidez e os seus valores remanescentes, observa-se na Figura 1 que no ensaio utilizando a água bruta com o pH igual a 6,0 e dosagem de 75,0 mg.L⁻¹ ocorreu a maior remoção, 80,3% (Figura 1b), acarretando uma menor turbidez remanescente de 1,4 NTU (Figura 1a). Observa-se que entre as dosagens de 62,5 mg.L⁻¹ e 100 mg.L⁻¹ do coagulante, a turbidez remanescente permanece abaixo de 2,0 NTU. Empregando-se dosagens superiores, a turbidez remanescente tende a aumentar. Já os ensaios de flotação utilizando água bruta com pH de 7,0 e 7,7 apresentaram turbidez remanescente com valores um pouco acima do ensaio com pH igual a 6,0, sendo 1,6 NTU e 1,8 NTU, respectivamente. Apresentou uma semelhança no

comportamento das curvas para todos os valores de pH estudados, com a ocorrência de dois picos que são separados por um pequeno aumento da turbidez remanescente. É possível observar que o coagulante se mostra efetivo em faixas de dosagem e de pH semelhantes às observadas por Ledo; Paulo e Lima (2013) e por Ribeiro (2010).

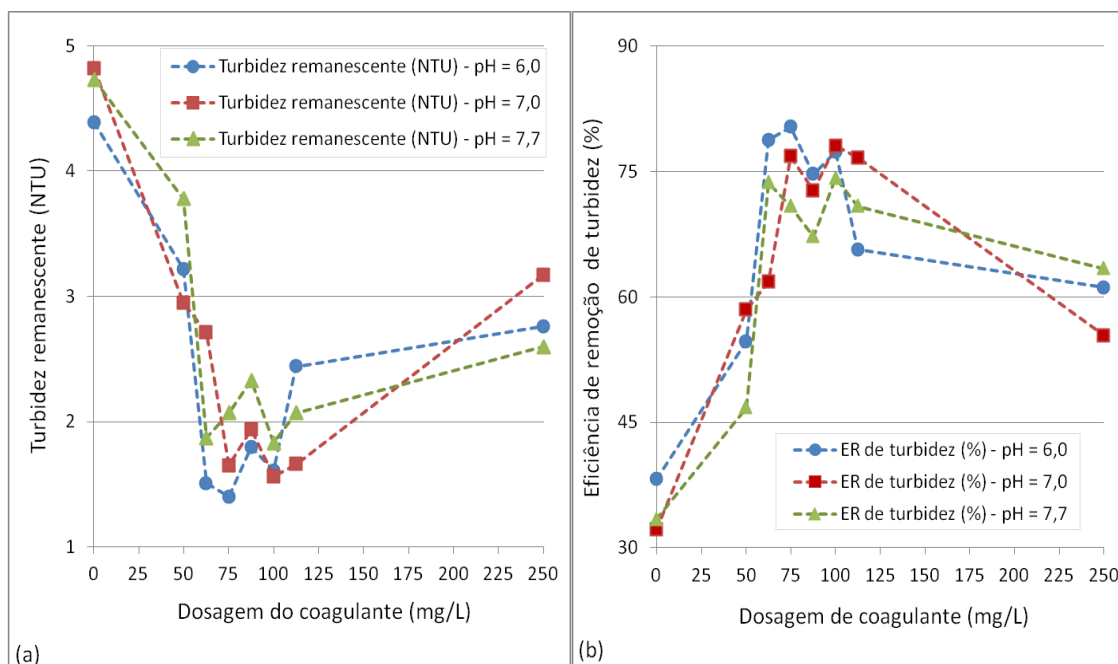


Figura 1. Variação da turbidez remanescente (a) e eficiência de remoção (b) em função das dosagens do coagulante empregadas nos ensaios de flotação.

Na Figura 2 pode-se observar que o menor valor de cor aparente remanescente foi 7,9 uC e ocorreu no pH 6 na concentração de 100 mg.L⁻¹. As 3 curvas são muito semelhantes. Apartir da concentração de 62,5 mg.L⁻¹ a cor aparente remanescente permanece abaixo de 15 uC em todos os valores de pH estudados. Porém a eficiência na remoção começa a diminuir a partir da concentração de 112,5 mg.L⁻¹ para os valores de pH 7,7 e 7, e na concentração 100 mg.L⁻¹ para o pH 6. Assim como para a turbidez, as curvas relacionadas à cor aparente também apresentam uma ínfima diminuição na eficiência entre dois picos de eficiência próximos, mas os melhores resultados desta ocorreram para uma dosagem de coagulante um pouco maior. No geral o comportamento das curvas de cor verdadeira (Figura 3) é parecido com o das de cor aparente. Porém desta vez a eficiência de remoção é maior no pH 6 para todas as concentrações de coagulante enquanto a eficiência no valor de pH 7 é menor ou igual em todas as concentrações de coagulante.

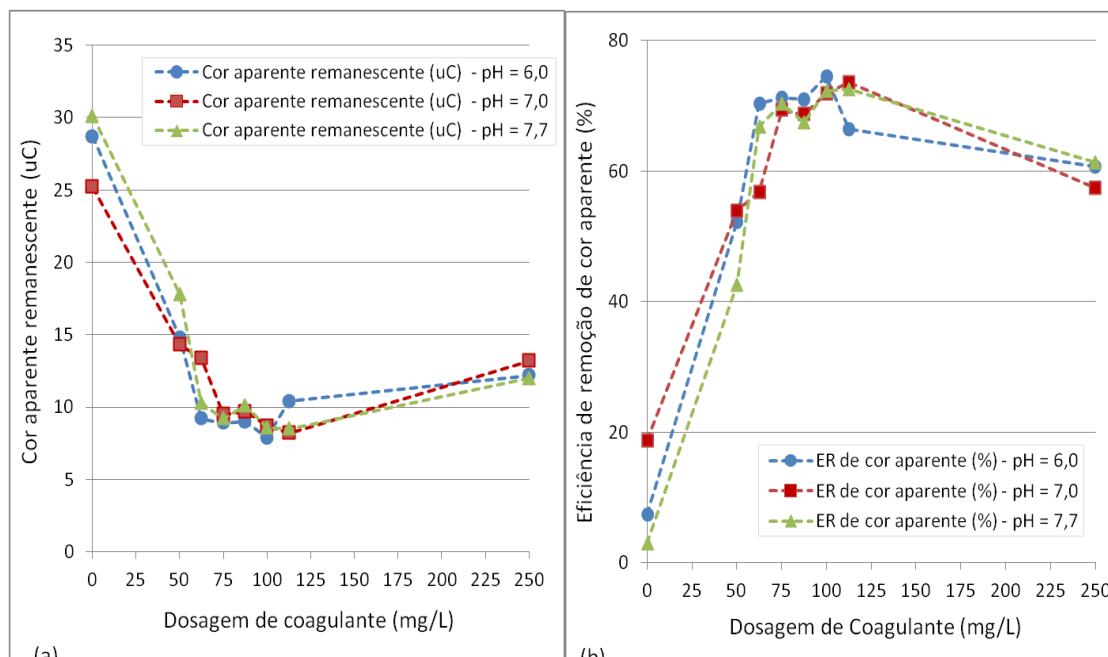


Figura 2. Variação da cor aparente remanescente (a) e eficiência de remoção (b) em função das dosagens do coagulante empregadas nos ensaios de flotação.

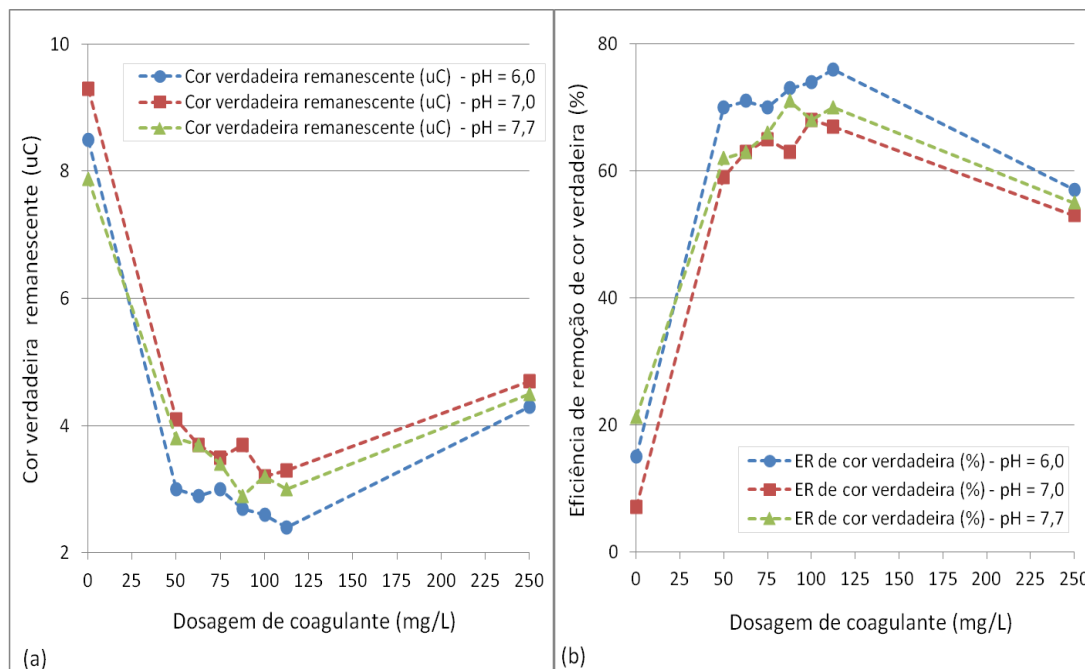


Figura 3. Variação da cor verdadeira remanescente (a) e eficiência de remoção (b) em função das dosagens do coagulante empregadas nos ensaios de flotação.

A princípio o pH da água sem uso de coagulante deveria ser o mesmo antes e depois dos flotes, mas evidencia-se na Figura 4 que nas curvas referentes aos valores de pH 6,0 e

7,0 que o final está mais alto que o inicial. Isso provavelmente decorre da mistura da água bruta com a água de recirculação de 15% que é proveniente da torneira (água da rede de abastecimento público) do laboratório e possui valores de pH entre 7,8 e 8,1. O tratamento com o coagulante de moringa causa muito pouca variação no valor de pH da água tratada, o que condiz com os resultados obtidos por Ndabigengesere e Narasiah (1998) e Ghebremichael et al. (2005).

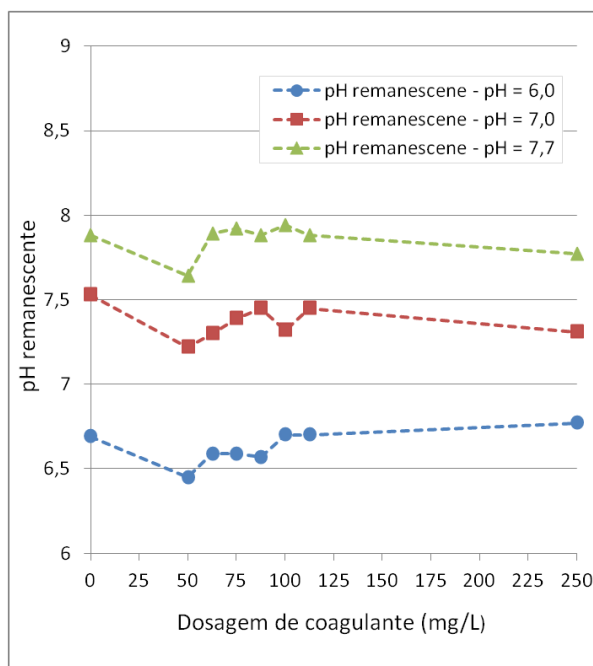


Figura 4. Variação do pH em função das dosagens do coagulante empregadas nos ensaios de flotação.

Para os valores de pH 7,0 e 7,7 observa-se (Figura 5) que o COT final aumenta proporcionalmente ao aumento na dosagem de coagulante, com exceção do ponto com 50 mg.L⁻¹ no pH 7,0, que remove uma quantidade considerável de matéria orgânica. Já para o valor de pH 6,0 o COT final diminuiu (atingindo 9,3 mg.L⁻¹) com o aumento da concentração de coagulante até chegar na 75,0 mg.L⁻¹, quando passa a aumentar junto com o aumento da dosagem. É relevante ressaltar que o valor do COT da água da torneira que é utilizada na recirculação está situado entre 8 e 11 mg.L⁻¹. Então, diferentemente do que foi relatado por Ndabigengesere e Narasiah (1998) e Okuda et al. (1999), que afirmaram que a moringa adiciona matéria orgânica à água, estes resultados demonstram que o extrato filtrado da semente, nas condições ótimas, é capaz de remover o COT.

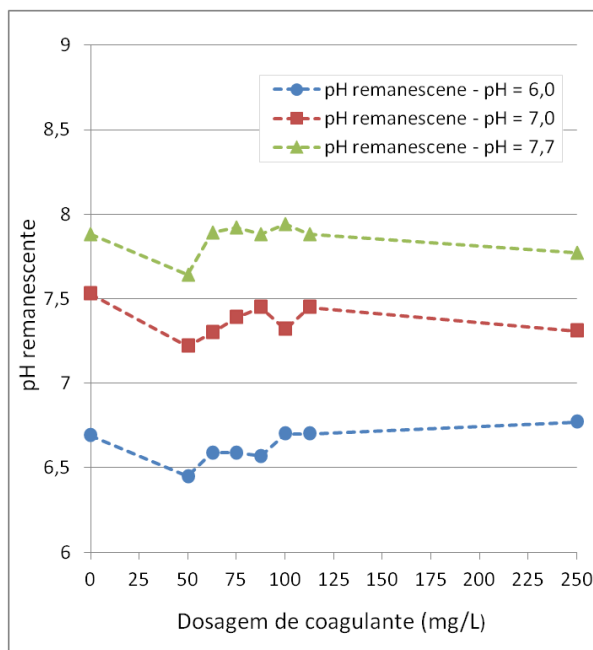


Figura 5. Variação do cabono orgânico total (COT) em função das dosagens do coagulante empregadas nos ensaios de flotação.

Para se avaliar a possibilidade de remoção de COT através de filtração, um novo flote teste foi realizado utilizando-se três dosagens diferentes de coagulante (Figura 6), cada uma com um valor de pH. A caracterização do subnadante foi feita antes e depois dele passar por um filtro de papel de 14 μ m. A nova caracterização da água bruta e os resultados do novo ensaio são dispostos na Tabela 2, onde percebe-se que nas amostras filtradas há mais remoção de turbidez e cor aparente, porém não há remoção de COT.



Figura 6. Ensaio de flotação com filtração em filtro de papel de 14 μ m.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
NOVOS
DESAFIOS

Tabela 2. Caracterização da água bruta utilizada nos ensaios de flotação.

Amostra	Parâmetro				
	pH (inicial)	Dosagem (mg.L ⁻¹)	Turbidez (NTU)	Cor Aparente (uC)	COT (mg.L ⁻¹)
Água Bruta	7,7	0,0	5,8	30,0	17,0
Não Filtrada	6,0	75,0	0,9	9,4	16
Filtrada	6,0	75,0	0,8	7,5	15
Não Filtrada	7,0	100,0	1,5	10,0	20
Filtrada	7,0	100,0	0,8	8,0	20
Não Filtrada	7,7	62,5	1,0	9,4	18
Filtrada	7,7	62,5	0,7	8,4	18

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu concluir que:

- a utilização da moringa olifeira como coagulante em ensaios de flotatestes foi eficiente para tratar água com baixa turbidez e, em certas condições, remover COT;
- a moringa oleífera quase não altera o pH da água e é eficaz nos valores de pH 6, 7 e 7,7, apresentando melhores resultados no pH 6;
- o filtro de 14 µm não é capaz de reter a matéria que confere COT às amostras flotadas, e;
- os flocos formados pelo coagulante natural são pequenos nos três valores de pH.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Public Health Association – APHA; American Water Works Association – AWWA; Water Environment Federation - WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater, (1999). Washington, DC, 1325 p.

Anwar F., Latif S., Ashraf M., Gilani A.H. (2007). Moringa oleifera: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. Phytotherapy Research, v. 21, n. 1, p. 17-25, DOI:10.1002/ptr.2023.

De Rijk S. E., Van Der Graaf J. H. J. M., Den Blanken J. G. (1994). Bubble size in flotation thickening. Water Research, v. 28, n. 2, p. 465-473.



7, 8 e 9
Março 2018
ÉVORA
Évora Hotel

GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS:
**NOVOS
DESAFIOS**

Di Bernardo L., Di Bernardo A., Centurione Filho P. L. (2002). Ensaio de tratabilidade de água e de resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. 1 ed. São Carlos: Editora Rima. 236p.

Edzwald J. K. (1995) Principles and applications of dissolved air flotation. Water Science and Technology, v. 31, n. 3–4, p. 1-23.

Ghebremichael K.A., Gunaratna K.R., Henriksson H., Brumer H., Dalhammar G. (2005) A simple purification and activity assay of the coagulant protein from Moringa oleifera seed. Water Research. DOI: 10.1016/j.watres.2005.04.012.

Ledo P.G.S., Paulo J.B.A., Lima R.F.S. (2013) Flotação por ar dissolvido na clarificação de águas com baixa turbidez utilizando sementes de moringa oleifera como coagulante. In: XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology, Goiânia, Goiás, 2013. Anais... Goiânia.

Ndabigengesere A., Narasiah K. S. (1998). Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. Water Research, v. 32, n. 3, p. 781–791.

Okuda T., Baes A. U., Nishijima W., Okada M. (1999). Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed. Water Research, v. 33, n. 15, p. 3373–3378.

Reali M. A. P., Moruzzi R. B., Patrizzi L. J. (2003). Flotação por ar dissolvido aplicada na clarificação de águas que apresentam picos de turbidez. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville, Santa Catarina, 2003. Anais... Joinville: ABES.

Ribeiro, A. T. A. (2010). Aplicação da Moringa Oleifera no Tratamento de Água para Consumo Humano. 69 f. Dissertação (Mestrado, Curso de Engenharia do Ambiente), Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.