

I-053 - UTILIZAÇÃO DE COAGULANTE NATURAL DE *MORINGA OLEIFERA* PARA CLARIFICAÇÃO E DESINFECÇÃO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADOS EM LEITOS CULTIVADOS E FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS

Marcelo Jacomini Moreira da Silva⁽¹⁾

Pós- doutorando da Faculdade de Engenharia Agrícola da FEAGRI/UNICAMP, Doutor em Saneamento e Ambiente FEC/UNICAMP

José Euclides Stipp Paterniani

Doutor em Hidráulica e Saneamento EESC/USP. Professor do Departamento de Saneamento e Ambiente da FEAGRI/UNICAMP

Adriana Ribeiro Francisco

Doutoranda em Engenharia Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola - FEAGRI/UNICAMP

Camila Clementina Arantes

Doutoranda em Engenharia Civil, Mestre em Saneamento e Ambiente - FEC/UNICAMP

Gabriela Kurokawa e Silva

Mestranda em Saneamento e Ambiente FEC/UNICAMP, Engenheira Agrícola - FEAGRI/UNICAMP

Endereço⁽¹⁾: Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP Cidade Universitária Zeferino Vaz, Barão Geraldo, 13083-970, Campinas - SP – Brasil, tel: (19) 3521-1019, e-mail: silvamjm@gmail.com

RESUMO

O uso de coagulantes de origem vegetal, para clarificação de águas turvas e coloridas, traz atualmente como vantagem ecológica o fato dos residuais desta aplicação serem biodegradáveis evitando a exposição de compostos químicos ao meio ambiente.

O processo de obtenção destes coagulantes tem ainda a vantagem de permitir sua aplicação em áreas com pouco acesso a inovações tecnológicas ou com recursos financeiros escassos, uma vez que a fonte de matéria prima é a própria flora presente nos locais em que serão utilizados.

O presente trabalho estudou o efeito da dosagem de coagulante natural à base de semente de *Moringa oleifera*, para clarificação e desinfecção de efluentes tipicamente domésticos tratados em sistema biológicos de leitos cultivados.

O coagulante foi dosado em unidades de filtração em múltiplas etapas (FIME) constituída de pré-filtro dinâmico, pré-filtro ascendente de pedregulho e filtros lentos. O resultado obtido com eficiência de remoção de cor aparente foi de 70,9%, turbidez de 85,1% coliformes totais de 96,1% e E. coli de 82,8%, indicando o potencial de utilização deste tipo de coagulante como auxiliar no tratamento de efluentes domésticos.

Este trabalho teve como objetivo secundário o conhecimento do comportamento do sistema FIME para ser possível operá-lo em condições ideais para remoção de microorganismos e contaminantes específicos, tais como *Cryptosporidium parvum*, atrazina entre outros.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulantes Naturais, *Moringa oleifera*, Filtração Lenta.

INTRODUÇÃO

A eficiência de tecnologias de baixo custo já foi tema de diversos fóruns onde se justificou o uso de inovações tecnológicas baseada nas qualidades finais obtidas nas águas e efluentes tratados e na relação vazão tratada pela área ocupada. Essa justificativa, certamente correta, considera como foco mais importante a produção de água e efluentes com altas vazões e qualidades, aplicados às necessidades das populações dos grandes centros urbanos e industriais onde a demanda de água e a concentração de contaminantes são cada vez mais elevadas.

Tecnologias de tratamento de águas e águas residuárias que utilizam de grandes avanços tecnológicos exigem a aplicação de insumos químicos e treinamento de profissionais tecnicamente capacitados, o que reflete de imediato na disponibilidade desses profissionais, na infra-estrutura necessária para acondicionamento e aplicação dos produtos que serão utilizados e indiretamente no custos de implantação e operação.

Em áreas rurais ou distantes geograficamente dos grandes centros existem deficiências financeiras e técnicas, porém a demanda de água geralmente é menor, a qualidade dos mananciais naturais fornece água de melhor qualidade e a ocupação populacional permite o uso de áreas maiores para construção das estações de tratamento, permitindo o uso de tecnologias como: Filtração em Múltiplas Etapas, Filtração Lenta, Desinfecção de Água com Energia Solar (SODIS), Sistemas de Leitos Cultivados, entre outros.

Alguns trabalhos têm destacado a viabilidade do uso de coagulantes e/ou auxiliares de coagulação de origem orgânica, constituídos a base de polissacarídeos, proteínas e os amidos, entre os quais têm-se destacado: farinha de mandioca, araruta e fécula de batata, melhorando a eficiência de processos físicos de remoção de sólidos suspensos da água (DI BERNARDO, 2003).

O coagulante natural extraído da semente da *Moringa oleifera* é de fácil cultivo. Destaca-se por produzir uma suspensão capaz de clarificar águas turvas e também é responsável pela redução e controle de doenças de veiculação hídrica. ARANTES *et al* (2009) estudaram diferentes métodos de produção do coagulante natural a base de sementes de moringa, obtendo resultados de eficiência de remoção de turbidez entre 76,73% e 98% quando utilizado como auxiliar de filtração lenta.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa está sendo desenvolvida no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP (FEAGRI/UNICAMP), no município de Campinas-SP, com a coleta dos efluentes gerados pelos laboratórios de Irrigação e Drenagem, Solos, Geoprocessamento, Termodinâmica e Construções Rurais da FEAGRI/UNICAMP, sendo a predominância de despejos domésticos nestes.

O efluente coletado foi previamente tratado em leitos cultivados, constituídos por uma camada de brita numero 1 e vegetação desenvolvida naturalmente. Baseando-se na conclusão de MAZZOLA (2003) que para tempos de detenção acima de 24h os leitos cultivados não apresentaram diferenças significativas em função do tipo de vegetação cultivada, adotou-se o tempo de detenção médio de 24h nos leitos cultivados.

Os dados construtivos das unidades de pré-filtração dinâmica, pré-filtração em pedregulho ascendente e filtração lenta estão mostrados na TABELA 1.

Tabela 1 Dados Construtivos das Unidades de Filtração e Pré-filtração

Unidade de Tratamento	Área Filtrante	Meio Filtrante		Taxa de Filtração
		Espessura	Granulometria	
Pré-filtro Dinâmico (PFD)	0,128 m ² (0,16 x 0,80m)	0,20m	3,36 a 6,35mm	48 m ³ /m ² dia
			9,52 a 12,7mm	
			19,1 a 25,4mm	
Pré-Filtro de Pedregulho Ascendente (PF)	0,02m ² (ϕ=0,16 x 1,60m)	0,20m	1,68 a 2,40mm	24 m ³ /m ² dia
			3,36 a 6,35mm	
			9,52 a 12,7mm	
			12,7 a 19,1mm	
Filtros Lentos	0,02m ² (ϕ=0,16 x 1,60m)	0,60m	0,08 a 1,00mm (D ₁₀ = 0,25mm) (CD = 3)	6 m ³ /m ² dia
		3 mantas sintéticas não tecidas no topo (400g/m ²) e 1 na camada suporte (150g/m ²)		

O efluente tratado pelos leitos cultivados foi, em seguida, bombeado para um reservatório, contendo um agitador para evitar a sedimentação da matéria em suspensão. Esse reservatório abasteceu o sistema de filtração em múltiplas etapas, constituído pelas seguintes unidades: Reservatório, Pré-filtro dinâmico, Pré-filtros de fluxo ascendente e Filtros lentos, como mostrados na FIGURA 1.



Figura 1 Sistema de Filtração em Múltiplas Etapas

A Figura 2 apresenta um esquema operacional do sistema de Filtração em Múltiplas Etapas, indicando os pontos de dosagem de coagulante obtido a partir das sementes de *Moringa oleifera*: na entrada de um dos pré-filtros (PF2) e em um dos filtros lentos (FL4). Combinando-se as unidades e as dosagens de coagulante, obtiveram-se os seguintes tratamentos: testemunho sem uso de coagulante (PF1 + FL3), com dosagem de coagulante no apenas no filtro lento (PF1 + FL4) e com dosagem de coagulante apenas no pré-filtro (PF2 + FL1 e PF2 + FL2). Na unidade de pré-filtração dinâmica não foi dosado coagulantes e a recirculação de efluente foi realizada apenas nos pontos sem coagulantes para evitar efeitos residuais.

A operação do sistema ocorreu de modo contínuo, sendo o coagulante introduzido no sistema por meio de uma bomba dosadora de diafragma. O tratamento era interrompido quando atingia o limite da carreira de filtração, ou seja quando o nível do filtro lento atingia a altura limite. A medida que atingiam essa altura, eram drenados através de descarga de fundo, suas mantas eram limpas e postos novamente em operação. Nos pré-filtros de pedregulho as descargas de fundo foram realizadas quando a carreira dos filtros lentos era encerrada e o pré-filtro dinâmico não houve parada para limpeza durante a operação do sistema.

Para comparação das eficiências do tratamento, foram feitas análises de cor aparente, turbidez, pH, condutividade elétrica, *E. coli* e coliformes totais. Essas análises foram conduzidas no Laboratório de Saneamento da FEAGRI/UNICAMP.

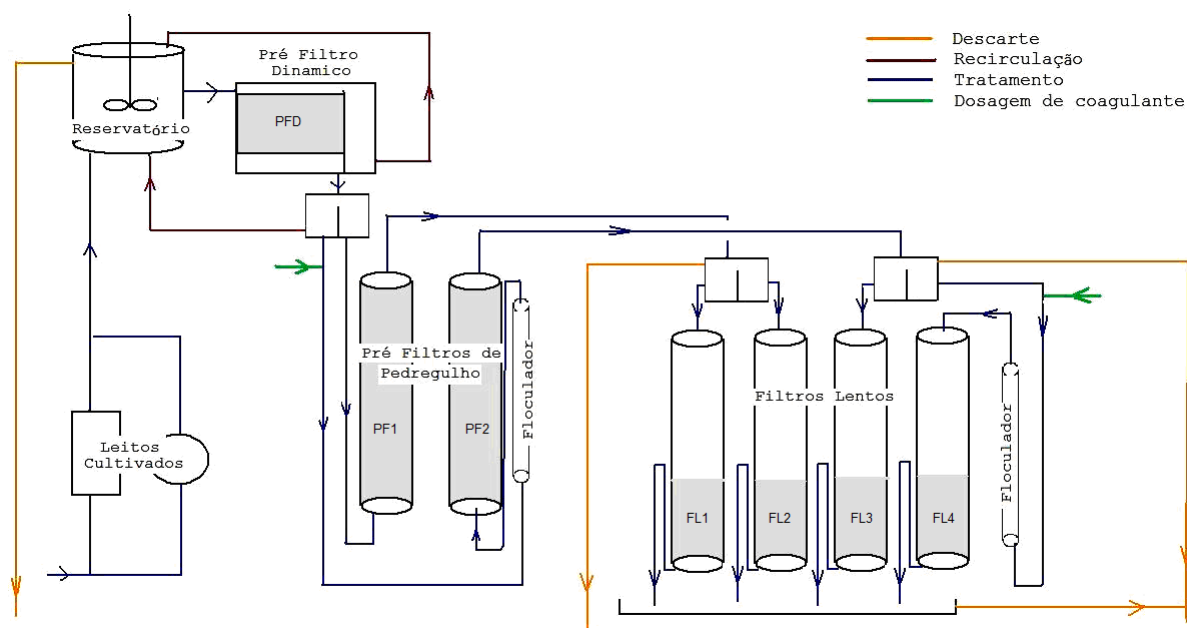


Figura 2 Fluxo no sistema durante ensaios com efluentes dos leitos cultivados

RESULTADOS

A TABELA 2 mostra as principais características do efluente dos leitos cultivados que alimentavam o sistema FIME, onde os valores desses parâmetros são semelhantes aos obtidos por LONDE (2002) e SILVA (2006) que utilizaram leitos cultivados no tratamento de efluentes domésticos.

Tabela 2 Resultados médios dos principais parâmetros de caracterização do efluente dos leitos cultivados.

Cor Ap. mg(Pt-Co)/L	Turbidez NTU	pH	Cond. Elét. μS/cm	Colif. Totais NMP/100ml	<i>E.coli</i> NMP/100ml
272,33	26,12	7,86	682	1,22 x 10 ⁶	1,22 x 10 ⁶

A concentração da solução coagulante de semente de moringa foi definida por meio de ensaios em Jar-test, com tempos de contato de 30, 60 e 120min e agitação lenta de 40 s⁻¹, apenas para evitar sedimentação. Foram utilizadas 3 dosagens diferentes: 0 (testemunha), 37mgL⁻¹ a 0,67%, 250mgL⁻¹ a 2,0% e 500mgL⁻¹ a 2,0%, valores esses citados por RAMOS (2005). A amostra inicial foi denominada Amostra Bruta.

Para a concentração de coagulante de 37mgL⁻¹ a 0,67% os resultados não mostraram eficiência na inativação de coliformes totais e *E.coli*, sendo os resultados da amostra testemunha melhores que das amostras com dosagem de coagulante. Desse modo essa dosagem foi descartada.

Para as dosagens de 250 e 500mgL⁻¹ a 2,0% os resultados obtidos foram semelhantes tanto para inativação de coliformes totais como de *E.coli*, como mostram as FIGURAS 3 e 4.

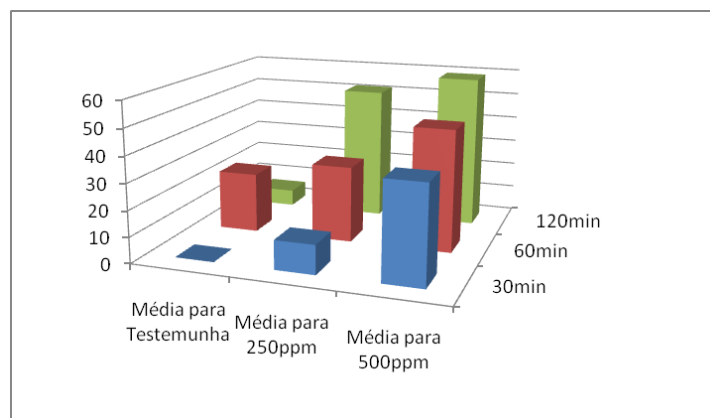


Figura 3 Eficiência de Inativação de Coliformes Totais

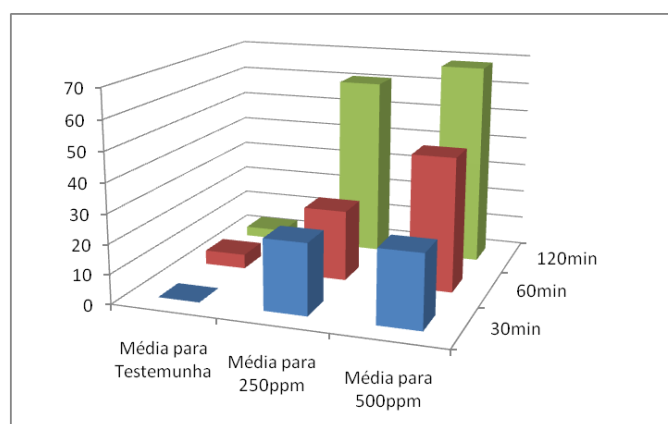


Figura 4 Eficiência de Inativação de *E.coli*

Comparando-se os resultados obtidos, têm-se valores de eficiência de 52% e 59% de inativação remoção de coliformes totais para dosagens de 250mgL^{-1} e 500mgL^{-1} , respectivamente. Do mesmo modo, de 61% e 69% para *E.coli*. Os resultados obtidos sugeriram que a utilização da dosagem de coagulante com concentração de 250mgL^{-1} foi melhor, visto que se utiliza menor volume de coagulante e se obtém resultados similares às dosagens mais elevadas.

A turbidez do afluente na entrada do sistema de filtração em múltiplas etapas apresentou valores médios de 15,47NTU e a cor aparente teve média de 124,1 mg(Pt-Co)/L. Segundo RAMOS (2005) a eficiência do coagulante a base de moringa é maior em águas com valores de turbidez elevados. No presente estudo, observou-se que tanto nos pré-filtros de pedregulho como nos filtros lentos os menores valores de turbidez ocorreram naqueles nos quais houve dosagem de coagulante, demonstrando uma melhora no tratamento, mesmo com o acréscimo da matéria orgânica presente no coagulante.

Nas unidades de pré-filtração em pedregulho, tanto para cor como para turbidez, as melhores eficiências ocorreram nas unidades em que foi adicionado o coagulante. Melhor eficiência também foi observada nos tratamentos nos quais ocorreram a aplicação de coagulante, seja diretamente no FL ou nos PF que os alimenta. A FIGURA 5 mostra uma evolução dos valores médios de turbidez e cor aparente após cada unidade de tratamento.

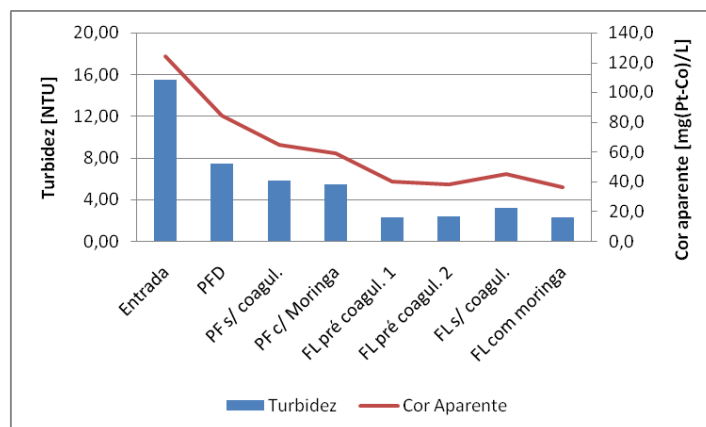


Figura 5 Valores Médios de Turbidez e Cor Aparente

Os resultados obtidos para pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica mostram que não houve variação significativa ao longo das unidades de filtração.

A eficiência de redução para a concentração de Coliformes Totais apresentou maior eficiência no tratamento no qual foi feita a adição do coagulante natural diretamente nos filtros lentos, sendo a eficiência de 82,8%. A dosagem nos pré-filtros ascendentes apresentou a eficiência mais baixa (25,0%) que aquela obtida sem a adição de coagulantes, a qual apresentou eficiência de 76,9% na remoção de Coliformes Totais.

Também se observou taxas mais elevadas na redução de *E.coli* quando o coagulante foi dosado no Filtro Lento (99,4%). Com a aplicação do coagulante no pré-filtro ascendente, obteve-se eficiência de 96,4% na remoção de *E. coli*., sendo mais eficiente do que no pré-filtro que não recebeu o coagulante natural a base de sementes de *Moringa oleifera*, que apresentou eficiência de remoção de *E.coli* de 93,5%. A FIGURA 6 mostra os valores das concentrações de microorganismos.

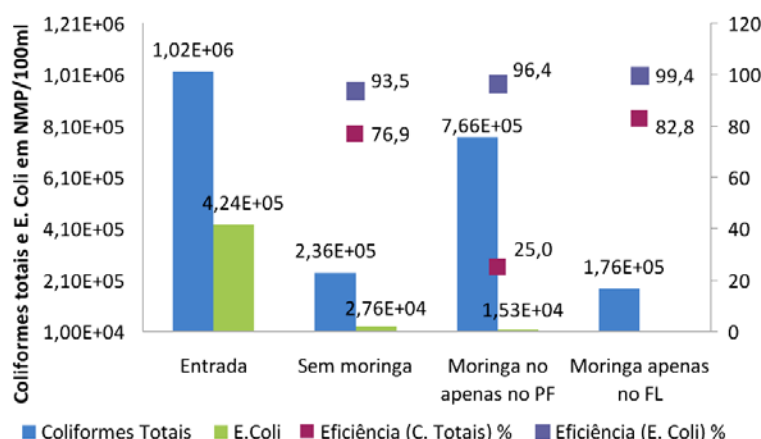


Figura 6 Dados de Concentração e Coliformes Totais e E.Coli

CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou que a *Moringa oleifera* possui potencial de redução de material sólidos em suspensão da água por coagulação seguida de filtração, sendo a avaliação feita por meio de turbidez, cuja eficiência foi de 60,5% no sistema com dosagem diretamente no filtro lento 58% no sistema com dosagem na unidade de pré-filtração e 45,4% sem a utilização de coagulante. Para cor aparente, a eficiência foi de 44,4% no sistema com dosagem diretamente no filtro lento, 34% no sistema com dosagem na unidade de pré-filtração e 31,2% sem a utilização de coagulante.

Os valores obtidos para remoção de microrganismos patogênicos, também apresentaram maiores eficiências quando se dosou o coagulante.

Os resultados permitiram concluir que, para os parâmetros usuais de avaliação do tratamento de águas residuárias, a utilização do coagulante natural a base de sementes de *Moringa oleifera* apresentou potencial de eficiência, possibilitando que se estude a eficiência de remoção de outros microrganismos ou contaminantes, tais como: *Cryptosporidium*, Atrazina, etc.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Processo 2008/53066-6, 2007/57675-9 e 2010/16118-2) e ao CNPq (Processo 551388/2007-2) pelos financiamentos e bolsas concedidas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARANTES, C.C.; FRANCO, M.; PATERNIANI, J. E. S.; SLUSSAREK, M.; (2009) Uso de Solução a Base de Sementes de Moringa Oleífera como Auxiliar da Filtração Lenta In: Encontro Nacional de Moringa, 02 a 04 de setembro de 2009 Aracaju – Sergipe, 2009.
2. LONDE, L. R.; Eficiência da Filtração Lenta no Tratamento de Efluentes de Leitos Cultivados. Dissertação de Mestrado, FEAGRI-UNICAMP, Campinas, 2002.
3. DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de tratamento de Água - V. I e II. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, 2003.
4. MAZZOLA, M., Uso de Leitos Cultivados de Fluxo Vertical por Batelada no Pós-Tratamento de Efluente de Reator Anaeróbio Compartimentado. Dissertação de Mestrado- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 113p., 2003.
5. RAMOS, R. O.; Clarificação de Água com Turbidez Baixa e Cor Moderada Utilizando Sementes de M. Oleífera. Tese de Doutorado - Faculdade de Engenharia Agrícola-UNICAMP, Campinas/SP, 276p, 2005.
6. SILVA, M. J. M.; Filtração Lenta e Técnicas Alternativas de Desinfecção para Tratamento de Adequação de Efluentes Domésticos Visando Reuso. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Campinas, Campinas., 2006.