



ISSN: 1984-3151

# ESTUDO DA CLARIFICAÇÃO DA ÁGUA SUPERFICIAL POR MEIO DA ASSOCIAÇÃO DOS AGENTES COAGULANTES *MORINGA OLEIFERA* LAM E POLICLORETO DE ALUMÍNIO

## STUDY OF CLARIFICATION OF SURFACE WATER THROUGH ASSOCIATION OF COAGULANTS *MORINGA OLEIFERA* LAM AND POLYALUMINIUM CHLORIDE

Karina Cardoso Valverde<sup>1</sup>; Priscila Ferri Coldebella<sup>2</sup>; Marcela Fernandes Silva<sup>3</sup>;  
Letícia Nishi<sup>4</sup>; Rosângela Bergamasco<sup>5</sup>

- 1 Doutora em Engenharia Química PEQ/UEM, 2014. Mestre em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR, 2007. [karinacvalverde@gmail.com](mailto:karinacvalverde@gmail.com).
- 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 Química, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR, 2006. [celafs@hotmail.com](mailto:celafs@hotmail.com).
- 4 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).
- 5 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: 02/02/2016 - Aprovado em: 14/08/2016 - Disponibilizado em: 30/11/2016

**RESUMO:** Os coagulantes são amplamente utilizados no tratamento de água, porém, o estudo da associação dos coagulantes ainda é escasso. Assim, este trabalho propõe avaliar a eficiência da associação do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam (*M. oleifera*) juntamente com o coagulante sintético policloreto de alumínio (PAC) em diferentes dosagens e pHs de coagulação, por meio da utilização de diagramas de coagulação no tratamento de água superficial. Os ensaios foram realizados em Jar Test, com água superficial proveniente da bacia do Rio Pirapó, Maringá, PR, variando-se o pH de coagulação e as dosagens de coagulantes, a fim de verificar a eficiência de remoção dos parâmetros de qualidade cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub>. Após os ensaios de coagulação/floculação e sedimentação, amostras de água tratada foram coletadas para avaliar a eficiência do processo por meio do residual obtido para os parâmetros de qualidade. Foram obtidas redução de até 40% na dosagem do coagulante sintético PAC, sem comprometer a qualidade da água produzida. Assim, a utilização de *M. oleifera* pode desempenhar um papel-chave na diminuição da quantidade de coagulante sintético utilizada no tratamento de água, além de ser mais compatível com as questões ambientais atuais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diagramas de coagulação. *Moringa oleifera* Lam. Policloreto de alumínio.

**ABSTRACT:** The coagulants are largely used in water treatment, however, the study of association of the coagulant are still scarce. This work aims to evaluate the effectiveness of natural coagulant *Moringa oleifera* Lam (*M. oleifera*) in association with coagulant polyaluminium chloride synthetic (PAC) in various dosages and coagulation pHs, using coagulation diagrams, in the treatment of surface water. The tests were performed in Jar Test with surface water from Pirapó River Basin, Maringá, PR, varying the coagulation pHs and dosages of coagulants, in order to verify the quality parameters removal efficiency: apparent color, turbidity and compounds with absorption at UV<sub>254nm</sub>. After coagulation/flocculation and sedimentation tests, treated water samples were collected to evaluate the process efficiency by the residual obtained for quality parameters. Reduction near 40% was obtained for synthetic coagulant PAC dosage, without compromising the produced water quality. Thus, the use of *M. oleifera* can play a key role in reducing the quantity of synthetic coagulant used in water treatment, beside to be more compatible with current environmental issues.

**KEYWORDS:** Coagulation diagrams. *Moringa oleifera* Lam. Polyaluminium chloride.

## 1 INTRODUÇÃO

Madrona *et al.* (2010) destacam que muitos coagulantes são amplamente utilizados nos processos de tratamento de água com sucesso, baseados nas suas características químicas, e entre estes podem-se citar os coagulantes sintéticos e naturais.

Os coagulantes sintéticos mais empregados nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) são os inorgânicos, normalmente sais trivalentes de ferro e alumínio, principalmente por terem baixo custo e capacidade coagulante já comprovada (BONGIOVANI; VALVERDE; BERGAMASCO, 2013).

Segundo Madrona *et al.* (2012), o policloreto de alumínio (PAC) é amplamente utilizado como coagulante sintético devido à sua elevada eficiência e baixa toxicidade, sendo geralmente eficaz em uma faixa de pH compreendida entre 6 e 9 (CONSTANTINO; YAMAMURA, 2009). Esse coagulante, na maioria das vezes, mostra-se superior ao sulfato de alumínio em relação à redução de substâncias coloidais.

Em vários países asiáticos, africanos e sul-americanos, inúmeras plantas estão sendo utilizadas com o intuito de clarificar a água bruta. Dentre os coagulantes naturais, a *Moringa oleifera* Lam (*M. oleifera*) se destaca pelo fato de apresentar alta

eficiência de remoção dos parâmetros de qualidade da água (POUMAYE *et al.*, 2012).

A *M. oleifera* é uma planta pertencente à família *Moringaceae* que é composta de apenas 1 gênero (*Moringa*) e 14 espécies, sendo a espécie mais cultivada atualmente (ABALIWANO; GHEBREMICHAEL; AMY, 2008). Supõe-se que as sementes de *M. oleifera* são utilizadas como coagulante na clarificação de água devido à presença de uma proteína catiônica solúvel capaz de reduzir a turbidez da água tratada (PRITCHARD *et al.*, 2010; GIDDE; BHALERAO; MALUSARE, 2012). Contudo, o mecanismo de atuação ainda não está bem definido.

Na caracterização da semente da *M. oleifera* há um elevado teor de proteínas e lipídeos. Gidde, Bhalerao e Malusare (2012) observaram 37% de proteínas, 37% de lipídeos e 16% de carboidratos na composição da semente de *M. oleifera*.

Estudos vêm sendo realizados para determinar potenciais riscos relacionados ao uso das sementes da *M. oleifera* no tratamento das águas. Até o momento, nenhuma evidência foi encontrada de que as sementes possam causar efeitos secundários nos seres humanos, especialmente com as baixas doses necessárias para o tratamento de água (LEA, 2010). Segundo Muthuraman, Sasikala e Prakash (2013), a *M. oleifera* não é tóxica para o homem.

Awad, Wang e Li (2013) afirmam que a *M. oleifera* é um coagulante viável na substituição parcial dos coagulantes sintéticos. Diversos pesquisadores investigaram o comportamento da *M. oleifera* em conjunto com sais de alumínio e obtiveram resultados promissores (BINA *et al.*, 2010; NWAIWU; BELLO, 2011; VALVERDE *et al.*, 2013).

Abaliwano *et al.* (2008) afirmam que o uso de *M. oleifera* como auxiliar de coagulação pode reduzir o consumo dos coagulantes sintéticos em até 50%. Dalen *et al.* (2009) destacam que a associação dos coagulantes pode melhorar efetivamente o saneamento de água em países subdesenvolvidos, principalmente porque a *M. oleifera* pode ser cultivada localmente.

Vijayaraghavan, Sivakumar e Vimal Kuamr (2011) destacam que há escassez de estudos abrangentes que comparam a eficiência da associação dos coagulantes natural e químicos. Assim, a aplicação da *M. oleifera* juntamente com o PAC é uma opção a ser estudada.

Desse modo, esse trabalho propõe avaliar a eficiência da associação do coagulante natural *M. oleifera* juntamente com o coagulante sintético PAC em diferentes dosagens e pHs de coagulação, por meio da utilização da ferramenta diagramas de coagulação, no processo de água superficial.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Gestão, Controle e Preservação Ambiental, do Departamento de Engenharia Química (DEQ), da 5 Universidade Estadual de Maringá (UEM), utilizando a água de estudo proveniente da bacia do Rio Pirapó, Maringá, PR, coletada na Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

A caracterização da água superficial 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) e sólidos dissolvidos totais (SDT) (APHA, 1995).

Para a preparação da solução padrão do coagulante PAC, foi considerada uma concentração de 1% v/v. Para a obtenção do coagulante natural obtido a partir das sementes de *M. oleifera* em pó integral, 15 g de sementes previamente descascadas foram trituradas em liquidificador doméstico (NL-41 Mondial) durante 3 min e retidas em estufa com circulação e renovação de ar (SX CR/42 Digital Timer) a 40°C até massa constante (AMAGLOH; BENANG, 2009).

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados em *Jar Test* simples Nova Ética, Modelo 218/LDB06 de seis provas, com regulador de rotação das hastas misturadoras, em recipientes com 400 mL de água superficial. A temperatura da água foi mantida na faixa de 25,0 ± 3,0°C (VALVERDE *et al.*, 2013), uma vez que a temperatura influi significativamente na viscosidade da água (CARDOSO *et al.*, 2008).

O pH utilizado nos ensaios foi ajustado na faixa compreendida entre 4 e 10, com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N e 1N; e ácido clorídrico (HCl) 0,1N e 1N.

As dosagens máximas, consideradas ótimas, adicionadas nos ensaios foram adaptadas, baseando-se em dados de turbidez inicial (MAKKI *et al.*, 2010; JOSHUA; VASU, 2013). As dosagens dos coagulantes utilizadas nos ensaios variaram entre 0 e 50 mg.L<sup>-1</sup> para a *M. oleifera* e 0 e 12,5 mg.L<sup>-1</sup> para o PAC.

As condições de operação ótimas foram determinadas experimentalmente em *Jar Test*, especificamente para a associação dos coagulantes *M. oleifera* e PAC, e são: 100 rpm durante 1 min para propiciar a mistura rápida; 45 rpm durante 15 min para propiciar a mistura

lenta; e 15 min de sedimentação (VALVERDE *et al.*, 2015).

Após o processo, a amostra de água tratada foi retirada de cada um dos recipientes com o auxílio de uma pipeta graduada de 20 mL.

Os diagramas de coagulação foram obtidos por meio da realização de ensaios de coagulação/floculação e sedimentação, avaliando-se a eficiência de remoção de cor aparente, turbidez e compostos com absorção em UV<sub>254nm</sub> em função da variação do pH de coagulação e da dosagem dos coagulantes na associação. Esses foram construídos no programa 3DField 3.5.3.0.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a caracterização da água superficial.

Tabela 1  
Caracterização da Água Superficial

Parâmetros (unidade)	Valores
Cor aparente (uH)	426
Turbidez (NTU)	74,9
UV <sub>254nm</sub> (cm <sup>-1</sup> )	0,294
pH	7,940
SDT (mg.L <sup>-1</sup> )	159,67

Fonte – Próprio autor.

Os diagramas de coagulação são resultantes das eficiências de remoção do parâmetro de qualidade avaliado, ou seja, percentagem (%) de remoção, de modo que se torna possível definir o traçado de curvas com a mesma remoção. Vale destacar que os melhores resultados obtidos para cada diagrama de coagulação são identificados pelas regiões de coloração mais escuras.

Na Tabela 2 são apresentadas as dosagens utilizadas nos ensaios, assim como os pontos para interpretação das Figuras 1, 2 e 3.

Tabela 2  
Dosagem dos Coagulantes na Associação

Ponto	% Coagulante (PAC/ <i>M. oleifera</i> )	Dosagem (mg.L <sup>-1</sup> )	
		PAC	<i>M. oleifera</i>
1	0/100%	0,00	50
2	10/90%	1,25	45
3	20/80%	2,50	40
4	30/70%	3,75	35
5	40/60%	5,00	30
6	50/50%	6,25	25
7	60/40%	7,50	20
8	70/30%	8,75	15
9	80/20%	10,00	10
10	90/10%	11,25	5
11	100/0%	12,50	0

Fonte – Próprio autor.

Na Figura 1 é apresentado o diagrama de coagulação para o parâmetro de qualidade cor aparente.

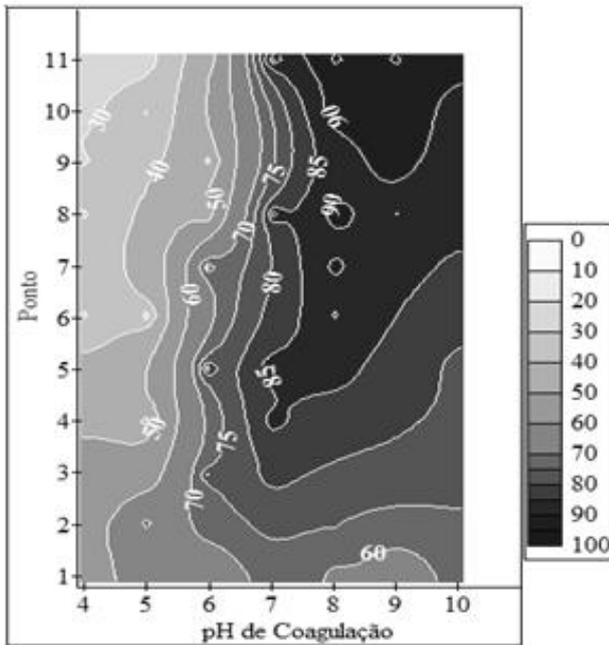


Figura 1 – Diagramas de Coagulação com Curvas de Remoção de Cor Aparente  
Fonte – Próprio autor.

Por meio da análise dos resultados obtidos para a associação dos coagulantes *M. oleifera* (a partir do ponto 2) na faixa de pH entre 4 e 6, verifica-se que remoções mais baixas foram encontradas quando em comparação com os demais pHs de coagulação estudados. Isso sugere que o PAC atua de maneira mais eficiente em pH neutro ou básico.

Avaliando a Figura 1, verificou-se que o PAC isoladamente (ponto 11) apresenta melhores eficiências de remoção do que *M. oleifera* (ponto 1) na faixa de pH compreendida entre 7 e 10. Isso pode ser explicado pelo fato de que esse coagulante sintético é geralmente eficaz em uma faixa de pH entre 6 e 9, podendo atuar também em pH 10 (CONSTANTINO; YAMAMURA, 2009).

De forma geral, para pH de coagulação entre 7 e 9, eficiências de remoção superiores a 80% foram obtidas para cor aparente a partir do ponto 4 (3,75 mg.L<sup>-1</sup> PAC/35 mg.L<sup>-1</sup> *M. oleifera*).

Na Figura 2 é apresentado o diagrama de coagulação para o parâmetro de qualidade turbidez.

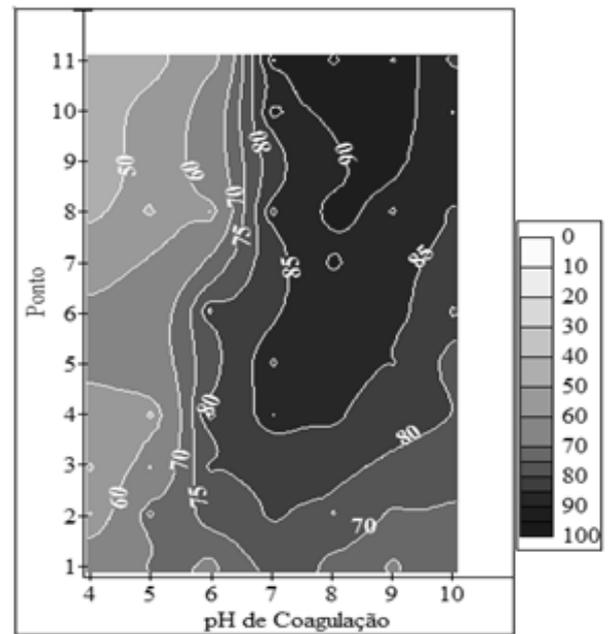


Figura 2 – Diagramas de Coagulação com Curvas de Remoção de Turbidez  
Fonte – Próprio autor.

Pode-se observar de maneira geral, uma tendência similar em relação à remoção dos parâmetros cor aparente e turbidez. Isso ocorreu por que os dois parâmetros de qualidade estão relacionados com a concentração de sólidos presentes na água, já que a cor aparente está relacionada principalmente à presença de matéria orgânica dissolvida ou coloidal, além das partículas suspensas, enquanto a turbidez deve-se à presença de matéria particulada em suspensão na água.

Considerando a *M. oleifera* como único coagulante (ponto 1), observa-se remoções inferiores a 70% para cor aparente e 75% para turbidez. A associação dos coagulantes auxilia na eficiência de remoção dos parâmetros de qualidade, conforme demonstrado nas Figuras 1 e 2. Amagloh e Benang (2009) recomendam em casos de baixa eficiência de remoção dos parâmetros de qualidade, a associação da *M. oleifera* com outro coagulante para que haja resultados mais promissores.

Na Figura 3 é apresentado o diagrama de coagulação para o parâmetro de qualidade compostos com absorção em  $UV_{254nm}$ .

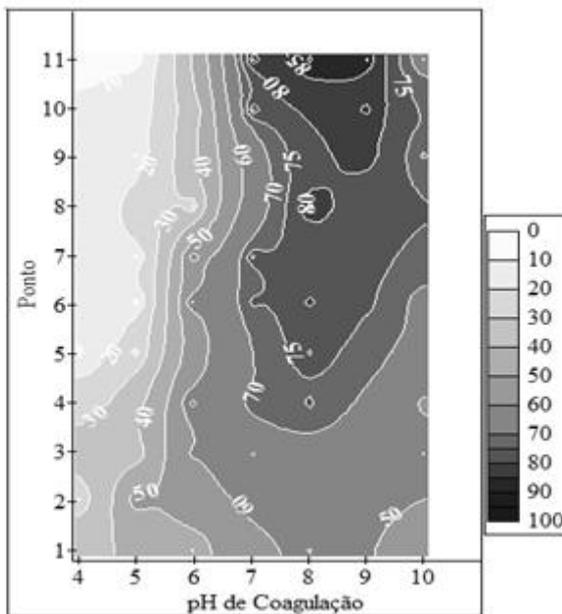


Figura 3 – Diagramas de Coagulação com Curvas de Remoção de Compostos com Absorção em  $UV_{254nm}$   
Fonte – Próprio autor.

Do mesmo modo que para os demais diagramas de coagulação (Figuras 1 e 2), verificou-se que o PAC atua de forma mais eficiente em pH neutro ou básico. Para pH de coagulação entre 7 e 9, eficiências de remoção superiores a 70% foram obtidas a partir do ponto 4 ( $3,75 \text{ mg.L}^{-1}$  PAC/ $35 \text{ mg.L}^{-1}$  *M. oleifera*).

Considerando a avaliação dos diagramas de coagulação em conjunto (Figuras 1, 2 e 3), verificou-se por meio de análise estatística realizada (DIC: delineamento inteiramente casualizado) para o pH de coagulação 7 que não existe diferença significativa entre as eficiências de remoção, para a adição de  $7,5 \text{ mg.L}^{-1}$  PAC/ $20 \text{ mg.L}^{-1}$  *M. oleifera* (ponto 7) até a utilização de  $12,5 \text{ mg.L}^{-1}$  PAC (ponto 11), avaliando cada parâmetro de qualidade individualmente. Nesse caso, o uso desse coagulante natural poderia conduzir a uma redução de até 40% na utilização do coagulante sintético, sem comprometer a qualidade da água produzida.

Em pH 8, a adição de  $8,75 \text{ mg.L}^{-1}$  PAC/ $15 \text{ mg.L}^{-1}$  *M. oleifera* (ponto 8) ao processo de coagulação/floculação e sedimentação ou  $12,5 \text{ mg.L}^{-1}$  PAC (ponto 11) não apresentam diferença estatisticamente significativa. Isso ocasiona uma redução de até 30% na utilização do PAC quando se utiliza a associação dos coagulantes natural e sintético, visando obter eficiências de remoção superiores a 90% para cor aparente e turbidez, e 80% para compostos com absorção em  $UV_{254nm}$ .

Na faixa de pH entre 9 e 10, de um modo geral, o aumento da dosagem da solução padrão de PAC resultou na obtenção de melhores resultados de remoção. Entretanto, a utilização de *M. oleifera* pode desempenhar um papel-chave na redução da quantidade requerida do coagulante sintético PAC.

Contudo, a combinação dos coagulantes natural e sintético utilizada no processo de coagulação/floculação e sedimentação ainda não produz água potável, já que os valores não se enquadram na legislação vigente. Sendo assim, é importante acrescentar a etapa de filtração para melhorar a qualidade da água tratada e garantir o devido padrão de potabilidade.

#### 4 CONCLUSÃO

Para a associação dos coagulantes observou-se que é possível reduzir a demanda requerida do coagulante sintético PAC em até 40% sem afetar a eficiência do processo de coagulação/ floculação e sedimentação, considerando o pH da água de estudo na faixa de 6 a 8. Verificam-se na associação dos coagulantes, eficiências de remoção dos parâmetros de qualidade superiores às observadas na utilização do pó integral das sementes de *M. oleifera* como único coagulante.

Desse modo, a utilização de um coagulante natural eficaz, renovável e biodegradável, como a *M. oleifera* contribui significativamente para a redução da

quantidade de coagulantes sintético aplicado ao processo e é mais compatível com as questões ambientais atuais.

professor Gabriel Francisco da Silva da Universidade Federal de Sergipe (UFS), pela doação das sementes de *M. oleifera*; e a SANEPAR, pela amostra de água de estudo fornecida.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, ao CNPq e a Fundação Araucária pelo suporte financeiro; ao

## REFERÊNCIAS

- ABALIWANO, J. K., GHEBREMICHAEL, K. A., AMY, G. L. Application of the purified *Moringa oleifera* coagulant for surface water treatment. **WaterMill Working Paper Series**, 5, 1-19, 2008.
- AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultural Research**, 4, 1, 119-123, feb 2009. Disponível em <<http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/54DC6B937957>>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 1991-637X.
- APHA. **American Public Health Association. Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater**. 19th 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**, Indore, Índia, 2, 8, 52-55, aug 2013. Disponível em <<http://www.isca.in/rjrs/archive/v2/i8/8.ISCA-RJRS-2013-145.pdf>>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 2277-2502.
- BINA, B. *et al.* Effectiveness of *Moringa oleifera* coagulant protein as natural coagulant aid in removal of turbidity and bacteria from turbid waters. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, 43, 618-620, jul 2010. Disponível em <<http://connection.ebscohost.com/c/articles/60681586/effectiveness-moringa-oleifera-coagulant-protein-as-natural-coagulant-aid-removal-turbidity-bacteria-from-turbid-waters>>. Acesso em: 13 jan 2016.
- 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**, Tupã Paulista, Brasil, 9, 11, 65-76, 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.17271/198008279112013559>>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 1980-0827.
- 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**, Maringá, Brasil, 3, 2, 193-198, 2008. Disponível em <[10.4025/actascitechnol.v30i2.5493](http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v30i2.5493)>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 1807-8664.
- CONSTANTINO, A. F., YAMAMURA, V. C. Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC. In: SIMPGEU, ago 2009, Maringá, Brasil. **Simpósio de Pós-graduação em Engenharia Urbana**. 2009. Maringá: 2009. 1-10. ISSN 2175-3695.
- DALEN, M. B. *et al.* Synergy between *Moringa oleifera* seed powder and alum in the purification of domestic water. **Science World Journal**, 4, 4, 6-11, 2009. Disponível em <<http://www.scienceworldjournal.org/article/view/5417/3776>>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 1597-6343.
- 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, jul 2012. Disponível em <[https://www.idc-online.com/technical\\_references/pdfs/civil\\_engineering/Comparative%20Study%20of.pdf](https://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/civil_engineering/Comparative%20Study%20of.pdf)>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 2278-067X.
- 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**, Hyderabad, India, 2, 1, 154- 175, jan 2013. Disponível em <[http://new.ijlbpr.com/jlbpradmin/upload/ijlbpr\\_50e55cb](http://new.ijlbpr.com/jlbpradmin/upload/ijlbpr_50e55cb)>

6dd292.pdf>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 2250-3137.

LEA, M. Bioremediation of turbid surface water using seed extract from *Moringa oleifera* Lam. (drumstick) tree. **Current Protocols in Microbiology**, Wiley Interscience, 1, 1G.2, 1-14, feb 2010. Disponível em <10.1002/9780471729259.mc01g02s16>. Acesso em: 13 jan 2016.

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**, Maringá, Brasil, 34, 3, 289-293, 2012. Disponível em <10.4025/actascitechnol.v34i3.9605>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 1807-8664.

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, sep 2010. Disponível em <10.1007/s11270-009-0309-0>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 1573-2932.

MAKKI, H. F. *et al.* Using aluminum refuse as a coagulant in the coagulation and flocculation processes. **Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering**, Baghdad, Iraqui, 11, 3, 15-22, sep 2010. ISSN 1997-4884.

MUTHURAMAN, G., SASIKALA, S., PRAKASH, N. Proteins from natural coagulant for potential application of turbidity removal in water. **International Journal of Engineering and Innovative Technology**, 3, 1, 278-283, jul 2013. Disponível em <http://www.ijeit.com/Vol%203/Issue%201/IJEIT1412201307\_50.pdf>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 2277-3754.

NWAIWU, N. E., BELLO, A. A. Effect of *Moringa oleifera*-alum Ratios on Surface Water Treatment in North East Nigeria. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, 3, 6, 505-512, jun 2011. Disponível em <http://maxwellsci.com/print/rjaset/v3-505-512.pdf>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 2040-7467.

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, 12, 2346-2352, dec 2012. Disponível em <10.1016/j.cherd.2012.05.017>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 0263-8762.

PRITCHARD, M. *et al.* 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 Parts A/B/C**, 35, 13-14, 798-805, dec 2010. Disponível em <10.1016/j.pce.2010.07.014>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 1474-7065.

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**, Maringá, Brasil, 5, 3, 485-489, 2013. Disponível em <10.4025/actascitechnol.v35i3.12268>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 1807-8664.

VALVERDE, K. C. *et al.* Otimização dos parâmetros de operação no processo de coagulação/floculação e sedimentação no tratamento de água com a associação PAC e *Moringa oleifera* Lam. **Engevista**, Rio de Janeiro, Brasil, 17, 4, 491-499, dez 2015. Disponível em <http://www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/view/619/346>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 2317-6717.

VIJAYARAGHAVAN, G., SIVAKUMAR, T., VIMAL KUMAR, A. Application of plant based coagulants for waste water treatment. **International Journal of Advanced Engineering Research and Studies**, 1, 1, 88-92, out-dez 2011. Disponível em <http://www.technicaljournalsonline.com/ijaers/VOL%201/IJAERS%20VOL%201%20ISSUE%201%20%20OCTBER%20DECEMBER%202011/18%20IJAERS.pdf>. Acesso em: 13 jan 2016. ISSN 2249-8974.