

## I-053 - UTILIZAÇÃO DE *MORINGA OLEIFERA* EM FLOCULADORES COM BAIXOS TEMPOS DE PROCESSO

**João Paulo Nascimento Armeloni** <sup>(1)</sup>

Graduando em Engenharia de Produção pelo Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cariacica (IFES)

**Danieli Soares de Oliveira** <sup>(1)</sup>

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo. Mestre e Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Professora do Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Cariacica.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rodovia Governador José Sette, S/N, Itacibá, Cariacica, ES. CEP: 29145440 - Brasil - Tel: (27) 32461600 - e-mail: [danieli@ifes.edu.br](mailto:danieli@ifes.edu.br)

### RESUMO

Com o intuito de avaliar um produto alternativo para o processo de coagulação e floculação no tratamento de água e efluentes, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e experimentos em um circuito hidráulico visando mensurar a remoção de turbidez utilizando um floculador tubular helicoidal. Testes iniciais em bancada com sementes de *Moringa oleifera* foram realizados para a determinação da concentração do produto em amostras de água com bentonita. Em seguida, foram realizados experimentos com as sementes no circuito hidráulico, e assim, obteve-se cerca de 92% de redução da turbidez da água. Também foi realizada avaliação do coagulante escolhido, em que se mostrou uma alternativa natural e economicamente viável devido aos seus benefícios.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Moringa oleifera*, Coagulantes alternativos, Floculantes alternativos, Coagulantes naturais, Floculantes naturais.

### INTRODUÇÃO

O aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis na natureza necessita de técnicas que os tornem utilizáveis para o consumo humano e para as atividades industriais, visto que a composição e a qualidade da água podem interferir na saúde humana e nas etapas dos processos produtivos. Por este motivo, diversos profissionais, empresas da área de saneamento e indústrias desenvolvem metodologias cuja finalidade é obter maior eficiência no tratamento e na reutilização de água.

Com isso, a alta eficiência no tratamento de água para o consumo humano torna-se uma importante medida para a diminuição da transmissão de doenças por contaminação da água, resultando na redução de custos com saúde pública por permitir melhores condições de saúde e qualidade de vida para a população. Além dos benefícios para a saúde humana, para o setor industrial a qualidade propícia para a utilização nas atividades e o reuso permitem maior eficiência dos processos produtivos e implica também na diminuição dos custos com insumos, no caso a água, e de prejuízos causados pela presença de impurezas.

Nas estações de tratamento de água, destaca-se as etapas de coagulação e floculação (POHLMANN *ET AL.* 2015). A coagulação consiste em adicionar produtos químicos coagulantes como sulfato de alumínio, cloreto férrico, polímeros orgânicos ou produtos de origem vegetal conforme é apresentado por Campos *et al.* (2005), Santos *et al.* (2011) e Valverde *et al.* (2013). Esses produtos são adicionados à água para a retirada de impurezas sólidas de dimensões coloidais que estão dispersas no fluido e não se sedimentam sem auxílio. Em seguida, é realizada a etapa de floculação, que consiste na formação de flocos pela agregação das impurezas, por meio da agitação lenta da água, a fim de que haja a formação de flocos, para posteriormente se sedimentarem por ação da gravidade e, ao serem retirados, reduz-se a turbidez da água.

Uma metodologia inovadora tem sido empregada em alguns laboratórios de pesquisa visando a formação de flocos por meio de tubos enrolados em configuração helicoidal, de forma a aumentar o grau de mistura da unidade e promover um aumento na interação entre as partículas desestabilizadas pela etapa de coagulação. Tal metodologia, conhecida por Floculador Tubular Helicoidal (FTH), tem apresentado bons resultados de

eficiência na separação sólido-líquido, como mostrado nos trabalhos de Carissimi (2007), Oliveira (2017a) e Oliveira (2017b). Esta unidade, além de compacta, apresenta baixos tempos de processo, com tempos de detenção na ordem de segundos (cerca de 45 a 60 segundos), enquanto que as unidades convencionais trabalham na ordem de minutos (20 a 30 minutos).

Entretanto, a utilização de coagulantes compostos por metais, como sais de alumínio e ferro, pode deixar resíduos na água que é utilizada para o consumo humano e, ao ser ingerida, causar problemas para a saúde com consequências irreversíveis, como doenças no sistema nervoso, exposto por Llopis e Diez (2002) e Vázquez e Montoya (2004), já relacionadas com a presença desses metais e, ao retornar para o meio ambiente, ocasionar a contaminação do solo e de outros corpos d'água. Então, na busca pela diminuição do uso desses produtos e consequentemente de seus impactos, já se intensificam os estudos e pesquisas sobre a viabilidade das alternativas a esses produtos químicos.

Assim, faz-se necessário a análise, a comparação e o desenvolvimento de técnicas alternativas de tratamento de água, em especial de clarificação de águas, seja por meio de coagulantes biodegradáveis de origem vegetal (*aloe vera*, *moringa oleifera* dentre outros), seja pela utilização de unidades que sejam rápidas, compactas e que não utilizem grande quantidade de coagulantes, de forma a garantir uma eficiência satisfatória no tratamento de água e a minimização de possíveis efeitos prejudiciais sobre a saúde humana e o meio ambiente.

Com base nesse contexto, será avaliada neste estudo a utilização de *moringa oleifera* em floculadores tubulares helicoidais, visando unir duas alternativas comumente apontadas pela literatura como inovadoras e eficientes, visando melhoria no processo de separação sólido líquido.

## OBJETIVO

Avaliar o uso de sementes de *Moringa oleifera* como auxiliar no processo de coagulação/floculação em um sistema compacto de clarificação de águas de baixo tempo de processo.

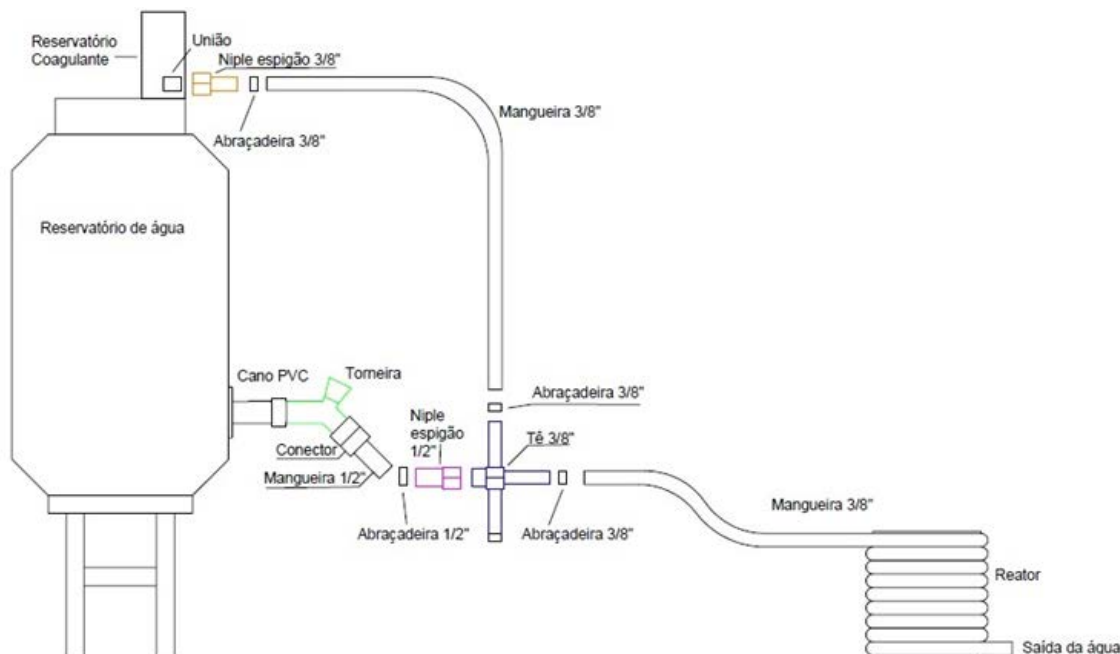
## METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica por meio da pesquisa de artigos nas plataformas Google Acadêmico, Capes e Science Direct com as seguintes palavras-chaves "tratamento com coagulantes alternativos", "tratamento com floculantes alternativos", "coagulante no tratamento de água", "coagulantes naturais", "floculantes naturais"; a plataforma do Portal de Periódicos Capes, com esta palavras-chaves "coagulantes alternativos", "coagulantes naturais", "coagulantes naturais em água", "floculantes alternativos", "floculantes naturais", "natural flocculants"; e a plataforma do Science Direct, com os seguintes termos "natural coagulants", "natural flocculants". Com base na análise dos artigos avaliados, escolheu-se como produto alternativo a ser avaliado a *Moringa oleifera*, pelo seu potencial de remoção apresentado por Muniz et al.(2015) e a sua presença no Brasil.

Como atividade preliminar, foram realizados experimentos de bancada no laboratório de química do IFES – Campus Cariacica utilizando o extrato da semente da *Moringa oleifera* em uma água de teste preparada em laboratório. A água de teste foi preparada com 0,5L de água e 1g de bentonita e o coagulante a base de *moringa* foi preparado com 1g de sementes de *Moringa oleifera* com casca e 80 ml de água destilada, conforme apresenta Muniz *et al.*(2015). Essa mistura foi levada ao liquidificador e filtrada, obtendo-se então o extrato da semente de *moringa*.

A água de teste foi colocada em um agitador magnético e, quando o agitador atingiu uma rotação de 1200 rpm, retirou-se a primeira amostra. Após isso, adicionou-se 10 ml do coagulante produzido, sendo mantida a rotação por um minuto (simulando o processo de coagulação). Em seguida, a rotação foi reduzida para 200 rpm, e foi mantida nessa condição por dez minutos (simulando o processo de floculação). Após este tempo, o agitador foi desligado e retirou-se amostras da superfície do líquido após 15, 30 e 45 minutos, a fim de serem comparadas com a amostra inicial. Testes similares foram realizados visando uma melhoria nos valores de eficiência de remoção de turbidez no experimento de bancada, alterando-se a quantidade de coagulante e a rotação do agitador – no entanto, os melhores resultados foram obtidos para a situação descrita acima.

Após a obtenção da concentração de coagulante, iniciou-se o processo no circuito hidráulico implantando em um laboratório de hidráulica. Um esquema representativo do circuito hidráulico utilizado é apresentado na Figura 1.



**Figura 1 - Circuito hidráulico utilizado no desenvolvimento desta pesquisa**

**Fonte: Elaborado pelos autores**

As características geométricas do reator, tais como o comprimento e o diâmetro da mangueira, foram obtidas com base nos resultados de Oliveira (2008), que encontrou bons resultados para a redução da turbidez com essa configuração utilizando sulfato de alumínio. O comprimento e o volume do reator possuem respectivamente, 10,53m e 750cm<sup>3</sup> e o gradiente médio de velocidade vale cerca de 200 s<sup>-1</sup>. O tempo de detenção no floculador helicoidal foi de 45 segundos, tempo significativamente inferior aos comumente verificados em unidades de floculação.

Para a determinação da turbidez inicial na água do reservatório foram coletadas cinco amostras, medidos com um turbidímetro da marca Hanna, modelo HI88703, e obtido o valor médio entre eles. Já para a concentração de coagulante, baseou-se nos valores obtidos nos testes de bancada do laboratório de química.

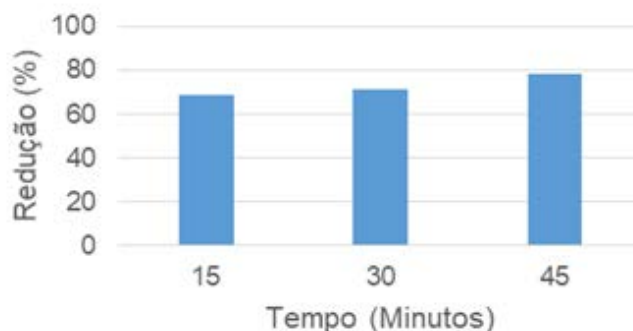
Após a abertura da torneira do circuito hidráulico, para a saída da água com bentonita, foi acrescido ao fluido uma quantidade de coagulante; em seguida, o fluido passou pelo floculador tubular helicoidal e foi encaminhado para uma proveta na saída do circuito. Por fim, realizou-se a medição da turbidez no turbidímetro após 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 minutos da coleta.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa podem ser divididos em duas partes: 1) resultados obtidos em bancada, desenvolvido no laboratório de química; e 2) resultados obtidos no circuito hidráulico, desenvolvido no laboratório de hidráulica.

### RESULTADOS OBTIDOS NA BANCADA

Em bancada foram realizados experimentos para a definição da concentração de coagulante natural que produzisse os melhores resultados. São apresentados na Figura 2 os resultados obtidos considerando 10 ml de extrato de *Moringa oleifera*, como descrito na seção de Metodologia.



**Figura 2 - Redução percentual de sólidos utilizando *Moringa oleifera* em experimento de bancada**

Por meio da Figura 2 é possível verificar que a redução de sólidos é considerável mesmo para os menores tempos de processo (68%). Já para um tempo de sedimentação de 45 minutos a eficiência de remoção de turbidez atingiu 78%, indicando que este coagulante pode ser uma alternativa interessante na substituição de coagulantes químicos no processo de clarificação de águas.

## RESULTADOS OBTIDOS NO CIRCUITO HIDRÁULICO

No experimento realizado no circuito hidráulico, a turbidez inicial média entre as amostras foi de 148 UT (unidade de turbidez) como mostra a Tabela 1, e percebeu-se uma redução considerável após a saída do fluido na unidade, com destaque para o tempo de 30 minutos após a coleta, no qual houve redução de sólidos de 95%, como verificado na Tabela 2.

**Tabela 1 - Resultados de turbidez inicial da água de teste produzida no reservatório de água apresentado na Figura 1.**

AMOSTRA INICIAL	TURBIDEZ INICIAL UT
1	134
2	145
3	177
4	153
5	131
Média	148

**Tabela 2 - Resultados de turbidez final para 8 valores de tempo de sedimentação, obtidos na saída do Floculador Tubular Helicoidal.**

TEMPO (MINUTOS)	TURBIDEZ FINAL UT	REDUÇÃO DE TURBIDEZ %
10	18,9	87,2
15	19,6	86,8
20	14,3	90,3
25	9,76	93,4
30	7,15	95,2
35	7,92	94,7
40	8,81	94,1
45	7,6	94,7

Analisados os resultados, constatou-se a alta eficiência do extrato de *Moringa oleifera* na remoção de turbidez no processo de tratamento de água, sendo obtidos valores maiores do que os verificados em laboratório, indicando que a unidade auxiliou no processo de formação de flocos e, consequentemente, na separação sólido-líquido. Além disso, destaca-se que a eficiência obtida com a *Moringa oleifera* foi superior à obtida

utilizando sulfato de alumínio no trabalho de Oliveira (2008), indicando que este produto pode ser uma excelente alternativa no processo de clarificação de águas.

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou a análise da utilização de produtos e unidades alternativas para o tratamento de água. Utilizou-se nos experimentos a *Moringa oleifera* pela eficiência apresentada na literatura e pela sua ampla presença no Brasil; e utilizou-se Floculadores Tubulares Helicoidais devido à alta eficiência de processo verificada em trabalhos anteriores e ao baixo tempo de processo. Verificou-se uma alta eficiência na remoção de turbidez, em torno de 92%, com a utilização de ambos. Destaca-se que o valor de eficiência obtido é consideravelmente superior ao comumente exposto pela literatura, o que indica a viabilidade técnica e financeira desse produto, além de ser uma alternativa natural aos produtos químicos usualmente utilizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAMPOS, S.X. et al. Influência das características das substâncias húmicas na eficiência da coagulação com sulfato de alumínio. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v.10, n.3, 2005.
2. CARISSIMI, E., MILLER, J.D. e RUBIO, J. Characterization of the high kinetic energy dissipation of the Flocs Generator Reactor (FGR), Int. J. Miner. Process., vol 85, 2007.
3. LLOPIS, L. S.; DIEZ, F. B. Revisión de los estudios sobre exposición al aluminio y enfermedad de Alzheimer. Rev. Esp. Salud Publica, Madrid, v.76, n.6, 2002.
4. MUNIZ, G. L. et al. Use of *Moringa oleifera* seeds for the removal of turbidity of water supply. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, Taubaté, v.10, n.2, 2015.
5. OLIVEIRA, D. S. e TEIXEIRA, E.C. Hydrodynamic characterization and flocculation process in helically coiled tube flocculators: an evaluation through streamlines, Int. J. Environ. Sci. Technol., Vol. 14, No. 12, 2017a.
6. OLIVEIRA, D. S. e TEIXEIRA, E.C. Experimental evaluation of helically coiled tube flocculators for turbidity removal in drinking water treatment units, Water SA, Vol. 43, No. 3, July 2017b.
7. POHLMANN, P. H. M. et al. Treatment of water for human supply: contributions of Six Sigma methodology. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v.20, n.3, 2015.
8. SANTOS, T. M. et al. Estudo do tratamento físico químico da água produzida utilizando *Moringa oleifera* Lam em comparação ao sulfato de alumínio. Exacta, São Paulo, v.9, n.3, 2011.
9. VALVERDE, K. C. et al. Coagulation diagram using the *Moringa oleifera* Lam and the aluminium sulphate, aiming the removal of color and turbidity of water. Acta Scientiarum. Technology, Maringá, v.35, n.3, 2013.
10. VÁZQUEZ, R. T., MONTOYA, V. H.. Riesgos a la salud por presencia del aluminio en el agua potable. Conciencia Tecnológica, Aguascalientes, México, n.25, 2004.