

APLICAÇÃO DA *MORINGA OLEÍFERA* COMO COAGULANTE NO TRATAMENTO DE EFLUENTE SIMULADO DE LATICÍNIO

APPLICATION OF *MORINGA OLEÍFERA* AS A COAGULANT IN THE TREATMENT OF SIMULATED EFFLUENT OF DAIRY

Beatriz Fernanda Bonfim de Souza^{1*}, Bruno Cesar Circunvis¹, Mayara Cíntia Cavalcante Souza², Kézia Rithássia Piccoli²

¹Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. ²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

* Autor correspondente:

Departamento de Engenharia Química (DEQ)

Universidade Estadual de Maringá – Maringá – Paraná – Brasil.

Rua Paranaguá, 346, apto 53. Zona 07. CEP: 87020-190. Maringá – PR.

(44) 9 8818-2122/ (44) 9 9714-6847.

beatrizbonfim@uol.com.br

RESUMO

O efluente de indústria de laticínios consiste, principalmente, de quantidades variáveis de leite diluído e materiais sólidos flutuantes. Um dos tratamentos utilizados para estes efluentes é a coagulação química seguida de sedimentação, que pode reduzir e atender os parâmetros definidos na legislação. As sementes de moringa estão sendo aplicadas no tratamento em substituição dos coagulantes químicos devido a suas propriedades coagulantes e a sua capacidade de remoção de bactérias. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência das sementes de moringa como coagulante na remoção de sólidos suspensos de água residual de laticínio. Para realizar os testes de coagulação/floculação, foram preparados ensaios de água residual de um efluente similar de um laticínio com adição de diferentes volumes de solução coagulante de moringa. A eficiência de remoção de sólidos foi maior que 98%, devido à velocidade de agitação da mistura e pH, que foram controlados. Pode-se concluir que o processo de coagulação/floculação, com o coagulante natural de moringa, contribuiu para redução significativa de sólidos suspensos totais no efluente, além de ser um coagulante biodegradável e possuir baixo custo.

Palavras-chave: coagulante natural; coagulação-floculação; turbidez, tratamento de água.

ABSTRACT

The effluent from the dairy industry consists, mainly, of varying amounts of diluted milk and floating solids materials. One of the treatments used for these effluents is the chemical coagulation followed by sedimentation, which can reduce and meet the parameters defined in the legislation. Moringa seeds are being applied in the treatment of chemical coagulants because of their coagulant properties and their ability to remove bacteria. The objective of this study was to evaluate the efficiency of moringa seeds as a coagulant in the removal of suspended solids from dairy residual water. To perform the coagulation/flocculation tests, residual water tests of a similar effluent from a dairy were prepared with the addition of different volumes of moringa coagulant solution. The solids removal efficiency was greater than 98%, due to the mixing speed and pH, which were controlled. It can be concluded that the coagulation/flocculation process, with the natural moringa coagulant, contributed to a significant reduction of total suspended solids in the effluent, besides being a biodegradable coagulant and having a low cost.

Keywords: natural coagulant; coagulation-flocculation; turbidity; water treatment.

INTRODUÇÃO

As principais operações realizadas no tratamento convencional de água são: coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. A coagulação é um processo crucial na remoção de partículas dissolvidas e suspensas na água, consistindo na desestabilização das partículas coloidais que podem ser removidas nas etapas seguintes (GHEBREMICHAEL, 2006). Trata-se de um tratamento químico que permite a posterior deposição das substâncias em suspensão e em colóides presentes na água, sendo utilizado um composto como sulfato de alumínio ou sulfato ferroso. Esse processo é realizado com uma mistura rápida, em que os compostos químicos são adicionados quando a água está turbulenta em função da presença de estruturas como calha de Parshall ou vertedouros (NKURUNZIZA *et al.*, 2009).

Na floculação, os compostos químicos acrescentados na coagulação reagem com a alcalinidade da água, formando partículas com carga elétrica superficial positiva que retêm as impurezas presentes na água (material suspenso, colóides, alguns sais dissolvidos e bactérias), que têm carga elétrica superficial negativa. Os flocos formados nessa etapa são removidos da água por meio da sedimentação e as partículas que ainda permanecem em suspensão são removidas com a filtração (NKURUNZIZA *et al.*, 2009).

Sais de alumínio e de ferro são coagulantes mais utilizados no tratamento de água para consumo humano, porém seu custo e efeitos no meio ambiente têm motivado o uso de coagulantes orgânicos derivados de plantas (GHEBREMICHAEL *et al.*, 2005).

Algumas sementes são coagulantes eficientes, como as de *Moringa oleifera* (JAHN^b, 1998). Nesse sentido, muitos autores confirmam que as sementes de *M. oleifera* agem como um coagulante que remove turbidez e melhora a qualidade microbiológica da água (BADU & CHAUDHURI, 2005; GHEBREMICHAEL, 2006; ABALIWANO, GHEBREMICHAEL, AMY, 2008).

A *M. oleifera*, planta pertencente à família das Moringaceae, que é composta apenas de um gênero (Moringa) e quatorze espécies, é nativa do norte da Índia e amplamente cultivada nos trópicos e subtropicais da Ásia, África e América Latina (KARADI *et al.*, 2006).

Possui significativa importância econômica na indústria e medicina, pois é estimulante cardíaco, e circulatório, hipoglicemiante, antitumoral, antipirética, antiepilética, antiespasmódica, diurética, hepatoprotetora no combate a inflamações, hipertensão arterial e antidiarreica, antioxidante, fotoprotetor, antimicrobiana, antifúngica antiparasitária. É usada para tratar a desnutrição, febre, dores de cabeça, dor no nervo, e ainda possui propriedades antifadiga e antídoto contra picadas de centopeias, escorpiões e aranhas. As folhas também demonstraram capacidade em promover uma redução considerável nos níveis de glicose no sangue e na urina, com aumento da proteína sérica total, do peso corporal e da hemoglobina e redução da proteinúria, sendo indicadas para tratamento do diabetes mellitus e são potentes fontes de substâncias sequestradoras de radicais livres, sugerindo que extratos desta planta são capazes de prevenir os danos das espécies reativas do oxigênio no organismo humano (ANWAR *et al.*, 2007).

Compostos isotiocinatos foram identificados em diferentes partes da moringa, conferindo a esta planta importante atividade antibacteriana contra o microrganismo *Helicobacter pylori*. Estudo realizado com extrato das folhas de *M. oleifera* avaliou sua ação antibacteriana sobre bactérias patogênicas. Os extratos inibiram e eliminaram bactérias Gram-negativas e Gram-positivas, sugerindo que esta planta contém diferentes agentes antibacterianos (ANWAR *et al.*, 2007).

Essa espécie vegetal também pode ser utilizada no tratamento de água para consumo humano. Nesse contexto, deve-se considerar que a água se apresenta como um bem público de uso bastante restrito. Sabe-se que ela é a substância mais abundante em nosso planeta, mas apenas 0,3% do total estão disponíveis para consumo humano, já que o restante está nos oceanos, geleiras, atmosfera ou a uma profundidade acima de 800 m (BASSOI & GUAZZELLI, 2004).

Segundo Ndabigengesere e Narasiah (1998), as sementes de moringa possuem um viável coagulante alternativo ao alumínio, que pode ser utilizado não apenas em países em desenvolvimento, mas em todo o mundo. Ao contrário dos sais de alumínio, a aplicação das sementes de moringa resulta em menor volume de sedimentos e não apresenta riscos à saúde.

Lédo *et al.* (2010) confirmam que *M. oleifera* funciona como um eficiente coagulante, cujo efeito é comparável ao do sulfato de alumínio, sendo uma

tecnologia de baixo custo e aceitável do ponto de vista ambiental.

Ghebremichael (2006) afirma que a proteína coagulante isolada das sementes de moringa promove coagulação semelhante ao sulfato de alumínio, contribuindo para o fortalecimento do uso sustentável da planta. Abaliwano *et al.* (2008) isolaram a proteína coagulante de moringa, encontraram uma remoção de mais de 95% da turbidez de águas altamente túrbidas (com valores de turbidez acima de 100 UNT) e sugerem seu uso também como coagulante auxiliar para reduzir o consumo de outros coagulantes.

Segundo Jahn^a (1989), a fração ativa desse coagulante se deve à presença de uma proteína catiônica de alta massa molecular, que desestabiliza as partículas contidas na água, geralmente partículas coloidais de carga negativa, e flocculam os coloides.

Ghebremichael *et al.* (2005) confirmaram o efeito antimicrobiano da proteína coagulante de moringa, testada sobre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Bacillus thuringiensis*. Afirmam ainda que uma das vantagens de utilizar coagulantes provenientes da moringa é a variedade de produtos úteis que pode ser extraída da semente: óleo; sólidos residuais (que podem ser usados como ração animal e fertilizante); cascas (que podem ser ativadas e utilizadas como um material adsorvente).

A. M. oleifera é orgânica e biodegradável. Logo, se moringa é comprovadamente ativa, segura e barata, é possível usá-la para tratamento de água potável e águas residuais (VIEIRA *et al.*, 2010).

Coagulação é o processo pelo qual o agente coagulante, adicionado ao meio, reduz as forças que mantêm separadas as partículas em suspensão, sendo geralmente necessária agitação para que o processo seja eficiente. No entanto, uma agitação muito intensa pode fazer com que os flocos formados se desagreguem espontaneamente (CARDOSO, 2008).

Os coagulantes, portanto, são componentes que possuem capacidade de produzir precipitados e espécies hidrolisadas em dissociação em meio aquoso, fazendo com que as partículas se desestabilizem objetivando a formação de flocos. Após a formação dos flocos, estes são removidos por sedimentação/flotação ou nas unidades de filtração (DI BERNARDO & DANTAS, 2005; LIBÂNIO, 2010).

A operação unitária coagulação-floculação é influenciada pelo tipo de coagulante, dosagem,

concentração de partículas, pH da solução, a velocidade de agitação, natureza do auxiliar de floculação e o tempo de mistura rápida e lenta (CHAKRABORTI *et al.*, 2003).

Segundo Di Bernardo (2005), a coagulação pode ser usada para clarificação de resíduos industriais contendo partículas coloidais e sólidas em suspensão, as quais estão presentes na grande maioria dos efluentes industriais. Sua aplicação é considerada eficiente em vários tipos de águas residuárias da indústria, entre elas estão a indústria de papel, borracha sintética, tintas, processamento de vegetais, entre muitas outras que podem ser efetivamente coaguladas com baixa dosagem de coagulante.

A importância da coagulação é que anula as forças de repulsão entre as partículas coloidais, por meio de mecanismos de ligação e adsorção na superfície da partícula coloidal, pela adição de agentes químicos, denominados de eletrólitos. Dentre as principais vantagens do processo de coagulação, podem ser citadas as seguintes: ocorre em temperaturas baixas, consome pouca energia e atinge elevados níveis de purificação em uma única etapa (MAGACHO, 2009).

A coagulação é um processo vinculado à floculação, que é a etapa do tratamento de efluente, onde ocorre a aglomeração das partículas sólidas formando flocos para que possam decantar-se e serem removidos com mais facilidade (SOUZA *et al.*, 2014).

A floculação é o processo de agregação dessas partículas em suspensão devido, principalmente, às forças de Van der Waals, de modo a formar partículas maiores que possam sedimentar. A formação dos flocos pode ocorrer de maneira espontânea, apenas pelos sucessivos choques entre as várias partículas presentes, desde que o sistema apresente energia disponível para tal, decorrente da agitação dele (CARDOSO, 2008).

A floculação se caracteriza por uma operação unitária de clarificação, constituída por um conjunto de atividades físicas, cujo objetivo é reduzir o número de partículas suspensas e coloidais na massa líquida, buscando a formação de flocos mais robustos que serão extraídos com mais facilidade posteriormente. Nesta fase há uma agitação mecânica da massa de água, mas a uma velocidade mais lenta, de modo a promover o bom contato entre as partículas e os flocos, e sem que haja a destruição daqueles já formados (LIBÂNIO, 2010).

Entre as principais vantagens do processo de coagulação/floculação, citam-se: ocorre em temperaturas

baixas, consome pouca energia e atinge elevados níveis de purificação em uma única etapa (MAGACHO, 2009).

Os coagulantes/floculantes naturais têm demonstrado vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais (CARDOSO *et al.*, 2008).

O tratamento biológico é particularmente eficaz na remoção de material orgânico dissolvido em água. Sendo assim, especialistas da área de tratamentos de efluentes buscam alternativas eficazes e de custos reduzidos. Dentre as alternativas mais viáveis, do ponto de vista técnico do uso de coagulantes biológicos, temos derivados de taninos, quitosana e *M. oleífera* (FERREIRA, 2012).

Taninos são compostos polifenóis encontrados em uma grande variedade de plantas superiores, com características adstringentes. A grande vantagem dos taninos vegetais é apresentar a propriedade de adsorver metais dissolvidos em água, aglutinando-os por precipitação no meio, além disso, pode eliminar ou diminuir a toxidez existente em águas contaminadas por bactérias clorofiladas ou cianofíceas (FONSECA, 2010).

Segundo Heredia; Martín; Muñoz (2010), taninos têm sido testados com sucesso na remoção de surfactantes, na eliminação de corantes, remediação de águas residuais municipais e clarificação de água. Os mesmos autores, também afirmam que a cationização dos taninos é conhecida como um procedimento químico que confere caráter catiônico à matriz orgânica do tanino, fazendo com que as principais características (como solubilidade, estabilidade a diferentes pHs) sejam mantidas, enquanto outras são adicionadas. Estas novas características tornam os taninos coagulantes potenciais, desde que agentes carregados positivamente podem desestabilizar colóides aniônicos uma vez misturados em solução aquosa.

A quitosana é um polieletrólito natural encontrado no esqueleto de animais marinhos como caranguejos, camarões e lagostas (FONSECA, 2010).

Segundo Carvalho (2008), a quitosana tem sido largamente utilizada em estudos com vista ao tratamento de água e de efluentes, sendo empregada como agente quelante de metais, como coagulante/floculante, como adsorvente de corantes, ânions metálicos e

outros. Ainda pode-se citar que a quitosana é um produto de baixo custo, renovável e biodegradável.

Bem como as sementes de *M. oleífera* que apresentam muitos produtos úteis que são extraídos antes do coagulante ser fracionado, em particular, óleos comestíveis e outros óleos úteis. Os resíduos sólidos podem ser usados como ração animal e fertilizante, enquanto a casca da semente ativada é usada como um adsorvente. Assim, o coagulante é obtido com custo extremamente baixo. Sementes de moringa são efetivas na remoção de material em suspensão (FERREIRA, 2012).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência das sementes de moringa como coagulante na remoção de sólidos suspensos de efluente simulado de laticínio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparação do efluente

A fim de simular o efluente da indústria de laticínios, foram preparados dois ensaios, um contendo uma mistura pela adição de leite integral à água destilada, e outro, uma mistura pela adição de leite em pó à água destilada, com o intuito de verificar possíveis diferenças pertinentes à coagulação e eficácia do coagulante utilizado.

Preparação da solução coagulante de *m. Oleífera*

Foi preparada solução coagulante de *M. oleífera*, utilizando uma solução de cloreto de potássio 1,0 mol.L⁻¹, segundo Madrona *et al.* (2010) e Okuda *et al.* (1999). Em seguida, foram retiradas as cascas das sementes e trituradas em um processador de alimentos.

Pesou-se 5g de sementes de *M. oleífera* trituradas e 100 mL da solução preparada de cloreto de potássio 1,0 mol.L⁻¹, formando uma nova solução que foi mantida sob agitação magnética durante meia hora a 2000 rpm, seguida de uma filtração à vácuo (HEREDIA & SÁNCHEZ-MARTÍN, 2009; NKURUNZIZA *et al.*, 2009; MADRONA *et al.*, 2010).

Ensaio de coagulação/floculação

Inicialmente pesou-se os cadinhos vazios e colocou-os na estufa a 105°C. Foram feitas quatro soluções utilizando o efluente com leite líquido, para a coagulação/floculação/sedimentação, preparados em

quatro béqueres diferentes. Todas as amostras ficaram em observação por oito horas.

1 - 200 mL de efluente a 100% peso/volume (p/v) + 20 mL de solução coagulante;

2 - 200 mL de efluente a 50% peso/volume (p/v) + 20 mL de solução coagulante;

3 - 200 mL de efluente a 10% peso/volume (p/v) + 20 mL de solução coagulante;

4 - 200 mL de efluente a 1% peso/volume (p/v) + 20 mL de solução coagulante.

Para o segundo ensaio, utilizando o efluente com leite em pó mediu-se o pH inicial. Logo após, foram preparadas duas amostras com as seguintes formulações de coagulantes:

1 - 100 mL de efluente a 0,1% peso/volume (p/v) + 10 mL de solução coagulante;

2 - 100 mL de efluente a 0,1% peso/volume (p/v) + 5 mL de solução coagulante.

Mãe - 100 mL de efluente a 0,1% peso/volume (p/v).

Em seguida, as soluções passaram por uma agitação de 100 rpm por dois minutos. Posteriormente, mediu-se o pH após a agitação, e vagarosamente foi sendo adicionada solução de ácido clorídrico 50% e hidróxido de sódio 0,01 mol.L⁻¹ até que o pH fosse ajustado próximo ao ponto isoelétrico do leite, segundo dados da literatura. Os ensaios então, permaneceram sob refrigeração a 4°C durante quinze horas a fim de que ocorresse a sedimentação em toda a solução.

Determinação dos sólidos suspensos totais (sst)

Para análise de sólidos suspensos totais, pegou-se aproximadamente 5 g de cada ensaio e colocou-se no cadinho seco, colocando-os na estufa à 105°C por uma hora. Retirou da estufa e deixou-os no dessecador por duas horas, para posteriormente ter pesado o cadinho seco.

Através das Equações 1 e 2, foi possível determinar a porcentagem de sólidos suspensos totais.

$$\% \text{ umidade} = \frac{(MC + MA) - MC}{MA} \times 100$$

Onde:

MC: Massa do cadinho em grammas;

MA: Massa da amostra em grammas.

$$\% \text{ sólidos totais} = 100 - \% \text{ umidade}$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização da água residuária

No segundo ensaio, a água residuária tinha um pH inicial de 7,02, o que foi condizente com a literatura. Segundo Sarkar *et al.* (2006), o pH da água residuária da indústria de laticínios varia entre 5,5 a 7,5.

Ensaio de coagulação/floculação

Para o primeiro ensaio, utilizando leite líquido integral, não foram obtidos resultados satisfatórios, pois não houve formação de flocos e pela observação visual da coloração do efluente também não houve mudanças já no início do experimento e, em virtude disso, a solução não foi colocada em agitação.

Segundo CPRH (2001), a velocidade de formação de flocos depende no início da agitação térmica (movimento Browniano) e, ao atingirem um tamanho de 0,1 mm, depende também da agitação mecânica do meio. Evidentemente, essa agitação mecânica deve ser em nível moderado (mistura lenta), pois, do contrário, poderia provocar a desagregação dos flocos já formados, o que dificultaria sua posterior remoção.

Para o segundo ensaio, as análises realizadas no estudo de coagulante de moringa, em diferentes volumes, mostraram uma similaridade nas eficiências. Nesta etapa, observou-se que os flocos formados eram relativamente finos.

Na Tabela 1 são apresentados os dados obtidos através das análises realizadas. Nesta tabela, o pH final refere-se ao pH medido após a adição do coagulante. Todos os coagulantes estavam numa concentração de 1% volume/volume (v/v).

Tabela 1. Dados obtidos de pH após a adição do coagulante de moringa.

Ensaio	Volume de coagulante (mL)	PH
M	-	7,02
1	10	4,65
2	5	4,58

Nota-se que houve a queda brusca do pH depois da adição do coagulante. Este fato pode ser explicado por Prasad (2009), que obteve resultados semelhantes ao estudar a remoção de cor da água residuária de destilaria de álcool, utilizando sementes de *M. oleifera* como coagulante. O ligeiro decréscimo do pH após o

tratamento, segundo o autor, pode estar associado ao balanço dos íons hidrogênio dos ácidos fracos presentes na solução de moringa com os íons hidroxilas presentes na água residuária utilizada.

Foi também verificado que o pH final após a adição do coagulante, para ambos os ensaios foram próximos a 4,6, o ponto isoelétrico do efluente lácteo, segundo dados da literatura. Segundo Ferreira (2012), quanto menor o pH, maior a remoção de turbidez do efluente de laticínio.

Os resultados obtidos mostraram que as sementes *M. oleífera* mantêm seu poder de adsorção em uma faixa de pH entre 5 e 8. Houve uma boa afinidade entre os componentes do efluente de laticínio e o coagulante (VIEIRA *et al.*, 2010). Outros estudos com coagulantes naturais chegaram a valores de pH próximos a essa faixa. Bongiovani *et al.* (2010) realizaram ensaios com coagulantes naturais e águas residuárias com elevada turbidez e cor, os quais estipularam valores de concentração de coagulantes (10,0 a 60,0 mg.L⁻¹) e pH mantido entre 3,0 e 9,0. Concluíram que a melhor faixa de pH para maior remoção de sólidos está entre 6,0 e 9,0, evidenciando que o uso de coagulantes naturais é uma alternativa plausível aos coagulantes tradicionais e à preservação ambiental.

Ndabigengesere & Narasiah (1996) verificaram que a *Moringa oleífera* não sofre influência do pH da água bruta, sendo que na faixa de pH entre 4,0 e 9,0 constataram redução de turbidez. Já Pritchard *et al.* (2010), chegaram a valores maiores de remoção de turbidez da água bruta em pH igual a 6,5, demonstrando que há diferença na remoção conforme aumenta-se ou diminui o valor de pH.

Na Tabela 2, são apresentados o percentual de sólidos suspensos totais nos ensaios de solução mãe e nos ensaios após a adição do coagulante.

Tabela 2. Dados percentuais de sólidos suspensos totais.

Ensaio	Sólidos Suspensos Totais (%)
M	14,9533±0,2137
1	1,1067±0,1138
2	1,0093±0,0776

Observa-se que a solução mãe apresentou um percentual de 14,95% de sólidos suspensos totais, considerando que a solução estava diluída. Nos ensaios 1 e 2, após a adição de diferentes volumes de

coagulantes de moringa, notou-se que o percentual de sólidos suspensos diminuiu para 1,11% e 1,00%, respectivamente. Isso se deve ao fato de que as partículas de sólidos presentes no efluente decantaram após a adição do coagulante. Assim, foi possível determinar que a eficiência de remoção de sólidos foi maior que 98% para ambos ensaios.

Como foram testadas soluções com diferentes concentrações de coagulante, uma com 10 mL (Ensaio 1) e outra com 5 mL (Ensaio 2), pôde-se constatar que o segundo ensaio foi mais eficiente. Este fato, segundo La Mer e Healy (1963), está relacionado com o excesso de coagulante, onde ocorre a saturação das superfícies coloidais, reestabilizando o coloide devido à indisponibilidade de sítios para formação de pontes poliméricas.

Vieira *et al.* (2010) utilizaram as sementes de moringa como adsorvente natural para o tratamento das águas residuais da indústria de laticínios. Eficiências de remoção de até 98%, para cor e turbidez, foram alcançadas usando 0,2 g de *M. oleífera* e 0,2 L de 1g.L⁻¹ de água residual preparada com leite em pó e água de torneira.

A água residuária utilizada para os testes, por possuir partículas de óleos e substâncias inertes, adquiriu carga negativa por meio da adsorção preferencial de ânions, principalmente íons hidroxila, e as partículas orgânicas presentes adquiriram carga superficial pela ionização dos grupos NH₂-R-COO⁻; NH₃⁺-R-COO⁻ e NH₃⁺-R-COOH devido muitos radicais carboxila (-COOH) e amina (-NH₂).

A adesão de alguns íons, de carga oposta na superfície do coloide formado, ocorreu a partir das forças de atração eletrostáticas e de Van der Waals. Como o coloide possui cargas semelhantes, ocorre a repulsão, e devido à força de Van der Waals, ocorre a atração.

Utilizou-se como coagulante a solução de moringa, e este, por possuir uma proteína catiônica de alta massa molecular, desestabilizou as partículas coloidais de carga negativa contidas na água e floculou os coloides. Durante a coagulação, as partículas se agregaram adquirindo peso e acabaram decantando no fundo do béquer, devido a sua maior densidade.

Segundo Sarkar *et al.* (2006), a coagulação/ floculação é uma das etapas mais importantes do tratamento físico-químico e tem como objetivo a remoção do material em suspensão, responsável pela turbidez das águas residuárias e também pela redução da matéria orgânica que contribui para os índices de demanda

bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) presentes nestas águas.

Vieira *et al.* (2010) concluíram que a biomassa de moringa tem potencial para ser usada no tratamento de efluentes da indústria de laticínios de uma forma eficiente e com baixo custo.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o processo de coagulação/floculação com o coagulante natural de moringa contribuiu para redução significativa de sólidos suspensos totais no efluente produzido por uma indústria de laticínios.

A eficiência da floculação das partículas em suspensão foi acima de 98%, o que aconteceu devido à velocidade de agitação da mistura e pH da coagulação serem controlados.

Portanto, a *Moringa oleifera* apresentou uma importante alternativa aos coagulantes inorgânicos que têm desvantagens como a geração de grandes volumes de lodo inorgânico. A moringa, além de ser biodegradável, também possui baixo custo.

REFERÊNCIAS

- ABALIWANO, J. K.; GHEBREMICHAEL, K. A.; AMY, G. L. Application of the Purified *Moringa oleifera* Coagulant for Surface Water Treatment, **Water Mill Working Paper Series**, n.5. UNESCO – Institute for Water Education, 2008.
- ANWAR F.; LATIF S.; ASHRAF M.; GILANI A. H. *Moringa oleifera*: a food plant with multiple medicinal uses. **Phytotherapy Research**, v. 21, n. 1, 2007.
- BADU, R.; CHAUDHURI, M. Home water treatment by direct filtration with natural coagulant. **Journal of Water and Health**, v.3, n.1, 2005.
- BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. In: PHILIPPI JR. **Controle Ambiental da Água. Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, Cap.3. 2004.
- BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B. S. S.; TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 32. n. 2. p. 167-170, 2010.
- 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. 2, 2008.
- CARVALHO, M. J. H. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável**. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.
- CHAKRABORTI R. K.; GARDNER K.H.; ATKINSON J. F.; VAN BENSCHOTEN J. E. Changes in fractal dimension during aggregation. **Water Research**, v. 37, 2003.
- CPRH, COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. **Roteiro Complementar de Licenciamento e Fiscalização: Tipologia Galvanoplastia**. Recife: CPRH/GTZ. 2001.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. D. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2ª ed. V.1, São Carlos: Rima, 792 p. 2005.
- FERREIRA, R. P. **Uso de coagulantes naturais como pré-tratamento de efluente de laticínio** (Monografia). Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2012.
- FONSECA, C. R.; FREITAS, T. P.; NORONHA, L. L.; FARIA, L. L. F. **Utilização de quitosana e tanino como agentes coagulantes na purificação de hidrolisado de bagaço de cana**. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2010.
- GHEBREMICHAEL, K. A.; GUNARATNA, K. R.; HENRIKSSON, H.; BRUMER, H.; DALHAMMAR, G. A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed. **Water Research**, v. 39, 2005.
- GHEBREMICHAEL, K. A. Natural Resources for Appropriate Water Treatment. In: **WEDC International Conference**, 32. Colombo, Sri Lanka. 2006.
- HEREDIA, J. B.; SÁNCHEZ-MARTÍN, J. Removal of sodium lauryl sulphate by coagulation/floculation with *Moringa oleifera* seed extract. **Journal of Hazardous Materials**. 164, 2009.
- HEREDIA, J. B.; MARTÍN, J. S.; MUÑOZ, M. C. G. New coagulants from tannin extracts: Preliminary optimisation studies. **Chemical Engineering Journal**, v. 162, 2010.
- JAHN^a, S. A. A. Monitored water coagulation with *Moringa* seeds in village households. **GTZ: Gate**. Eschborn, n. 1, 1989.
- JAHN^b, S. A. A. Using *Moringa* seeds as coagulant in developing countries. **Journal of the American Water Works Association**, v. 6, 1998.
- KARADI, R. V. GADGE, N. B. ALAGAWADI, K. R. SAVADI, R. V. Effect of *Moringa oleifera* Lam. root-wood on ethylene glycol induced urolithiasis in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, 2006.
- LÉDO, P. G. S.; LIMA, R. F. S.; PAULO, J. B. A. Efficiency of aluminium sulphate and *Moringa oleifera*

- seeds as coagulants for the clarification of water. **Land Contamination & Reclamation**, v. 18, n. 1, 2010.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. Campinas: Editora Átomo, 2010.
- MADRONA, G. S.; SERPELLONI, G. B.; VIEIRA, A. M. S.; NISHI, L.; CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R. Study of the effect of saline solution on the extraction of the *Moringa oleifera* seed's active component for water treatment. **Water, Air and Soil Pollution**. n. 211, p. 409–415, 2010.
- MAGACHO, A. L. F. **Avaliação de técnicas de separação combinadas para a purificação de xilose visando a obtenção de bioprodutos**. 167 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2009.
- NDABIGENGESERE, A. NARASIAH, K. S. Quality water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. **Water Research**, v. 32, n. 3, 1998.
- NDABIGENGESERE, A. NARASIAH, K. S. Influence of parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. **Environmental Technology**. London, v. 7, n. 10, p. 1103-1112, 1996.
- 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 & Technology**, v. 8, 2009.
- OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed. **Water Research**. 33p. 3373-3378, 1999.
- 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, 2009.
- PRITCHARD, M.; CRAVEN, T.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A. S.; O'NEILL, J. G. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 35, p. 791-797, 2010.
- SARKAR, B.; CHHARKRABARTI, P. P.; VIJAYKUMAR, A.; KALE, V. Wastewater treatment in dairy industries – possibility of reuse. **Desalination**, n. 195, 2006.
- SOUZA, F. A.; SENRA, R.; CARBO, L.; NADJA, G. M.; MELLO, G. J. Estação de tratamento de água e ensino de ciência: uma experiência didática. **Unopar Científica Ciências Humanas e Educação**, v. 15, 2014.
- VIEIRA, A. M. S.; VIEIRA, M. F.; SILVA, G. F.; ARAÚJO, A. A. A.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; BERGAMASCO, R. Use of *Moringa oleifera* seed as a natural adsorbent for wastewater treatment. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 206, 2010.