



Periódico da Universidade Vale do Rio Verde

ISSN: 2526-690X
v. 2 | n. 2 | 2018

Magno Deyvisson Arcanjo Batista
Engenheiro Ambiental e Sanitarista
mdarcanjo14@gmail.com

Éder Galdino Furtado Júnior
Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária- UFLA
ederedergaldino@hotmail.com

Camila Silva Franco
Prof(a). Dra. Departamento Engenharia Agrícola UFLA
camila.sfranco@deg.ufla.br

POTENCIAL DE CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA COM ÓLEO E TORTA DE *Moringa oleifera*

Resumo: Objetivou-se neste trabalho avaliar o potencial de coagulação do óleo e da torta da semente de *Moringa oleifera* para clarificação de água para abastecimento. Para tal, a água bruta foi colocada em um recipiente, 15 L e adicionado 90 g de solo peneirado, 0,25 mm. A mistura foi agitada e após uma hora foram coletados 9 litros de água turva com um sifão. Após o (Jartest) com as concentrações 0; 34; 64; 200; 400 e 600 mg/L de torta de moringa, trituração e peneirada (0,5mm). Para o óleo foram utilizadas as concentrações 0,0; 0,67; 3,33; 6,67; 13,33 e 20,0 mL/L. A mistura rápida em 340 rpm e a lenta a 40 rpm. Após 1 hora, foram coletadas amostras para análises de DQO, cor, turbidez por e pH. Os resultados de coagulação com torta de *Moringa oleifera* demonstraram não alterar no pH na água. A redução de turbidez foi de 62% e 24% para cor. A concentração ideal da torta de semente de moringa foi 393 mg/L. Houve incremento de 355% da DQO pela adição de torta, após a sedimentação, no entanto para os ensaios de coagulação com o óleo da semente, a eficiência de remoção de turbidez foi de 6%. Conclui-se, que a torta da semente de *Moringa oleifera* pode ser utilizada na coagulação de água para abastecimento, enquanto que o óleo não apresentou eficiência na clarificação da água.

Palavras-chave: Coagulante natural. tratamento de água. Jartest. Incremento de DQO. Eficiência na clarificação da água.

POTENTIAL OF CLARIFICATION OF WATER BY COAGULATION WITH OIL AND PIE OF SEED *Moringa oleifera*

Abstract: The objective of this work was to evaluate the potential of coagulation of the oil and the seed cake of *Moringa oleifera* to clarify water for supply. To this end, the raw water was placed in a 15 L container and 90 g of sieved soil added, 0.25 mm. The mixture was stirred and after one hour 9 liters of turbid water were collected with a siphon. After (Jartest) with concentrations 0; 34; 64; 200; 400 and 600 mg/L of moringa, crushed and sifted pie (0.5mm). For the oil, the concentrations 0,0 were used; 0.67; 3.33; 6.67; 13.33 and 20.0 mL / L. The fast mixing at 340 rpm and slow at 40 rpm. After 1 hour, samples were collected for analysis of COD, color, turbidity and pH. The results of coagulation with *Moringa oleifera* pie showed no changed in pH in water. The turbidity reduction was 62% and 24% for color. The ideal moringa seed cake concentration was 393 mg / L. There was a 355% increase in COD by the addition of pie, after sedimentation, however for seed oil coagulation assays, the turbidity removal efficiency was 6%. It is

concluded that the *Moringa oleifera* seed cake can be used in the coagulation of water for supply, while the oil did not have an efficiency in water clarification.

Keywords: Natural Coagulant. Water Treatment. Jartest. COD Increase. Efficiency in Water Clarification.

Recebido em: 18/11/2018 - Aprovado em: 12/12/2018 - Disponibilizado em: 19/12/2018

INTRODUÇÃO

A falta do tratamento de água propicia o surgimento e a permanência de inúmeras enfermidades. As doenças de veiculação hídrica, como cólera, difteria, esquistossomose afetam especialmente crianças, levando a muitos óbitos anualmente, especialmente em países em desenvolvimento, que não dispõe de saneamento básico em plenitude. A população carente é a mais afetada, devido à falta de conhecimento sobre seus direitos e inércia do poder público. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), em 2010, cerca de 1.915.292 domicílios ainda não dispunham de abastecimento de água adequado.

No meio rural o tratamento de água é ainda mais laborioso para ser executado, tendo a distância de estações de tratamento e o preço elevado para a distribuição. A população rural necessita de alternativas descentralizadas para o tratamento de água eficiente e de baixo

custo. Para os casos em que há necessidade das etapas de clarificação da água (coagulação seguida de floculação e decantação), a semente de *Moringa oleifera* é um coagulante alternativo e natural. Ela apresenta-se como uma alternativa interessante ao tratamento convencional devido ao seu baixo custo em relação aos coagulantes convencionais, boa eficiência na redução de turbidez e a espécie apresenta boa adaptação aos solos brasileiros, especialmente na região Nordeste.

Os coagulantes alternativos apresentam muitas vantagens em relação aos coagulantes tradicionalmente usados, porém há também desvantagens que não podem ser negligenciadas para que ao fim do método de escolha tenha-se a opção mais sensata. O incremento da matéria orgânica é um fator indesejado no tratamento de água, podendo levar a formação compostos cancerígenos após adição de cloro no processo de desinfecção.

Além de coagulante a semente de *Moringa oleífera* tem sido estudada para extração de óleo e geração de energia (KAFUKU; MBARAWA, 2010; PEREIRA, 2011). Neste processo, a torta é um subproduto da extração do óleo da moringa a partir da semente. Há poucas alternativas ao uso da torta da moringa, necessitando seu estudo para suas potencialidades econômicas e ambientais.

Na perspectiva de garantir o uso mais seguro da semente de *Moringa oleífera* como coagulante e evitar a formação de Trihalometanos (THM) após a cloração da água, a avaliação do óleo e seu subproduto (torta) como coagulantes em água de abastecimento são os objetos desta pesquisa.

Sendo o objetivo geral estudar o potencial de utilização da Torta da Semente de Moringa (TSM) e do Óleo da Semente de Moringa (OSM) como coagulante no tratamento de águas turvas e verificar o incremento da DQO na água clarificada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Qualidade da Água pertencente ao Núcleo de Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de

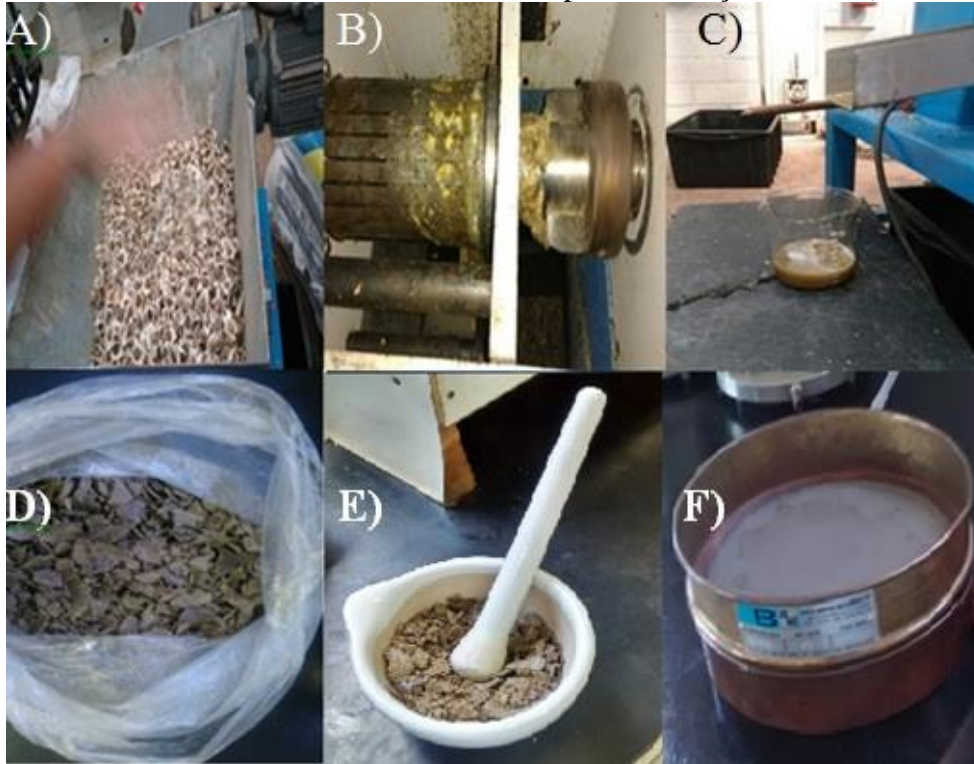
Lavras, no período de 05 a 16 de fevereiro de 2018.

Para a obtenção da torta, inicialmente foi realizada a extração do óleo a partir da prensagem a frio da semente, realizada no galpão do Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais, Gorduras e Biocombustíveis (G-Óleo). Para tal, empregou-se uma prensa extratora ERT 100 III com capacidade de produção de 180 kg/h, sendo o óleo da moringa extraído mecanicamente à frio, e as sementes processadas em triplicata para retirada de cerca de 90% de seu conteúdo oleico. A torta obtida foi então triturada manualmente e peneirada em peneira de 0,5 mm (Figuras 1A, B, C, D, E, F) e o óleo foi filtrado a frio.

A coleta da água foi realizada nos dias 7 e 8 de fevereiro de 2018, no Ribeirão Vermelho, localizado no município de Lavras – MG, nas coordenadas UTM Fuso 23 K 500893.55 E 7652484.45 S. A água foi turvada em laboratório sendo que, para cada repetição, foram transferidos 15 L da água coletada para um recipiente onde foram adicionados 90g de solo, previamente peneirado em peneira de 0,25 mm. O procedimento foi realizado com a finalidade de simular a turbidez e para que

a mesma fosse padronizada em todos os ensaios.

Figura 1 - Etapas para obtenção da torta (A: Trituração da semente da moringa; B: Prensagem; C: Óleo da semente da moringa; D: torta da semente da moringa; E: Trituração manual da torta; F: Peneira utilizada após a trituração da torta).



Fonte: Do autor (2018)

O solo foi coletado próximo as margens do Ribeirão Vermelho em Lavras e foi analisado no Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras em 11 de abril do mesmo ano. A análise granulométrica foi realizada com o

método da peneiração, o carbono orgânico e a matéria orgânica foram obtidos através do método da oxidação: ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4N+ H_2SO_4 10N).

As características do solo utilizado estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1-Características físicas do solo utilizado

Atributos do Solo	Concentração (dag/kg)
Matéria Orgânica	3,71
Carbono Orgânico	2,15
Areia Grossa	4,7
Areia Fina	55,3
Silte	14,00
Argila Textura Média	26,00

Fonte: Do autor (2018).

Em seguida a adição do solo, foi feita agitação manual e após permanecer em descanso por 1 hora, com o auxílio de um sifão, o sobrenadante foi transferido para um outro recipiente 9 L da mistura. Desta forma apenas os colóides suspensos foram desestabilizados no ensaio de coagulação que se apresenta na sequência.

Os ensaios foram conduzidos em equipamento Jartest, com pás de dimensões 2,5 x 7,5 cm, 6 jarros de acrílico de dimensões 11,5x11,5x21,0 cm, com capacidade de 2777 mL, cada uma delas preenchidas com 1500 mL de água turva. Cada jarro foi preenchido com da água bruta previamente preparada.

Foram preparadas cinco soluções com a Torta de Semente de Moringa, TSM, respectivamente de 500, 1000, 3000, 6000, 9000 mg e transferida para um balão volumétrico de 1 L sendo seu volume completado com água deionizada e agitado por inversão manual. Para o ensaio de coagulação foram utilizados 100 mL de cada solução, adicionadas aos jarros, com exceção do primeiro jarro correspondente à testemunha. As concentrações respectivamente: 0; 34; 64; 200; 400 e 600 mg/L de torta de moringa, triturada e peneirada (0,5mm) foram utilizados esses intervalos de concentrações por terem grande amplitude e caso seja ainda maior a concentração

torna-se inviável a pois acrescentará quantidade significativa de matéria orgânica na água, sendo indesejável no tratamento de água. (Figura 2).

Para o ensaio de coagulação com o Óleo de Semente de Moringa, OSM, foram pipetadas diretamente 0, 1, 5, 10, 20 e 30 mL do óleo diretamente no jarro contendo a água bruta. As concentrações respectivamente: 0,0; 0,67; 3,33; 6,67; 13,33 e 20,0 mL/L. As concentrações escolhidas seguem a justificativa análoga a torta da semente de moringa. A massa específica do óleo foi medida por meio da medição de seu volume (em proveta) e massa (em balança analítica). A massa específica para avaliar se haveria sedimentação ou flotação, uma vez que são imiscíveis.

A mistura rápida (coagulação) foi realizada a 340 rpm por 2 minutos a mistura lenta (floculação) foi a 40 rpm por 20 minutos. Após 1 hora de repouso (sedimentação) foram coletadas as amostras do sobrenadante para realização das análises conforme *Standard Methods* (APHA, 1999) de DQO por refluxo aberto e leitura em espectrofotômetro UV VIS ($\pm 0,01$) – método 5520 B, pH por potenciometria em pHmetro ($\pm 0,01$) – método 4500-H⁺ A, de bancada, turbidez por turbidimetria em turbidímetro portátil ($\pm 0,01$) – método 2130 B, e cor

verdadeira por colorimetria em método 2120 A. espectrofotômetro UV VIS ($\pm 0,01$) –

Figura 2-Cubetas do Jarrest com solução após sedimentação



Fonte: Do Autor (2018).

Os dados foram tratados por meio de estatística descritiva e regressão polinomial pelo Excel® versão 2010.

A eficiência da remoção da turbidez e da cor foram obtidas pelas seguintes equações (Eficiência - %) (foram obtidas a partir das equações 1 e 2).

Equação 1; Equação 2.

Eficiência de remoção de Turbidez (%)= **Eq. 1**

$[(\text{Valor na água bruta} - \text{Valor na água decantada}) / \text{Turbidez bruta}] \times 100 \text{ NTU}$

Eficiência de remoção da Cor (%) = **Eq. 2**

$[(\text{Valor na água bruta} - \text{Valor na água decantada}) / \text{Cor bruta}] \times 100 \text{ uH}$

Após ajustar a equação polinomial de segundo grau aos dados observados, a concentração ideal de TSM (ponto de máxima eficiência da curva) foi calculada pela primeira derivada igualada a zero,

conforme Teorema de Fermat. Se f tiver um máximo ou mínimo local em c , e $f'(c)$ existir, então $f'(c) = 0$ (STEWART, 2006). A eficiência máxima de remoção de cor foi calculada pela Equação 3.

$$Ec = [(CB - MC) / CB_{bruta}] \times 100 \text{ (uH)} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

CB= Cor Verdadeira Bruta.

MC= Menor cor bruta encontrada em água preparada após clarificação.

Ec= Eficiência máxima de remoção de cor.(%)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 2) a adição de TSM proporcionou redução nos valores de turbidez e cor na água bruta. Em relação a

concentração da demanda química de oxigênio (DQO) observou-se acréscimo desta variável e o potencial hidrogeniônico (pH) praticamente não sofreu alterações, uma vez que a adição de coagulante polimérico na água não consome alcalinidade, ao contrário do que se observa para os coagulantes químicos inorgânicos comumente utilizados, como o Sulfato de Ferro e Alumínio, no entanto, o acréscimo de matéria orgânica é notável.

A manutenção do pH sinaliza que não haverá necessidade de adição de alcalinizantes para o caso de utilização de TSM em uma planta de tratamento de água. Segundo Borba (2001) e Bathia et al. (2007), a utilização da semente de Moringa como coagulante não altera o pH e a condutividade da água, dispensando o uso de alcalinizantes, gerando menor custo no tratamento.

Tabela 2- Turbidez (T), eficiência de remoção de turbidez (ERT), cor, DQO, incremento de DQO (I. DQO) e pH da água coagulada com TSM

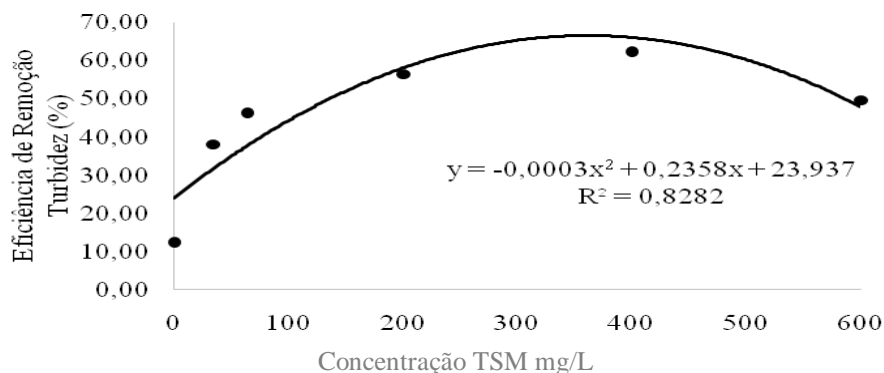
Concentração (mg/L)	T (UNT)	ERT (%)	Cor (uH)	DQO (mg/L)	I. DQO (%)	pH
0	59,63±6,9	12,41	309.93 ±89,93	7,32±3,01	-70,36	7.71±0.11
34	42,20 ±27,5	38,01	271.90±203,67	-	-	7.75±0.09
64	36,53 ± 37,97	46,34	286.91±98,71	-	-	7.60±0.36
200	29,65 ±16,97	56,45	317.93±145,76	94,22±42,84	281,55	7.72±0.15
400	25,20 ±10,06	62,32	325.94± 116,75	111,59±0,68	351,87	7.55±0.03
600	34,35 ±22,55	49,54	342.95± 133,20	112,39±23,2	355,11	7.49±0.00
Bruta	68,08±4,4	0,00	360.96±24,24	24,7±7,47	0,0	7.64±0.07

Fonte: Do autor (2018).

As crescentes concentrações de torta da semente de Moringa utilizadas proporcionaram boa redução de turbidez

chegando a apresentar uma eficiência máxima de 62,32% (Figura 3) na concentração 393mg/L.

Figura 1 – Eficiência de remoção de turbidez em função das concentrações de TSM



Fonte: Do autor (2018).

Pereira *et al.* (2011) trabalhando com água residuária da extração de petróleo obtiveram 96% de remoção de óleo utilizando TSM. A maior eficiência neste caso está relacionada com maiores valores de turbidez inicial nas águas residuárias, uma vez que representa maior quantidade de sítios de nucleação o que confere maior densidade ao floco formado e, portanto, maior eficiência na sedimentação.

A concentração ideal para coagulação da água bruta com a TSM encontrada foi de 393 mg/L, quando houve a eficiência máxima de redução de turbidez, 62,3%. Reis (2017) trabalhando com semente de *Moringa oleífera* para coagulação da água bruta da Lagoa de Abastecimento da UFLA obteve remoção máxima de turbidez de 62% com concentração ideal 497,5 mg/L. Franco *et al.* (2017). Utilizando semente de moringa triturada como coagulante obtiveram a concentração ideal de 292 mg/L e eficiência de remoção de turbidez de 90,5%, para águas com turbidez inicial próximas a 100 UNT. Neste trabalho, a turbidez bruta foi inferior (aproximadamente 70 UNT), o que justifica a queda na eficiência de clarificação observada. A literatura aponta a média de 250 mg/L e eficiência média de

remoção de turbidez de 80% (FRANCO, 2015).

A turbidez inicial interfere na eficiência de remoção de turbidez, águas com baixa turbidez não apresentam resultados tão positivos quanto águas de elevada turbidez. De acordo Bawa *et al.* (2001), o tratamento para águas de baixa turbidez é difícil devido a formação de flocos pouco sedimentáveis.

Os resultados aqui apresentados, vão de encontro ao obtido por LoMonaco *et al.* (2012), que ao trabalharem com água residuária de suinocultura com turbidez de 56,4 NTU obtiveram acréscimos na turbidez. A origem das sementes e a composição química dos efluentes podem ser os responsáveis por esse resultado contraditório. De acordo com Narasiah *et al.* (2002), sementes de *Moringa oleífera* de diferentes fontes podem apresentar diferentes desempenhos na coagulação devido a concentrações de proteínas variadas e desenvolvimento distintos das sementes.

A proteína catiônica responsável pela coagulação dos colóides presentes na água bruta por semente e TSM pode desnaturar com o tempo e a própria temperatura da prensa no momento da extração, por este motivo, os ensaios devem ser realizados com sementes e

tortas novas para que sua eficiência seja máxima. Os ensaios deste trabalho foram realizados quinze dias após a extração do óleo e preparação da torta, podendo-se inferir que a mesma teve alguma perda do seu potencial coagulante neste tempo. Bezerra et al. (2004) acreditam que as sementes de *Moringa oleifera* têm decaimento de suas qualidades com o armazenamento prolongado, recomendando utilizar sementes frescas.

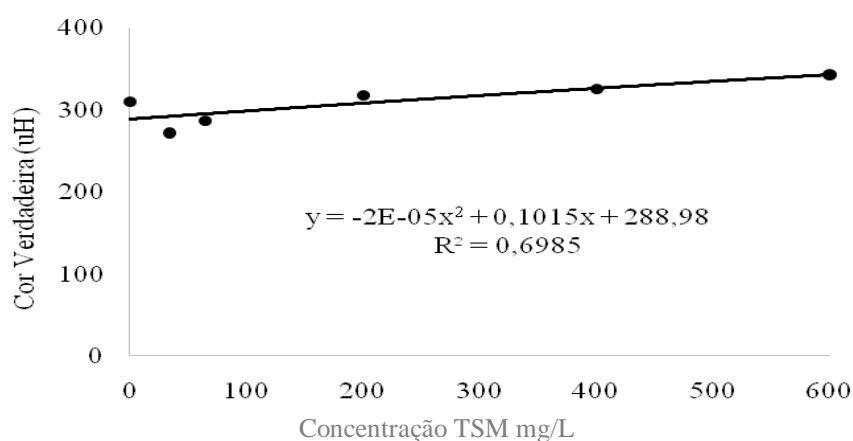
A redução da cor não foi tão relevante quanto o foi para turbidez, em função do tratamento utilizado, entretanto, em comparação com a água bruta as menores concentrações de torta proporcionaram maior redução de cor

(Figura 4) sendo que essa eficiência máxima de remoção de cor foi 24%, essa pequena variação de cor pode ser atribuída tanto ao tempo de armazenamento prévio da torta (15 dias), quanto ao incremento da cor provocado pela própria TSM.

Valverde *et al.* (2013) verificaram que na coagulação para águas de baixa relação cor/turbidez que a remoção de cor pelo processo de clarificação com *Moringa oleifera* é baixa.

A baixa remoção de cor na clarificação com TSM não chega a ser um problema para o tratamento de água de ciclo completo, uma vez que esta função é exercida, primordialmente, pela filtração, etapa que dá sequência à sedimentação.

Figura 4 - Efeito das concentrações de torta de semente de moringa sobre a variável cor

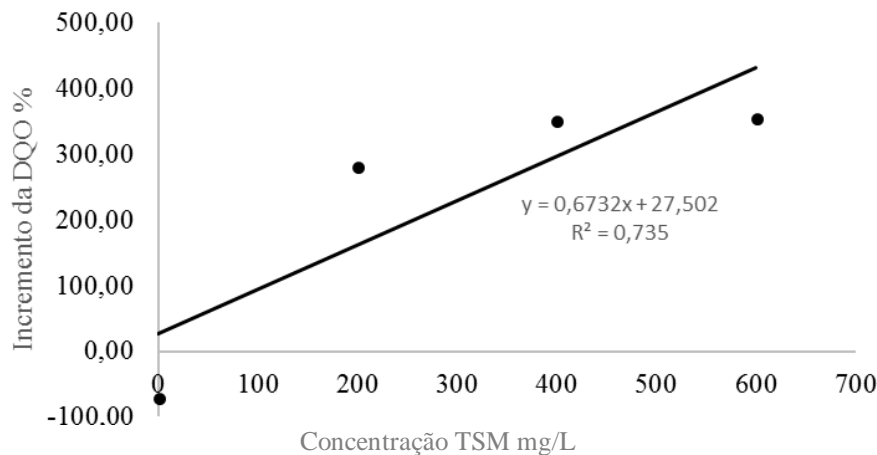


Fonte: Do Autor (2018).

O incremento máximo da DQO após a clarificação com TSM foi de 355% (Figura 5), enquanto que Reis (2017) ao trabalhar com semente de moringa

triturada utilizando água da lagoa de abastecimento da UFLA obteve o incremento na DQO de 163%.

Figura 5 – Incremento da demanda química de oxigênio (DQO) em função das concentrações de torta de moringa com ajuste linear



Fonte: Do Autor (2018).

Este incremento observado na DQO deve-se a presença de lipídeos e proteínas na TSM, deve-se ressaltar que a preocupação quanto a geração de THM deve ao emprego do Cloro como agente desinfetante, porém há outros métodos de desinfecção em que não há a geração de THM como a desinfecção por radiação ultravioleta. O incremento da matéria orgânica na água tem como consequência a colmatação dos filtros que exigirão maior frequência de retrolavagens. Segundo Aquino, Silva e Chernicharo (2006) existe uma relação positiva entre o aumento na concentração de proteínas, carboidratos e lipídeos e o aumento de DQO.

O incremento da DQO é algo indesejado no tratamento de água e pode gerar inconvenientes como a formação de

trihalometanos quando em contato com o cloro livre.

A matéria orgânica encontrada em mananciais superficiais é também conhecida como substâncias húmicas. Essas substâncias, quando em contato com o Cloro ou um de seus metabólitos secundários (na etapa de pré-oxidação ou desinfecção), reagem, e formam compostos orgânicos halogenados potencialmente cancerígenos, entre eles, encontram-se os trihalometanos (THMs) (ROSALÉM 2007).

No entanto, o processo de filtração que ocorre na sequência da decantação em uma estação de tratamento de água de ciclo completo pode reduzir a concentração de DQO adicionada na coagulação com TSM.

Ao se utilizar o óleo extraído da semente de *Moringa oleifera* como coagulante em águas com turbidez próxima a 70 UNT, massa específica calculada de 0,845 mg/mL, observou-se

que há pouca eficiência na clarificação (Tabela 4).

Tabela 1 - Valores de turbidez da água tratada com óleo da semente de moringa

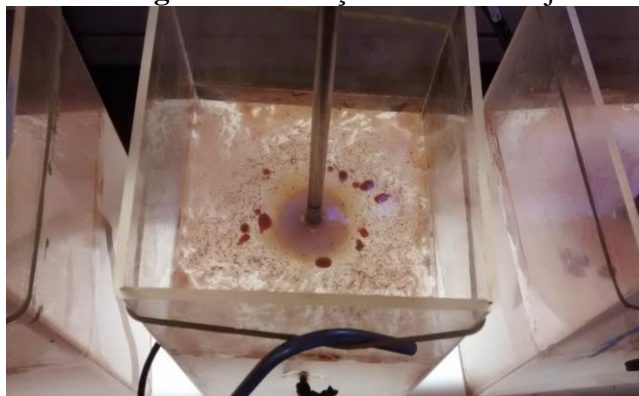
Concentração de óleo (ml L ⁻¹)	Turbidez (UNT)	Eficiência de remoção de turbidez (%)
Água Bruta	64,3±2,8	0,0
0,0	62,4±8,2	0,0
0,7	68,2±1,0	0,0
3,4	66,6±2,1	0,0
6,7	66,6±0,7	0,0
13,4	63,4±2,2	0,0
20	59,9±2,8	6,8

Fonte: Do Autor (2018).

No entanto, Pereira *et al.* (2011) observaram eficiências de 76% com concentração de 0,5 mL/L e etapa rápida a 1000 rpm em efluentes de poços de extração de petróleo com turbidez de 550 NTU em ensaio semelhante, ou seja, embora se observe na literatura dados de altas eficiência na clarificação de efluentes utilizando óleo de semente de *Moringa oleifera*, o mesmo não ocorre para águas de abastecimento com menores valores de turbidez bruta.

Isto pode ser explicado pela necessidade de sítios de nucleação de maiores densidades para promover a sedimentação do floco, uma vez que o óleo possui densidade inferior à da água conforme pode ser observado na Figura 6. Para processos de flotação, é provável que a coagulação com OSM promova altas eficiências de remoção de turbidez.

Figura 6 - Flotação do OSM no jarro



Fonte: Do Autor (2018).

CONCLUSÕES

A clarificação por TSM não promoveu alteração no pH, não necessitando de adição de alcalinizantes no processo de coagulação. Houve redução na turbidez 62,32% com a concentração ideal de 393 mg/L na água clarificada, enquanto que a remoção da cor foi baixa, com eficiência máxima de remoção de 24%, o que não compromete a utilização de TSM, uma vez que a etapa seguinte de filtração é responsável pela remoção de cor no tratamento de água de ciclo completo. Houve incremento elevado na DQO, 355% na concentração (600 mg/L) podendo inviabilizar o uso da torta de semente da moringa para tratamento de

água com desinfecção com cloro, embora o processo de filtração possa reduzir esta concentração de matéria orgânica.

O Óleo de Semente de Moringa (OSM) não proporcionou eficiência de remoção de turbidez em função de sua baixa massa específica, podendo ser indicado para estudos de clarificação por meio de flotação.

AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais, Gorduras e Biocombustíveis (G-Óleo) - UFLA.

Ao Laboratório de Qualidade da Água da Universidade Federal de Lavras.

REFERÊNCIAS

BATHIA, S., OTHMAN, Z., AHMAD, A. (2007b). Coagulation-flocculation process for POME treatment using Moringaoleiferaseeds extract: Optimization studies. **Chemical Engineering Journal**, Vol. 133, p. 205-212

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

BEZERRA, A. M. E.; MEDEIROS FILHO, S.; FREITAS, J. B.; TEÓFILO,

E. M. Avaliação da qualidade das sementes de Moringa oleífera Lam durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p. 1240-1246, 2004.

BORBA, L.R. **Viabilidade do uso da Moringa oleífera lam no Tratamento Simplificado de Água para Pequenas Comunidades**. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001.

FRANCO, C, S. **Sistema Alternativo de Tratamento de Água em Escala Descentralizada**. Tese (Doutorado em

Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

FRANCO, C. S et al; Coagulação com semente de *Moringa oleifera* preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. **Revista Sanitária e Ambiental**, Lavras, v 22, n. 4, p 781-788, 2017. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/319148828>> Acesso em 11 abr. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados do universo do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/tabelas_pdf/tab6.pdf> Acesso em: 30 mar 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados do universo do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/tabelas_pdf/tab6.pdf> Acesso em: 30 mar 2018.

KAFUKU, G.; MBARAWA, M. Alkaline catalyzed biodiesel production from moringa oleifera oil with optimized production parameters. **Applied Energy**, v. 87, n. 8, p. 2561-2565, 2010.

KAFUKU, G.; MBARAWA, M. Alkaline catalyzed biodiesel production from moringa oleifera oil with optimized production parameters. **Applied Energy**, v. 87, n. 8, p. 2561-2565, 2010.

LO MONACO, P.A.V et al. Ação Coagulante do Extrato de Sementes de Moringa Preparado em Diferentes Substâncias Químicas. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.20, n.5, p.453-459, 2012.

ROSALÉM, S, F. **Estudo de Identificação e Quantificação de Trihalometanos em Água de Abastecimento**. Tese (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

SANTANA, C. R. et al. Caracterização Físico-Química da Moringa (*Moringa oleifera* Lam), **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.55-60, 2010.

STEWART, J. **Cálculo**: Volume I. São Paulo, 5 ed. Ed. Cengage, 2006. 282 p.

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, v. 5, n. 3, p. 485-489, July-Sept., 2013.