



ANÁLISE DA PERFORMANCE DOS COAGULANTES NATURAIS *Moringa oleifera* E TANINO COMO ALTERNATIVA AO SULFATO DE ALUMÍNIO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA

Ana Paula da Silva Siqueira¹ Cleilton Novais da Silva² Luciana Cristina Soto Herek Rezende³, Rute Grossi Milani³ Natália Ueda Yamaguchi³

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, Unicesumar.

² Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, Unicesumar. Bolsista Capes.

³ Docente do Centro Universitário de Maringá – Unicesumar. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas. Pesquisadora, Bolsista Produtividade em Pesquisa do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. (natalia.yamaguchi@unicesumar.edu.br)

Recebido em: 06/04/2018 – Aprovado em: 10/06/2018 – Publicado em: 20/06/2018
DOI: 10.18677/EnciBio_2018A112

RESUMO

Nos últimos anos, tem aumentado a demanda por pesquisas referentes ao uso de coagulantes alternativos aos coagulantes químicos para o tratamento de água potável, visando a melhoria do processo, permitindo a redução da geração de lodo e a ausência de metais na água. Diante disso, o presente trabalho objetivou analisar a performance de coagulantes naturais, *Moringa oleifera* e Tanino (Tanfloc) comparando-os ao coagulante químico sulfato de alumínio no tratamento da água. A água bruta utilizada nesta pesquisa foi proveniente da bacia do Rio Pirapó, coletada no município de Maringá-PR. Os experimentos de coagulação/floculação e sedimentação foram realizados em *Jar Test*. Os parâmetros utilizados na caracterização da água foram: turbidez, cor e pH. Os resultados mostraram a eficácia do tanino quando comparado aos demais tratamentos, e que, entre o sulfato de alumínio e a *Moringa oleifera* não houve diferença. No entanto, o sulfato de alumínio apresenta baixo custo de mercado por ser produzido em larga escala, porém o mesmo é bioacumulador e representa riscos à saúde. Já a *Moringa oleifera* é um coagulante natural, eficiente e para ser utilizada no tratamento exige um processamento fácil e prático, o que a torna uma solução viável para o tratamento sustentável da água, principalmente em regiões menos desenvolvidas.

PALAVRAS-CHAVE: coagulantes naturais, tecnologias limpas, tratamento da água.

ANALYSIS OF PERFORMANCE OF COAGULANTS *Moringa oleifera* AND TANINO AS ALTERNATIVE TO ALUMINUM SULPHATE

ABSTRACT

In recent years, there has been a growing demand for research on the use of alternative coagulants to chemical coagulants for the treatment of drinking water, aiming at improving the process, reducing the generation of sludge and the absence

of metals in the water. Therefore, the present work aimed to analyze the performance of natural coagulants, *Moringa oleifera* and Tanino (Tanfloc), comparing them to the chemical coagulant aluminum sulfate in water treatment. The raw water used in this research came from the Pirapó River basin, collected in the municipality of Maringá-PR. The coagulation / flocculation and sedimentation experiments were performed in Jar Test. The parameters used in the characterization of the water were: turbidity, color and pH. The results showed the efficacy of the tannin when compared to the other treatments, and that between aluminum sulfate and *Moringa oleifera* there were no differences. However, aluminum sulphate has low market cost because it is produced on a large scale, but it is bioaccumulating and poses a health risk. *Moringa oleifera* is a natural, efficient coagulant and to be used in the treatment requires easy and practical processing, which makes it a viable solution for the sustainable treatment of water, especially in less developed regions.

KEYWORDS: Water treatment, natural coagulants, clean technologies.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para a existência da vida. Todavia, esse recurso natural tem sido utilizado de forma não sustentável, ocasionando graves problemas ambientais como a escassez e baixa qualidade causando riscos à saúde humana. Segundo a Organização Mundial da Saúde (2011), todos os anos, dois milhões de pessoas morrem após ingerir comida e água contaminadas.

O serviço de abastecimento de água através da rede geral ocorre pela retirada da água bruta da natureza, a adequação de sua qualidade, transporte e fornecimento à população como rede geral de distribuição (BATISTA et al., 2013). É primordial que a água consumida atenda a normativa de potabilidade vigente. De acordo com a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), órgão que estabelece o padrão de qualidade de toda a água que se destina ao consumo. Portanto os parâmetros determinados por essa portaria precisam ser cumpridos.

Di Bernardo e Dantas (2005) descrevem o procedimento de coagulação como um processo de remoção de impurezas da água. A coagulação consiste essencialmente na desestabilização das partículas coloidais e suspensas presentes na água (FRANCO et al., 2017) e normalmente é seguida pelo processo de floculação que aglomeram as partículas coaguladas ou desestabilizadas, para formar flocos maiores que possam sedimentar (RITCHER, 2009).

Nos sistemas de tratamento são comumente empregados coagulantes inorgânicos, de origem química, constituídos por sais de ferro e alumínio, tal como o sulfato de alumínio e o cloreto férrico. De modo que, o coagulante usado em maior quantidade no Brasil é o sulfato de alumínio por possuir alta eficiência na extração de impurezas, fácil manejo e transporte e produção de baixo custo (CARDOSO et al., 2008; GUSMÃO, 2014). No entanto, o uso extensivo deste agente tem sido discutido devido à presença de alumínio excedente na água tratada e no lodo acumulado ao final do processo. Os resíduos de alumínio acumulados na água tratada podem afetar a saúde humana, provocando doenças neurológicas (AMAGLOH; BENANG, 2009).

A ingestão progressiva do alumínio é um dos fatores que pode contribuir para a doença de Alzheimer (BINA et al., 2009; CHEDEVILLE et al., 2009; JOE et al., 2015). Outros estudos também mencionam que além de agravar o mal de

Alzheimer, o excesso de alumínio pode causar raquitismo, anorexia e constipação intestinal (CHEDEVILLE et al., 2009).

Neste sentido, nos últimos anos, vem sendo proposto, que polímeros inorgânicos ou orgânicos sintéticos, ou sais de alumínio ou ferro, sejam substituídos pelo uso de polímeros catiônicos orgânicos preparados a partir de produtos naturais (MANGRICH et al., 2014). Os coagulantes naturais de origem vegetal tem se mostrado eficientes no tratamento de efluentes industriais (ABOULHASSA et al., 2016) como da indústria têxtil (VARGAS et al., 2017), no tratamento de água (POUMAYE et al., 2012), esgoto sanitário (LO MONACO et al., 2013) e na remoção de herbicidas de soluções aquosas (SOUZA et al., 2015). E tem sido amplamente difundido, principalmente devido ao alto potencial biodegradável, não alteração do pH da água tratada, além de serem adquiridos a custo baixo e estão disponíveis abundantemente na natureza (YIN, 2010; AWAD et al., 2013; VERMA et al., 2015). Ademais apresentam menor volume de lodo após o tratamento e não há presença de metais no mesmo, oferecendo segurança para a saúde humana (MORAES, 2004) e ao ambiente.

Dentre os coagulantes naturais, destaca-se o tanino e o extrato da *Moringa oleifera*. O tanino é um coagulante de origem vegetal encontrado em uma grande variedade de plantas superiores (GUSMÃO, 2014). No entanto, o tanino, mais comumente utilizado, é extraído principalmente da espécie arbórea acácia-negra (*Acacia mearnsii*), sendo constituídos de moléculas fenólicas, com capacidade de formar complexos com proteínas e outras macromoléculas e minerais (CASTRO-SILVA et al., 2004).

Os taninos atuam em sistemas de partículas coloidais neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, permitindo a formação de flocos e consequente sedimentação (GRAHAM et al., 2008). Desta forma, podem ser utilizados no tratamento de águas residuais e de abastecimento mediante o procedimento de coagulação e floculação.

Por sua vez, a *Moringa oleifera* é um coagulante natural comumente advindo das sementes da planta. Esta é caracterizada como um polímero orgânico-catiônico que desestabiliza as partículas presentes na água e forma os coloides, apresentando alta eficiência para a coagulação, com o benefício de ser biodegradável (SANTOS et al., 2011). Estes autores ainda ressaltam que devido a versatilidade, a *M. oleifera* apresenta ação efetiva sobre variados tipos de água e diversos tipos de efluentes industriais. A *M. oleifera* também possui constituintes como o pterigospermina e ramnosil-oxibenzil-isotiocianato que possuem ações antimicrobianas (BASTISTA et al., 2013).

Quando comparada com coagulantes químicos, a *M. oleifera* apresenta vantagens. Como não requer ajustes de pH e alcalinidade, não causa problemas de corrosão, de baixo custo e produz baixo volume de lodo (MORAES et al. 2005). Segundo Cardoso et al. (2008), pode-se afirmar que o tratamento da água com a *M. oleifera* não apresenta nenhum risco à saúde e que além de atuar como agente coagulante essas sementes também possuem inúmeros usos na alimentação humana pelo alto teor nutritivo.

Em alguns países em desenvolvimento da África, a população rural utiliza sementes de *M. oleifera* a fim de obter água clarificada (VIJAY KUMAR et al., 2012). Além disso, a utilização da moringa também tem sido reportada em pequenas comunidades (FRANCO et al., 2012). Fatombi et al. (2012) recomendam o emprego desse coagulante natural sobretudo em áreas rurais, onde a disponibilidade de instalações para tratamento de água é escassa.

Vislumbrando alternativas sustentáveis e viáveis para melhorar a qualidade de vida e do meio ambiente, o presente trabalho objetivou analisar a eficiência de coagulantes naturais, *Moringa oleifera* e tanino (Tanfloc) ao coagulante químico sulfato de alumínio no tratamento da água mediante os processos de coagulação/floculação/sedimentação.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e caracterização da amostra: A água bruta foi coletada na Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), localizada na cidade de Maringá, Paraná, derivada da bacia do Rio Pirapó. As amostras foram caracterizadas para a verificação do padrão nas coletas e para comparação no final do procedimento de coagulação e floculação, por meio de padrões de qualidade, tais como: turbidez (Turbidímetro 2100P Hach), pH (Medidor Thermo Scientific Orion VSTAR92 Versastar) e cor real e aparente (Colorímetro).

Preparo dos coagulantes: No preparo do coagulante *M. oleifera*, foram utilizadas 0,9763 g da semente de *M. oleifera* descascada e triturada. Foi acrescentada uma solução de 5,4g de cloreto de sódio diluído em 100 mL de água destilada com as sementes de *M. oleifera* trituradas que foram misturadas no liquidificador durante três minutos. Logo após, a solução resultante da mistura foi agitada no agitador magnético durante 30 minutos. Posteriormente, a solução foi filtrada utilizando a bomba de vácuo, funil de buchner e papel filtro.

No preparo do coagulante sulfato de alumínio, utilizou-se 1g de sulfato de alumínio diluído em 100 mL de água destilada sob agitação magnética. No tratamento com tanino foi empregado o produto comercial Tanfloc SG®, já na forma de coagulante sem necessidade de preparo.

Processo de coagulação/floculação e sedimentação: Os experimentos de coagulação/floculação foram realizados jar-test, Nova Ética, com regulador de giro das hastas misturadoras, em temperatura ambiente, conforme descrito por Couto Junior (2011). Nos jarros foram adicionados 1000 mL de água bruta. Sendo acrescido, no primeiro jarro 5 mL da solução coagulante proveniente da *M. oleifera*. Em um segundo jarro, 2,5 mL da solução de sulfato de alumínio e no terceiro jarro 1,5 mL da solução coagulante Tanfloc.

Os tempos e velocidades de misturas e o tempo de sedimentação foram os seguintes: três minutos para a mistura rápida (TMR), 15 minutos para a mistura lenta (TML), 40 minutos para a sedimentação (SED). As velocidades de mistura foram mantidas fixas em 100 rpm para a mistura rápida e 10 rpm para a mistura lenta. Após o procedimento de coagulação/floculação e sedimentação, uma alíquota de água tratada foi retirada de cada um dos recipientes, com o auxílio de uma pipeta graduada. Em seguida, procedeu-se a mensuração dos parâmetros de turbidez, pH e cor.

A etapa de agitação foi repetida por mais duas vezes (perfazendo um total de três vezes), seguindo o mesmo processo descrito anteriormente (três minutos em agitação rotação rápida de 100 rpm e quinze minutos de agitação lenta de 10 rpm) no jarro com o coagulante tanino, decantando dois minutos e posteriormente analisado. O equipamento utilizado para a análise da turbidez foi o Turbidímetro Portátil – Modelo 2100P com amostras de 25 mL. Na análise da cor real e aparente, o equipamento utilizado foi o Colorímetro com amostras de 25 mL. Para a determinação do pH o equipamento utilizado foi o pHmetro DM 2-Digimed.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados alcançados na caracterização da água bruta (Tabela 1), observou-se a necessidade de realizar as técnicas de coagulação/floculação e sedimentação com o intuito de reduzir os valores dos parâmetros qualitativos e verificar se os mesmos estão em conformidade com a normativa de potabilidade exigido pela lei (BRASIL, 2011).

TABELA 1: Resultados da caracterização da água bruta antes dos procedimentos coagulação/floculação/sedimentação

Parâmetros de qualidade (unidade)	Água bruta
Turbidez (NTU*)	196
Cor (uH*)	109.5
pH	7.4

*uH: unidade Hanzen; *NTU: Unidades nefelométricas de Turbidez.

Os resultados referentes a comparação da eficiência dos coagulantes no tratamento de água por meio dos processos de coagulação/floculação/sedimentação, estão demonstrados na Tabela 2.

TABELA 2: Eficiência de extração da cor e turbidez e resultados da análise das amostras após coagulação/floculação/sedimentação das amostras tratadas em comparação a amostra bruta.

Parâmetros	Sulfato de Alumínio (%)	Tanfloc (%)	Moringa (%)
Turbidez (NTU*)	30,5	4,81	39,1
Cor (uH*)	25,8	4,9	26,5
pH	7,29	7,26	7,3

*uH: unidade Hanzen; *NTU: Unidades nefelométricas de Turbidez.

A turbidez refere-se à matéria suspensa presente na água, de qualquer natureza, com tamanho variado. É causada principalmente por areia, argila e microrganismos em geral (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). Por ter sido captada em um período chuvoso, a água bruta encontrava-se bastante turva (196 NTU). Na Figura 1, podem ser observadas as amostras brutas, antes de iniciar o tratamento e na Figura 2 as amostras após o tratamento com diferentes coagulantes.

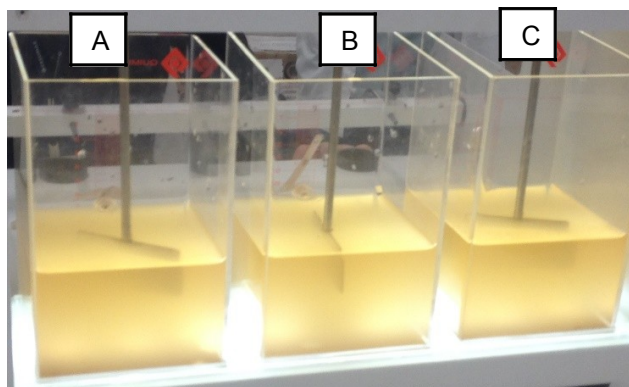


FIGURA 1. Amostras de água bruta antes do tratamento com os coagulantes sulfato de alumínio (A); tanfloc (B) e Moringa (C).

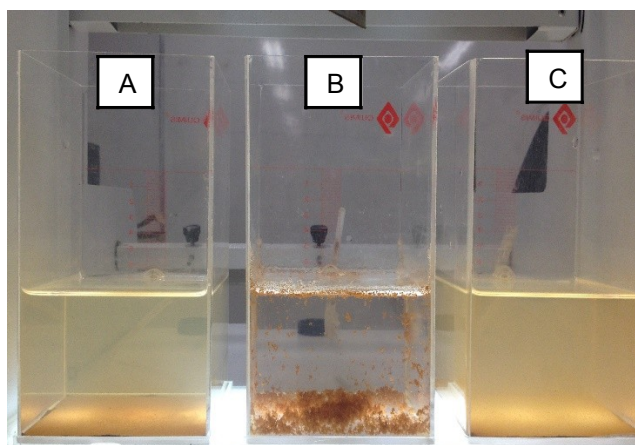


FIGURA 2. Amostragem de água bruta após a coagulação/ floculação e sedimentação tratadas com coagulante sulfato de alumínio (A); tanfloc (B) e Moringa (C).

Nos resultados das análises referentes a turbidez, todos os coagulantes usados apresentaram resultados iguais ou superiores a 80% de remoção (Figura 3A). O tanino foi o coagulante que apresentou mais eficiência na extração de turbidez, atingindo 97,6% de remoção tornando a turbidez 4,9 NTU o que está dentro dos parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 2914 que exige que a turbidez seja de no máximo 5 NTU. Para sulfato de alumínio o índice alcançou 84,5% e a *M. oleifera* 80% que, são considerados valores altos de remoção, todavia não atingem os parâmetros exigidos pela portaria acima mencionada, necessitando de uma etapa posterior (filtração) para fins potáveis. Outros resultados encontrados por Pereira et al., (2015) em águas com 150 NTU mostraram que a solução de *M. oleifera* demonstrou-se mais eficaz (77,56%) quando comparado com sulfato de alumínio (28,22%) para o parâmetro turbidez.

No que se refere à cor, o valor inicial foi 109,5 uH, o que representa valores considerados altos. Conforme descrito anteriormente, o período em que a água foi coletada era chuvoso. Novamente, o coagulante tanino foi o que obteve melhor

resultado, atingindo 95,6% (Figura 3B) de remoção abaixando para 4.9 uH tornando-o compatível com os parâmetros exigidos pelo Ministério da Saúde (Portaria 2914/2011). O sulfato de alumínio diminuiu 76,5% e a *M. oleífera* removeu 75,8% o que é considerado bastante efetivo, todavia com valores acima do permitido pela lei, portanto necessitando da etapa da filtração.

Em trabalhos realizados por Pereira et al., (2015) o coagulante sulfato de alumínio e *M. oleífera* tiveram melhor desempenho quando comparado com esse estudo para a cor, em que a remoção alcançou 99,47% e 94,04% para sulfato de alumínio e a *M. oleífera*, respectivamente, os autores relataram que o coagulante natural pode alcançar valores eficientes tanto quanto o sulfato de alumínio.

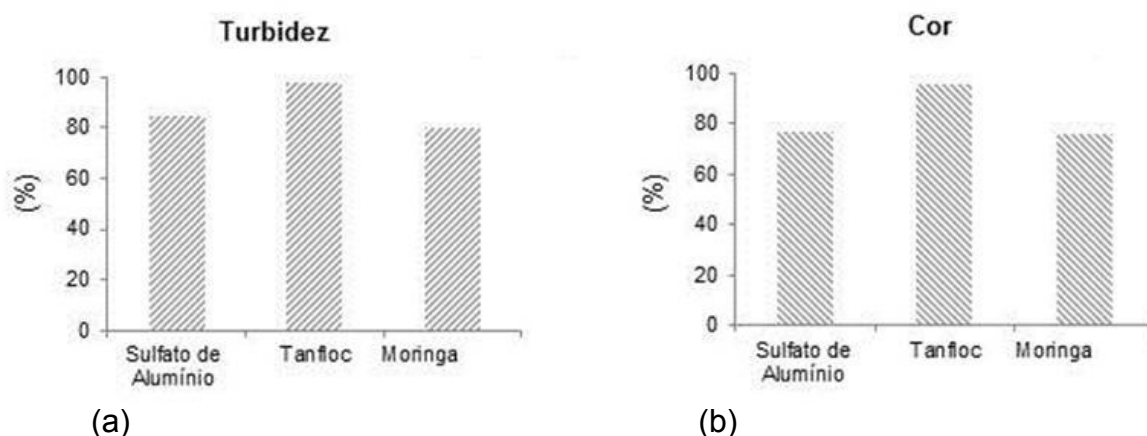


FIGURA 3. Gráfico referente ao percentual da turbidez (a) e da cor (b) removida da água bruta tratada com sulfato de alumínio, tanfloc e Moringa.

Em relação às análises do pH, as amostras tratadas com os diferentes coagulantes não apresentaram diferenças. Todos apresentaram valores do pH estabelecido na portaria 2914/2011, ou seja, entre 6 a 9. O que demonstra um fator positivo, uma vez que os coagulantes não alteraram o pH natural da água.

Outro fator que deve ser levado em consideração e pode ser observado, foi que na amostra tratada com a *M. oleífera* constatou-se que houve maior variação ao longo do tempo na sedimentação. Em suma, a *M. oleífera* levou um tempo maior para a sedimentação que as outras amostras, o que acarreta variação na cor e na turbidez. Tal fato foi descrito por Arantes et al. (2014) que observaram em seus estudos que houve maior variação nos valores de turbidez da *M. oleífera* quando comparado ao tanino, principalmente nos ensaios nos quais a coagulação foi efetuada com gradiente de velocidade.

Cabe ressaltar que nesse estudo foram realizadas somente as três primeiras etapas do ciclo completo para a potabilidade da água descrita por Gusmão (2014), restando ainda a etapa de filtração e desinfecção, o que deixaria as amostras que se encontravam não aptas conforme a Portaria nº 2914/11, como a amostra referente ao sulfato de Alumínio e da *M. oleífera*, que nos quesitos turbidez e cor não atingiram a normativa de potabilidade adequada ao consumo, pois a etapa de filtração em que as partículas são retidas reduziria a turbidez e a cor da água (GUSMÃO, 2014).

Como observado todos os coagulantes apresentaram bons resultados. O coagulante com maior índice de remoção de turbidez e cor foi o tanino, e não houve diferença entre os resultados das amostras tratadas com a *M. oleifera* ou com coagulante de sulfato de alumínio, portanto ambos se mostraram eficientes.

CONCLUSÃO

Os três coagulantes testados mostraram-se eficientes na remoção da cor e turbidez da água. Dentre os agentes coagulantes testados, o tanino mostrou-se o mais eficaz.

Verificou-se que o pH se manteve constante, não sendo observadas variações significativas ao se comparar os resultados da amostra inicial e os tratamentos com os coagulantes *Moringa oleifera*, tanino e sulfato de alumínio.

A *Moringa oleifera* pode ser considerada um coagulante com altos benefícios, pois a utilização dessa semente pode ser uma solução sustentável, de fácil acesso e para o uso da mesma não são necessários processamentos laboriosos, podendo em alguns casos substituir o tratamento convencional realizado com o sulfato de alumínio.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior (CAPES) e ao Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ABOULHASSAN, M. A., SOUABI, S., YAACOUBI, A., & BAUDU, M. Coagulation efficacy of a tannin coagulant agent compared to metal salts for paint manufacturing wastewater treatment. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. 41, p. 1-7, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2015.1101016>>. Doi: 10.1080/19443994.2015.1101016

AMAGLOH, F. K., & BENANG, A. Effectiveness of *Moringa Oleifera* Seed as Coagulant for water purification. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 1, p. 119-123. 2009. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/AJAR>>.

ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; TATEOKA, M. S. S.; & SILVA, G. K. E. Uso de coagulantes naturais à base de moringa oleifera e tanino como auxiliares da filtração em geotêxtil sintético não tecido. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p.780-788, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000400017>>. Doi: 10.1590/S0100-69162014000400017

AWAD, M.; WANG, H.; LI, F. Preliminary study on combined use of *Moringa* seeds extract and PAC for water treatment. **Research Journal of Recent Sciences**, v. 2, n. 8, p. 52-55, 2013. Disponível em: <<http://www.isca.in/rjrs/archive/v2/i8/8.ISCA-RJRS-2013-145.pdf>>

BATISTA, R. F.; FILHO, L. C. A. L.; SILVA, J. B. A.; DUTRA, I.; SANTOS, D. B. Tecnologias limpas aplicadas ao tratamento de água superficial no semiárido brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n.16; p. 186-198, 2013. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013c/tecnologias.pdf>>

BINA, B., MEHDINEJAD, M. H., NIKAEEN, M., H., & ATTAR, M. Effectiveness of chitosan as natural coagulant aid in treating turbid waters. **Journal of Environmental Health Science & Engineering**, v. 6, n. 4, p. 247-252. 2009. Disponível em: < <http://www.bioline.org.br/pdf?se09036>>.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Diário Oficial da União. Brasília, 14 dez. 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>.

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**. v. 30, n. 2, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v30i2.5493>>. Doi: 10.4025/actascitechnol.v30i2.5493

CASTRO-SILVA, M. A., RÖRIG, L. R., LAMB L. H., HECK, C. A., & DECUSATI O. G. Microrganismos associados ao tratamento de águas de abastecimento com coagulante orgânico vegetal (tanato quaternário de amônio) – I. microrganismos filamentosos. **Revista Estudos de Biologia**, v. 26, n.54, p. 21-27, 2004. Disponível em: <http://www2.pucpr.br/reol/index.php/BS?dd1=874&dd99=view>

CHEDEVILLE, O.; DEBACQ, M.; PORTE, C. Removal of phenolic compounds present in olive mill wastewaters by ozonization. **Desalination**, v. 249, n. 2, p. 865-869, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916409009370>. Doi: 10.1016/j.desal.2009.04.014.

COUTO JUNIOR, O. M. 2011. **Tratamento de efluentes da indústria têxtil por coagulação e floculação utilizando polímeros naturais**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estadual de Maringá. Disponível em: < <http://nou-rau.uem.br/nou-rau/document/?code=vtls000184988>>

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A D. B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2ª ed. v. 1. São Carlos: RiMa, 2005.

FATOMBI, K. J.; AHOYO, T. A.; NONFODJI, O.; AMINOU, T. Physico-chemical and bacterial characteristics of groundwater and surface water quality in the lagbe town: Treatment essays with *Moringa oleifera* seeds. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 4, n. 12, p. 1001-1008, 2012. Disponível em: < <http://www.scirp.org/jouRNAI/PaperInformation.aspx?PaperID=25368>>. Doi:10.4236/jwarp.2012.412116.

FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F.C.; KOHN, G P.; FIA, R. Coagulação com semente de *Moringa oleifera* preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 781-788, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000400781&lng=en&nrm=iso> .Doi: 10.1590/s1413-41522017145729

FRANCO, M.; SILVA, G. K.; PATERNIANI, J. E. S. Water treatment by multistage filtration system with natural coagulant from *Moringa oleifera* seeds. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 5, p. 989-997, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162012000500018&lng=en&nrm=iso>.Doi: 10.1590/S0100-69162012000500018.

GRAHAM, N., GANG, F., FOWLER, G., & WATTS, M. Characterisation and coagulation performance of a tannin based cationic polymer: a preliminary assessment. *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 327, 9-16. 2008. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-012-0037-2>>. Doi: 10.1007/s13201-012-0037-2

GUSMÃO, A. L. S. **Uso de Taninos no tratamento de água para abastecimento**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio grande do Sul, departamento de Engenharia química. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/109719/000950670.pdf?sequence=1>.

JOE, B. M.; GIWA, S. O.; IBRAHIM, M.; RAJI, Y.O. & GIWA, A. Optimization of the operating conditions of turbidity removal from synthesized dairy wastewater using pumpkin seed as a coagulant. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 6, n. 2, p. 1266-1277, 2015. Disponível em: <<https://www.ijser.org/paper/Optimization-of-the-Operating-Conditions-of-Turbidity-Removal.html>>

LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A. T.; PEREIRA, M. S., EUSTÁQUIO-JÚNIOR, V.; BATISTA, A.P.; BAKER, S. A. A. Efeito da adição de diferentes substâncias químicas no extrato de sementes de moringa utilizado como coagulante no tratamento de esgoto sanitário. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 5, p. 1038-1048, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v33n5/a15v33n5.pdf>>. Doi: 10.1590/S0100-69162013000500015

MANGRICH, A. S., DOUMER, M. E., MALLMANN, A. S., & WOLF, C. R. Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii*. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n.1, p. 2-15, 2014. Disponível em: <<http://rvq.sbgq.org.br/imagebank/pdf/v6n1a02.pdf>>

MORAES, L. C. K. 2004. **Estudo da coagulação e ultrafiltração para produção de água potável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Maringá.

MORAES, L. C. J.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C. R. G.; RIBEIRO, R. M. **Utilização do polímero natural quitosana no processo de coagulação/floculação/ultrafiltração para a produção de água potável**. In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia e Sanitária Ambiental, 2005. Campo Grande – MS.

OMS - Organização Mundial da Saúde . **Guidelines for drinking-water quality**. 4th ed. 564 p. 2011. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/>

PEREIRA, E. R.; FRANCISCO, A. A.; THEODORO, J. D. P.; BERGAMASCO, R.; FIDELIS, R. 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. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n. 21, p. 3010-3020, 2015. Disponível em: <
<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/Comparacao%20entre%20a%20aplicacao.pdf>>.

POUMAYE, N.; MABINGUI, J.; LUTGEN, P.; & BIGAN, M. Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*: Case M'Poko river to Bangui, Central African Republic. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 90, p. 2346-2352, 2012. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876212002195>>. Doi: 10.1016/j.cherd.2012.05.017

RICHTER, C. A. **Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 36p. Disponível em:<
http://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_agua_isbn9788521204985>

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, n. 3, p. 317-321, 2011. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/810/81021140004.pdf>. Doi: 10.5585/Exacta.v9i3.3073

SOUZA, H. K. S.; MANTOVANI, D.; NISHI, L.; COLDEBELLA, P. F.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S. **Uso da Moringa oleifera como Adsorvente para a Remoção de Diuron de Águas Contaminadas**. p. 318 . In Anais do V Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia - VSIMBBTEC [=Blucher Biochemistry Proceedings].. São Paulo: Blucher, 2015. Doi 10.5151/biochem-vsimbbs-21838

VARGAS, R. R., MACHADO, M. C., SILVA, M. A., ENGEL, T. Uso de sementes *Moringa oleifera* (LAM) no tratamento de efluentes têxtil. **Revista Principia**, v.33, p.37-49, 2017. Disponível em: <
<http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/1040/623>>

VERMA, S., MEHRAJ, I., JAIN, A., & RAY, A. P. Application of Zia Mays, Cucorbita Pepo, Carica Papaya as Natural Coagulants for Purification of River Water. **International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology**, v. 2, n. 5, p. 693-696, 2015. Disponível em: <
http://ijiset.com/vol2/v2s5/IJISSET_V2_I5_103.pdf>

VIJAY KUMAR, K.; RUBHA, M. N.; MANIVASAGAN, M.; RAMESH BABU, N. G.; BALAJI, P. *Moringa oleifera* – The nature's gift. **Universal Journal of Environmental Research and Technology**, v. 2, n. 4, p. 203-209, 2012. Disponível em: < <http://www.environmentaljournal.org/2-4/ujert-2-4-2.pdf>>

YIN, C. Y. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. **Process Biochemistry**. v.45, n. 9, p.1437-1444, 2010. Disponível em:< <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>>. Doi: 10.1016/j.procbio.2010.05.030