

Tratabilidade de Água Superficial Utilizando Coagulantes Naturais à Base de Tanino e Extratos de Sementes de *Moringa oleifera*

Treatability of Surface Water Using Nature Coagulants Based on Tannin and Extract of Seeds of oleiferous *Moringa*

Thalles Vicente Barbosa Gomes^{a*}; Tamara Daiane de Souza^a; Patricia Feliciano Braga Bruzze^a

^aUniversidade do Estado de Minas Gerais, Faculdade de Engenharia, Campus João Monlevade. MG, Brasil.

*E-mail. thallesbarbosa@live.com

Resumo

O presente trabalho visa apresentar considerações sobre uma estratégia simplificada de tratamento de águas superficiais, empregando tanino Tanfloc SG e extrato de sementes de *Moringa oleifera* como coagulantes primários na tratabilidade dessa água para fins não nobres. Para avaliar a viabilidade do emprego destes coagulantes biodegradáveis e fazer um estudo comparativo entre a utilização deles foram realizados ensaios, utilizando o aparelho Jar Test com diferentes concentrações dos coagulantes e medições da turbidez em intervalos de sedimentação de 2 horas, além de diferentes faixas de pH. A *Moringa oleifera* não mostrou viabilidade na tratabilidade da água superficial. Verificou-se que a concentração de 5mg.L⁻¹ de tanino Tanfloc SG, para um tempo de sedimentação de 2 horas, foi a que proporcionou a maior redução de turbidez (79%). A partir de diferentes faixas de pH (5 e 9), a *Moringa oleifera* não apresentou nenhuma eficiência. Já o tanino mostrou viabilidade, sendo que em pH 5 houve uma redução de 87,9% e em pH 9 a redução da turbidez foi de 87,72%. Os estudos referidos, no presente trabalho, sugerem haver um maior potencial de aplicação do tanino como coagulante primário, por ter apresentado maior viabilidade no tratamento da água bruta em relação ao extrato de sementes de *Moringa oleifera*.

Palavras-chave: Turbidez. *Moringa oleifera*. Tanino.

Abstract

The aim of the present study is to present considerations on a simplified surface water treatment strategy using Tanfloc SG tannin and *Moringa oleifera* seed extract as primary coagulants in the treatability of this water for non-noble purposes. To evaluate the viability of the use of these biodegradable coagulants and to make a comparative study between the use of them, tests were performed using the Jar Test apparatus with different concentrations of coagulants and turbidity measurements in sedimentation intervals of 2 hours and different pH ranges. *Moringa oleifera* showed no viability in the surface water treatability. It was verified that the concentration of 5mg.L⁻¹ of tanfloc SG tannin, for a settling time of 2 hours, was the one that provided the greatest turbidity reduction (79%). From different pH ranges (5 and 9), *Moringa oleifera* showed no efficiency. The tannin showed viability, and at pH 5 there was a reduction of 87.9% and at pH 9 the turbidity reduction was 87.72%. The studies referred to in this work suggest that there is a greater potential for the application of tannin as a primary coagulant, as it has been shown to be more viable in the treatment of crude water regarding the *Moringaoleifera* extract.

Keywords: Turbidity. *Moringa oleifera*. Tannin.

1 Introdução

Grande parte das estações de tratamento de água utiliza na etapa de coagulação/floculação o sulfato de alumínio como agente coagulante. No entanto, existem estudos como de Silva (1999) e Libânio (2008), que relacionam o uso deste coagulante com doenças neurológicas, comprometendo a saúde pública. Há, ainda, a elevação dos custos nas estações para a correção do potencial hidrogeniônico (pH) da água devido às propriedades químicas que tal processo acarreta. Assim, os coagulantes naturais surgem como alternativa promissora, pois apresentam várias vantagens em relação aos coagulantes químicos, sendo biodegradáveis, não tóxicos e geram lodo em menor quantidade e com menores teores de metais.

Além disso, via de regra não alteram o pH da água, apresentam boa remoção de cor e turbidez e também promovem expressiva remoção de bactérias (Nwaiwu; Lingmu,

2011). Como desvantagens ainda apresentam maior custo de aquisição devido ao fator de escala de produção.

A *Moringa oleifera* pertence à família Moringaceae, composta de apenas um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies conhecidas, nativa do norte da Índia, ela cresce em vários países dos trópicos e seu fruto é uma espécie de vagem, com três faces (diferentes de uma vagem normal, que tem duas faces), e grande número de sementes (BEZERRA; MOMENTÉ; MEDEIROS FILHO, 2004).

Para a clarificação da água, a aplicabilidade da *M. oleifera* tem sido objeto de vários estudos (MUYIBI; EVISON, 1995a,b; NDABIGENGESERE; NARASIAH; TALBOT, 1995). Atualmente, as sementes da *M. oleifera* têm sido bastante utilizadas na remoção da cor e turbidez de águas, principalmente, em comunidades rurais, nas quais não ocorre o tratamento da água. Quando coletada para uso doméstico, a água de mananciais superficiais pode conter impurezas, particularmente na estação chuvosa, pois a água carrega

sedimentos, partículas em suspensão, dissolvidas e coloidais, além de micro-organismos e outros contaminantes, que podem causar danos à saúde humana (ARANTES; RIBEIRO; PATERNIANI, 2012).

O tanino utilizado nesta pesquisa é extraído da casca da árvore *Acacia mearnsi* de Wild (acácia negra), que possui altas concentrações deste coagulante e é árvore facilmente encontrada no Brasil. Os taninos são definidos como moléculas fenólicas biodegradáveis com capacidade de formar complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais (BELTRÁN-HEREDIA; SANCHEZ-MARTIN; MARTIN-SANCHEZ, 2011).

Neste trabalho, o coagulante tanino foi cedido, gratuitamente, pela empresa TANAC[®], que produz o tanino Tanfloc SG, que pode ser definido como um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, de origem essencialmente vegetal e que atua como coagulante, floculante e auxiliar de coagulação no tratamento de águas em geral (TANAC[®], 2015)

Ainda, segundo a TANAC[®] (2015), o tanino Tanfloc SG atua em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este o processo responsável pela formação de flocos e consequente sedimentação e não altera o pH da água tratada, por não consumir a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma faixa de pH entre 4,5 a 8,0.

Diante do potencial dos coagulantes naturais, tanino Tanfloc SG e *M. oleifera*, o objetivo do trabalho se baseia em avaliar a eficiência destes na tratabilidade de água superficial, coletada no município de João Monlevade/MG, confrontando qual coagulante é mais eficiente e que garante, do ponto de vista técnico, a utilização desse processo alternativo, em vista dos processos convencionais de tratamento de água.

Ainda, com este trabalho será possível avaliar a influência de diferentes faixas de pH no uso do tanino Tanfloc SG e da *M. oleifera*. E desenvolver a concepção do uso de formas econômicas e biodegradáveis para o tratamento de águas superficiais. E com isso, fornecer subsídios para ações em saneamento ambiental como fator de melhoria da saúde pública, diminuindo o impacto ambiental causado pela aplicação desenfreada do sulfato de alumínio como coagulante.

2 Material e Métodos

A amostra de água superficial utilizada neste trabalho foi coletada em outubro de 2015 no Rio Santa Bárbara, localizado na bacia Hidrográfica do Rio Doce no município de São Gonçalo do Rio Abaixo - MG. A coleta ocorreu em período sem precipitação volumétrica, o que conferiu uma baixa turbidez na água bruta, que foi entre 1,0 e 7,0 NTU (unidade de turbidez nefelométrica).

Todas as fases do experimento foram conduzidas no Laboratório de Química da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG - Campus Faculdade de Engenharia de João

Monlevade - FaEnge). Com as sementes de *M. oleifera* foram preparados extratos obtidos com a trituração, em liquidificador, de 2 gramas da semente maceradas, sem casca, que foram adicionadas em 100 mL de água destilada (solução de 20 g.L⁻¹), sendo a suspensão, posteriormente, filtrada em malha de 1 mm. As soluções preparadas eram utilizadas no dia de seu preparo.

Da suspensão de 20 g.L⁻¹ preparada foram retiradas alíquotas de 1, 5, 10, 20 e 25 mL e aplicadas em 500 mL da amostra de água superficial em análise. De modo que equivalem a concentrações de 0,04; 0,2; 0,4, 0,8 e 1 g.L⁻¹ respectivamente. Em seguida, as suspensões foram misturadas nos jarros e colocadas em agitação no Jar Test, permanecendo por 15 segundos sob agitação a 160 rotações por minuto (rpm) e, posteriormente, por 10 minutos, sob agitação a 15 rpm.

Realizou-se outro ensaio com extrato de sementes de *M. oleifera*, com a mesma metodologia descrita por Lo Monaco *et al.* (2010), com tempo de sedimentação de 2 horas, porém com concentrações de 0,12; 0,16; 0,2; 0,24; 0,28 g.L⁻¹.

Por fim, realizou-se o último ensaio de coagulação/floculação com sementes de *M. oleifera*, utilizando novamente a metodologia aplicada por Lo Monaco *et al.* (2010), com o tempo de sedimentação de 2 horas, com concentrações de 0,5; 1; 2; e 3 mg.L⁻¹.

Para avaliar a eficiência do tanino como agente coagulante, em amostra de água superficial com pH natural, optou-se por fazer alguns testes com diferentes proporções de diluição, para que fosse possível obter a proporção ideal, com maior qualidade na água tratada e melhor custo benefício.

Foi preparada uma solução concentrada de 1g.L⁻¹ do coagulante e se retirou uma alíquota de 10mL e esta foi transferida em um balão volumétrico de 100mL, completando o volume com água destilada, obtendo uma concentração de 0,1 g.L⁻¹.

Da suspensão da solução de 1g.L⁻¹ preparada com tanino Tanfloc SG, retiraram-se alíquotas de 10, 25 e 50 mL e estas foram aplicadas em 500 mL da amostra de água superficial. De modo que equivalem a 20, 50 e 100 mg.L⁻¹ respectivamente.

Da suspensão da solução de 0,1 g.L⁻¹ preparada com tanino Tanfloc SG, retiraram-se alíquotas de 25 e 50 mL e estas foram aplicadas em 500 mL da 2ª amostra de água pluvial. De modo que equivalem a 5 e 10 mg.L⁻¹ respectivamente. Em seguida, as amostras com concentrações de coagulantes naturais foram misturadas nos jarros e colocadas em agitação no Jar Test, permanecendo por 15 segundos sob agitação de 160 rpm e, posteriormente, por 10 minutos, sob agitação a 15 rpm.

As suspensões foram mantidas por períodos de 2 horas em repouso para a sedimentação do material. Decorrido o período, amostras do sobrenadante foram retiradas para medição da turbidez. Realizou-se outro ensaio utilizando tanino Tanfloc SG, com a mesma metodologia descrita anteriormente, porém nas concentrações de 0,5; 1; 2; 3 e 4 mg.L⁻¹.

Com intuito de avaliar o desempenho dos coagulantes

naturais em diferentes faixas de pH, foi realizado o ensaio de coagulação em amostra de água superficial com o pH alterado. Alterou-se o pH da amostra de água superficial utilizando solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) a 10% para tornar o pH da amostra básico e se utilizou uma solução de Ácido Clorídrico (HCl) a 10% para tornar o pH da água ácido. Para a amostra, com caráter básico, obteve-se pH com valor 9, e para amostra com caráter ácido se obteve um pH com valor 5.

Utilizaram-se concentrações de solução de extrato de sementes de *M. oleifera* com valor de 0,04 g.L⁻¹. Para a realização deste ensaio se utilizou a solução de tanino Tanfloc SG com concentração de 4 mg.L⁻¹.

3 Resultados e Discussão

3.1 Ensaio de sedimentação com extrato de sementes de *M. oleifera*

Os ensaios de sedimentação simples da água coagulada demonstraram que a utilização do extrato de sementes de *M. oleifera* não mostrou viabilidade, em nenhuma concentração utilizada, na remoção da turbidez da água bruta, como pode ser visto nos Quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1 - Valor da turbidez da amostra de água superficial após 2h de sedimentação da utilização do coagulante de extrato de sementes de *M. oleifera* nas concentrações de 0,04; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0 g.L⁻¹, em que o valor da turbidez da água bruta era igual a 4,45 NTU.

| Concentração da solução do extrato de sementes de <i>M. oleifera</i> (g.L ⁻¹) | Turbidez da amostra de água superficial (NTU) |
|---|---|
| 0,04 | 17,09 |
| 0,2 | 50,55 |
| 0,4 | 69,78 |
| 0,8 | 79,21 |
| 1,0 | 81,88 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 2 - Valor da turbidez da amostra de água superficial após 2h de sedimentação da utilização do coagulante de extrato de sementes de *M. oleifera* nas concentrações de 0,12; 0,16; 0,2; 0,24; 0,28 g.L⁻¹, em que o valor da turbidez da água bruta era igual a 4,45 NTU.

| Concentração da solução do extrato de sementes de <i>M. oleifera</i> (g.L ⁻¹) | Turbidez da amostra de água superficial (NTU) |
|---|---|
| 0,12 | 35,24 |
| 0,16 | 45,75 |
| 0,2 | 50,90 |
| 0,24 | 52,87 |
| 0,28 | 55,54 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 3 - Valor da turbidez da amostra de água superficial após 2h de sedimentação da utilização do coagulante de extrato de sementes de *M. oleifera* nas concentrações de 0,5; 1; 2; 3 mg.L⁻¹, em que o valor da turbidez da água bruta era igual a 1,07 NTU.

| Concentração da solução do extrato de sementes de <i>M. oleifera</i> (mg.L ⁻¹) | Turbidez da amostra de água superficial (NTU) |
|--|---|
| 0,5 | 1,60 |
| 1,0 | 2,09 |
| 2,0 | 2,71 |
| 3,0 | 2,80 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme mostram os Quadros 1 a 3, o uso do extrato de sementes de *M. oleifera* não apresentou resultados na redução da turbidez da água bruta em nenhuma das diversas concentrações utilizadas neste trabalho. Percebe-se, ainda, a relação entre o aumento na turbidez com o aumento da dosagem de *M. oleifera*, uma vez que a maior dosagem (1,0 g.L⁻¹) proporcionou o maior aumento do que a menor dosagem (0,5 mg L⁻¹).

Observações feitas por Lo Monaco *et al.* (2010) concluem que os valores finais de turbidez foram muito próximos para as concentrações de 400, 800 e 1200 mg.L⁻¹ de sementes de *M. oleifera*, sendo mais conveniente utilizar a menor concentração, ou seja, a de 400 mg.L⁻¹. A dosagem ideal do extrato de sementes de *M. oleifera* encontrada por Lo Monaco *et al.* (2010) de 400 mg.L⁻¹ não apresentou a mesma viabilidade neste trabalho, em que ocorreu com a mesma concentração um aumento de 384% do valor da turbidez da água bruta.

O Quadro 4 mostra que o extrato de sementes de *M. oleifera* não apresentou bons resultados na remoção da turbidez da água superficial tanto em pH ácido quanto em pH básico.

Quadro 4 - Turbidez da amostra de água superficial em pH ácido e básico após 2 horas de sedimentação com o coagulante *Moringa oleifera* na concentrações de 0,04 g.L⁻¹

| Solução | Turbidez da amostra de água superficial (NTU) |
|---|---|
| <i>M. oleifera</i> 0,04g.L ⁻¹ pH 9 | 6,76 |
| <i>M. oleifera</i> 0,04g.L ⁻¹ pH 5 | 8,07 |

Fonte: Dados da pesquisa

A turbidez da água bruta apresentava o valor de 4,39 NTU, sendo que com a utilização do extrato de sementes de *M. oleifera* tornou a turbidez da água superficial maior.

3.2 Ensaio de sedimentação com tanino Tanfloc SG

Com a utilização do tanino Tanfloc SG se observou uma melhor eficiência se comparado com o coagulante de extratos de sementes de *M. oleifera*. Na tabela 5 se pode notar que com a utilização do tanino Tanfloc SG houve redução da turbidez da água bruta, quando se utilizadas as menores concentrações:

Quadro 5 - Valor da turbidez da amostra de água superficial após 2h de sedimentação da utilização do coagulante tanino Tanfloc SG nas concentrações de 5; 10; 20; 50 e 100 mg.L⁻¹, em que o valor da turbidez da água bruta era igual a 6,76 NTU.

| Concentração da solução do tanino Tanfloc SG (mg.L ⁻¹) | Turbidez da amostra de água superficial (NTU) |
|--|---|
| 5,0 | 1,42 |
| 10,0 | 2,14 |
| 20,0 | 2,42 |
| 50,0 | 6,59 |
| 100,0 | 7,65 |

Fonte: Dados da pesquisa

A partir do melhor valor encontrado na redução da turbidez, que foi de 5mg.L⁻¹ (redução de 79%), realizou-se uma nova batelada de testes com concentrações menores, a fim de encontrar uma dosagem ideal, o que pode ser visto no Quadro 6:

Quadro 6 - Valor da turbidez da amostra de água superficial após 2h de sedimentação da utilização do coagulante tanino Tanfloc SG nas concentrações de 0,5; 1; 2; 3 e 4 mg.L⁻¹, em que o valor da turbidez da água bruta era igual a 1,25 NTU.

| Concentração da solução do tanino Tanfloc SG (mg.L ⁻¹) | Turbidez da amostra de água superficial (NTU) |
|--|---|
| 0,5 | 0,93 |
| 1,0 | 2,80 |
| 2,0 | 1,20 |
| 3,0 | 1,01 |
| 4,0 | 0,67 |

Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro 6 nota-se que concentrações menores que 5mg.L⁻¹ não demonstraram maior viabilidade na remoção da turbidez, sendo que a concentração de 4mg.L⁻¹ foi a que mais apresentou redução da turbidez (apenas 25,6%), valor muito aquém da utilização da concentração de 5mg.L⁻¹.

Em pH ácido e básico, em amostra de água superficial, o tanino Tanfloc SG apresentou viabilidade na remoção da turbidez, como pode ser observado no Quadro 7.

Quadro 7 - Turbidez da amostra de água superficial em pH ácido e básico após 2 horas de sedimentação com o coagulante *Moringa oleifera* na concentrações de 0,04 g.L⁻¹

| Solução | Turbidez da amostra de água superficial (NTU) |
|--|---|
| Tanino Tanfloc SG 4mg.L ⁻¹ pH 9 | 0,54 |
| Tanino Tanfloc SG 4mg.L ⁻¹ pH 5 | 0,53 |

Fonte: Dados da pesquisa.

A amostra de água superficial apresentava turbidez de 4,39 NTU, sendo que no pH 5 e 9 houve redução de 87,9% e 87,7%, respectivamente, na turbidez da amostra de água bruta.

4 Conclusão

A solução coagulante obtida do extrato das sementes de *M. oleifera* não é eficiente para tratar águas com turbidez

baixas, como a utilizada nesta pesquisa, que variou entre 1,0 e 7,0 NTU. Observou-se relação linear entre níveis de turbidez inicial da água com o aumento da dosagem da solução de *M. oleifera*. Ainda, sobre a *M. oleifera*, não se observou melhores reduções da turbidez da água estudadas em diferentes faixas de pH.

Em relação ao coagulante tanino Tanfloc SG, este demonstrou grande potencial na tratabilidade de água, sendo encontrada uma concentração ideal de 5mg.L⁻¹, para um tempo de sedimentação de 2 horas, como de maior viabilidade, proporcionando remoção de 79% na turbidez. Também demonstrou eficiência em diferentes faixas de pH, em que pH 5 houve uma redução de 87,9% e em pH 9 a redução da turbidez foi de 87,72%.

Portanto, para aplicação na remoção de partículas sólidas em suspensão em águas com baixas turbidez se deve optar pela utilização do coagulante tanino.

Referências

- ARANTES, C.C.; RIBEIRO, T.A.; PATERNIANI, J.E.S. Processamento de sementes de Moringa oleifera utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante. *Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.*, v.16, n.6, p.661-666, 2012.
- BELTRÁN-HEREDIA, J.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J.; MARTÍN-SÁNCHEZ, C. Remediation of dye-polluted solutions by a new tannin-based coagulant. *Ind. Engin. Chem. Res.*, v.50, p.686-693, 2011.
- BEZERRA, A.M.E; MOMENTÉ, V.G; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. *Horticul. Bras.*, v.22, n.2, p.295-29, 2004.
- LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. Campinas: Átomo, 2008.
- 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-Água*, v.5, n.3, p.222-231, 2010.
- MUYIBI, S.A.; EVISON, L.M. Moringa oleifera seeds for softening hardwater. *Water Res.*, v.29, n. 12, p.1099-1104, 1995a.
- MUYIBI, S.A.; EVISON, L.M. Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with Moringa oleifera seeds. *Water Res.*, v.29, n.12, p.2689-2695, 1995b.
- NDABIGENGESERE, A. NARASIAH, K.S.; TALBOT, B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera. *Water Res.*, v.29, n.2, p.706-710, 1995.
- NWAIWU, N.E., LINGMU, B. Studies on the effect of settling time on coliform reduction using moringa oleiferaseed powder. *J. Appl. Sci. Environ. Sanitation*, v.6, n.32, p.279-286, 2011.
- SILVA, T.S.S. *Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e esgoto*. São Paulo: Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 1999.
- TANAC. Tratamento de águas. 2015. Disponível em: <<http://www.tanac.com.br>>. Acesso em: 14 set. 2016.