

Clarificação de água superficial com baixos valores de turbidez e cor aparente utilizando extrato de sementes de *Moringa oleifera* e sulfato de alumínio

Clarification of surface water with low turbidity and low apparent color using Moringa oleifera seeds extract and aluminum sulfate

Cristina Satomi Yamamoto Eguchi¹; Camila Clementina Arantes²

¹ Aluna do Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do ABC, Santo André, São Paulo, Brasil. Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2531-1425>. E-mail: satomi.cristina@aluno.ufabc.edu.br

² Professora do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC, Santo André, São Paulo, Brasil. Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-2185-7084>. E-mail: camila.arantes@ufabc.edu.br

Resumo: No tratamento de água de ciclo completo ou convencional, coagulantes são utilizados para desestabilizar partículas suspensas e dissolvidas presentes na água bruta, propiciando a formação de flocos passíveis de remoção pelo processo de sedimentação. Além dos coagulantes tradicionais, como os sais metálicos à base de alumínio e ferro, há polímeros sintéticos e naturais que podem ser utilizados para tal finalidade, como proteínas presentes em sementes de *Moringa oleifera*. Este trabalho teve como objetivo comparar o uso do sulfato de alumínio com o extrato de sementes da *Moringa oleifera* na clarificação de água bruta superficial com baixos valores de turbidez e cor aparente, na faixa de 11 uT e 9 uC, respectivamente. Foram realizados ensaios de coagulação (100 RPM por 1 minuto), floculação (20 RPM por 15 minutos) e sedimentação (30 minutos) em equipamento *jar-test* utilizando dosagens dos dois coagulantes variando entre 10 a 50 mg L⁻¹ e pH de coagulação igual a 7,0. A dosagem mais eficiente do extrato de sementes de *Moringa oleifera* foi a de 10 mg L⁻¹, resultando em eficiências abaixo de 45%. Já para dosagens acima de 40 mg L⁻¹ não houve redução para tais parâmetros. O uso do sulfato de alumínio resultou em reduções acima de 85%. Conclui-se que para água bruta com baixos valores de turbidez e cor aparente, submetida às condições aplicadas nesse estudo, o coagulante extraído de sementes de *Moringa oleifera* não garante reduções satisfatórias como ocorre para o sulfato de alumínio.

Palavras-chave: Coagulação; Coagulante natural; Tratamento de água.

ABSTRACT: In the water treatment coagulants are used to destabilize suspended solids present in raw water, providing the formation of removable flakes by the settling process. In addition to traditional coagulants, such as aluminum and iron metal salts, there are synthetic and natural polymers that can be used as coagulants, such as *Moringa oleifera* seeds. This work aimed to compare the use of aluminum sulfate with *Moringa oleifera* seed extract in water clarification. Using surface raw water with low turbidity and apparent color, coagulation (100 RPM for 1 minute), flocculation (20 RPM) tests were performed. for 15 minutes) and sedimentation (30 minutes) in jar-test equipment. Dosages of the two coagulants ranging from 10 to 50 mg L⁻¹ were tested for clarification of raw water with a coagulation pH of 7.0. The most efficient dosage of *Moringa oleifera* seed extract was 10 mg L⁻¹, resulting in efficiencies below 45%. For dosages above 40 mg L⁻¹. there was a reduction for such parameters. Already the use of aluminum sulfate resulted in reductions above 85%. For raw water with low turbidity and apparent color, for the conditions applied in this study, the coagulant extracted from *Moringa oleifera* seeds does not guarantee satisfactory reductions as occurs for aluminum sulfate.

Keywords: Coagulation; Natural coagulant; Water treatment.

DOI: 10.18554/rbcti.v4i2.3726

INTRODUÇÃO

Os corpos hídricos superficiais continentais constituem o tipo de manancial mais utilizado para abastecimento público no Brasil. Devido à presença de partículas indesejadas, antes de ser destinada ao consumo humano, a água deve ser tratada e adequada ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria de Consolidação n. 5/2017 do Ministério da Saúde em seu Anexo XX (BRASIL, 2017), garantindo que para um conjunto de parâmetros de qualidade a água esteja em acordo com valores máximos descritos na Portaria citada.

Dentre os tratamentos existentes para adequar a água bruta ao padrão de potabilidade, o mais usual é o tratamento convencional ou de ciclo completo, composto pelas etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração. Na etapa de coagulação adiciona-se o coagulante à água bruta para que ocorra a desestabilização das partículas coloidais, em seguida, na floculação, a água é submetida à agitação branda para que as partículas desestabilizadas anteriormente entrem em contato e se aglomeram, formando os flocos que serão removidos na sedimentação e filtração (HELLER; PÁDUA, 2006).

Na etapa de coagulação, utilizando sais metálicos como sulfato de alumínio e cloreto férrico, ocorre reação do coagulante com a água, formando espécies hidrolisadas com carga positiva ou precipitado do metal utilizado (DI BERNARDO; PAZ, 2008). Em função do valor do pH de coagulação, predomina a presença de espécies hidrolisadas específicas, sendo que cada espécie favorece determinado mecanismo de coagulação (DI BERNARDO; PAZ, 2008).

Polímeros sintéticos ou naturais também podem ser utilizados como coagulantes ou como auxiliares da coagulação. Os polímeros são compostos que apresentam sítios ionizáveis ao longo de suas cadeias (BOLTO; GREGORY, 2007), e no caso de utilização para tratamento de água superficial, tais sítios devem apresentar carga positiva, pois o que se deseja com tal tratamento é a remoção de partículas coloidais com carga negativa. Dentre os polímeros naturais utilizados no tratamento de água, tem-se o tanino extraído das cascas da acácia-negra (*Acacia decurrens*) e proteínas presentes em sementes da *Moringa oleifera*.

A *Moringa oleifera* é uma espécie perene da família Moringaceae, originária do nordeste indiano, que tem se adaptado bem às condições climáticas brasileiras. A espécie é resistente à seca e se desenvolve em clima tropical semiárido em temperaturas entre 25-35 °C, suportando até 48 °C por curtos períodos (PRICE, 2007). As sementes de tal planta apresentam proteínas catiônicas hidrossolúveis responsáveis pela capacidade coagulante (OKUDA et al., 1999). De acordo com Borba (2001) as sementes de *Moringa oleifera* são utilizadas na clarificação de águas turvas em regiões carentes do planeta, como no Sudão e outros países do continente africano, onde tradicionalmente o processo de tratamento é feito por meio da adição de sementes maceradas à água seguida de agitação da mistura e sedimentação.

O uso da proteína extraída das sementes de *Moringa oleifera* tem sido recomendado para comunidades isoladas, zona rural e ecovilas, locais nos quais a planta pode ser cultivada pelos próprios usuários, não havendo necessidade de aquisição de produtos químicos. Santos, Teixeira e Almeida (2007) afirmam que a escolha do coagulante deve considerar as características do lodo gerado. Do ponto de vista ambiental, além do cultivo da espécie, o uso de sementes de *Moringa oleifera* produz lodo de mais fácil tratamento e disposição final. Bergamasco et al. (2009) verificaram que a

utilização da *Moringa oleifera* como coagulante reduz o volume do lodo gerado após a sedimentação se comparado ao cloreto de polialumínio. Além disso, tal lodo apresentou biodegradabilidade, o que não ocorreu quando se utilizou cloreto de polialumínio. Camacho et al. (2017) consideram a *Moringa oleifera* uma alternativa viável ao sulfato de alumínio, pois não há necessidade de ajuste do pH após o tratamento, reduzindo custos com reagentes químicos. Outro fator a ser considerado é a exposição ao alumínio, que de acordo com Ferreira et al. (2008), é um dos fatores que tem contribuído para o desenvolvimento do mal de Alzheimer.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo comparar o sulfato de alumínio, um dos coagulantes mais utilizados nas estações de tratamento de água, com o extrato de sementes de *Moringa oleifera* na clarificação de água superficial.

MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental deste trabalho foi desenvolvida no Laboratório de Águas Urbanas e Hidráulica Ambiental na Universidade Federal do ABC, no *campus* de Santo André.

Água bruta

A água bruta utilizada nos ensaios foi coletada em corpo hídrico localizado no município de Santo André - SP. Foram realizadas 5 coletas no ano de 2018, que ocorreram nos dias 14/06, 21/06, 28/06, 05/07 e 12/07.

Antes da realização dos ensaios, a água bruta foi caracterizada com base nos parâmetros turbidez, cor aparente e pH, conforme metodologia descrita pelo *Standard Methods* (APHA, 2005). Utilizou-se a água bruta com pH na faixa de 7,0 fazendo uso de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N ou ácido clorídrico (HCl) 0,1N (VALVERDE, 2016) que eram adicionadas gradativamente à água, que foi mantida sob agitação lenta durante tal procedimento para homogeneização e controle do pH. Pavanelli (2011) constatou reduções de turbidez e cor aparente maiores em pH de coagulação na faixa de 6,0 a 7,5; utilizando sulfato de alumínio. Já Valverde et al. (2013), fazendo uso de *Moringa oleifera* como coagulante, verificaram maior eficiência em água bruta com pH próximo a 7,0. Em relação à temperatura da água, fator importante na coagulação, uma vez que não ocorriam grandes variações de temperatura no período em que os ensaios foram realizados, que se manteve na média de $20,0 \pm 0,4$ °C, se optou por utilizar a água bruta em temperatura ambiente.

Preparo e dosagem dos coagulantes

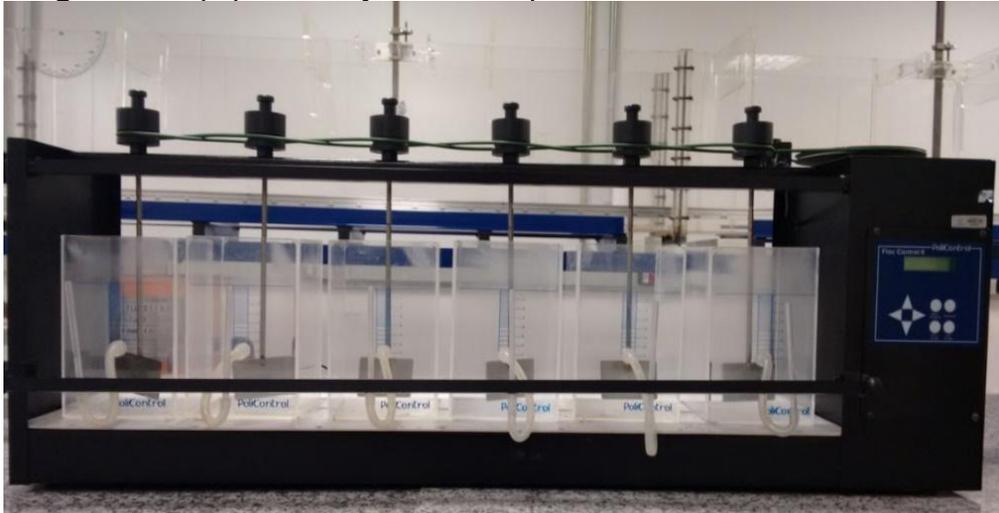
As sementes de *Moringa oleifera* utilizadas neste trabalho foram colhidas em Campinas-SP. Seguindo recomendações de Valverde et al. (2013), as sementes descascadas foram adicionadas à água destilada na concentração de 1% (1 grama de *Moringa oleifera* para cada 100 mL de água). Após processamento em liquidificador por 3 minutos, a solução foi filtrada em bomba a vácuo, utilizando um filtro qualitativo de aproximadamente 11 µm (filtro Whatman grau 1).

Foram testadas seis dosagens de *Moringa oleifera* e sulfato de alumínio: 0, 10, 20, 30, 40 e 50 mg L⁻¹ com base em recomendações de Coral, Bergamasco e Bassetti (2009).

Ensaio de coagulação floculação e sedimentação

Os ensaios foram realizados no equipamento *jar-test* representado pela **Figura 1**.

Figura 1. Equipamento *jar-test* no qual serão realizados os ensaios.



Após adição da água bruta aos jarros do equipamento *jar-test*, ajuste do pH e adição do coagulante, iniciou-se o processo de clarificação da água. Na etapa de coagulação, o equipamento *jar-test* foi operado com 100 rotações por minuto (RPM) por 1 minuto e na floculação a velocidade foi de 20 RPM por 15 minutos, com 30 minutos de sedimentação, conforme descrito por Pritchard et al. (2010). Os ensaios foram realizados em duplicata.

Parâmetros avaliados

Os parâmetros avaliados foram turbidez (turbidímetro AP 2000 Policontrol), cor aparente (colorímetro aquacolor Policontrol) e pH (phmetro AAKER) conforme descrito pela *Standard Methods* (APHA, 2005).

Análise dos dados

Para cada um dos tratamentos realizados, serão apresentados os valores e a eficiência ao final da sedimentação para turbidez e cor aparente. A eficiência foi determinada utilizando as equações apresentadas abaixo:

$$\text{Redução de turbidez (\%)} = \left(\frac{\text{turbidez água bruta} - \text{turbidez após sedimentação}}{\text{turbidez água bruta}} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Redução de cor aparente (\%)} = \left(\frac{\text{cor aparente água bruta} - \text{cor aparente após sedimentação}}{\text{cor aparente água bruta}} \right) \times 100 \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da Água Bruta

As características da água bruta utilizada em cada um dos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, utilizando a *Moringa oleifera* e sulfato de alumínio, em equipamento *jar-test* estão apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1. Características da água bruta utilizada nos ensaios 1 (E1) e 2 (E2) para os dois coagulantes utilizados.

Parâmetro	Unidade	<i>M. oleifera</i> – E1	<i>M. oleifera</i> – E2	Sulf. de alumínio – E1	Sulf. de alumínio – E2
Turbidez	uT ⁽¹⁾	13,5	13,9	8,1	9,5
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	8,7	12,8	8,2	7,8
Temperatura	°C	19,4	20,6	20,3	20,0
pH	-	6,91	6,84	6,74	6,68

(1) Unidades de turbidez. (2) Unidade Hazen = (mg Pt-Co L⁻¹)

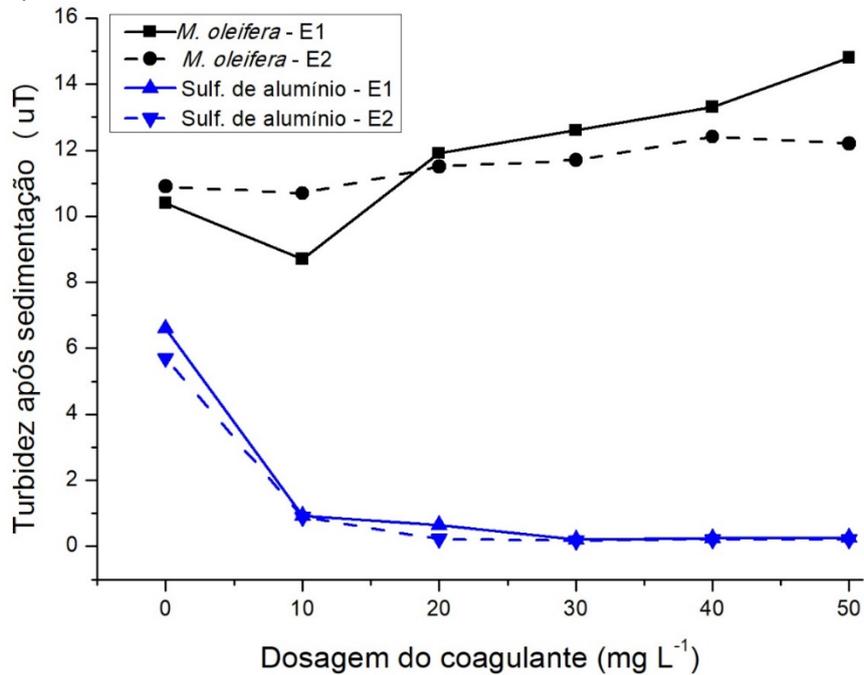
A água bruta do corpo hídrico, localizado no município de Santo André/SP apresentou valores reduzidos para cor aparente e turbidez, sendo considerada uma água de boa qualidade, se enquadrando em classe 1 de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) quando se considera turbidez e pH.

Redução turbidez e cor aparente

O uso da *Moringa oleifera* como coagulante tratando água bruta com turbidez de 13,5 e 13,9 uT nos ensaios 1 e 2, respectivamente, não garantiu valores de turbidez baixos após o tratamento. Para a menor dosagem de *Moringa oleifera* (10 mg L⁻¹) observou-se turbidez de 10,9 e 10,4 uT após a sedimentação, e conforme o valor da dosagem foi sendo elevado, a turbidez residual também aumentou, conforme demonstrado na **Figura 2**, com tendência similar para os dois ensaios realizados com tal coagulante. Remoções baixas de turbidez para água bruta com baixa turbidez inicial podem ser atribuídas à reduzida quantidade de partículas presentes formando flocos mais leves com menor capacidade de sedimentação (CAMACHO, 2016). Tal situação não foi constatada com o uso do sulfato de alumínio, cujos valores de turbidez foram reduzidos de 8,1 e 9,5 uT (água bruta) para valores inferiores a 1,0 uT para todas as dosagens testadas.

Considerando os valores máximos permitidos (VMP) pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação n. 5 de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), quando se considera o VMP para água após filtração rápida, etapa presente no tratamento de ciclo completo, nota-se que o sulfato de alumínio já atenderia a legislação nas 3 maiores dosagens testadas, com valores de turbidez abaixo de 0,5 uT, o que não ocorre com a *Moringa oleifera*.

Figura 2. Turbidez (uT) da água em função das cinco dosagens com os dois coagulantes na concentração de 1% após 30 minutos de sedimentação para os dois ensaios (E1 e E2).



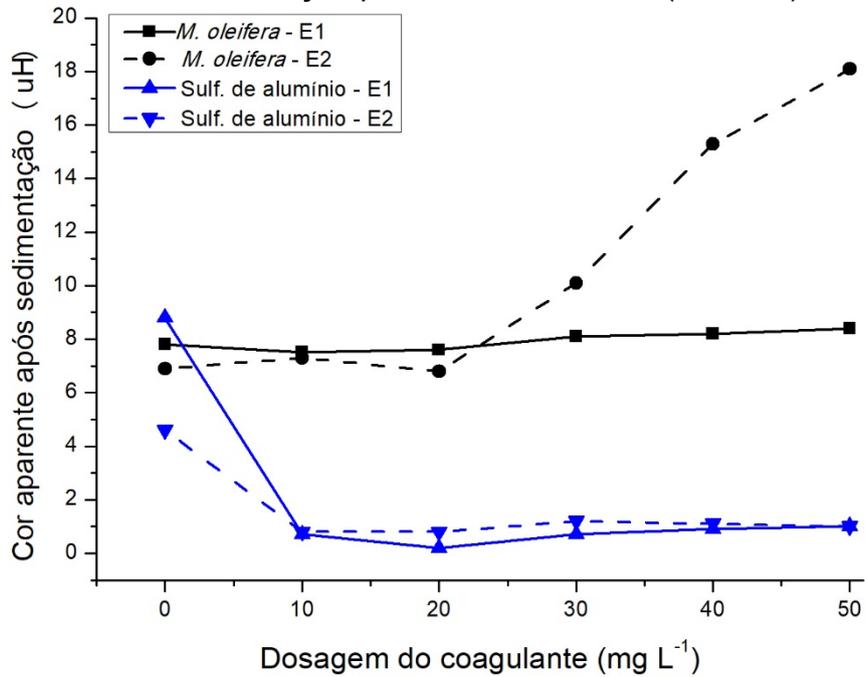
Para os ensaios utilizando o coagulante *Moringa oleifera*, com água bruta apresentado cor aparente de 8,7 e 12,8 uH nos ensaios 1 e 2, respectivamente, se notou que não houve considerável redução de cor aparente, ocorrendo tendência de elevação desse valor conforme aumento de dosagem para os dois ensaios (**Figura 3**). A adição do coagulante pode ter deixado material residual na água bruta. O extrato de sementes de *Moringa oleifera* ainda é obtido sem um processo que garanta o isolamento das proteínas responsáveis pelo processo de coagulação, como a lectina. Tal fato contribui para o elevado aporte de sólidos e matéria orgânica na água a ser tratada, ocasionado até mesmo elevação dos valores de turbidez e cor aparente após o tratamento. Valverde et al. (2013) apontam que para águas com baixos valores de cor, os resultados obtidos com o uso de *Moringa oleifera* não são de remoções relativamente altas para tal parâmetro de qualidade. O fato do coagulante de sementes de *Moringa oleifera* ser produzido no momento de realização do ensaio, já que o armazenamento pode comprometer a capacidade coagulante (MADRONA, 2014), pode contribuir para a ocorrência de variações dos valores observados entre ensaios realizados em momentos diferentes, como ocorreu nesse estudo.

Nos ensaios utilizando o sulfato de alumínio, cuja água bruta apresentava cor aparente de 8,2 e 7,2 uH nos ensaios 1 e 2, respectivamente, se constatou valores de cor aparente abaixo ou igual a 1,0 uH após a sedimentação para todas as dosagens testadas.

Considerando o valor máximo permitido para cor aparente de 15 uH, conforme disposto no Anexo XX da Portaria de Consolidação n. 5 de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), verificou-se que a água bruta utilizada nos 4 ensaios já se encontrava dentro do padrão de potabilidade, ou seja, abaixo de 15 uH, conforme demonstrado pela **Tabela 1**. Com uso do sulfato de alumínio a cor aparente manteve-se abaixo de 15 uH

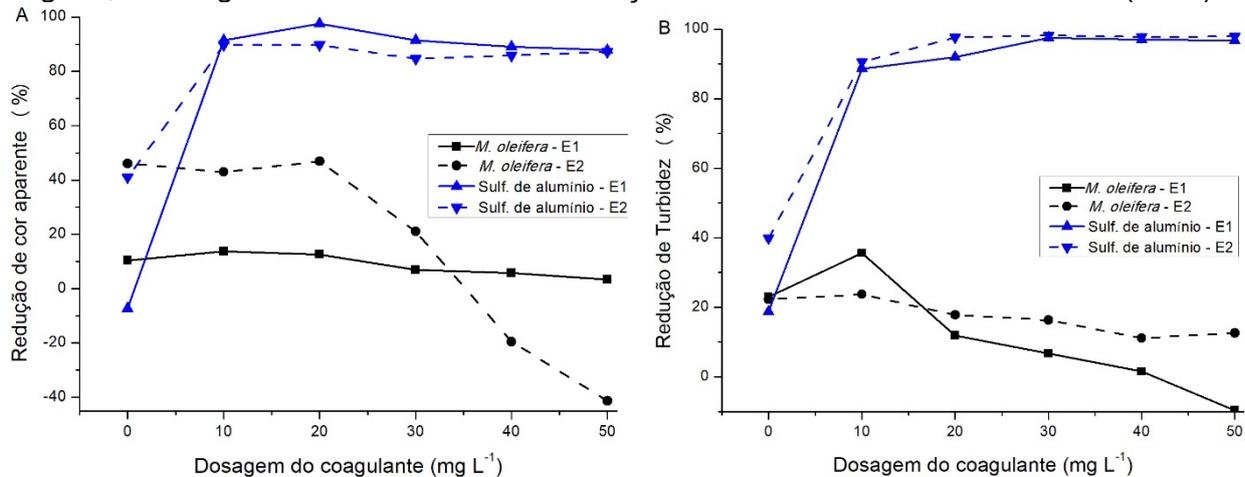
após a sedimentação, o que não foi observado em um dos ensaios utilizando o coagulante extraído de sementes de *Moringa oleifera* nas dosagens de 40 e 50 mg L⁻¹.

Figura 3. Cor aparente (uH) em função das cinco dosagens com os dois coagulantes na concentração de 1% após 30 minutos de sedimentação para os dois ensaios (E1 e E2).



Os resultados apresentados na **Figura 4**, representando a eficiência para redução de cor aparente (A) e turbidez (B) demonstram que a coagulante *Moringa oleifera* não ocasionou elevadas reduções para tais parâmetros, com reduções máximas na faixa de 40%, enquanto o sulfato de alumínio resultou em reduções acima de 85% em todas as dosagens. A etapa de coagulação e floculação para águas com baixos valores de turbidez não apresenta bons resultados, pois os flocos formados demonstram dificuldade para decantar (BAWA et al., 2001), o que pode ser confirmado com o uso da *Moringa oleifera* através da análise da **Figura 4**, que representa até mesmo valores negativos para redução de tais parâmetros, indicando que além da não formação de bons flocos, a adição do coagulante aumentou o valor dos parâmetros avaliados nas dosagens mais elevadas.

Figura 4. Eficiências (%) na diminuição de (A) cor aparente e (B) turbidez em função das dosagens, do coagulante utilizado na concentração de 1% e dos ensaios efetuados (1 e 2).



pH

Após os processos de coagulação, floculação e sedimentação, não ocorreu redução significativa no pH com o coagulante *Moringa oleifera*. Os valores variaram de 7,0 à 6,9. Ndabigengesere e Narasiah (1996) afirmam que o uso da *M. oleifera*, quando comparado com o sulfato de alumínio, não altera significativamente o pH da água tratada.

Os valores de pH com o sulfato de alumínio apresentaram uma variação entre 6,8 e 6,4. De acordo com Coral, Bergamasco e Bassetti (2009), para o sulfato de alumínio, observou-se uma redução de pH conforme aumento da concentração, o que pode ser justificado pelo fato de o sulfato de alumínio ser um coagulante ácido, podendo abaixar drasticamente o pH da solução.

Comentários finais

Os resultados desse estudo demonstram que para água bruta com baixos valores de turbidez e cor aparente o coagulante extraído de sementes de *Moringa oleifera* não garante reduções satisfatórias como ocorre para o sulfato de alumínio. Deve-se considerar que o extrato de *Moringa oleifera* ainda é obtido sem processamento que garanta o isolamento do grupo de proteínas, dentre elas a lectina, responsáveis pela coagulação. Tal fato contribui para o elevado aporte de sólidos e matéria orgânica na água a ser tratada, ocasionando, até mesmo, elevação dos valores de turbidez e cor aparente após o tratamento.

REFERÊNCIAS

APHA-American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21. ed. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2005.

BAWA, L. M.; DJANEYE-BOUNDJOU, G.; BOUKARI, Y.; SANI, A. Coagulação de algumas soluções húmicas ácidas pela *Moringa oleifera* Lam: efeito na exigência do cloro. **Boletim da Sociedade Química de Etiópia**, v. 15, n. 2, p. 119-129, 2001.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 04 maio 2017.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n. 2914 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 da União**, Brasília, 2011. Disponível em: < <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/maio/25/Portaria-MS-no-2.914-12-12-2011.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

BERGAMASCO, R. et al. Diagramas de coagulação utilizando *Moringa oleifera* lam e o sulfato de alumínio, visando remoção de cor e turbidez da água. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Recife, 2009.

BOLTO, B.; GREGORY, J. Organic polyelectrolytes in water treatment. **Water Research**. v. 41, n.11, p.2301-2324, 2007.

BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da *Moringa oleifera* lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. 2001. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001.

CAMACHO, F. P. et al. The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. **Chemical Engineering Journal**, v. 313, p. 226-237, 2007.

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**, v. 3, n. 2, p. 193-198, 2008.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R.; BASSETTI, F. J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. In: **Internacional Workshop Advances in Cleaner Production**. p. 20-22, 2009.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos–SP: LDiBe, v. 1, p. 817-1016, 2008.

FERREIRA, P. C. et al. Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**. v. 16, n. 1, p. 151-157, 2008.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2006.

OKUDA, T. et al. Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed. **Water Research**, v. 33, n. 15, p.3373-3378, 1999.

MADRONA, G.S. **Estudo da extração/purificação do composto ativo das sementes da Moringa oleifera Lam e sua utilização no tratamento de água de abastecimento.** 2010. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S. Influence of parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. **Environmental Technology**, London, v.7, n.10, p.1103-1112, 1996.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2001.

PRICE, M. L. **The moringa tree.** Publicado em 1985, revisado em 2007. Disponível em: https://www.chenetwork.org/files_pdf/Moringa.pdf Acesso em: 17 maio 2017.

PRITCHARD, M. et al. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 35, n. 13-14, p.791-797, 2010.

SANTOS, E. P. C. C.; TEIXEIRA, A R.; ALMEIDA, C. P. Estudo da coagulação aplicada à filtração direta descendente. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)**, v. 12, n. 4, p. 361-370, 2007.

VALVERDE, K. C., et al. Estudo da clarificação da água superficial por meio da associação dos agentes coagulantes *moringa oleifera* lam e policloreto de alumínio. **e-xacta**, v. 9, n. 2, p. 1-8, 2016.

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**, v. 35, n. 3, p. 485-489, 2013.

Recebido em: 10/05/2019

Aprovado em: 10/09/2019