



Uso de sementes de *Moringa oleifera* na remoção da turbidez de água para abastecimento

doi: 10.4136/ambi-agua.1439

Received: 25 Jun. 2014; Accepted: 02 Mar. 2015

Gustavo Lopes Muniz*; Francinete Veloso Duarte; Suelaine Barbosa de Oliveira

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Montes Claros, MG, Brasil
Instituto de Ciências Agrárias (ICA)

*Autor correspondente: e-mail: gustavolopesmuniz@yahoo.com.br,
francivel@hotmail.com, suelaine.barbosa@yahoo.com.br

RESUMO

A água utilizada para consumo humano pode conter várias impurezas e partículas sólidas em suspensão que elevam seu nível de turbidez. A *Moringa oleifera* Lam. é uma planta que tem potencial para ser usada como agente coagulante na remoção da turbidez. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de sementes de *Moringa oleifera* utilizadas com casca e sem casca na remoção da turbidez de águas com diferentes níveis de turbidez. Utilizaram-se águas com 70, 250 e 400 UNT inicial. O extrato de sementes de *Moringa oleifera* foi preparado utilizando sementes sem casca e sementes com casca, visando um procedimento simplificado e prático. Os tempos de sedimentação e as dosagens da solução coagulante utilizadas foram baseados em dados já existentes na literatura. Todos os tratamentos foram realizados com três repetições e as médias foram descritas em gráficos. Os resultados mostraram que o uso do extrato de sementes com casca foi mais eficiente na remoção da turbidez do que os tratamentos nos quais foram utilizadas sementes sem casca, havendo remoção de mais de 99% da turbidez inicial das amostras de água. Além disso, verificou-se uma relação direta entre eficiência de remoção da turbidez com o nível de turbidez inicial das amostras, visto que as sementes foram mais eficientes na remoção da turbidez de águas com nível de turbidez inicial maiores.

Palavras-chave: coagulante natural, sedimentação, tratamento de água.

Use of *Moringa oleifera* seeds for the removal of turbidity of water supply

ABSTRACT

Water used for human consumption may contain various impurities and solid particles in suspension that increase its turbidity level. *Moringa oleifera* Lam is a plant that has the potential to be used as coagulating agent in removing turbidity. The objective of this work was to evaluate the efficiency of *Moringa oleifera* seeds used in shells and without shells in the removal of turbidity from waters with different degrees of turbidity. Waters were used with 70, 250 and 400 initial NTU obtained synthetically. The extract of moringa seeds was prepared using unshelled and shelled seeds, seeking a simplified procedure and practice. The sedimentation times and dose of coagulant solution used were based on existing

recommendations in the literature. All treatments were performed with three replicates and the averages depicted in graphs. The results showed that the use of extract of moringa seeds in shells was more efficient than with unshelled seeds in the removal of turbidity of all treatments and that the shelled seeds removed more than 99% of the initial turbidity of the water samples. Furthermore, there was a direct relationship between turbidity removal efficiency and the level of initial turbidity of the samples. The seeds were more efficient in removing turbidity of the water with a higher level of initial turbidity.

Keywords: natural coagulant, sedimentation, water treatment.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as sementes da *Moringa oleifera* têm sido bastante utilizadas na remoção da cor e turbidez de águas para fins potáveis, principalmente em comunidades rurais onde 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 passíveis de causar danos à saúde humana (Arantes et al., 2012).

A *Moringa oleifera* Lam é uma planta pertencente à família Moringaceae que é composta apenas de um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies conhecidas; nativa do Norte da Índia desenvolve-se atualmente em vários países dos trópicos, possui rápido crescimento, se desenvolve bem em regiões secas, suporta longos períodos de estiagem, além de se adaptar a uma ampla faixa de solos (Dalla Rosa, 1993; Borba, 2001; Bezerra et al., 2004; Santana et al., 2010; Silva et al., 2011), cresce em regiões subtropicais secas e úmidas e também em regiões tropicais secas e florestas úmidas (Gallão et al., 2006).

Conforme Muyibi e Evison (1995), as sementes de *Moringa oleifera* têm sido uma alternativa viável no tratamento de água em substituição aos coagulantes químicos devido a suas propriedades coagulantes e a sua capacidade de remoção de bactérias. Nas estações de tratamento de água utilizam-se coagulantes químicos a base de alumínio nas etapas de coagulação/floculação, o que tem gerado passivo ambiental. De acordo com Paterniani et al. (2009), os coagulantes químicos, às vezes, não estão disponíveis a um preço razoável para as populações dos países em desenvolvimento sendo, o uso de coagulantes naturais, em geral de origem vegetal, uma alternativa para promover a coagulação de partículas presentes na água. Ainda segundo Amagloh e Benang (2009), o coagulante à base de sementes de moringa, por ser de origem natural, possui significativa vantagem, quando comparado ao coagulante químico, sulfato de alumínio, principalmente para pequenas comunidades, uma vez que pode ser preparado no próprio local.

As sementes de moringa contêm quantidades significativas de proteínas solúveis com carga positiva (Schwarz, 1996). Quando o pó das sementes é adicionado à água turva, as proteínas liberam cargas positivas atraindo as partículas carregadas negativamente, como barro, argila, bactérias, e outras partículas tóxicas presentes na água (Kallogo et al., 2001; Amagloh e Benang, 2009; Silva et al., 2011). As sementes de moringa comparadas com os sais de alumínio não alteram significativamente a alcalinidade nem o pH da água após o tratamento e não causam problemas de corrosão (Gallão, 2006), além de não ter o gosto modificado, o que torna a mesma palatável (Amaral et al., 2006).

Em alguns países em desenvolvimento a água dos rios utilizada para consumo pode, em geral, ser altamente turbida, sobretudo na estação chuvosa, contendo material sólido em suspensão, bactérias e outros microrganismos sendo que, a cada ano, milhões de crianças poderão morrer nesses países devido à utilização de água contaminada, sendo necessário então, que se remova a maior quantidade possível desses materiais antes de utilizá-la para consumo (Paterniani et al., 2009).

A eficiência de remoção da turvação nas etapas de coagulação/floculação utilizando a *Moringa oleifera* é dependente da turbidez inicial das amostras de água, sendo o potencial coagulante superior para valores muito elevados de turvação (Katayon et al., 2006; Bhatia et al., 2007).

Segundo as metodologias existentes na literatura, é indicado que se retire as cascas das sementes da *Moringa oleifera* para utilizá-las na coagulação/floculação, no entanto, esse processo torna-se complicado e dificultoso, principalmente nos locais onde não há um tipo de máquina que possa fazer o descascamento das sementes, tal processo acaba inviabilizando o uso das mesmas no tratamento da água, já que o descascamento manual requer muito tempo. Diante desse obstáculo, visando um procedimento mais simplificado e prático, objetivou-se nesse trabalho avaliar o efeito das sementes de *Moringa oleifera* com casca e sem casca na redução da turbidez de águas com diferentes níveis de turbidez.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Química Analítica do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da UFMG em Montes Claros - MG. As sementes de *Moringa oleifera* utilizadas foram colhidas em árvores situadas no ICA. As sementes foram coletadas em período de estiagem, evitando que uma umidade maior, proveniente de chuva, pudesse deteriorar as sementes ou possibilitar a proliferação de micro-organismos, interferindo na qualidade das mesmas (Arantes et al., 2012). Assim que coletadas, as sementes foram levadas para o laboratório ainda na vagem para o processo de beneficiamento.

O beneficiamento, inicialmente, consistiu em retirar as sementes da vagem. Posteriormente, parte destas sementes tiveram suas cascas removidas manualmente, outra parte permaneceu com a casca. Em seguida, as sementes foram trituradas em liquidificador doméstico conforme descrito por Ndabigengesere et al. (1995) e Katayon et al. (2006) e peneiradas para retirada de partículas maiores (Paterniani et al., 2009; 2010).

Visto que a eficiência das sementes de *Moringa oleifera* na remoção da turbidez depende do valor inicial da turvação das amostras de água (Katayon et al., 2006; Bhatia et al., 2007), buscou-se utilizar amostras de água com diferentes níveis de turbidez. Sendo assim, utilizaram-se amostras com: 70, 250 e 400 UNT, uma vez que as águas utilizadas para abastecimento podem ter valores de turbidez baixos a muito elevados, principalmente em épocas chuvosas, onde há maior variação da turbidez de águas superficiais. Para um controle mais rigoroso dos níveis de turbidez, optou-se por utilizar amostras de água com níveis de turbidez obtidos sinteticamente, conforme descrito por Arantes et al. (2012). O preparo da água foi feito manualmente adicionando determinadas quantidades de argila em 1 litro de água destilada e agitando com o auxílio de um bastão até a completa dissolução da argila. Após a agitação, a água foi mantida em repouso durante 10 min, recolhendo após esse período o sobrenadante. A quantidade de argila variou em função do nível de turbidez a ser atingido.

As quantidades de sementes de *Moringa oleifera* utilizadas e os tempos de sedimentação foram escolhidos baseados nos ensaios de Cardoso et al. (2008). Sendo assim, utilizou-se 250, e 500 mg de pó de sementes de moringa por litro de água turva com os seguintes tempos de sedimentação: 60, 90 e 120 min.

A solução coagulante foi preparada e utilizada no mesmo dia seguindo as recomendações de Ndabigengesere e Narasiah (1998). As quantidades de moringa foram pesadas em uma balança analítica e adicionadas em 20 ml de água destilada, formando assim uma mistura esbranquiçada e pastosa. Posteriormente, adicionou-se esta mistura em 1 litro de água turva, preparada anteriormente, agitando-se a mistura com um bastão. Logo em seguida os tratamentos foram levados para um agitador magnético uma velocidade de 1300 rpm durante 30 min.

Após a agitação a solução foi colocada para sedimentação utilizando-se os tempos já descritos anteriormente. Posterior à sedimentação retirou-se o sobrenadante e filtrou-se com auxílio de uma bomba a vácuo. Retiraram-se então alíquotas do filtrado para a análise da turbidez.

As análises foram feitas com três repetições e com base no Standard Methods (APHA et al., 2005). Para a expressão dos resultados descreveu-se as médias lidas dos tratamentos em gráficos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o pacote estatístico Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados - SISVAR (Ferreira, 2000), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Efetuou-se ainda uma regressão linear para verificar uma possível relação entre o valor de turbidez inicial e a melhor dosagem de coagulante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados da ANOVA pode-se constatar que houve interação significativa para os fatores tempo de sedimentação, nível de turbidez inicial x tipo de semente e tempo de sedimentação x tipo de semente, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da ANOVA para a turbidez final das amostras.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Turbidez inicial	2	23,535739	11,767869	3,279	0.0731
Dosagem	2	4,141225	4,141225	1,154	0.3039
Tempo	2	127,978372	63,989186	17,830	0.0003*
Tipo de semente	1	2,428403	2,428403	0,677	0.4268
Turbidez inicial x Dosagem	2	5,114850	2,557425	0,713	0.5100
Turbidez inicial x Tempo	4	8,404328	2,101082	0,585	0.6793
Turbidez inicial x Tipo de semente	2	40,367506	20,183753	5,624	0.0189*
Dose x Tempo	2	0,095317	0,047658	0,013	0.9868
Dosagem x Tipo de semente	1	3,174336	3,174336	0,884	0.3655
Tempo x Tipo de semente	2	37,261239	18,630619	5,191	0.0237*
Turbidez inicial x Dosagem x Tempo	4	5,985528	1,496382	0,417	0.7934
Erro	12	43,066722	3,588894		
CV (%):	61,05				
Média geral:	3,10				

**valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05(*) indicam diferença significativa ao nível de 5%. CV e média geral correspondem à variável turbidez final; GL: Graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrados médios; Fc: Teste de Fisher; Pr > Fc: probabilidade.

O desdobramento dos dados, feito pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, mostrou que o tratamento ideal foi aquele no qual se utilizaram 500 mg L⁻¹ de dosagem de *Moringa oleifera* com casca com um tempo de sedimentação de 120 min e turbidez inicial da água de 400 UNT, tratamento no qual foi observado um valor médio da turbidez final de 0,36 UNT. Já o tratamento menos eficiente, ou seja, que menos reduziu a turbidez da água, foi aquele no qual se utilizou 250 mg L⁻¹ de sementes de *Moringa oleifera* sem casca com um tempo de sedimentação de 60 min, em água com turbidez inicial de 70 UNT.

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão apresentadas as taxas de remoção da turbidez em função do tipo de semente utilizada (com casca e sem casca) e dos tempos de sedimentação (60, 90 e 120 min) em amostras de água com turbidez inicial de 70, 250 e 400 UNT, respectivamente.

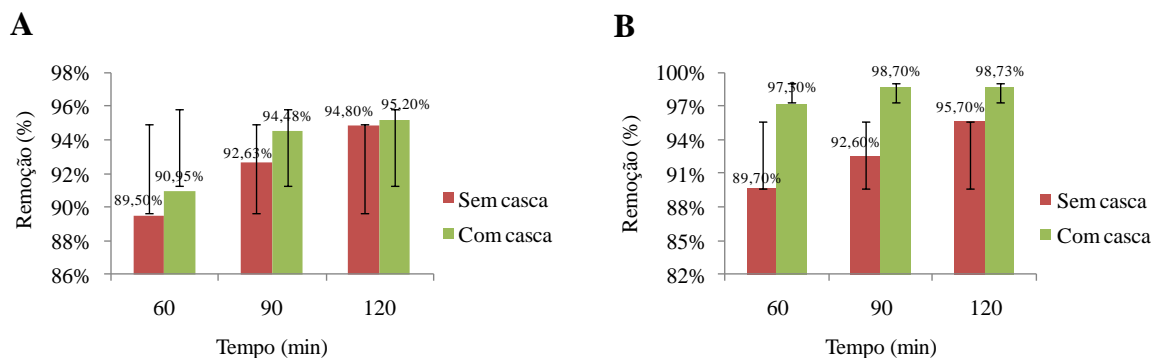


Figura 1. Taxas de remoção da turbidez da água (%) em função dos tempos de sedimentação e do tipo de semente utilizada, para dosagens de moringa de 250 mg L⁻¹ (A) e 500 mg L⁻¹ (B) em amostras de água com turbidez inicial de 70 UNT.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, após o período de coagulação e sedimentação dos flocos, ocorreu uma redução aproximada de 89,5 a 98,73% da turbidez das amostras em comparação com a amostra inicial (Testemunha), que era de 70 UNT. A menor taxa de remoção (89,5%) ocorreu no tratamento cujo tempo de sedimentação estudado foi o menor (60 min) e com a dosagem de 250 mg L⁻¹ (Figura 1A) utilizando sementes de *Moringa oleifera* sem casca, onde a turbidez caiu de 70 para 7,35 UNT. Para a dosagem de 500 mg L⁻¹ de *Moringa oleifera*, com 60 min de sedimentação, a turbidez final foi 6,33 UNT, havendo uma redução de 89,7% em relação a amostra inicial de 70 UNT.

Pela Figura 1, percebe-se claramente uma relação entre eficiência na remoção da turbidez com o aumento da dosagem de *Moringa oleifera*, uma vez que a maior dosagem (500 mg L⁻¹) proporcionou maior redução do que a menor dosagem (250 mg L⁻¹). No entanto, a diferença observada foi mínima, em termos de turbidez, uma vez que, os valores finais de turbidez foram muito próximos para as concentrações de *Moringa oleifera* estudadas, e já que não houve diferença considerada significativa entre as dosagens, torna-se conveniente utilizar a concentração cuja quantidade de sementes de *Moringa oleifera* seja as menores. Conclui-se, portanto que, a quantidade de 250 mg L⁻¹ de sementes de *Moringa oleifera* é a ideal para a clarificação de águas com valores de turbidez menores, em torno de 70 UNT, já que é mais conveniente que se utilize menor quantidade de sementes na preparação do extrato.

Observações semelhantes foram feitas por Lo Monaco et al. (2010). A autora observou que os valores finais de turbidez foram muito próximos para as concentrações de 400, 800 e 1200 mg L⁻¹ de sementes de *Moringa oleifera*, sendo mais conveniente utilizar a menor concentração, ou seja, a de 400 mg L⁻¹. A dosagem ideal de sementes de *Moringa oleifera* encontrada por Lo Monaco et al. (2010) de 400 mg L⁻¹ foi superior a dosagem ideal encontrada neste trabalho, que foi de 250 mg L⁻¹.

Observa-se também pela Figura 1 que, o tempo de sedimentação influenciou na remoção da turbidez, uma vez que, com o aumento gradativo do tempo de sedimentação, a turbidez diminuiu consideravelmente chegando a maior remoção (98,73%) no tempo máximo estudado, 120 min, com a dosagem de 500 mg L⁻¹ de sementes com casca (Figura 1B). No entanto, o tempo de sedimentação de 90 min proporcionou quase as mesmas reduções de turbidez, o que pode ser observado também na Figura 1B, com 90 min de sedimentação e dosagem de 500 mg L⁻¹ de sementes de *Moringa oleifera* com casca, a turbidez reduziu cerca de 98,7% em relação ao valor inicial. Pode-se concluir que, com um maior tempo de sedimentação, a formação e sedimentação dos flocos tornam-se mais eficientes. Entretanto,

como os dois tempos proporcionaram quase as mesmas reduções, pode-se optar por um menor tempo de sedimentação, o de 90 min, por tornar o procedimento mais rápido. No entanto, deve-se ressaltar que há uma diferença considerada significativa entre os tempos estudados.

Cardoso et al. (2008), estudando a otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da *Moringa oleifera* encontrou o tempo de 90 min como o tempo ideal para a sedimentação, observando uma redução de 95,6% da turbidez com 550 mg L⁻¹ de sementes de *Moringa oleifera*. Segundo Cardoso et al. (2008), quanto maior o tempo de repouso, maior a quantidade de partículas floculadas que decantarão.

A mesma observação também foi feita por Lo Monaco et al. (2010). A autora estudando os tempos de 2 e 24 h observou que, o tempo de 24 h proporciona reduções um pouco maior na turbidez de águas, porém, deve-se optar por um tempo menor, de 2 h, já que a redução da turbidez é semelhante para os dois tempos.

Quanto à taxa de remoção da turbidez em função do tipo de semente de *Moringa oleifera* estudada, de acordo com os dados apresentados nas Figuras 1, 2 e 3, observa-se que tanto as sementes sem casca quanto as sementes com casca proporcionaram quase os mesmos valores de redução da turbidez. O que mais chamou a atenção nos resultados foi que, as sementes utilizadas com casca foram mais eficientes na redução da turbidez para a maioria dos tratamentos, exceto para os tratamentos que tiveram tempo de sedimentação de 60 min em amostras com maior turbidez inicial, 250 e 400 UNT. Acredita-se que, para águas mais turvas, que apresentam maior quantidade de partículas sólidas em suspensão, um tempo menor de sedimentação como o de 60 min não é suficiente para a formação dos flocos com o extrato de sementes de *Moringa oleifera* com casca.

Como pode ser observado na Figura 2, a utilização das sementes de *Moringa oleifera* com casca proporcionou reduções acima de 99% da turbidez das amostras de água com 250 UNT inicial, para ambos os tempos de 90 e 120 min de sedimentação e para ambas as dosagens de 250 e 500 mg L⁻¹. Com 500 mg L⁻¹ de sementes e 120 min de sedimentação houve uma redução de 99,68% da turbidez, ou seja, a turbidez da água caiu de 250 para 0,8 UNT, valor não muito menor do que o do tratamento considerado como ideal neste trabalho, 1,0 UNT (99,6% de remoção) com 250 mg L⁻¹ de sementes e 90 min de sedimentação.

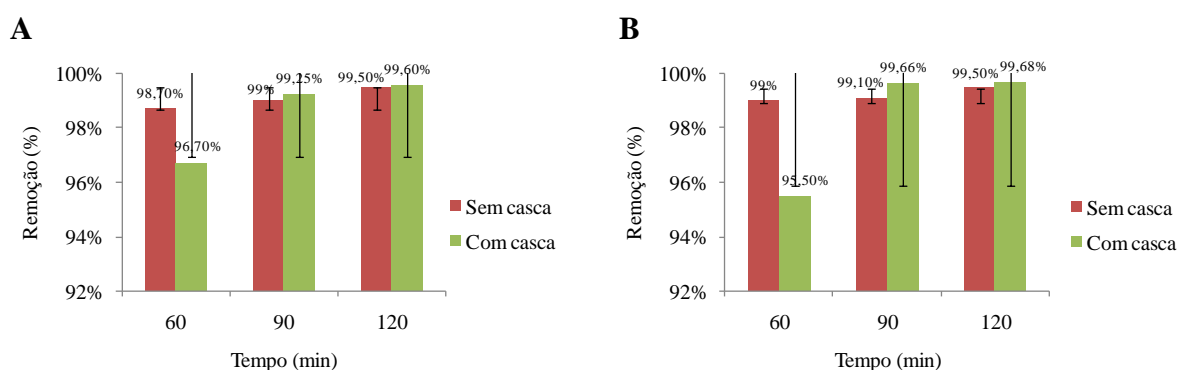


Figura 2. Taxas de remoção da turbidez da água (%) em função dos tempos de sedimentação e do tipo de semente utilizada, para dosagens de moringa de 250 mg L⁻¹ (A) e 500 mg L⁻¹ (B) em amostras de água com turbidez inicial de 250 UNT.

Assim como na Figura 1, para as amostras de água com turbidez inicial de 250 UNT, a taxa de remoção, além de ter variado em função do tipo de semente utilizada, variou também em função do tempo de sedimentação e da dosagem de *Moringa oleifera*, onde as maiores reduções da turbidez foram observadas nos maiores tempos de sedimentação com uma maior dosagem de *Moringa oleifera*. No entanto, como as diferenças observadas foram mínimas,

para amostras de água com 250 UNT inicial, pode-se optar pela utilização de uma dosagem de moringa e tempo de sedimentação que sejam eficientes e que não sejam os maiores, sendo assim, é aplicável que se utilize 250 mg L⁻¹ de sementes com tempo de sedimentação de 90 min.

Os valores encontrados neste trabalho foram parecidos com os encontrados por Amaral et al. (2006), a autora observou uma redução da turbidez de 98,1% para amostras de água com 250 UNT inicial, utilizando extrato de cinco sementes de *Moringa oleifera* sem casca e 24 h de sedimentação.

A Figura 3 apresenta os resultados para as amostras com maior turbidez inicial, de 400 UNT. Para essas amostras os melhores resultados também foram encontrados nos tempos de sedimentação de 90 e 120 min, havendo diferença considerada significativa entre os dois tempos. Em termos de dosagem de semente não houve diferença considerada significativa entre as dosagens estudadas. Quanto ao tipo de semente utilizada, fica evidente mais uma vez que, as sementes com cascas foram tão eficientes quanto às sementes utilizadas sem casca, haja vista que, com a maior dosagem (500 mg L⁻¹) e com o maior tempo de sedimentação (120 min) as sementes com casca proporcionaram uma redução de 400 para 0,36 UNT, melhor tratamento segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto que as sementes sem casca proporcionaram redução de 400 para 0,8 UNT.

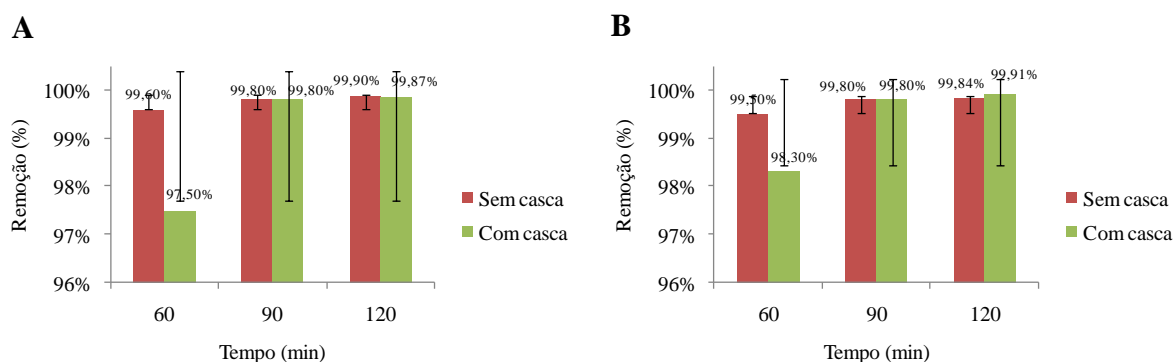


Figura 3. Taxas de remoção da turbidez da água (%) em função dos tempos de sedimentação e do tipo de semente utilizada, para dosagens de moringa de 250 mg L⁻¹ (A) e 500 mg L⁻¹ (B) em amostras de água com turbidez inicial de 400 UNT.

A Figura 4 ilustra os resultados da análise de regressão entre os valores iniciais de turbidez e melhor dosagem de coagulante à base de sementes de *Moringa oleifera*.

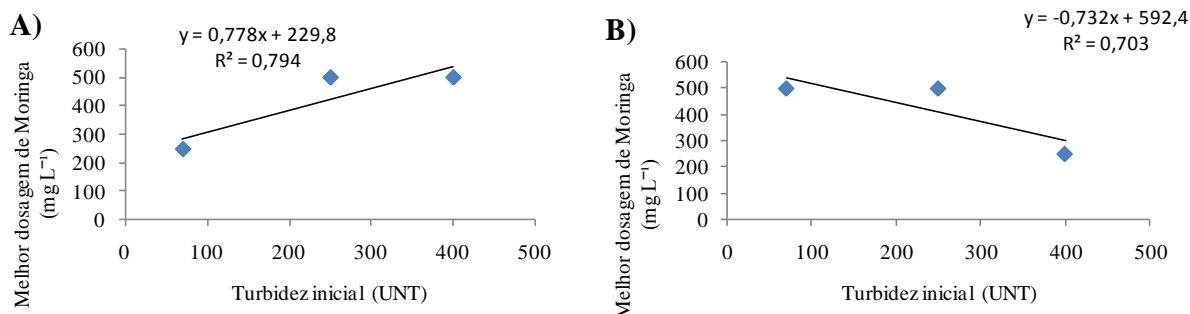


Figura 4. Análise de regressão linear entre turbidez inicial e a melhor dosagem de *Moringa oleifera* sem casca (A) e com casca (B).

A partir da análise da curva de regressão pode-se constatar que há uma relação existente entre melhor dosagem de *Moringa oleifera* e nível inicial de turbidez, embora a dosagem ideal

para os níveis de turbidez de 70 e 400 UNT tenha variado em função da semente utilizada. Observa-se também um elevado valor do coeficiente de determinação (r^2), no entanto, Arantes (2010) e Paterniani et al. (2009) observaram um maior valor de r^2 , o que indica um melhor ajuste dos dados estudados. Os autores constataram então, que a dosagem de coagulante deve ser proporcional à turbidez de água bruta a ser tratada. Os dados deste trabalho poderiam ter ficado mais bem distribuídos, caso tivesse sido estudado mais dosagens de *Moringa oleifera*, pois assim, poderia ter sido encontrado com mais exatidão a melhor dosagem para cada nível de turbidez inicial estudado.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

A taxa de remoção da turbidez das amostras de águas variou em função da dosagem de sementes de *Moringa oleifera* e do tempo de sedimentação, embora para as dosagens estudadas não houve diferença considerada significativa.

A eficiência das sementes de moringa na remoção da turbidez variou em função dos níveis de turbidez inicial das amostras de água, sendo que as amostras com turbidez inicial de 70, 250 e 400 UNT sofreram, respectivamente, reduções maiores ou iguais a 89,5, 95,5 e 97,5% em relação à turbidez inicial. Além disso, observou-se uma relação linear entre níveis de turbidez inicial da água com a melhor dosagem de sementes.

As sementes de *Moringa oleifera* utilizadas com casca proporcionaram melhores reduções da turbidez das águas estudadas, exceto para o tempo de sedimentação de 60 min, embora a análise de variância não tenha indicado uma diferença considerada significativa entre ambas. Sendo assim, para aplicação, opta-se pela utilização das sementes com casca na remoção da turbidez de águas, tornando o processo mais simples e prático.

5. REFERÊNCIAS

- AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultura Research**, v. 4, n. 1, p. 119-123, 2009.
- AMARAL, L. A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; SOARES E BARROS, L. S.; LOREZON, C. S.; NUNES, A. P. Tratamento alternativo da água utilizando extrato de semente de *Moringa oleifera* e radiação solar. **Arquivos do Instituto de Biologia**, São Paulo, v. 73, n. 3, p. 287-293, 2006.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, 2005. 1268 p.
- ARANTES, C. C. **Utilização de coagulantes naturais à base de sementes de *Moringa oleifera* e tanino como auxiliares da filtração em mantas não tecidas**. 2010. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- 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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 661–666, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000600011>

- 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. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000200026>
- BHATIA, S.; OTHMAN, Z.; AHMAD, A. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant. **Journal of Hazardous Materials**, v. 145, n., p. 120-126, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.11.003>
- BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da *Moringa oleifera* Lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. 2001. 96p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2001.
- CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R.; COSSICH, E. S.; MORAES, L. C. K. 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, v. 30, n. 02, p. 193-198, 2008. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v30i2.5493>
- DALLA ROSA, K. R. ***Moringa oleifera*: a perfect tree for home gardens**. Agroforestry species highlights. Paia: The Agroforestry Information Service, 1993.
- FERREIRA, D. F. **Sistema de análise de variância de dados balanceados SISVAR: pacote computacional**. Lavras: UFLA/ DEX, 2000.
- GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Avaliação química e estrutural da semente de Moringa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n. 01, p. 106-109, 2006.
- KALOGO, Y.; M'BASSINGUIÈ SÈKA, A.; VERSTRAETE, W. Enhancing the start-up of a UASB reactor treating domestic wastewater by adding a water extract of *Moringa oleifera* seeds. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 55, p. 644-651, 2001. <http://dx.doi.org/10.1007/s002530000544>
- KATAYON, S.; NOOR, M. J. M. M.; ASMA, M.; GHANI, L. A. A.; THAMER, A. M.; AZNI, I. et al. Effects of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 1455-1460, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2005.07.031>
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; NASCIMENTO, F. S.; SARMENTO, A. P. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 222-231, 2010. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.164>
- MUYIBI, S. A.; EIVSON, L. M. *Moringa Oleifera* Seeds for Softening Hardwater. **Water Research**, Great Britain, v. 29, n. 4, p. 1099 - 1105, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00250-B](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(94)00250-B)
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, S. K. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. **Water Research**, Great Britain, v. 32, n. 3, p. 781-791, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00295-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00295-9)
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, S. K.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. **Water Research**, Great Britain, v. 29, p.703-710, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00161-Y](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(94)00161-Y)

- PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p.765-771, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000600015>
- PATERNIANI, J. E. S.; RIBEIRO, T. A. P.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Water treatment by sedimentation and slow fabric filtration using *Moringa oleifera* seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 11, p. 1256-1263, 2010. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR09.600>
- SANTANA, C. R.; PEREIRA, D. F.; ARAÚJO, N. A. DE; CAVALCANTI, E. B.; SILVA, G. F. DA. Caracterização físico-química da *Moringa oleifera* Lam. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 55-60, 2010.
- SCHWARZ, D. Water clarification using *Moringa oleifera*. **Gate Information Service**, Berlin, 1996.
- SILVA, G. F. DA; SANTOS, W. R. DOS; MATOS, D. B. DE; OLIVEIRA, B. M. DE; SANTANA, T. M.; SANTANA, M. M. DE. Estudo do tratamento e clarificação de água com torta de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 295-299, 2011.