

APLICAÇÃO DE COAGULANTES ORGÂNICOS E POLÍMEROS NATURAIS COMO ALTERNATIVA PARA A SUBSTITUIÇÃO DE COAGULANTES INORGÂNICOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA: Uma Revisão

Thayla Cristina Garcia de Oliveira

Graduanda em Engenharia Química,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Vitória Prado da Costa

Graduanda em Engenharia Química,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Samuel Pache Rodrigues

Graduanda em Engenharia Química,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Marcio Tulio Matheus Santos

Químico – UMG; Mestre em Pesquisa e Desenvolvimento em Biotecnologia médica – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Uilian Gabaldi Yonezawa

Químico – FEF; Mestre e Doutor em Ciência dos Materiais – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

A água é um bem de extremo valor, sendo essencial para vida, em que a sua potabilidade é um fator determinante. A utilização de coagulante inorgânicos em tratamento de água tem apresentado grandes desvantagens, por não ser biodegradável, apresentar resíduos de elementos químicos a água e ao lodo gerado no final do processo. E ainda estudos relatam há suspeitas da ligação de íons metálicos residuais em águas já tratadas com probabilidade de desenvolvimento da doença Alzheimer. Assim, vários estudos vêm sendo realizado com a intenção de buscar melhorias de novos meios convencionais no tratamento de água, para minimizar os impactos ambientais e principalmente buscar alternativas em substituição aos produtos químicos utilizados no processo de coagulação/floculação. Portanto o objetivo deste trabalho é fazer um levantamento bibliográfico sobre a utilização dos coagulantes orgânicos e/ou polímeros naturais como substituição ou auxílio aos coagulantes inorgânicos. Desta forma, o uso de coagulantes orgânicos relatados neste artigo, apresentam novos meios de eficiência, viabilidade e vantagens, tanto ambientalmente, quanto a requisitos de produtos remanescentes comumente deixados por coagulantes inorgânicos. Com isso, os coagulantes orgânicos quando explorado de forma adequada, é um produto promissor e ambientalmente correto quando aplicado em tratamento de água.

PALAVRAS-CHAVES: coagulação/floculação; coagulantes inorgânicos; coagulantes orgânicos; polímeros naturais.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma grande preocupação com o consumo de água potável, em que o mesmo, é essencial para a vida. No entanto, a água pode conter diversas

substâncias, elementos químicos e micro-organismos, no qual suas concentrações dependem do local onde a mesma é encontrada. O Brasil apresenta uma disponibilidade hídrica privilegiada. Por outro lado, o mau uso da água traz o desperdício e conseqüentemente a escassez da mesma, estima-se que 60% dos problemas de saúde estão diretamente relacionados com problemas em saneamento básicos, proporcionando assim, a má qualidade de vida da população (ZARA et al., 2012; CORAL et al., 2009). Para se obter saneamento básico adequado (Estação de Tratamento de Água (ETA)), faz-se necessário os devidos processos: captação, floculação/coagulação, decantação, filtração, desinfecção, alcalinização, florestação e por último a distribuição para a população e indústrias (PIANTÁ, 2008).

Dentre todos os processos do tratamento de água, a coagulação/floculação caracteriza o início do tratamento químico, assim influenciando as próximas etapas subsequentes. É conveniente usar coagulantes inorgânicos, de origem química, constituídos por sais de ferro e alumínio, como o sulfato de alumínio, sulfato férrico e cloreto férrico, sendo estes componentes químicos muito eficientes (FERRARI, 2015; CORAL et al., 2009). Desta forma, o sulfato de alumínio, em particular, é o mais empregado em tratamento de águas brasileiras. No entanto, o alto custo, a ineficácia a baixa temperatura, a produção elevada de lodo e efeitos prejudiciais sobre a saúde humana devido à presença de alumínio remanescente na água, o que possivelmente pode ser capaz de acarretar o desenvolvimento de doenças neurológicas. Deste modo, o seu uso se torna questionável segundo os pesquisadores (GOMES et al., 2017; ZARA et al., 2012). Portanto, é de grande necessidade buscar novas alternativas para melhorar o tratamento de água. Com isso, nos últimos anos o uso de coagulantes orgânicos e/ou polímeros naturais, têm sido uma alternativa promissora em relação aos coagulantes inorgânicos, pois permite a redução de lodo gerado, sendo biodegradável, atóxico e minimiza os teores de metais ao final do tratamento (GOMES et al., 2017; OLIVEIRA; WIILLAND, 2011).

Segundo Coral et al. (2009), a utilização de um polímero natural chamado Tanfloc (coagulante polimérico extraído da casca de Acácia negra "*Acacia mearnsii* De Wild."), em substituição ao Sulfato de Alumínio, possuem resultado vantajoso, em que os autores observaram a inexistência de metais remanescentes na água

tratada e no lodo gerado ao final do processo. De acordo com Pinguelo (2017), uma combinação de polímeros naturais extraído da *Moringa Oleifera* Lam como coagulante primário e do quiabo (*Abelmoschus Esculentus* L. Moench) como auxiliar de floculação, observou-se um resultado positivo, com ótimos valores de cor e turbidez remanescentes.

Souza (2004) estudou um polímero natural extraído de fécula de mandioca, usado como auxiliar de floculação, verificou-se que esse polímero apresentou melhores resultados na decantação e clarificação da água, quando foram aplicadas dosagens entre 1,00-2,00 mg.L⁻¹. Melo (2017) descreve que a aplicação do polímero orgânico extraído do cacto (*Cereus jamacaru*) como coagulante foram promissores na remoção dos parâmetros de cor, turbidez e uma série de sólidos, o que possibilita assim, a sua aplicação como um potencial coagulante. Portanto, a utilização de coagulantes orgânicos e polímeros naturais nos processos de coagulação/floculação tende a ser uma nova tecnologia sustentável e promissora, capaz de substituir coagulantes inorgânicos.

2 OBJETIVOS

O presente artigo de revisão tem como objetivo fazer um levantamento bibliográfico sobre o uso de coagulantes orgânicos e polímeros naturais como alternativas aos coagulantes inorgânicos aplicados no tratamento de água, mais especificamente, nos processos de coagulação e floculação.

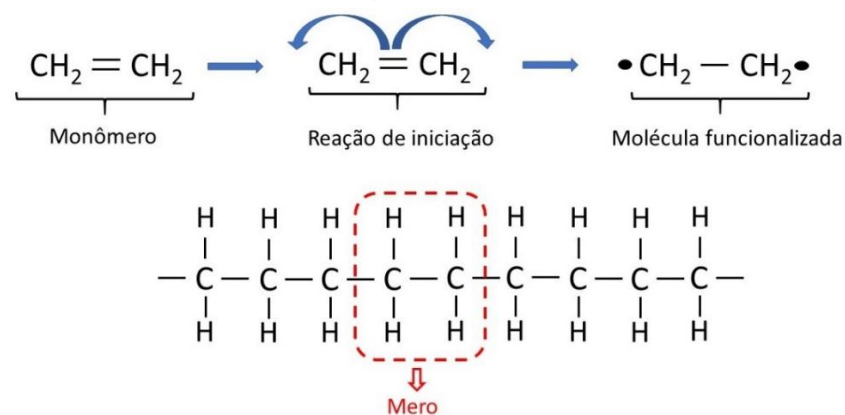
3 MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado para o desenvolvimento do presente artigo foi através de pesquisa bibliográfica realizada em livros, artigos científicos e revistas onde a literatura científica dos mesmos estava relacionados diretamente ao tema específico. O conjunto de palavras chaves usadas foram: tratamento de água, polímeros naturais e sintéticos, coagulantes orgânicos e inorgânicos, entre outras. Dentre 36 artigos analisados, 31 foram utilizados. O período de busca foi do início de setembro de 2018 ao início de dezembro de 2018. A prioridade nas pesquisas dos dados fora em publicações recentes, porém as mais antigas não foram descartadas caso tivessem algo relevante para o artigo.

4 POLÍMERO

A palavra polímero origina-se do grego, onde *poli* significa “muitas” e *mero*, “partes”. Os polímeros são macromoléculas compostas por milhares de moléculas menores (os meros), ligadas por ligações covalentes. A formação de um polímero ocorre mediante a matéria prima, denominada monômero (Figura 1) (YONEZAWA, 2016; CANEVAROLO JUNIOR, 2010).

Figura 1. Matéria prima, reação de polimerização e funcionalidade para a formação do polietileno.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os polímeros podem ser classificados de várias formas, entre elas, em relação: à sua estrutura, à sua ocorrência, a natureza da sua cadeia, ao seu comportamento mecânico, à disposição espacial dos seus monômeros, à sua morfologia, e ao tipo de reação que lhe deu origem. É importante destacar que uma discussão ampla sobre todas as técnicas de classificação está além do escopo deste artigo, desta maneira, apenas uma breve abordagem será relatada (ALMEIDA; MAGALHÃES, 2004).

A reação que se origina um polímero é chamada reação de polimerização, que pode ser classificada como: polímeros de adição e/ou condensação (YONEZAWA, 2016). Polímeros de adição são aqueles formados pela simples soma de monômeros idênticos entre si, mas para que isso ocorra é necessário que existam insaturações e que, na sequência, elas sejam rompidas, originando as ligações simples, para que outras moléculas sejam adicionadas ampliando indefinidamente essa sequência (Figura 1). Os polímeros de condensação, também denominados polímeros de eliminação, são aqueles em que seus monômeros iguais ou diferentes se unem com a eliminação simultânea de moléculas de água ou outras

pequenas moléculas de compostos que não farão parte do polímero (ALMEIDA; MAGALHÃES, 2004).

Quanto ao comportamento mecânico dos polímeros, eles são classificados em três partes: elastômeros, plásticos e fibras (FERREIRA JUNIOR, 2015; AUOADA, 2009). No que diz respeito à estrutura final do polímero, estes podem ser lineares ou tridimensionais. Os polímeros lineares são obtidos por monômeros bifuncionais (Figura 1) e os monômeros polifuncionais (funcionalidade maior ou igual a três) produzem polímeros tridimensionais. Além da estrutura final, o comportamento das cadeias poliméricas frente a diferentes temperaturas dão origem aos materiais poliméricos termoplásticos e termorrígidos em que, os termoplásticos são plásticos que quando submetidos ao aumento de uma temperatura, amolecem e fluem, obtendo a forma final desejável do polímero, esses plásticos podem ser moldados sucessivamente. E os termorrígidos, são polímeros que quando submetidos ao aumento de temperatura, amolecem e fluem, obtendo a forma final desejável do polímero, porém, não podendo ser reaproveitado na moldagem de um novo objeto (YONEZAWA, 2016).

Em relação a sua ocorrência, os polímeros podem ser classificados em naturais ou sintéticos. Os polímeros sintéticos são aqueles produzidos de maneira artificial através da reação de polimerização de moléculas simples, em geral são produtos derivados do petróleo, exemplos destes são: nylon, Dacron, PVC, vidro acrílico, polietileno, etc. (TODA MATÉRIA, 2017; ALMEIDA; MAGALHÃES, 2004). Polímeros naturais são aqueles já existentes na natureza, exemplos destes são: a celulose, o amido, quitosana, carboximetilcelulose, metilcelulose, alginato, borracha natural, proteínas e os ácidos nucleicos (QUEVEDO, 2016; YONEZAWA, 2016). Relatos na literatura indicam que os polissacarídeos (polímeros naturais) podem ser aplicados em tratamento de água. O que, por sua vez, podem melhorar os processos de floculação e coagulação (KANMANI et al., 2017; YANG et al., 2016; ZARA et al., 2012).

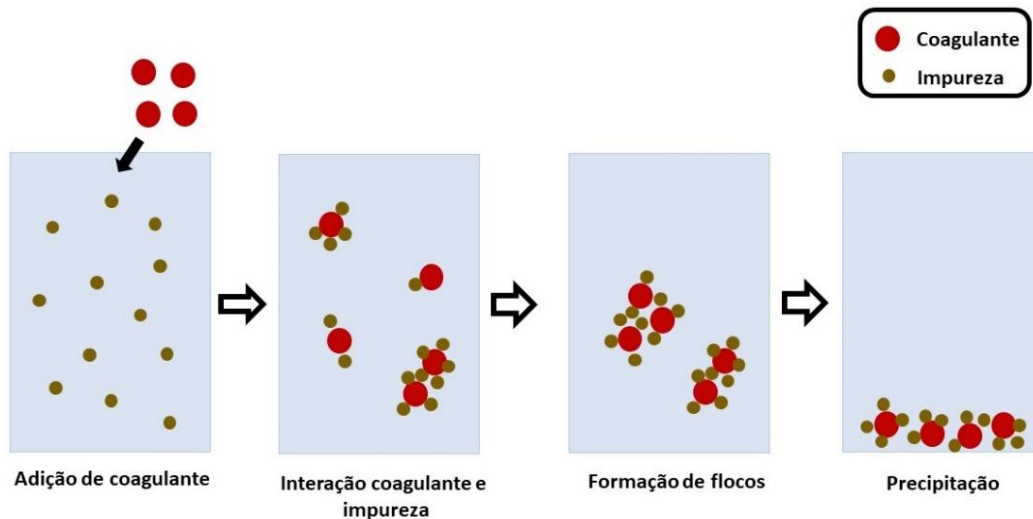
5 PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO

O processo de coagulação/floculação é uma das etapas mais importante do tratamento de efluentes; esse processo consiste na adição de coagulantes químicos com a finalidade de aglomeração dessas partículas coloidais existentes na água,

essas partículas possuem diâmetros entre 1-1000 nm, elas não se sedimentam por ação da gravidade, dificultando então sua remoção, pois ficam espalhadas por toda a extensão da água. Portanto, para o processo de remoção dessas partículas, o primeiro processo a ser feito é o de coagulação, em que se adicionam coagulantes químicos (FOGAÇA, 2018a,b). A escolha do coagulante se dá principalmente pelas características da água bruta, sendo o pH, a alcalinidade, temperatura, turbidez e cor os fatores que mais interferem (DUALIBI, 2010). Assim é de extrema importância estudar os diversos tipos de coagulantes químicos existentes, visto que esse processo de coagulação é fundamental para o tratamento de água (CARVALHO, 2008).

Segundo Araújo (2006), o processo de coagulação ocorre na conformidade de uma mistura rápida, onde o objetivo dessa mistura rápida é para obter-se uma coagulação homogênea e completa, e a agitação intensa é para garantir uma distribuição uniforme do coagulante na água, causando um choque entre as partículas.

Figura 2. Simulação do processo de coagulação, floculação e precipitação.



Após a etapa de coagulação, a água é destinada para a etapa de floculação, em que diferentemente da coagulação, a floculação ocorre em um espaço de tempo maior e com um sistema de agitação de velocidade menor, possibilitando que as impurezas da água se choquem, e vão se juntando, formando partículas maiores, chamadas de flocos, permitindo assim, serem removidas por sedimentação pela ação da gravidade (Figura 2) (MARTINS et al., 2014). Nos processos convencionais

da floculação são utilizados floculantes comerciais chamados polieletrólitos, que por sinal são constituídos por elementos químicos que podem ser maléficos ao meio ambiente e a saúde humana, sem contar que esses floculantes comerciais possuem custos elevados. Com isso, a busca por polieletrólitos naturais é grande, para que o mesmo sirva como mudança econômica e ambiental (MAGALHÃES, 2014)

6 COAGULANTES INORGÂNICOS

Os coagulantes inorgânicos podem ser classificados em sais de ferro e de alumínio derivados do sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato ferroso clorado, sulfato férrico e hidróxi-cloreto de alumínio (HCA ou PAC), entre outros. Sendo esses os mais utilizados em processos de coagulação/floculação, pois esses coagulantes possuem um alto grau de eficiência em remover as impurezas no tratamento de água e efluentes (MARTINS et al., 2014). No entanto, legislações que priorizam a questão ambiental e a saúde pública, têm questionado a utilização de sais de ferro e alumínio como coagulantes, devido ao alto grau de toxicidade que os compostos constituídos por eles possuem (NEPOMUCENO, 2016).

Os sais de ferro, por exemplo, podem agir sobre ampla faixa de pH devido a sua baixa solubilidade (NEPOMUCENO, 2016; PAVANELLI, 2001). Esses sais são mais eficientes do que os sais de alumínio, devido ao seu alto peso molecular, contudo eles podem prejudicar o meio ambiente por apresentarem caráter ácido, corrosivo, e acentuado índice de formação de lodo (MARTINS et al., 2014; PAVANELLI, 2001). Outro coagulante inorgânico muito utilizado são os sais de alumínio que não são biodegradáveis e ainda apresentam resíduos de elementos químicos à água ou ao lodo gerado. Neste sentido, mesmo que o alumínio seja considerado um elemento inerte ao corpo humano, relatos indicam que, caso o ser humano venha ter uma inalação prolongada por partículas de alumínio, isso pode causar irritação pulmonar e fibrose, há suspeitas também da ligação do sulfato de alumínio residual em água já tratadas, com o desenvolvimento da doença Alzheimer (NEPOMUCENO, 2016; MARTINS et al., 2014).

Devido a tais fatores mencionados outros métodos vêm sendo pesquisados e testados para a coagulação e floculação, em substituição aos coagulantes inorgânicos, já que o mesmo tem prejudicado à saúde e ao meio ambiente. Diversos trabalhos na literatura relatam o uso de coagulantes orgânicos e polímeros naturais

como auxiliares no processo de coagulação e floculação. Possibilitando assim, reduzir gastos com produtos químicos, diminuir o lodo gerado ao final do processo e aumentar eficiência de remoção de cor, turbidez ou carbono orgânico total da água, além de serem biodegradáveis e atóxicos (MARTINS et al., 2014).

7 APLICAÇÃO DE COAGULANTES ORGÂNICOS E POLÍMEROS NATURAIS NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Os polímeros, quando obtidos de fontes naturais, são produtivos, altamente biodegradáveis, e suscetíveis de fornecer água tratada sem alteração de pH, não tóxicos, diminuição de aproximadamente cinco vezes do volume de lodo gerado no processo, não apresenta riscos à saúde humana e animal, além de o custo de aplicação do polímero natural ser inferior ao custo de polímeros sintéticos (JUNIOR; ABREU, 2018; ZARA et al., 2012).

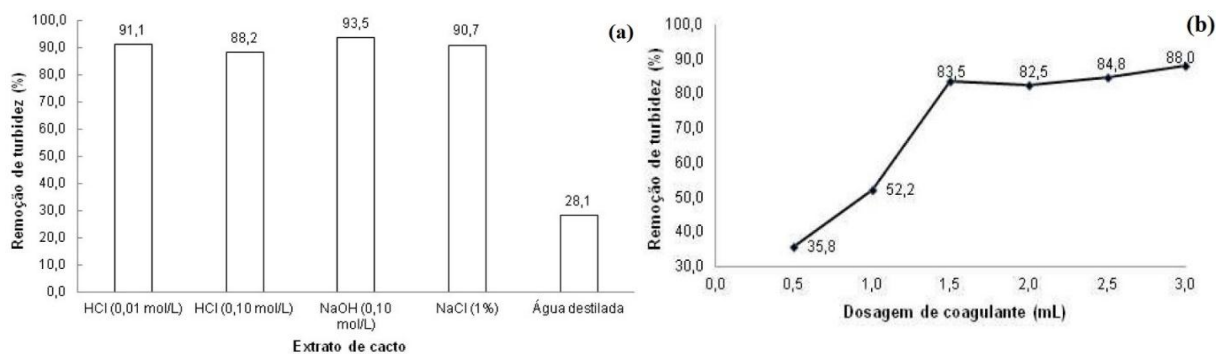
Há uma preocupação crescente em decorrência do uso intensivo de coagulantes inorgânicos no processo de tratamento de água. No entanto, uma alternativa promissora é a aplicação de coagulantes orgânicos e/ou polímeros naturais nos processos de coagulação/floculação, ou até mesmo como substituinte aos polímeros inorgânicos, vem sendo estudado e testado, onde essas aplicações têm apresentado bons resultados (PIANTÁ, 2008).

Segundo Piantá (2008), coagulantes orgânicos de origem vegetal como o Tanfloc SL e o Tanfloc SG à base de tanino extraído da madeira, constituído por compostos polihidroxidofenólicos, foram testados na fase de coagulação/floculação em substituição ao sulfato de alumínio e os resultados obtidos foram satisfatórios. Obtendo-se valores de pH = 6,5, cor = 5 uH e turbidez = 1 uT quando se utiliza 20 mg.L⁻¹ do Tanfloc SL. Já no Tanfloc SG os resultados obtidos foram melhores ainda. De acordo com o autor a utilização de 20 mg.L⁻¹ de Tanfloc SG, obteve-se valores de 6,6 de pH, 10 uH de cor e 0,9 uT de turbidez. No que diz respeito ao volume do lodo formado, ocorreu uma redução de 15,5% com o uso dos coagulantes Tanfloc SL e Tanfloc SG, em relação ao coagulante de sulfato de alumínio.

Conforme Zara et al. (2012), o polímero natural extraído do cacto Mandacaru (*Cereus jamacaru*) foi estudado para ser utilizado como auxiliar do sulfato de alumínio nos processos de coagulação/floculação através de ensaios realizados em Jar-Test. Os extratos do cacto foram preparados com água destilada e com soluções

de ácido clorídrico $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, hidróxido de sódio $0,01$ e $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ e cloreto de sódio 1%. Os autores descrevem que a remoção de turbidez foi positiva utilizando extrato de cacto com $0,10 \text{ mol}$ de hidróxido de sódio, obtendo 93,5% de remoção (Figura 3a). Por outro lado, usando apenas o sulfato de alumínio com 3 mL de dosagem apresentou um resultado de 88% de remoção (Figura 3b). Além de aumentar a remoção de turbidez da água, observou-se a formação, em menor número, de flocos grandes e filamentosos, tornando-se assim, a sedimentação dos flocos mais rápida, quando comparado ao caso de uso do sulfato de alumínio sem a adição do auxiliar de coagulação/floculação.

Figura 3. Eficiência da remoção de turbidez utilizando extrato de cacto (a) e sulfato de alumínio (b).

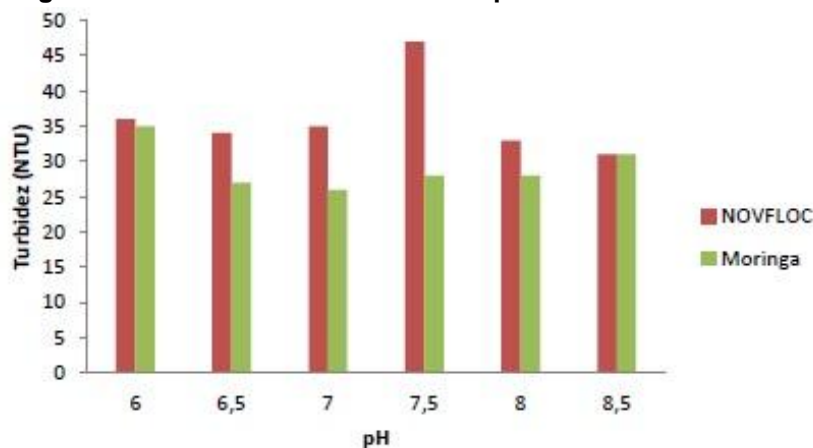


Fonte: Extraído de Zara et al., 2012.

Ritter (2013) pesquisou a aplicação dos polímeros naturais no tratamento de água para consumo humano, extraídos dos frutos maduros de *Abelmoschus eschulentus* (L.) Moench (quiabo), como auxiliar de floculação e de sementes de *Moringa oleífera* Lam (moringa), como auxiliar de coagulação, avaliando-se também, a adição em conjunto de quiabo e moringa. De acordo com o autor, os resultados obtidos pelo uso do coagulante policloreto de alumínio (PAC) com concentração de 2,4 ppm, obteve resultados de 70% de remoção de cor, e 73% de remoção de turbidez, após 15 minutos de sedimentação. Por outro lado, a utilização do quiabo como auxiliar atingiu 96,6% de remoção dos parâmetros de cor e 98,9% de remoção de turbidez, aplicando uma concentração de 1,4 ppm. No entanto, o uso da moringa como auxiliar de coagulação em comparação com o PAC, teve com resultados 83,3% de remoção dos parâmetros de cor e 97,6% de remoção de turbidez, utilizando a concentração de 360 ppm de moringa e 80% de remoção de cor, e 96% de remoção de turbidez, utilizando 7 ppm de PAC, respectivamente. Nos ensaios em que o emprego conjunto de quiabo e moringa foi avaliado, com as concentrações de

1,4 ppm de quiabo e 250 ppm de moringa, obteve-se 80% e 81,2% para remoção de cor e de turbidez, respectivamente. Portanto, é possível utilizar o quiabo como auxiliar de floculação e a moringa como auxiliar de coagulação, pois os mesmos apresentam-se uma boa alternativa para melhorar a qualidade da água para abastecimento humano.

Figura 4. Resultados da influência do pH sobre a turbidez.



Fonte: Extraído de Solana, 2014.

Solana (2014) estudou a viabilidade técnica e econômica da troca de um coagulante inorgânico pelos coagulantes orgânicos a base de Moringa oleífera (MO) e o NOVFLOC, e o floculante POLFLOC da NOVTEC®. Os resultados obtidos segundo os autores foram que economicamente a substituição foi inviável, pois o custo de R\$ 0,44 passou para R\$ 0,76, por metro cúbico de efluente tratado. Porém, tecnicamente foi viável, pois praticamente não alterou a eficiência, além de muitos outros ganhos como: menor produção de lodo, sem presença de residual de ferro e biodegradável, permitindo assim, sua destinação para o biodigestor, o que contribui para redução de gastos. Além de evitar problemas com corrosão de equipamentos e atendem as legislações ambientais. Os autores ainda relatam que NOVFLOC juntamente com o POLFLOC, conseguiu-se uma remoção de 100% da turbidez. Com a MO não se alcançou a otimização, porém chegou-se a resultados de remoção de até 61,11%, com 200-250 ppm de coagulante e de 4 a 6 ppm de floculante, e uma remoção de DQO de 99 %, com 95,2 ppm de coagulante e 4 ppm de floculante. É importante ressaltar também que não houve a necessidade de ajustar o pH em nenhum dos testes avaliados. Pois as melhores remoções de turbidez estão muito próximas ao pH do efluente. Sendo o coagulante NOVFLOC

que obteve os melhores resultados (Figura 4). Portanto é notório que o uso de coagulantes orgânicos em substituição aos coagulantes inorgânicos apresenta resultados satisfatórios em tratamento de efluentes.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os relatos encontrados na literatura o uso de coagulantes de origem inorgânica, podem acarretar a produção do excesso de lodo, íons metálicos remanescentes em água após tratada e o desenvolvimento de doença como o Alzheimer, além de ter baixa biodegradabilidade.

Os coagulantes de origem orgânica e polímeros naturais emergem como uma alternativa promissora, trazendo resultados satisfatório quanto ao seu uso, destacando-se por serem efetivos em uma ampla faixa de pH, por serem totalmente biodegradáveis, de baixo impacto ambiental, por gerarem volumes menores de lodo no final do processo, e aumentar a eficiência de remoção de cor, turbidez ou carbono orgânico total da água. Portanto através deste estudo, é notório que há grande viabilidade em se utilizar os coagulantes orgânicos e/ou polímeros naturais em substituição ou auxílio ao sulfato de alumínio e aos outros coagulantes inorgânicos, tornando-se uma alternativa ecológica e viável na aplicação em tratamento de água.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. M. M. C.; MAGALHÃES, V.H.S. Polímeros. 2004. 17f. Universidade Fernando Pessoa (UFP), Faculdade de ciências e tecnologia, Porto. Disponível em <http://homepage.ufp.pt/madinis/Trabalhos/CMAT/2003_2004/Pedro%20e%20Victor.pdf>. Acesso em 22 nov. 2018.

AOUADA, F. A. Síntese e caracterização de hidrogéis de poliacrilamina e metilcelulose para liberação controlada de pesticidas. 2009. 124f. Programa de pós-graduação em química, Universidade federal de São Carlos, São Carlos. Disponível em <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6109/2415.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 22 nov. 2018.

ARAÚJO, A. P. M. Avaliação operacional e características do lodo gerado na indústria da água do litoral sul de Pernambuco. 2006. 133f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal De Pernambuco. Recife. Disponível em

<<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp009187.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

BRUZZE, P. F. B. et al. Tratabilidade de água superficial utilizando coagulantes naturais à base de tanino e extratos de sementes de *Moringa oleífera*. 2017. 5f. Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus João Monlevade. Disponível em <<http://www.redalyc.org/pdf/260/26054727004.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

CANEVAROLO JUNIOR, S. V. Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 3. ed. São Paulo: Artliber, 280 p., 2010.

CARVALHO, M. J. H. Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável. Portal domínio público. 2008. Disponível em <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&c_o_obra=117015>. Acesso em 22 nov. 2018.

CORAL, L. A. et al. Estudo da viabilidade de utilização de polímeros naturais (tanfloc) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. 2009. Disponível em <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/4/F.%20J.%20Bassetti%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

DUALIBI, A. N. Estudo comparativo da influência do sulfato de alumínio líquido e sulfato de alumínio granulado na turbidez, cor e no volume de resíduo gerado no tratamento de águas. 2010. 54f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal De Mato Grosso. Cuiabá. Disponível em <<http://livros01.livrosgratis.com.br/ea000865.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

FERREIRA JUNIOR, C. R. Síntese e caracterização de nanocompósitos constituídos por nanoargila e hidrogel para uso agrícola. 2015. 80 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/138455>>. Acesso em 22 nov. 2018.

FERRARI, C. T. R. R. Uso de coagulantes naturais no tratamento de efluente da indústria de alimentos. 2015. 64 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. Disponível em <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2160/1/MD_PPGTA_M_Ferrari%2C%20Crislaine%20Trevisan%20da%20Rocha%20Ribeiro_2015.pdf>. Acesso em 22 nov. 2018.

FOGAÇA, J. R. V. Coagulação e Floculação. Brasil Escola. 2018a. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/coagulacao-floculacao.htm>>. Acesso em 22 nov. 2018.

FOGAÇA, J. R. V. Floculação. Mundo Educação. 2018b. Disponível em

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/floculacao.htm>>. Acesso em 22 nov. 2018.

GUARDA, E. A.; MARTINS, A. A.; OLIVEIRA, R. M. S. Potencial de uso de compostos orgânicos como, coagulantes, floculantes e adsorventes no tratamento de água e efluentes. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 12, p. 168-183. 2014. Disponível em <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/913/937>. Acesso em 22 nov. 2018.

JÚNIOR, R. N. L.; ABREU, F. O. M. S. Produtos naturais utilizados como coagulantes e floculantes para tratamento de águas: uma revisão sobre benefícios e potencialidades. Revista virtual de química, Fortaleza - CE, v. 10, n. 3, p. 2-27, jun, 2018. Disponível em <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/RaimundoNoPrelo.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

KANMANI, P.; ARAVIND, J.; KAMARAJ, M.; SURESHBABU, P.; KARTHIKEYAN, S. Environmental applications of chitosan and cellulosic biopolymers: A comprehensive outlook, v. 242, p. 295-303, 2017.

MAGALHÃES, E. R. B. Avaliação de floculante natural a base de Moringa oleifera no tratamento de água produzida na indústria de petróleo: aplicação da técnica combinada floculação/flotação. 2014. 83f. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Disponível em <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/19428/1/EmiliannyRafaelyBatis taMagalhaes DISSERT.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

MELO, J. M. Aplicação de polímero orgânico extraído do cacto (Cereus Jamacaru) como coagulante principal e associado ao sulfato de alumínio no tratamento de água. 2017. 66f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8001/1/LD_COEAM_2017_1_16.pdf>. Acesso em 22 nov. 2018.

NEPOMUCENO, T. C. Estudo da aplicabilidade de coagulantes orgânicos e inorgânicos no tratamento de água para abastecimento público. 2016. 23f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade estadual de Paraíba, campus I, Campina grande. Disponível em <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/9012/1/PDF%20-%20Thiago%20Cabral%20Nepomuceno.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

OLIVEIRA, H. M.; WILLAND, E. F. Efeito da água tratada com sulfato de alumínio e com o polímero natural (tanato quaternário de amônio) em planárias a fim de identificar novos organismos testes. Revista de iniciação científica da ULBRA. 2011. Disponível em <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/ic/article/view/292/253>>. Acesso em 22 nov. 2018.

PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. 2001. 216f. dissertação - Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-21012003-084719/publico/Pavanelli+G.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

PIANTÁ, C. A. V. Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água. 2008.74f. Projeto de Pesquisa de Diplomação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26026/000754989.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

PINGUELO, G. C. B. et al. Influência do tempo de mistura lenta no uso combinado de polímeros naturais para o tratamento de água. Brazilian Journal of Food Research, Campo Mourão, v. 8 n. 3, p. 1-11. 2017. Disponível em <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa/article/download/3986/pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

QUEVEDO, R. T. Polímeros naturais. Graduação em química, Faculdades Anhanguera. Infoescola. 2016. Disponível em <<https://www.infoescola.com/quimica/polimeros-naturais/>>. Acesso em 22 nov. 2018.

RITTER, M. C. estudo da utilização de polímeros naturais *Abelmoschus esculentus* (L.) moench (malvaceae) e *moringa oleífera* lam (moringaceae) no tratamento de água de abastecimento. 2013. 52f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade tecnológica federal do Paraná, Campo Mourão. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1599/1/CM_COEAM_2013_1_08.pdf>. Acesso em 22 nov. 2018.

SILVA, E. S. O uso de coagulantes orgânicos no tratamento de água como forma de gerar conhecimento na área de química. Faculdade Anhanguera de Campinas. Disponível em <<http://conic-semesp.org.br/anais/files/2013/trabalho-1000015584.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

SOLANA, I. Estudo da viabilidade de utilização de um polímero de base orgânica em substituição ao cloreto férrico no tratamento de efluente industrial. 2014. 64f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade tecnológica federal do Paraná, Medianeira. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4476/1/MD_COEAM_2014_2_03.pdf>. Acesso em 22 nov. 2018.

SOUZA, L. C. A. de. Influência da aplicação de polímero natural de fécula de mandioca como auxiliar de floculação na estação de tratamento de água nº 2 de Valinhos/SP: estudo de caso. Associação Nacional Dos Serviços Municipais De Saneamento – ASSEMAE, Caxias do Sul. 2004. Disponível em

<<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/assemae/agua/tratagvali.pdf>>. Acesso em 22 nov. 2018.

TODAMATÉRIA. Polímeros. 2017. Disponível em <<https://www.todamateria.com.br/polimeros/>>. Acesso em 22 nov. 2018.

YANG, R.; LI, H.; HUANG, M.; YANG, H.; LI, A. A review on chitosan-based flocculants and their applications in water treatment. *Water Research*, v. 95, p. 59-89, 2016.

YONEZAWA, U. G. Síntese, caracterização e aplicação de hidrogéis nanoestruturados contendo nanoargila para melhorar a germinação e qualidade de muda de hortaliça. 2016. 98 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de engenharia campus de Ilha Solteira, São Paulo.

ZARA, R. F.; THOMAZINI, M. H.; LENZ, G. F. Estudo da eficiência de polímero natural extraído do cacto mandacaru (*Cereus jamacaru*) como auxiliar nos processos de coagulação e floculação no tratamento de água. *Revista de Estudos Ambientais*. Paraná, v. 14, n. 2, p. 75-83, 2012. Disponível em <<http://gorila.furb.br/ojs/index.php/rea/article/viewFile/2935/2078>>. Acesso em 22 nov. 2018.