

COMPARAÇÃO ENTRE A APLICAÇÃO DO COAGULANTE NATURAL *MORINGA OLEIFERA* E DO COAGULANTE QUÍMICO SULFATO DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE ÁGUA COM DIFERENTES NÍVEIS DE TURBIDEZ

Edilaine Regina Pereira¹, Amanda Alcaide Francisco², Joseane Debora Peruço Theodoro³, Rosangela Bergamasco⁴, Reginaldo Fidelis⁵

¹ Professora Doutora do Departamento de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina – Paraná – Brasil
(edilainepereira@utfpr.edu.br)

² Mestranda da Universidade Estadual de Londrina - Londrina – Paraná - Brasil

³ Profa Doutora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina – Paraná –Brasil

⁴ Profa Doutora da Universidade Estadual de Maringá – Maringá – Paraná - Brasil

⁵ Prof. da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina – Paraná - Brasil

Recebido em: 31/03/2015 – Aprovado em: 15/05/2015 – Publicado em: 01/06/2015

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo realizar a aplicação do sulfato de alumínio (coagulante químico) e da *Moringa oleifera* (coagulante natural) em amostras de água, para verificar a remoção de cor e turbidez, como também, averiguar o comportamento do pH no decorrer das análises. Para tanto, preparou-se amostras com turbidez de 50, 100 e 150 unidades nefelométricas (NTU) e utilizou-se em laboratório o ensaio com o equipamento Jar Test para diversos intervalos de tempo de coleta de amostras, visando realizar os ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, simulando, desta forma, o que acontece numa estação de tratamento de água. Observou-se o comportamento do pH constante, não havendo grandes variações quando comparados aos valores da amostra inicial e após a aplicação dos coagulantes. Na remoção de turbidez, a solução de *Moringa oleifera* foi mais eficiente, reduzindo 77,56% este parâmetro, enquanto que o sulfato de alumínio reduziu apenas 28,22%. Para a cor obteve-se resultados satisfatórios para ambos coagulantes, com valores de 99,47% para o sulfato de alumínio e de 94,01% para a *Moringa oleifera*, resultados obtidos para a turbidez de 100 NTU.

PALAVRAS-CHAVE: coagulante natural, coagulante químico, saneamento rural

COMPARISON BETWEEN THE APPLICATION OF NATURAL COAGULANT *MORINGA OLEIFERA* AND CHEMICAL COAGULANT ALUMINUM SULFATE IN WATER TREATMENT WITH DIFFERENT LEVELS OF TURBIDITY

ABSTRACT

The developed study aimed performing the application of aluminum sulfate (chemical coagulant) and *Moringa oleifera* (natural coagulant) in water samples to verify the removal of color and turbidity, as well as verify pH behavior throughout the analysis. For this purpose, samples of water with turbidity of 50, 100 and 150 nephelometric turbidity units (NTU) were prepared and used Jar Test for various time intervals in order to perform the coagulation and flocculation tests. It was observed a constant

pH behavior with no significant variations when comparing the initial sample and after the application of the coagulants. On removal of turbidity of the solution *Moringa oleifera* was more efficient, by reducing 77.56%, on the other hand aluminum sulfate reduced only 28.22%. For the color was obtained satisfactory results from both coagulant in which the best values were 99.47 % for aluminum sulfate and 94.01% for the *Moringa oleifera*, these results were acquire for the turbidity of 100 NTU .

KEYWORDS: chemical coagulant, natural coagulant, rural sanitation

INTRODUÇÃO

A água é fundamental para os seres vivos e para o desenvolvimento econômico, porém, a utilização inadequada deste recurso acarreta o seu desperdício e contaminação. Sendo assim, é necessário que a mesma seja tratada, a fim de tornar-se potável e apta para ser distribuída à população. Para tanto, é preciso utilizar as estações de tratamento de água (ETA), bem como, coagulantes químicos, que requerem altos investimentos.

De acordo com ARANTES et al., (2012), os coagulantes químicos são empregados para remover as impurezas presentes na água bruta que chegam as ETAs, sendo então responsáveis pela desestabilização das partículas durante o processo de coagulação. Na etapa subsequente, denominada floculação, as partículas desestabilizadas são submetidas a choques entre si, para possibilitar a formação dos flocos, que podem ser removidos na sedimentação e/ou filtração (LIBÂNIO, 2008).

Na realização do tratamento de água por ciclo completo, utilizam-se coagulantes químicos, como o sulfato de alumínio, que se destaca como o coagulante mais utilizado no Brasil, por demonstrar boa eficiência. Porém, o alumínio não é biodegradável, e em elevadas concentrações, pode ocasionar problemas à saúde humana devido à concentração residual nas águas. Outra preocupação no emprego de sais deste metal é a geração de lodo e o consumo de alcalinidade no meio, que acarretam em custos adicionais com compostos químicos aplicados na correção do pH (SILVA et al., 2007).

Logo, pesquisas com a aplicação de coagulantes naturais como a *Moringa oleifera*, árvore cujos frutos pertencem à ordem Capparidales e a família Moringaceae, apresentam resultados promissores quanto à clarificação de água turvas, remoção de turbidez, cor e microrganismos (PATERNIANI et al., 2009). Diversos trabalhos relacionados à comparação de coagulantes químicos e naturais destacam a vantagem de utilização deste último por apresentar, especificamente, maior biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais (SANTOS , 2011).

Muitos estudos têm utilizado a *Moringa oleifera* como seu principal coagulante, a fim de verificar se a mesma pode ser empregada como meio alternativo, possibilitando a substituição de compostos químicos empregados na obtenção de água potável. Para tanto, é imprescindível verificar se o produto final, ou seja, a água tratada atende às legislações vigentes quanto à qualidade de água distribuída.

De acordo com a Portaria nº 2914 de 11 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL , 2011), toda água destinada ao consumo humano deve obedecer aos padrões de potabilidade, ou seja, os parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioativos devem ser atendidos. Dessa forma, diversos coagulantes estão sendo utilizados para remoção de cor e turbidez da água bruta de forma a torná-la potável. Portanto, o presente estudo teve por objetivo avaliar

comparativamente a aplicação do sulfato de alumínio e da *Moringa oleifera*, em amostras de água, dispostas no Jar Test, em ensaios de coagulação/floculação, com diferentes níveis de turbidez, para verificar a capacidade de remoção de cor e turbidez.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Londrina (UTFPR-LD), onde foram preparadas as soluções dos coagulantes químico e natural, como também realizados os ensaios de coagulação/floculação. Posteriormente, realizou-se análise de cor e turbidez para verificar qual coagulante apresentou maior eficiência para as condições estabelecidas para o presente estudo.

Preparo da amostra

Para a realização deste estudo foram necessárias amostras de “água preparada”, com o objetivo de proporcionar a quantidade de sólidos suspensos que oferecesse a turbidez adequada para desenvolver os procedimentos analíticos. A remoção de cor e turbidez, bem como os mecanismos envolvidos no processo de coagulação e floculação foram avaliados para água com turbidez de 50, 100 e 150 NTU. Portanto, a água de estudo, contendo caulim na concentração de 5 g L^{-1} , foi preparada com água destilada, para que fosse possível alcançar os níveis de turbidez desejados.

Preparo da solução salina do coagulante natural *Moringa oleifera*

A extração dos componentes ativos do coagulante natural *Moringa oleifera* realizou-se através da utilização das soluções salinas NaCl na concentração de 1 Molar (1M), como em LO MONACO (2012). Para a solução de *Moringa oleifera* descascou-se as sementes e em seguida triturou-se 10 g da mesma em um liquidificador com 1 L de solução salina. Em seguida, a solução esteve em agitação magnética por 20 minutos, filtrada em um coador de pano, obtendo a extração dos componentes ativos da *Moringa oleifera* em meio salino a concentração de 1%. A solução de *Moringa oleifera* foi preparada no momento do ensaio, pois estudos demonstram que o armazenamento da solução por alguns dias pode reduzir a eficiência do processo (CARDOSO et al., 2008).

Preparo da solução do coagulante químico sulfato de alumínio

A solução de sulfato de alumínio foi preparada a partir da adição de 10 mg de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ em 1 L de água (sulfato de alumínio 1%), sendo submetida à agitação constante para que ocorresse a dissolução completa da porção sólida. Após este procedimento, utilizou-se 24 ml desta solução em cada ensaio, a fim de analisar o processo de coagulação/floculação a partir deste coagulante químico.

Ensaio de coagulação/floculação

As experiências em laboratório consistiram na realização de ensaios em jarros Jar Test para determinação das condições ótimas das etapas de coagulação/floculação, usando a semente de *Moringa oleifera* e o sulfato de alumínio como coagulante natural e químico, respectivamente. O Jar Test possui seis recipientes graduados, e estes foram preenchidos com 2 L de água de estudo. Aos três primeiros adicionou-se 120 mL de solução de *Moringa oleifera* e aos três últimos 24 mL de sulfato de alumínio.

O aparelho foi ligado a uma velocidade de agitação inicial de 200 rpm, a fim de homogeneizar o conteúdo dos recipientes. Após 15 segundos, reduziu-se a rotação a 100 rpm por 3 minutos e, por fim, a velocidade foi reduzida para 15 rpm durante 10 minutos. A Figura 1 apresenta o Jar Test contendo as amostras no início do procedimento.



FIGURA 1 - Jar Test contendo as amostras antes do início da rotação
Fonte: Autores

Após esta primeira etapa do procedimento as pás de agitação foram desligadas e a amostra ficou em repouso por 10 minutos, para que durante este intervalo as partículas presentes na água sofressem o processo de sedimentação. Em seguida, coletaram-se amostras de cada jarro e realizaram-se as análises de turbidez e cor.

Este procedimento de leitura foi repetido para os intervalos de 20, 30 e 40 minutos, para que fosse avaliado o desempenho dos coagulantes em contato com a água no decorrer do tempo. A Figura 2 apresenta o Jar Test após realizar o processo de rotação das pás agitadoras, no processo de sedimentação.



FIGURA 2 - Jar Test contendo as amostras do processo de sedimentação.
Fonte: Autores.

Tratamento Estatístico

Os resultados dos parâmetros cor e turbidez foram analisados através do programa computacional Bioestat 5.0, a fim de se encontrar diferenças significativas entre os valores analisados e os resultados obtidos. Foram analisadas amostras de “água preparada”, como explicitado anteriormente.

Cada amostra foi dividida em duas partes, para posterior experimento com os coagulantes *Moringa oleifera* e o sulfato de alumínio. Cada uma destas partes, foram subdivididas para cada nível de turbidez (50, 100 e 150 NTU), tempo de sedimentação (10, 20, 30 e 40 min) e item analisado (turbidez e cor), totalizando 72 ensaios experimentais, sendo cada um deles em triplicata.

Todos os ensaios experimentais apresentaram normalidade em sua distribuição, pelo teste de *Shapiro-Wilk*. Dessa forma, aplicou-se o teste *t* para duas amostras pareadas, visto que os ensaios experimentais possuem a mesma amostra inicial de “água preparada”. Aqueles que apresentaram valores menores que 0,05, ou seja, um nível de significância de 5% pôde ser classificado como significativos, podendo ser relacionados entre si.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização dos ensaios foram monitorados os parâmetros de pH, turbidez e cor, que apresentaram resultados de acordo com o tempo de contato e com o coagulante utilizado. Na Tabela 1 verifica-se o comportamento do pH.

TABELA 1 - Variação do pH de acordo com a turbidez, utilizando o sulfato de alumínio e a *Moringa oleifera* como coagulante.

Turbidez inicial (NTU)	pH Inicial	pH			
		10 min	20 min	30 min	40 min
<i>Sulfato de Alumínio</i>					
50	10,1	10,3	10,2	10,3	10,3
100	10,8	10,9	11,0	10,9	10,7
150	11,2	11,4	11,5	11,5	11,5
<i>Moringa oleifera</i>					
50	10,8	10,9	10,8	10,8	10,8
100	11,2	11,3	11,0	11,3	11,2
150	11,5	11,4	11,5	11,4	11,4

Observou-se que, para os três valores de turbidez produzidos para a água preparada de estudo há variações mínimas em relação ao valor inicial do pH e nos intervalos de tempo analisados, para ambos os coagulantes empregados. A baixa variabilidade nos valores de pH, tanto para a água de estudo como após o emprego do coagulante, nas etapas do tratamento físico-químico para produção de água potável, também foi encontrada na pesquisa desenvolvida por SANTOS et al., (2011).

Entretanto, diversos trabalhos que utilizaram o sulfato de alumínio para realizar o tratamento de água apontam o decaimento do pH em relação ao valor inicial do mesmo (SANTOS et al., , 2011; FERNANDES et al., 2010; CAMPOS et al., 2005). Durante os ensaios de coagulação/floculação esta queda não foi verificada, mantendo-se constantes os valores de pH encontrados no decorrer do tempo. Por este motivo optou-se por não realizar a análise estatística para o parâmetro pH.

Os valores obtidos para o pH utilizando os dois coagulantes foram elevados, tal fato pode ter ocorrido devido à aplicação da caulim para o preparo da amostra, uma vez que esta é um composto básico.

Com relação à remoção de turbidez a partir da aplicação de sulfato de alumínio, encontrou-se remoção apenas para amostra de 150 NTU, na qual o maior valor foi de 28,22%, para o tempo de 10 minutos. Logo, para as condições da amostra, o sulfato de alumínio foi capaz de remover eficientemente a turbidez. (Tabela 2).

TABELA 2 - Porcentagem de remoção da turbidez em função do tempo, utilizando o sulfato de alumínio como coagulante.

Ensaio	Gradientes Médios de velocidade (rpm)		Mistura Rápida (s)	Turbidez Inicial (NTU)	% Remoção			
					10 min	20 min	30 min	40 min
	Gmr	Gml						
1	200	15	15	50	--	--	--	--
2	200	15	15	100	--	--	--	--
3	200	15	15	150	28,22	21,77	18,00	14,67

* Foi utilizado o símbolo -- para resultados que não apresentaram remoção.

O coagulante extraído por meio das sementes da *Moringa oleifera*, usualmente, apresenta resultados satisfatórios quanto à remoção de turbidez, alcançando reduções de 80 a 99% para tal parâmetro (BATHIA et al., 2007). Porém, no decorrer do experimento, constatarem-se grandes variações na porcentagem de remoção.

Para a turbidez de 50 NTU, as porcentagens de remoção foram inferiores às encontradas na literatura, apresentando a remoção máxima de 49,84% para o tempo de 30 minutos.

Para a turbidez de 100 NTU, o resultado de maior redução ocorreu no tempo de 30 minutos, com porcentagem de remoção de 70,67%. Para a turbidez de 150 NTU, o melhor resultado ocorreu no tempo de 10 minutos, com remoção de 77,56%.

O estudo de CARDOSO et al., (2008) e PATERNIANI et al. (2009) também apresentam maiores valores de remoção para valores de turbidez mais elevada, atingindo até 93% e 96%, respectivamente, de redução em relação ao valor inicial. Sendo assim, pode-se, então, esperar remoções elevadas para água com maior teor de substâncias suspensas. As porcentagens de remoção podem ser verificadas na Tabela 3.

TABELA 3 - Porcentagem de remoção da turbidez em função do tempo, utilizando a *Moringa oleifera* como coagulante.

Ensaio	Gradientes Médios de velocidade (rpm)		Mistura Rápida (s)	Turbidez Inicial (NTU)	% Remoção			
					10 min	20 min	30 min	40 min
	Gmr	Gml						
1	200	15	15	50	--	24,75	49,84	8,91
2	200	15	15	100	26,67	65,34	70,67	40,00
3	200	15	15	150	77,56	52,00	32,57	25,77

* Foi utilizado o símbolo -- para resultados que não apresentaram remoção.

LO MONACO et al., (2010) encontraram melhores resultados de remoção para o parâmetro de turbidez utilizando a *Moringa oleífera* após 24 horas de sedimentação de suas amostras, discordando, assim, dos resultados do presente estudo. Neste caso, os valores satisfatórios de remoção foram encontrados para os intervalos de 20 e 30 minutos para a turbidez de 50 e 100 NTU. Já para 150 NTU, a maior redução ocorreu após 10 minutos de sedimentação. Assim, a variável tempo também pode ter influenciado nos valores baixos de remoção de turbidez.

Para as condições em que ocorreu remoção de turbidez, foi gerado um gráfico, com a finalidade de facilitar a comparação de valores, a partir do emprego dos coagulantes químico e natural, para os dois coagulantes empregados (Figura 3).

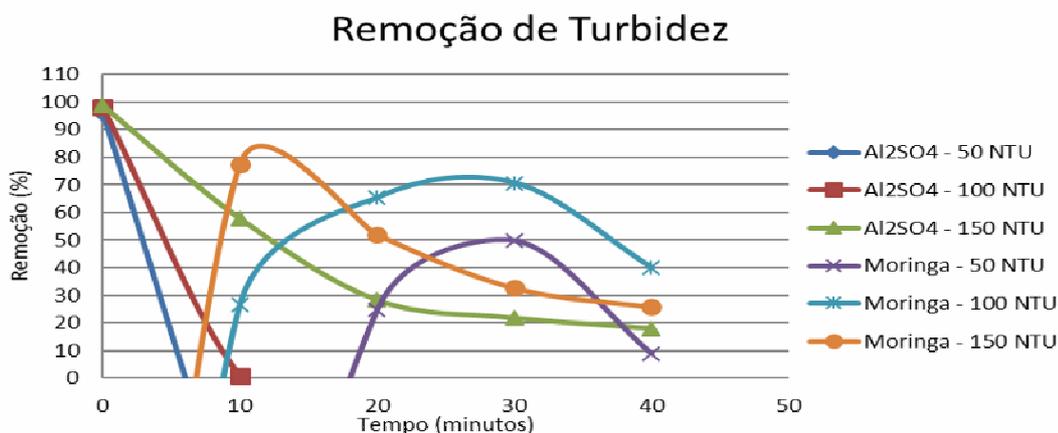


FIGURA 3 - Porcentagem de remoção de turbidez utilizando a *Moringa oleífera* e o sulfato de alumínio, considerando os valores positivos analisados.

Os resultados obtidos para o parâmetro de cor apresentaram valores elevados de remoção para ambos os coagulantes. Para a *Moringa oleífera* a maior remoção foi obtida para a turbidez de 100 NTU, no tempo de 40 minutos, reduzindo 94,01%. A eficiência deste coagulante natural verifica-se tanto para a água, como para efluentes industriais, como apresentado por VAZ et al., (2010), atingindo porcentagens acima de 90%. Sendo assim, para amostras com turbidez elevada é possível obter resultados relevantes para a redução de cor aparente.

De acordo com o estudo realizado por PRASAD (2009), no qual foi avaliado o desempenho de uma estação-piloto de tratamento de água, o emprego da *Moringa oleífera* como o coagulante foi bastante satisfatório para a remoção de cor, reduzindo 80% do valor inicial deste parâmetro. Tal valor foi encontrado utilizando a solução salina (1M) de *Moringa oleífera*, similar ao presente estudo.

Na utilização do sulfato de alumínio, para a turbidez de 50 e 100 NTU, os melhores resultados ocorreram para os tempos de 20 e 30 minutos, nos quais as porcentagens de redução de cor variaram entre 97 e 99%, aproximadamente. Para a turbidez de 150 NTU, a maior remoção de cor aconteceu no intervalo de 10 minutos, removendo 95,5% de cor aparente. Assim, de modo geral, a utilização do sulfato de alumínio para as três condições de turbidez apresentou valores bastante semelhantes entre si.

Nas Tabelas 4 e 5 verificam-se as demais porcentagens de redução da cor, assim como, padrões diferentes para a remoção de cor para os coagulantes utilizados. Aplicando-se a *Moringa oleífera* houve uma redução crescente deste parâmetro no

decorrer do tempo, entretanto, tal comportamento não foi observado para o sulfato de alumínio, tendo elevados valores de remoção de cor aparente, tanto para os tempos de 10, como 40 minutos.

TABELA 4 - Porcentagem de remoção da cor, de acordo com a turbidez, em função do tempo, utilizando a *Moringa oleifera* como coagulante.

Ensaio	Gradientes Médios de velocidade (rpm)		Mistura Rápida (s)	Cor Inicial (PtCo)	Turbidez Inicial (NTU)	% Remoção			
	Gmr	Gml				10 min	20 min	30 min	40 min
1	200	15	15	504	50	9,52	67,65	76,65	84,10
2	200	15	15	504	100	59,65	81,41	92,27	94,01
3	200	15	15	504	150	68,71	84,20	92,72	93,12

TABELA 5 - Porcentagem de remoção da cor, de acordo com a turbidez, em função do tempo, utilizando o sulfato de alumínio como coagulante.

Ensaio	Gradientes Médios de velocidade (rpm)		Mistura Rápida (s)	Cor Inicial (PtCo)	Turbidez Inicial (NTU)	% Remoção			
	Gmr	Gml				10 min	20 min	30 min	40 min
1	200	15	15	504	50	96,03	97,28	97,75	97,42
2	200	15	15	504	100	97,61	99,47	99,40	97,10
3	200	15	15	504	150	95,50	91,80	88,42	97,15

A Figura 4 auxilia na visualização comparativa das porcentagens de remoção de cor, aplicando ambas as soluções coagulantes. Os resultados empregados na elaboração deste gráfico foram apenas aqueles em que ocorreu a redução do parâmetro cor.

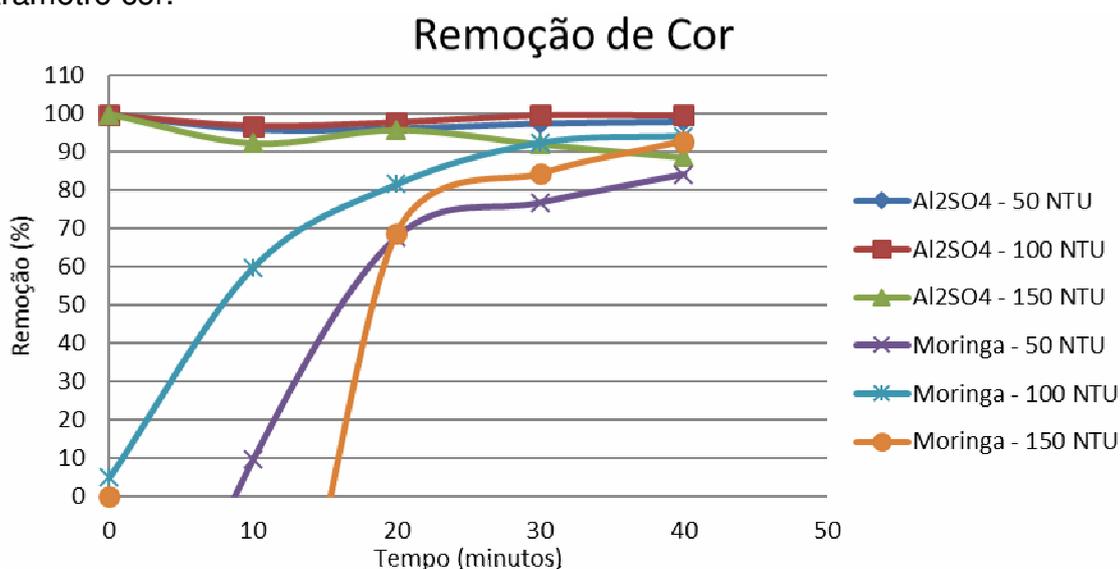


FIGURA 4 – Porcentagem de remoção da cor utilizando a *Moringa oleifera* e o sulfato de alumínio.

Para validar os resultados encontrados utilizou-se o programa de estatística BioEstat 5.3, que teve por objetivo relacionar os valores encontrados para cada amostra, nos determinados intervalos de tempo. Para tanto, foram avaliados os resultados obtidos para cada amostra, nos dados intervalos de tempo, comparando os dois coagulantes. A Tabela 6 apresenta os valores obtidos por meio do programa computacional Bioestat através do teste de *Shapiro-Wilk* conforme descrito no item análise estatística.

TABELA 6 - Valores estatísticos para a remoção de turbidez e cor, para os coagulantes utilizados.

Turbidez 50 NTU			Turbidez 100 NTU			Turbidez 150 NTU		
Tempo (min)	Turbidez	Cor	Tempo (min)	Turbidez	Cor	Tempo (min)	Turbidez	Cor
10	0,9813	< 0.0001*	10	< 0.0001*	< 0.0001*	10	0,0171*	0,0322*
20	0,0069*	< 0.0001*	20	< 0.0001*	< 0.0001*	20	0,0111*	0,0692
30	< 0.0001*	< 0.0001*	30	< 0.0001*	0,0099*	30	0,0321*	0,5982
40	< 0.0001*	0,0105*	40	< 0.0001*	0,0323*	40	0,1943	0,0604

* teste para duas amostras pareadas: significativo $p < 0,05t$

Somente as amostras com turbidez de 50 NTU para o tempo 10 min no item turbidez, turbidez de 150 NTU para o tempo de 40 min no item turbidez e turbidez de 150 NTU para os tempos 20, 30 e 40 min no item cor, não apresentaram diferença significativas em relação aos experimentos com os coagulantes *Moringa oleífera* e o sulfato de alumínio. Dessa forma, percebe-se que o experimento que obteve maior eficiência, em relação à turbidez e cor, para ambos os coagulantes, foi a de 100 NTU.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo verificou-se que, para a remoção de turbidez a solução contendo *Moringa oleífera* apresentou melhores valores para 100 NTU, obtendo redução de 70,67%, para o tempo de 30 minutos, e para 150 NTU reduzindo 56%, no tempo de 10 minutos. Enquanto o sulfato de alumínio apresentou valores inferiores, não alcançando a porcentagem de 30% de remoção de turbidez. Em relação a remoção de cor, o sulfato de alumínio apresentou melhores resultados, uma vez que a porcentagem de remoção chegou a 99,47%. Porém, a solução de coagulante natural foi capaz de reduzir a cor em 94,04%, evidenciando que a *Moringa oleífera* pode alcançar valores tão satisfatórios quanto sulfato de alumínio. Observou-se que os melhores resultados foram obtidos para as amostras de 100 e 150 NTU, sendo assim, tanto para a redução de turbidez quanto para a cor, o coagulante natural foi eficiente. Por meio da análise estatística, pode-se comprovar que a concentração utilizada de ambos os coagulantes para a amostra de água estudada foi mais eficiente para a turbidez de 100 NTU, na qual se pode verificar os melhores resultados de remoção de cor e turbidez.

REFERÊNCIAS

ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; 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**, v.16, p.661–666, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n. ° 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2011.p.

BHATIA, S.; OTHMAN, Z.; AHMAD, A. L. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant. **Journal of Hazardous Materials**, v.145, p.120–126, 2007.

CAMPOS, S. X.; DI BERNARDO, L.; VIEIRA, E. M.; Influência das substâncias húmicas na eficiência da coagulação com sulfato de alumínio. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 194-199, 2005.

CARDOSO, K .C.; BERGAMASCO, S.; 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**, v.30, p.193-198, 2008.

FERNANDES, N. M. G.; GINORIS, Y. P.; RIOS; R. H. T.; BRANDÃO, C. C. S. Influência do pH e da dose de sulfato de alumínio na remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta descendente. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 375 - 384, 2010.

LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; JÚNIOR, V. E.; NASCIMENTO, F. S.; PAIVA, E. C. R. Ação coagulante do extrato de sementes de moringa preparado em diferentes substâncias químicas. **REVENG**, v.20,p.453-459, 2012.

LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; NASCIMENTO, F. S.; SARMENTO, A. P. Utilização do extrato de sementes de moringa como coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Ambi-Água**, v. 5, p. 222-231, 2010.

MATOS, A. T.; CABANELLAS, C. F. G.; CECON, P. R.; BRASIL, M. S.; MUDADO, C. S. Efeito da concentração de coagulantes e do ph da solução na turbidez da água, em recirculação, utilizada no processamento dos frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.544-551,2007.

NKURUNZIZA, T.; NDUWAYEZU, J. B.; BANADDA,E. N.; NHAPI, I. The effect of turbidity levels and *Moringa oleifera* concentration on the effectiveness of coagulation in water treatment. **Water Science and Technology**, v.59, p.1551-1558, 2009.

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*, v.13, p.765-771, 2009.

PRASAD, R. K. Color removal from distillery spent wash through coagulation using *Moringa oleifera* seeds: Use of optimum response surface methodology. *Journal of Hazardous Materials*, v.165, p 804–811, 2009.

SANTOS, T. M.; PEREIRA, D. F.; SANTANA, C. R.; SILVA, G. F. Estudo do tratamento físico químico da água produzida utilizando *Moringa oleifera* Lam em comparação ao sulfato de alumínio. *Exacta*, v.9, p.317-321, 2011.

SILVA, M. E. R.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não naturais. *Revista Tecnologia*, v.28, p.178-190, 2007.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2.ed. Campinas: Editora Átomo, 2008. 444p.

VALVERDE, K. C.; MORAES, L. C. K.; BONGIOVANI, M. C.; CAMACHO, F. P.; BERGAMASCO, R. Coagulation diagram using the *Moringa oleifera* Lam and the aluminium sulphate, aiming the removal of color and turbidity of water. *Acta Scientiarum Technology*, v.5, p.485-489, 2013.

VAZ, L. G. L.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A.; BARBIERO, T. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. *Eclética Química*, v.35, p. 45-54, 2010.