

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

JOÃO VICTOR LOCATELLI

**TRATAMENTO DE ÁGUA COM A UTILIZAÇÃO DE *MORINGA*
OLEIFERA EM ASSOCIAÇÃO A POLIMERO COMO COAGULANTES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA
2021

JOÃO VICTOR LOCATELLI

**TRATAMENTO DE ÁGUA COM A UTILIZAÇÃO DE *MORINGA*
OLEIFERA EM ASSOCIAÇÃO A POLIMERO COMO COAGULANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina.

Orientadora: Profa. Joseane Debora Peruco Theodoro

LONDRINA

2021



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEP. ACADEMICO DE AMBIENTAL-LD

TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

TRATAMENTO DE ÁGUA COM A UTILIZAÇÃO DE *MORINGA OLEIFERA* EM ASSOCIAÇÃO A POLIMERO COMO COAGULANTES

Por

JOÃO VICTOR LOCATELLI

Monografia apresentada às 9 horas 30 min. do dia 11 de fevereiro de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de **Engenharia Ambiental** da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Profa. Edilaine Regina Pereira	Membro
Prof. Paulo Sergio Theodoro	Membro
Profa. Joseane Debora Peruço Theodoro	Orientador
Prof. Orlando de Carvalho Junior	Professor(a) responsável TCCII

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por terem me orientado por toda a vida a percorrer um caminho de buscar aprender sempre algo novo e ser uma pessoa responsável com tudo que me foi ensinado, desde os valores básicos para ser uma boa pessoa ao aprendizado profissional e tudo que agregou valor aos meus ideais.

Agradeço aos meus professores primeiramente do ensino médio que me mostraram a importância de que uma graduação e cursos profissionalizantes, e me orientaram a não desistir dos meus objetivos por mais difíceis que eles possam parecer. Os meus professores da graduação que me iluminaram com tanto conhecimento que eu nem sabia ser possível, não só conhecimento profissional, intelectual, mas emocional.

Aos meus amigos Sabrina, Beatriz, Stella, Marcio, Paula, Gabriel, Bruna que estiveram comigo durante toda minha trajetória de autoconhecimento antes e durante a graduação, e que me deram suporte nos momentos mais difíceis de decisões na minha vida. Aos meus amigos de graduação Vitoria, Carol, Juliana, Stephanie, Martina, Yago, Carol, Gabriel, Rodrigo que me ajudaram e me mantiveram focado nos estudos e me fizeram crescer de alguma forma.

RESUMO

LOCATELLI, J. V. Tratamento de água com a utilização de *Moringa oleífera* em associação a polímero como coagulantes. 2021. 39p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Novas metodologias vêm sendo estudadas com coagulantes naturais como auxiliares aos químicos para o tratamento de água. Um dos reagentes naturais que mais vem apresentando respostas animadoras são extratos retirados da semente da moringa, os quais possuem proteínas que tem potencial coagulante. Polímeros também já foram muito estudados como auxiliares nos processos de clarificação da água, e ambos os agentes, tanto a moringa como o polímero têm propriedades que se sobressaem no tratamento de água. Nesse cenário este trabalho tem como objetivo avaliar a interação desses coagulantes no tratamento de água associando-os em diferentes concentrações caracterizadas como tratamentos: Tratamento 1 – 100% moringa e 0% polímero de concentração; Tratamento 2 – 80% e 20%; Tratamento 3 – 60% e 40%; Tratamento 4 – 40% e 60%; Tratamento 5 – 20% e 80%; Tratamento 6 – 0% e 100%. Os ensaios foram realizados com o auxílio do equipamento jar-test para simular os processos de coagulação, floculação e sedimentação presentes no tratamento de água. Os parâmetros analisados foram o pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (TDS) e Turbidez, medidos em três diferentes tempos de sedimentação 10, 20 e 30 minutos. O pH, devido as propriedades de ambos os coagulantes utilizados, não sofreu grandes alterações no decorrer das análises variando de 5,55 a 5,91. A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos (TDS) aumentaram muito, em relação a amostra bruta, com a solução de moringa por ser uma mistura salina e possuir grandes arranjos proteicos, variando de 4,28 a 0,44 para a condutividade elétrica e 713 a 158 para o TDS entre os tratamentos 1 e 6. Para a turbidez o tratamento mais eficiente analiticamente foi o 6 com 86% de eficiência, entretanto escolheu-se o tratamento 4 como o mais eficiente com 84% por ser a amostra com associação entre os coagulantes.

Palavras chave: Tratamento de água; *Moringa oleífera*; Coagulante natural; Associação de coagulantes.

ABSTRACT

LOCATELLI, J. V. Water treatment with the use of *Moringa oleifera* in association with polymer as coagulants. 2021. 39p. Course Conclusion Work (Ambiental Engineering). Federal Technological University of Paraná.

New methodologies are being studied with natural coagulants to help the chemicals for water treatment. One of the natural reagents that has been presenting the most encouraging responses are extracts taken from the moringa seed, which have proteins that have coagulant potential. Polymers have also been extensively studied as auxiliaries in water clarification processes, and both agents, moringa and polymer, have properties that stand out in water treatment. In this scenario this work aims to evaluate the interaction of these coagulants in water treatment by associating them in different concentrations characterized as treatments: Treatment 1 - 100% moringa and 0% polymer concentration; Treatment 2 - 80% and 20%; Treatment 3 - 60% and 40%; Treatment 4 - 40% and 60%; Treatment 5 - 20% and 80%; Treatment 6 - 0% and 100%. The tests were performed with the help of jar-test equipment to simulate the coagulation, flocculation and sedimentation processes present in water treatment. The parameters analyzed were pH, electrical conductivity, total dissolved solids (TDS) and turbidity, measured in three different sedimentation times of 10, 20 and 30 minutes. The pH, due to the properties of both coagulants used, did not undergo major changes during the analysis ranging from 5.55 to 5.91. The electrical conductivity and the total dissolved solids (TDS) increased a lot, in relation to the raw sample, with the moringa solution being a saline mixture and having great protein arrangements, varying from 4.28 to 0.44 for the electrical conductivity and 713 to 158 for the TDS between treatments 1 and 6. For turbidity the most efficient treatment analytically was 6 with 86% efficiency, however treatment 4 was chosen as the most efficient with 84% for being the sample with association between coagulants.

Keywords: Water treatment; *Moringa oleifera*; Natural coagulant; Association of coagulants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de tratamentos de água convencionais.....	6
Figura 2 - Arvore de Moringa oleífera, situada na UTFPR – Londrina	12
Figura 3 - Flor(a), Fruto (vagem)(b), Sementes da Moringa oleífera(c).....	12
Figura 4 - Local de coleta.....	17
Figura 5 - Equipamento jar-test.....	19
Figura 6 - Esquema com as porcentagens de coagulantes para cada tratamento.....	20
Figura 7 – Tipos de conglomerados por tratamento.....	22
Figura 8 - Parâmetro pH ao longo da sedimentação para cada tratamento.....	23
Figura 9 - Valores médio de condutividade elétrica ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$).....	25
Figura 10 - Valores médios de TDS ao longo do tempo de sedimentação.	26
Figura 11 - Valores médio do parâmetro Turbidez (NTU) analisada ao longo do tempo de sedimentação.....	27
Figura 12 - Eficiência de remoção da Turbidez ao longo da sedimentação para cada tratamento.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentagem de proteínas, lipídeos e carboidratos nas sementes da Moringa oleífera com casca e sem casca. *	13
Tabela 2 - Padrão organoléptico de potabilidade	16
Tabela 3 - Condições operacionais das etapas de tratamento da água.....	19
Tabela 4 - Equipamentos e metodologia para a bateria de ensaios.....	20
Tabela 5 - Solução coagulante a base de Moringa oleífera em associação a Polímero sintético.	21
Tabela 6 - Características Água bruta.....	22
Tabela 7 - Parâmetro pH ao longo da sedimentação para cada tratamento.	23
Tabela 8 - Resultados médios de condutividade elétrica ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) medidos ao longo do tempo de sedimentação.	24
Tabela 9 - Valores médios de TDS (ppm) ao longo do tempo de sedimentação.	26
Tabela 10 - Valores Médios de Turbidez (NTU) ao longo da sedimentação para cada tratamento.	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
2.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1. ÁGUA.....	4
3.2. TRATAMENTO DE ÁGUA.....	5
3.2.1. COAGULAÇÃO	6
3.2.2. FLOCULAÇÃO	8
3.2.3. SEDIMENTAÇÃO	9
3.2.4. FILTRAÇÃO.....	9
3.3. COAGULANTES ORGANICOS.....	10
3.3.1. <i>MORINGA OLEIFERA</i>	11
3.4. POLIMERO CATIONICO	14
3.5. LEGISLAÇÃO.....	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1. LOCAL DE COLETA	17
4.2. LOCAL DOS ENSAIOS	17
4.3. ENSAIO DE LABORATÓRIO	18
4.3.1. PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE <i>MORINGA OLEIFERA</i>	18
4.3.3. EQUIPAMENTO E CONFIGURAÇÃO.....	18
4.4. PARÂMETROS ANALISADOS	20
4.5. TRATAMENTO	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA BRUTA.....	22
5.2. PH	23
5.3. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	24

5.4. SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (TDS)	25
5.5. TURBIDEZ	27
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
7. REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A água é o recurso ambiental mais importante para a vida terrestre, influenciando em até mesmo na localização e criação da sociedade desde os primórdios. Este recurso natural ao longo dos anos vem sofrendo severos impactos devido ao aumento dos grandes centros urbanos e pela demanda deste recurso, conseqüentemente, afetando desde a qualidade à quantidade, assim, podendo apresentar risco à saúde humana se consumida sem tratamento prévio, atuando como meio de proliferação de microrganismos patógenos (REBOUÇAS, 2001).

A disponibilidade de fontes hídricas que apresentam boa qualidade vem diminuindo ao longo dos anos, os impactos causados pelo homem devido a despejo de efluentes como esgoto doméstico e a má gestão dos recursos disponíveis nos grandes centros e aglomerados urbanos são os fatores que mais alteram a qualidade das fontes hídricas. Assim, a água destinada ao consumo humano deve apresentar padrões de potabilidade (REBOUÇAS, 2001, VANACOR, 2005).

Segundo a Portaria de consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), que estabelece as diretrizes nacionais de saneamento básico, entre outros tópicos, cita, assim como a lei 9433 anteriormente, como sendo um dos princípios básicos a universalização do acesso à água potável.

Segundo o relatório emitido em 2015 pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) especula-se que até 2030, em média 748 milhões de pessoas no mundo não tenham acesso a água potável. E caso nenhuma providência seja tomada até lá é previsto que cerca de 40% da população mundial não tenha acesso a água potável. Uma vez que a demanda de água vem aumentando a uma taxa considerável ao ano, como já aumentou 6 vezes nos últimos 100 anos de acordo com o relatório mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020. Mas o otimismo em relação a preocupação em torno deste assunto vem ganhando força, várias reuniões com especialistas e congressos abordando esta temática para solucionar problemas com a gestão hídrica vem sendo feitas em diversos países.

O tratamento de água no Brasil é composto principalmente pelas etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração. A coagulação/floculação é o processo inicial e o mais importante no tratamento de água, pois nesse processo ocorre a adição do coagulante. Este é capaz de aglutinar as partículas coloidais e impurezas que são então separadas, clarificando a água com o decorrer de todo o processo de tratamento. Por isso o coagulante utilizado desempenha um papel importante no processo, no sentido econômico, pela eficiência e pelo impacto ambiental. Adaptar e avaliar alternativas de coagulantes que sejam eficientes nesses sentidos é de extrema importância principalmente para o âmbito ambiental (DI BERNARDO, VANACOR, 2005).

Atualmente no Brasil o coagulante mais utilizado é o sulfato de alumínio, este composto inorgânico é um dos mais eficientes e viáveis economicamente, porém traz consigo um problema de descarte, o lodo gerado tem alto teor de metais pesados, dentre eles o de maior concentração o alumínio é extremamente perigoso a saúde humana e tóxica a natureza de diversas formas (CORAL; BERGAMASCO; BARSSETI, 2009).

Como alternativa, estudos vêm trabalhando o uso de coagulantes orgânicos quanto a sua eficiência e até como auxiliares aos químicos no tratamento de água por apresentarem impactos menores à natureza principalmente em relação ao lodo gerado. Dentre esses alternativos naturais estudos com soluções a base de semente de *Moringa oleífera* vem ganhando mais estímulo por ela se destacar como um dos coagulantes orgânicos mais eficientes disponíveis (CARDOSO *et al.*, 2008).

O uso de coagulantes orgânicos associados aos inorgânicos já vem sendo estudado e mostrando resultados promissores, assim, a premissa de avaliar se o uso de polímeros catiônicos sintéticos associados a coagulantes naturais se faz válida uma vez que essa associação também traz resultados animadores quanto a eficiência, não provocar problemas de corrosão e não causar alterações significativas de pH e alcalinidade (CARDOSO *et al.*, 2008 PEREIRA *et al.*, 2010).

Diante disso, espera-se verificar a eficiência da associação do coagulante orgânico e polímeros sintéticos em diferentes concentrações, em relação as condições adequadas de potabilidade da água de abastecimento e ainda examinar qual a melhor forma de associação em diferentes concentrações de ambos os coagulantes.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é investigar em escala de bancada se o uso do coagulante natural *Moringa oleífera* em associação ao polímero sintético catiônico (RCJ47) traz resultados eficientes no tratamento de água.

2.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Estudos da eficiência de remoção dos parâmetros Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos, acompanhamento do pH e condutividade elétrica.
- Analisar e comparar os efeitos dos coagulantes a base de *Moringa oleífera* em associação a polímero sintético catiônico (RCJ47) em diferentes concentrações e em diferentes tempos de decantação de 10, 20 e 30 minutos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. ÁGUA

A água é necessária para a manutenção da vida como um todo, bem como no funcionamento de ecossistemas e no uso de diversas atividades básicas humanas, não é apenas um recurso natural como os demais existentes na terra, é também um bem ambiental e isto confere a ela, não só ser o recurso mais utilizado, mas também o mais precioso deles, vista em que na maioria dos processos em que está envolvida vê-se difícil sua substituição. Pelo fato deste bem ser um dos mais valiosos, sua gestão a fim de se obter o uso cada vez mais eficiente, sendo menos prejudicial ao meio ambiente se faz válida (REBOUÇAS, 2001).

De acordo com o relatório mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020 a demanda por uso de água aumentou 6 vezes nos últimos 100 anos e continua a crescer a uma taxa de 1% ao ano. Essa informação reforça um apontamento feito no relatório intitulado “Nosso futuro comum” emitido em 2012 pela ONU (Organização das Nações Unidas), estima-se um crescimento populacional significativo até 2050 que acarretará em consequências drásticas no modo em que a água é usada. Com esse aumento populacional e urbano, tem-se como principal consequência a degradação do meio ambiente, e incluso a isso a poluição da água com o principal fator que atinge a população dos grandes centros urbanos.

O estresse dos recursos hídricos interfere na qualidade e na quantidade da água ofertada para a população. Estima-se que quase um quarto da população mundial carece de infraestrutura necessária para ter acesso a água, sem mencionar o constante aumento de escassez em áreas em que o fenômeno, muitas vezes sazonal, se tornou crônico (UN-Water, 2014, IPCC, 2014).

Os efluentes (esgoto doméstico ou industrial) apresentam alto teor de matéria orgânica e organismos potenciais patógenos o que é um fator agravante que aumenta os riscos de acometimento de doenças nos seres humanos. Segundo registros da Eco-92 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente), 80% de doenças relacionadas a origem hídrica são causadas pela ingestão de água contaminada.

No Brasil há um déficit de aproximadamente 9,9 milhões de brasileiros sem saneamento básico, que inclui entre outros processos o tratamento da água dos corpos hídricos para possibilitá-la para o consumo, livrando-a de agentes patogênicos e substâncias nocivas ao ser humano, por exemplo (OPAS, 2001).

As águas superficiais são as que mais sofrem ações externas vindas da modificação da natureza pelo homem e acabam sendo poluídas. Até mesmo o ato de tornar a água potável polui o meio ambiente com resíduos como o lodo contaminado por metais pesados provenientes de agente químicos usados durante o processo. (TUNDISI, 2003, VANACOR, 2005).

De acordo com Gonçalves, Ioshimoto e Oliveira (1998) *apud* Ywashima (2005) em escala municipal os setores residenciais, comerciais e públicos, somados utilizam cerca de 90% de água proveniente das redes de tratamento.

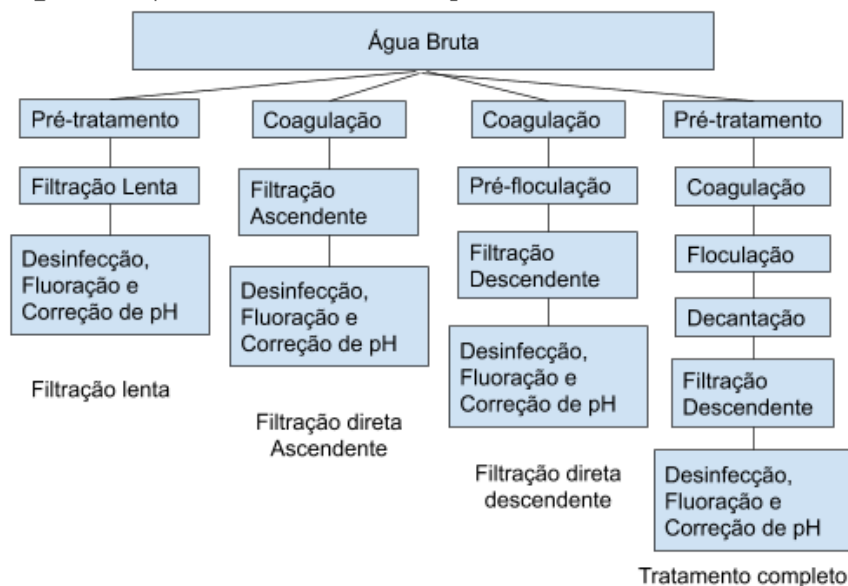
O abastecimento de água no meio urbano se caracteriza principalmente pela captação da água bruta, tratamento prévio desta para adequação dos parâmetros às normas de qualidade para consumo e posteriormente a disponibilização da água já tratada para a rede de distribuição sem contar meios secundários e não convencionais de captação tais como água proveniente de chafarizes, poços particulares, carros-pipas, cisternas e outros (IBGE, 2010).

3.2. TRATAMENTO DE ÁGUA

O tratamento de água depende primeiramente da qualidade em que ela se encontra disponível no meio ambiente, por exemplo, se o manancial ao qual foi retirada for de origem subterrânea normalmente não se faz necessário o tratamento completo, uma vez que águas subterrâneas têm menor probabilidade de contaminação e carregam menos sólidos em suspensão, diferentemente das águas superficiais as quais estão mais sujeitas a poluição proveniente de fontes naturais e difusas, bem como maior quantidade de materiais suspensos e necessitam de clarificação (CLAUDINO, 2009 e RICHTER e AZEVEDO NETTO 1991).

De acordo com Di Bernardo (1995), existem várias maneiras para realizar a clarificação da água, os processos de tratamento mais usados, vistos na Figura 1.

Figura 1 - Tipos de tratamentos de água convencionais.



Fonte: Adaptado de Di Bernardo, 1995.

3.2.1. COAGULAÇÃO

As águas superficiais apresentam partículas de impureza de variadas características e diferentes graus de dispersão. Em relação às impurezas na água bruta, elas podem ser de natureza mineral, orgânica ou biológica e também podem estar dispersas em três diferentes estados sendo eles suspensões, coloidal e dissolvido. O estado em que essas partículas se encontram na água determinam o melhor tipo de tratamento empregado (ABREU LIMA, 2007).

A partir de um experimento realizado em 1861 por Thomas Graham foi constatado que não existia apenas partículas coloidais e sim, se tratava de um sistema coloidal ou dispersão coloidal onde a parte líquida (água) se caracteriza como parte dispersante e a parte sólida (coloide) se caracteriza como parte dispersa (ABREU LIMA, 2007).

As partículas coloidais apresentam grande estabilidade em solução, tornando-as mais difíceis de remover por processos de separação física como, por exemplo, filtração e sedimentação. Essa estabilidade se dá devido a três fatores (DANTAS, 2005, DI BERNARDO, 2005, VANACOR, 2005):

- A esses elementos serem carregados negativamente, o que confere a eles a incapacidade de se agruparem. Portanto, para induzir o agrupamento, faz-se necessário a modificação de diversas propriedades na água e nos coloides;
- A essas partículas apresentarem em média um tamanho de 10^{-4} μm a 10^{-6} μm , o que dificulta sua sedimentação e retenção nos filtros de areia;
- Estarem sujeitas ao movimento browniano, que é caracterizado pela movimentação randômica e constante das partículas resultante do choque entre as moléculas da parte dispersante (água) com a parte dispersa (coloides), ou seja, quando acontece o encontro entre as moléculas isso resulta em uma movimentação que é aleatória. Ressaltando que esse choque não causa ligação uma vez que ambos não reagem quimicamente entre si.

Segundo Kawamura (2000) a coagulação é induzida na adição de um coagulante ao qual reage quimicamente com as impurezas, ou seja, ocorre a modificação de suas propriedades, como as cargas, tamanho e movimentação, em outras palavras essas moléculas são desestabilizadas, para que que aglutinem.

Durante a coagulação ocorrem quatro tipos de mecanismos, afirma Libânio (2010), não necessariamente em uma ordem específica ou simultaneamente, e são eles: compressão da dupla camada, varredura, adsorção-neutralização e formação de pontes.

- Compressão da dupla camada é o mecanismo que atua na desestabilização das impurezas por meio da adição de íons de carga contrária ao das partículas (LIBÂNIO, 2010). O aumento de íons, tanto negativos como positivos, na água acarreta em um acréscimo de íons na camada difusa, que para se manter eletricamente neutra tem seu volume reduzido, eliminando a estabilidade eletrostática (DI BERNARDO e DANTAS, 2005);
- Adsorção-neutralização, segundo Pavanelli (2001) e Libânio (2010) é a interação entre coagulante-coloide, coagulante-solvente e coloide-solvente. Assim ocasionando a formação de diferentes espécies hidrolisadas de carga positiva, que são adsorvidas favorecendo a desestabilização das partículas, a quantidade de coagulante necessária para a neutralização da carga é diretamente proporcional ao tamanho da partícula.

- Varredura depende da quantidade coagulante empregado e geralmente forma aglomerados maiores do que em outras interações, uma vez que o coagulante “aprisiona” o coloide, neste mecanismo, dependendo do coagulante tem-se $\text{Al}(\text{OH})_3$ ou $\text{Fe}(\text{OH})_3$ como precipitados (DI BERNARDO e DANTAS, 2005);

- Formações de pontes são inseridos polímeros sintéticos ou naturais que conferem a participação de agir como pontes entre o meio ao qual estão aderidos e as impurezas, pela a adição dos polímeros a quantidade utilizada de coagulante é reduzida (DI BERNARDO e DANTAS, 2005).

Segundo Arboleda (1973) e Arboleda (2003), a coagulação é usada para aglutinar as partículas em pequenas massas com peso específico superior ao da água ajudando-as a se distinguir da água, dentre os elementos ao qual esse processo ajuda podem ser citados:

- Remoção da turbidez orgânica e/ou inorgânica;
- Remoção de cor verdadeira e aparente;
- Eliminação de substâncias que podem causar odor e sabor;
- Induz a precipitação de agentes químicos suspensos;
- Eliminação de microrganismos como algas e plânctons e também potencialmente patogênicos, vírus e bactérias;

3.2.2. FLOCULAÇÃO

Após a aglutinação das partículas coloidais presente na água pela desestabilização, promovida pela adição do coagulante, estas são transportadas com a intenção de aumentar o contato entre elas formando conglomerados maiores (flocos) e posteriormente uma espécie de malha tridimensional porosa pela indução de pontes entre os flocos (VANACOR, 2005; ARBOLEDA, 1973; ARBOLEDA, 2003).

A floculação é classificada em dois tipos segundo Libânio (2010):

- Ortocinética é quando o movimento das partículas aglomeradas é induzido por forças externas, que podem ser realizadas por agitadores mecânicos (floculação mecânica) ou utilizando a movimentação da água pela gravidade causando um gradiente de velocidade (floculação hidráulica);

- Pericinetica acontece pelo movimento browniano, já explicado anteriormente.

De acordo com Dezotti (2008), diferentemente da coagulação, que acontece em uma única etapa rápida, a floculação acontece em várias etapas lentas, assegurando a formação dos flocos sem quebrá-los.

3.2.3. SEDIMENTAÇÃO

A sedimentação, decantação ou ainda clarificação é um fenômeno físico, sendo a etapa seguinte a floculação e a penúltima no tratamento, é definida pela separação dos produtos formados nas fases anteriores da água, ou seja, a decantação dos flocos no fundo do tanque, uma vez que, agora mais densos que a água esses flocos sofrem ação da gravidade e se depositam no fundo do sedimentador/decantador se separando da água, formando por sua vez o lodo que é o principal resíduo das redes de tratamento de água (RIBEIRO, 2007).

Segundo Macedo (2005) as características físico químicas da água e a eficiência do coagulante empregado no processo, determinam a velocidade de sedimentação nesta fase. Salientando que a sedimentação sem o uso dos coagulantes só retira partículas acima de 10 microns, e pode ser nomeada como simples ou primaria (NUNES, 2012). Portanto alguns parâmetros como cor aparente que são causados por partículas menores não serão passíveis de remoção.

Partículas que não forem removidas nesta etapa do processo seja por seu tamanho muito pequeno ou por terem densidade muito próxima à da água serão eliminadas no processo de filtração (PIANTA, 2008).

3.2.4. FILTRAÇÃO

Este Processo tem como função principal a remoção das partículas que podem reduzir a eficácia da desinfecção. A filtração consiste na passagem da água por um material poroso, ou meio filtrante, por exemplo, pedregulho, areia, antracito, membranas, ou qualquer outro meio poroso capaz de reter os flocos que não sedimentaram e

eventualmente alguns microrganismos (MADRONA, 2010). Ou seja, é um mecanismo de separação líquido – sólido que envolve não só fenômenos físicos e químicos, mas também biológicos. A filtração pode ser classificada quanto a sua velocidade de filtração podendo variar de lenta à rápida (DI BERNARDO, 2005).

Segundo Libânio (2010) nessa parte do processo pode-se corrigir algumas falhas, caso ocorram, dos processos anteriores – coagulação, floculação e sedimentação – tornando a filtração uma das funções mais relevantes para o tratamento como um todo.

As características físicas e químicas influenciam em três diferentes mecanismos aos quais estão relacionados a filtração, são eles: transporte, aderência e desprendimento. A etapa de filtração, portanto, é imprescindível para que o produto final atenda em totalidade os padrões de potabilidade, pois somente nesta etapa, em quase sua totalidade, as partículas coloidais são removidas juntamente com alguns microrganismos patogênicos que assim asseguram a eficiência da desinfecção (DI BERNARDO, 1995 e DI BERNARDO, 2005).

3.3. COAGULANTES ORGANICOS

Com a crescente preocupação em relação aos cuidados com o meio ambiente, sobretudo, da preservação dos recursos hídricos, nos últimos anos vários estudos vêm sendo realizados com a temática de utilização de coagulantes naturais para o tratamento de água de abastecimento, diminuindo fatores poluidores e otimizando o processo (PRITCHARD et al., 2010; SANTOS et al., 2011; GIDDE et al., 2012).

Para Cruz *et al* (2005) o emprego de coagulantes orgânicos no lugar de inorgânicos/químicos se vê interessante pelo potencial não poluidor destes, já que em contra partida, os produtos derivados do tratamento por agentes químicos como coagulantes adicionam aos rejeitos do processo substâncias poluentes, além de quase sempre precisarem de agentes controladores para correção do pH que são tão tóxicos quanto para o meio ambiente.

Segundo Bongiovanni *et al* (2010) a utilização de coagulantes orgânicos, em substituição aos atuais (químicos) é uma alternativa promissora pelo fato de não serem tóxicos e terem propriedades biodegradáveis.

Dentre alguns coagulantes naturais pode-se citar os derivados de Tanino, que são compostos polifenóis encontrados em plantas. Segundo Fonseca (2010) os produtos derivados deste composto desestabilizam os coloides eliminando a camada de solvatação das partículas gerando os flocos e apresentam como uma de suas principais características a propriedade de adsorver metais dissolvidos na água e apresentam como uma vantagem a capacidade de diminuir a toxidez em meios aquosos contaminados por meio da eliminação de cianobactérias e bactérias clorofiladas (PELEGRINO, 2008).

A quitosana também pode ser mencionada quando se trata de coagulantes naturais. É um polieletrólito natural de baixo custo e biodegradável por ser derivado da quitina, ou seja, é encontrado em esqueleto de animais marinhos como lagostas, camarões e caranguejos. Por ser um produto abundante e rejeitado pela indústria pesqueira, a quitosana vem sendo amplamente utilizada em estudos voltados para o tratamento de água e efluentes não só como coagulantes, mas também como agente quelante de metais e adsorvente de ânions metálicos e outros (FONSECA, 2010; CARVALHO, 2008).

3.3.1. MORINGA OLEIFERA

A *Moringa oleífera* Lamarck, foi classificada taxonomicamente por Jean Baptiste Antonine Pierre de Monet de Lamarck (1744 - 1829), pesquisador francês (CYSNE, 2006): Reino: Plantae; Divisão: Magnoliophyta; Classe: Magnoliopsida; Subclasse: Dilleniidae; Ordem: Capparidales; Família: Moringaceae; Gênero: Moringa; Espécie: *Moringa oleífera* Lam.

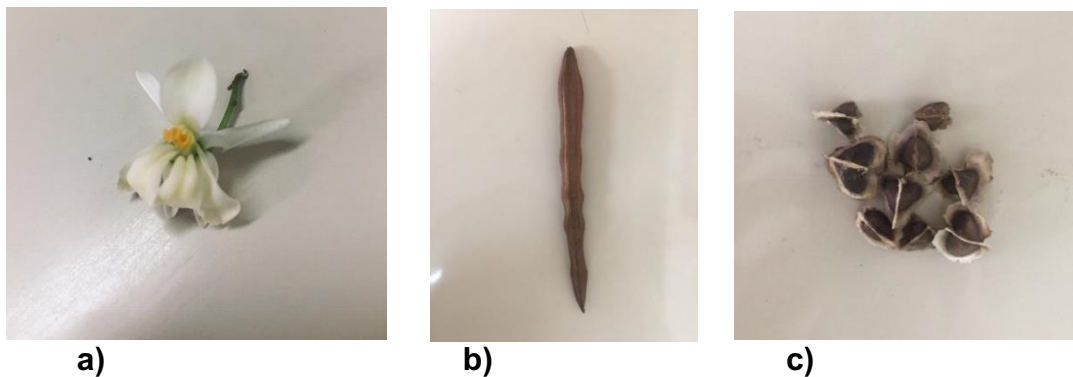
A Figura 2 mostra uma árvore de *Moringa oleífera*, já a Figura 3 traz a flor (a), o fruto (b) e semente (c) respectivamente.

Figura 2 - Arvore de *Moringa oleífera*, situada na UTFPR – Londrina



Fonte: Aatoria própria.

Figura 3 - Flor(a), Fruto (vagem)(b), Sementes da Moringa oleífera(c).



Fonte: Aatoria própria.

Quase toda a parte da planta tem valor nutricional, as folhas são ricas em vitaminas, por exemplo, ainda mais de partes específicas que podem ser usadas com propósito no tratamento de enfermos variados, tem ação antibacteriana além de coagulante para o tratamento de água uma vez que tem potencial clarificante eficiente (PERES et al, 2010).

Grande parte das espécies da família moringaceae tem potencial coagulante em diferentes níveis e a *Moringa oleífera* é a que se destaca neste aspecto (CAMACHO et al.,2017).

De acordo com Gallão et al. (2006), na semente da *Moringa oleífera* se encontram as estruturas químicas que são responsáveis pelo processo de clarificação da água, grandes arranjos proteicos que correspondem a 40% da composição total da semente. Complementar a isto Bongiovanni (2013) afirma que essas grandes estruturas proteicas que são capazes de coagular coloides em suspensão pelo mecanismo de adsorção. A Tabela 1 mostra um estudo realizado para verificar a quantidade de proteína presente na semente da *Moringa oleífera*.

Tabela 1 - Percentagem de proteínas, lipídeos e carboidratos nas sementes da *Moringa oleífera* com casca e sem casca. *

Preparo da semente	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos (%)
Pó com casca	36,7	34,6	5
Pó sem casca	27,1	21,1	5,5

Fonte: Adaptado NDABIGENGESERF, 1995

Em um estudo realizado por Franco et al (2017) com águas de 20 a 100 de turbidez, e com a utilização de tempos de mistura variados, a utilização da *Moringa oleífera* mostrou resultados com aproximadamente 87% de eficiência, o que confere a ela um potencial de coagulação eficiente, porém sendo necessário cerca de 90 minutos, que foi o tempo de mistura considerado ótimo, para o potencial máximo observado de 90,5% de eficiência.

Segundo Batista et al (2013) em estudos para averiguar a melhor dosagem para se obter uma melhor solução coagulante de moringa, obteve-se resultados que removeram de 99% a 93% os valores de turbidez e sólidos suspensos respectivamente.

Averiguou-se em experimento técnico realizado por Charles de Cangela & Domingues (2017), que considerando condições ótimas de atuação, a solução preparada através do pó de semente de moringa tem eficiência de 80% e 94% na remoção de cor aparente e turbidez respectivamente.

Siqueira et al. mostrou em análise comparativa de performance utilizando a moringa que ela obteve resultados equivalente a demais estudos com eficiência na diminuição da cor aparente de 75% e de turbidez de 80%.

A *Moringa oleífera* traz consigo muitas vantagens, dentre elas, controlar muito bem o pH não precisando de nenhum agente extra durante o processo de tratamento

(MADRONA, 2010). Segundo Borba (2001) notou-se que o pH da água a qual a moringa será aplicada para tratamento, não interfere na ação do poder coagulante dela. Ainda assim, a faixa de 7 (pH) teve resultados um pouco melhor do que as demais faixas.

Abaliwano et al. (2008) afirmam que, o emprego da associação da *Moringa oleifera* como coagulante inorgânico no tratamento de água pode reduzir em até 50% o uso deste coagulante químico, poluindo menos o meio ambiente como um todo.

A metodologia mais aplicada para otimizar a eficiência dos componentes presentes na semente de moringa tem sido datada por Okuda et al (2001) onde é empregado o uso de sais de cloreto de sódio (NaCl) o qual proporciona aumento da solubilidade das proteínas presentes. Averiguando uma capacidade de coagulação 7,4 vezes maior quando em associação a solução salina, do que simplesmente o extrato em água.

É notório o uso da moringa no sistema de tratamento de água vista a eficiência que esta tem quando observado os valores obtidos nos mais variados experimentos, diferenciando-a pelo modo de preparo da solução coagulante.

3.4. POLIMERO CATIONICO

Desde a época de 1980 polímeros já vem sendo estudados e amplamente empregados como auxiliares em sistemas de tratamento de água para abastecimento (CAMPOS, 1980). Segundo Valverde *et al.* (2013) um dos grandes facilitadores em usar esse tipo de material como coagulante é o controle do pH que ele proporciona. Os polímeros podem ser classificados em 3 categorias quanto a sua carga, são eles (VORCHHEIMER,1980, CANEVAROLO JR, 2002):

- Aniônicos, onde em meio aquoso apresentam sítios de ligação negativos;
- Catiônicos, que os sítios apresentam características positivas;
- Não iônicos, possuindo sítios pouco carregados ou não chegam a desenvolver sítios de ligação em meio aquoso.

Porém, mesmo conhecendo sua grande eficiência e tendo grande apreciação pelo uso de polímeros em sistemas de tratamento de água poucos trabalhos mencionam o uso deles como auxiliares ou até mesmo como único agente coagulante na etapa de

coagulação. Alguns trabalhos utilizando-os como auxiliares nas etapas de decantação e não como coagulantes propriamente, como um estudo desenvolvido por Pereira em 2007 para avaliar a dosagem ótima de polímero em sistema de tratamento, o emprego de polímero catiônico obteve eficiência de redução de aproximadamente 70% de turbidez, o trabalho menciona também o emprego de polímero aniônico com eficiência de 92% na turbidez.

Em outro estudo realizado por Ismail *et al*, 2019, verificou-se que entre todas as espécies de polímeros, catiônico, não iônico e aniônico, o mais eficiente na clarificação da água foi o catiônico com resultados de 25% a mais de eficiência sobre os demais e ao final da sedimentação com eficiência de 75%. E ao final do ensaio a turbidez foi reduzida de 600 NTU para 6,53 NTU.

Um dos trabalhos que mencionam o uso de polímeros desde a etapa de coagulação foi um estudo de Dantas *et al*, 2019, publicado pela Associação dos Engenheiros da Sabesp (AESABESP), onde menciona a remoção de 75% de turbidez e 80% de Sólidos totais com a utilização de polímeros como coagulantes no processo de clarificação da água. Entretanto, pouco ainda se tem visto como esses polímeros reagem em associação a outros agentes coagulantes naturais.

3.5. LEGISLAÇÃO

Segundo a portaria da consolidação Nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), propõe que toda água de abastecimento destinado ao consumo humano deve ser alvo de vigilância a fim de assegurar a saúde humana. A Seção II discorre sobre o controle da vigilância da qualidade da água para consumo humano, onde estabelece padrões de potabilidade no Art. ° 129.

Portanto toda água destinada a consumo humano, seja esta proveniente de redes de tratamento ou de formas alternativas de tratamento, como, por exemplo, poços artesianos, estão sujeitas a vigilância sanitária. A Tabela 2 expressa os valores de cor aparente e turbidez proposta pela portaria de consolidação:

Tabela 2 - Padrão organoléptico de potabilidade

Parâmetro	Unidade	VMP (1)
Cor aparente	uH (2)	15
Turbidez	uT (3)	5
pH		5-9,5

Fonte: BRASIL, 2017.

Nota:

- (1) VPM = Valor máximo permitido
- (2) uH = Unidade Hazen (mgPt-Co.L^{-1})
- (3) uT = Unidade de turbidez.

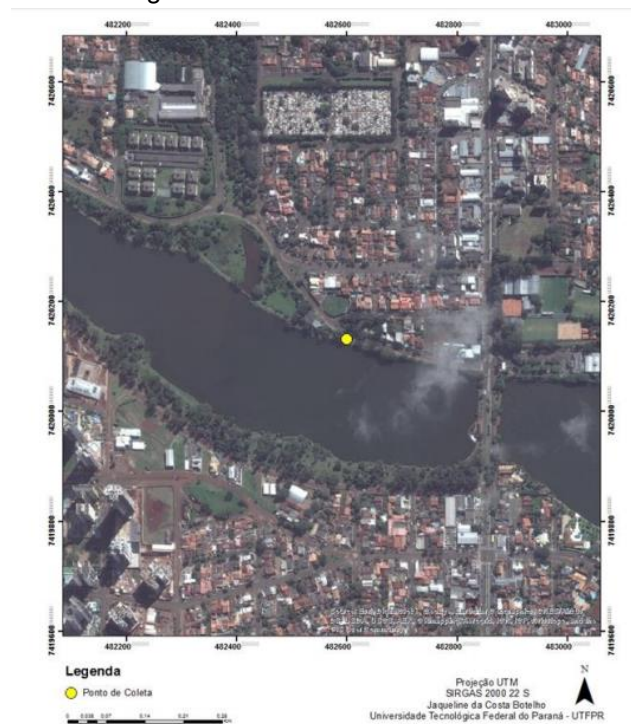
Recomenda-se também que o pH da água seja mantido na faixa de 6 a 9,5. Para a condutividade elétrica, não se tem na legislação um padrão exigido, alguns autores mencionam valores próximo à 150 para polímeros catiônicos de acordo com Lovo *et al.* (2019) a 165 para solução a base de *Moringa oleifera* como evidencia o estudo deste parâmetro.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. LOCAL DE COLETA DA AMOSTRA

A água bruta utilizada para a realização do estudo foi coletada do Lago Igapó II, localizado na microbacia do ribeirão Cambe, região metropolitana da cidade de Londrina, região norte do Paraná, Brasil. Devido a se situar em meio a cidade, sofre algumas subdivisões por conta de ruas, avenidas, Lago I, II, III e IV. A coleta será realizada no Lago II como evidenciado o ponto de coleta (circunferência em amarelo) na Figura 4:

Figura 4 - Local de coleta.



Fonte: Adaptado Botelho, 2016.

4.2. LOCAL DOS ENSAIOS

A água foi coletada e armazenada em um recipiente de polietileno com capacidade de 25 litros e levada para análise experimental no Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Campus Londrina.

4.3. ENSAIO DE LABORATÓRIO

4.3.1. PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE *MORINGA OLEIFERA*

Para a preparação da solução do coagulante orgânico *Moringa oleífera*, foi primeiramente descascado e pesado 10g de semente da *Moringa oleífera*. Também se pesou 58,44 g de NaCl e adicionou-se a 1 L de água destilada, foi necessário agitar bem a solução para que o sal se dissolvesse totalmente, sendo a solução salina NaCl 1M. Por último, triturou-se os 10 g das sementes juntamente com a solução salina no liquidificador. Feito isso, filtrou-se a solução com auxílio de um coador de pano e assim foi obtido a solução salina do coagulante *Moringa oleífera* na concentração de 10 g.L⁻¹.

4.3.2. PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO COM O POLIMERO

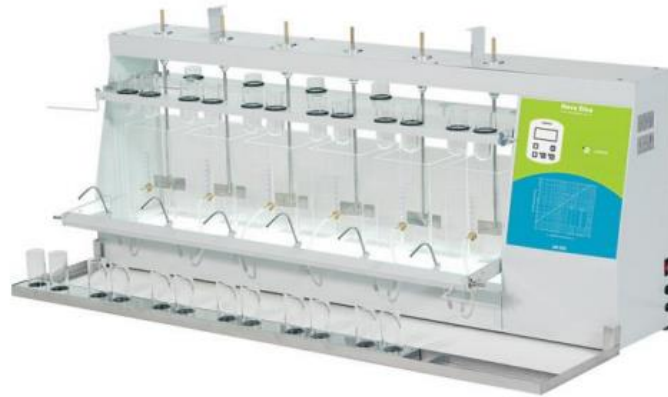
Como o polímero catiônico utilizado é um material comercial o preparo da solução consistiu apenas em diluí-lo a água destilada. Assim a solução de polímero foi preparada pesando 10g de polímero, em seguida adicionando-o em 1L de água destilada, a solução foi revolvida até todo o polímero ser dissolvido.

4.3.3. EQUIPAMENTO E CONFIGURAÇÃO

Como simulador para a execução das análises experimentais foram utilizados reatores estáticos (Jar-Test), da marca Nova Ética, modelo 218 – 6LDB, equipamento geralmente utilizado em estações de tratamento de água, empregando para a execução dos processos existentes no tratamento de água, em escala de bancada, como coagulação, floculação e sedimentação (PIANTÁ, 2008). Com a utilização do equipamento é possível realizar testes com a finalidade de determinar parâmetros básicos na elaboração de um projeto de Estação de Tratamento de Água (ETA) bem como estipular dosagens adequadas dos coagulantes para amostras de água bruta com diferentes características.

O equipamento (Figura 5) que foi utilizado conta com 6 (seis) recipientes graduados com capacidade de acondicionar 2 (dois) litros de amostra de água bruta cada, em cada um deles há uma pá localizada no interior, controlada por um painel digital ao qual regula sua velocidade de agitação.

Figura 5 - Equipamento jar-test.



Fonte: Santos (2011)

Após a finalização do preparo da solução coagulante a partir da semente da *Moringa oleífera* e do polímero, foram adicionados 2 litros de água bruta em cada recipiente do equipamento-reator.

Em seguida foi utilizada as condições operacionais conforme metodologia adaptada de Arantes (2014) das etapas de tratamento da água bruta (coagulação, floculação e sedimentação) conforme Tabela 3 utilizando diferentes concentrações de solução coagulante a base de *Moringa oleífera* e polímero sintético.

Tabela 3 - Condições operacionais das etapas de tratamento da água.

Etapa	Gradiente de velocidade	Tempo de mistura
Coagulação	150 rpm	3 min. (mistura rápida)
Floculação	30rpm	15 min. (mistura lenta)
Sedimentação	-	30 min. (repouso) (coletas em 10min, 20min e 30min)

Fonte: ARANTES, 2014.

4.4. PARÂMETROS ANALISADOS

Para todas as variações de concentrações de *Moringa oleifera* em associação ao Polímero foram determinados os parâmetros de turbidez, pH, sólidos totais, condutividade elétrica de acordo com o Standard Methods of Examination of Water and Wastewater expressos na Tabela 4 (APHA, 2012).

Tabela 4 - Equipamentos e metodologia para a bateria de ensaios.

Parâmetro	Equipamento	Metodologia
Turbidez	Turbidímetro Policontrol AP-2000	2030 B
pH	pH-metro mPA-210	4500 H+B
Sólidos dissolvidos totais	TDS meter	Leitura direta
Condutividade elétrica	Condutivímetro Mca 150	2510 B

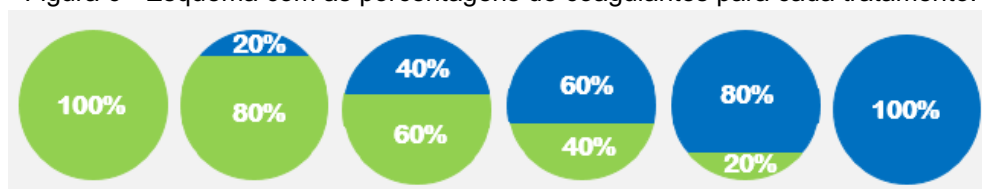
Fonte: APHA, 2012.

Durante a realização do trabalho não usou nenhum artifício de controle de pH extra, assim, ele foi mantido em faixa neutra. Como já citado anteriormente ambos os reagentes associados no estudo têm propriedades que mantem o parâmetro sem muitas variações.

4.5. TRATAMENTO

O processo metodológico empregado consistiu em analisar a associação do coagulante orgânico *Moringa oleifera* com o polímero sintético (RCJ47) e como reagente em relação a água bruta no ensaio de jar-test, as amostras foram dispostas em diferentes concentrações de associação dos coagulantes, expresso na Tabela 5, os ensaios foram feitos em triplicata e a Figura 6 mostra o esquema com as diferentes porcentagens de concentração das soluções coagulantes utilizadas nos tratamentos:

Figura 6 - Esquema com as porcentagens de coagulantes para cada tratamento.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 - Solução coagulante a base de *Moringa oleífera* em associação a Polímero sintético.

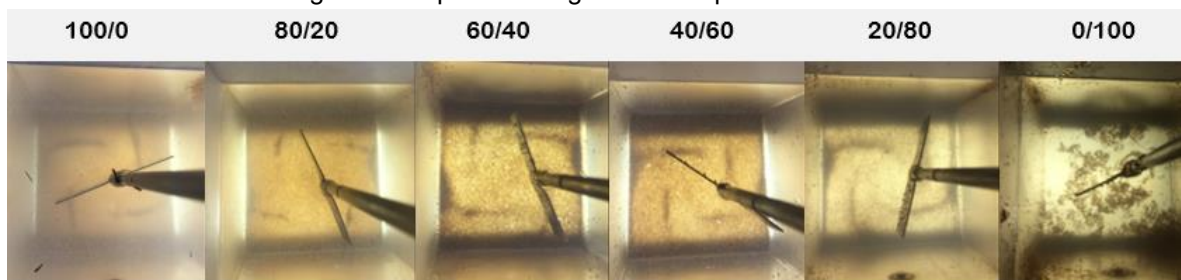
Tratamento	<i>Moringa oleífera</i> (mg/L)	Polímero (mg/L)
1	50	0
2	40	10
3	30	20
4	20	30
5	10	40
6	0	50

Fonte: Autoria própria.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 7 expressa o tipo de conglomerado dos flocos em cada tratamento, notou-se que quanto a maior concentração de polímero os aglomerados eram visualmente maiores com características viscosas, não se depositando totalmente ao fundo, já os tratamentos com maior concentração de *Moringa oleifera* apresentaram um aspecto de poeira, agrupamentos menores, mas bem sedimentados ao fundo.

Figura 7 – Tipos de conglomerados por tratamento.



Fonte: Autoria própria.

O aspecto dos flocos principalmente para o polímero se deu ao material já apresentar características viscosas, mas além disso, o fato de eles não se depositarem ao fundo mostra que os flocos apresentam baixa densidade

5.1 Características da água bruta

Na Tabela 6 estão apresentados os dados das características da água superficial bruta coletada, com os parâmetros medidos anteriormente aos ensaios:

Tabela 6 - Características Água bruta.

Parâmetros	Valores
Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)	40
pH	7,4
Condutividade Elétrica (mS.cm ⁻¹)	0,16
Turbidez (NTU)	126

Fonte: Autoria própria.

Os resultados estão organizados como os itens enumerados 5.2 para o pH, 5.3 para a Condutividade Elétrica, 5.4 para o parâmetro TDS (sólidos totais dissolvidos) e 5.5 para Turbidez, os tópicos mencionados tem como informação os resultados após os ensaios realizados de tratamento de água (coagulação, floculação e sedimentação).

5.2. pH

Os valores médios do parâmetro pH de cada tratamento obtidos após o ensaio em triplicata estão explicitados na Tabela 7 e Figura 8 em função do tempo de sedimentação de 10, 20 e 30 minutos.

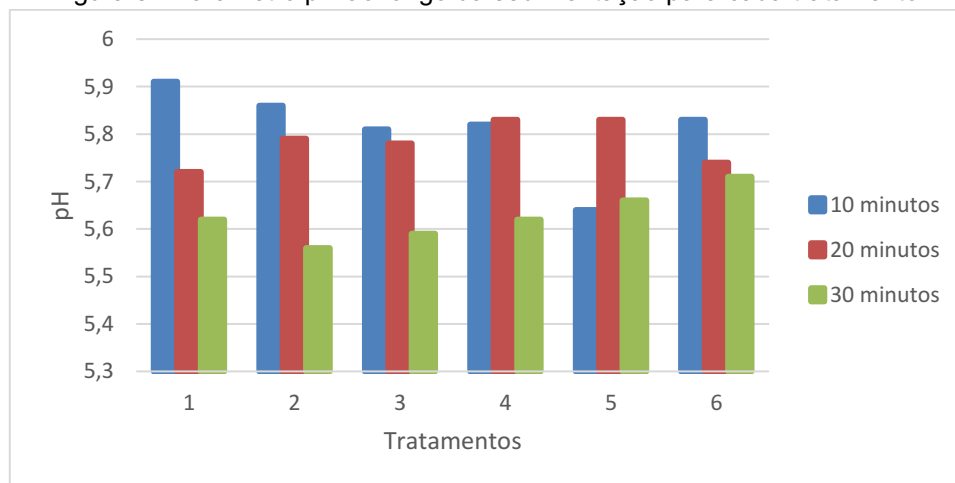
Tabela 7 - Parâmetro pH ao longo da sedimentação para cada tratamento.

Tempo (min)	pH					
	Tratamento					
	1	2	3	4	5	6
10	5,91	5,86	5,81	5,82	5,64	5,83
20	5,72	5,79	5,78	5,83	5,83	5,74
30	5,62	5,56	5,59	5,62	5,66	5,71

Nota: 1 – 100% Moringa e 0% Polímero; 2 – 80% Moringa e 20% Polímero; 3 – 60% Moringa e 40% Polímero; 4 – 40% Moringa e 60% Polímero; 5 – 20% Moringa e 80% Polímero; 6 – 0% Moringa e 100% Polímero.

Fonte: Autoria própria.

Figura 8 - Parâmetro pH ao longo da sedimentação para cada tratamento.



Fonte: Autoria própria.

O pH como esperado se manteve a uma variação baixa de 5,5 a 5,9, uma vez que ambos os coagulantes são ótimos para o controle de pH. Segundo o Ministério da Saúde o pH ideal para água após o tratamento é de 6 a 9,5. De acordo com os resultados de Borba em 2001, se a água bruta estiver com pH de 7 ou próximo a isso a eficiência de ação da solução coagulante a base de moringa é maior. O valor medido da água bruta coletada foi de 7,4 então espera-se a partir disso que os resultados em relação aos outros parâmetros analisados apresentem resoluções ótimas, uma vez que estão a uma faixa ótima de ação do pH.

Ocorreu uma diminuição no pH durante o experimento o deixando abaixo de 6 isso pode ter ocorrido pela interação entre os dois agentes em mistura e também pelo emprego de uma alta dosagem de concentração de Moringa, para contornar isso o ideal seria medir o pH da mistura antes da adição à água de tratamento, afim de avaliar se essa diminuição do parâmetro está atrelada a interação entre os dois coagulantes ou não.

5.3. Condutividade Elétrica.

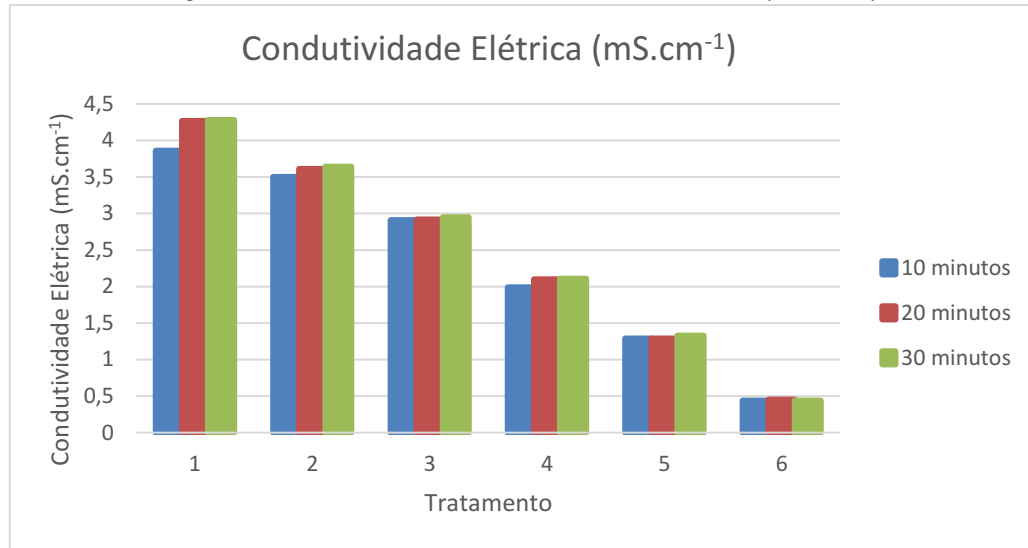
Os resultados médios do parâmetro Condutividade Elétrica de cada tratamento, obtidos após as três repetições realizadas no ensaio, os valores estão expressos em função do tempo de sedimentação, na Tabela 8 e Figura 9.

Tabela 8 - Resultados médios de condutividade elétrica (mS.cm^{-1}) medidos ao longo do tempo de sedimentação.

Tempo (min)	Condutividade Elétrica (mS.cm^{-1})					
	Tratamentos					
	1	2	3	4	5	6
10	3,86	3,5	2,91	1,99	1,29	0,44
20	4,27	3,61	2,92	2,1	1,29	0,45
30	4,28	3,64	2,95	2,11	1,33	0,44

Nota: 1 – 100% Moringa e 0% Polímero; 2 – 80% Moringa e 20% Polímero; 3 – 60% Moringa e 40% Polímero; 4 – 40% Moringa e 60% Polímero; 5 – 20% Moringa e 80% Polímero; 6 – 0% Moringa e 100% Polímero.

Fonte: Autoria própria.

Figura 9 - Valores médio de condutividade elétrica ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Fonte: Autoria própria.

Observa-se na Figura 9 que a condutividade elétrica tem um decréscimo padrão, esse fenômeno se dá pela concentração de polímero não eleva-la, já a *Moringa* tem uma característica oposta. Segundo as metodologias datadas por Okuda *et al* (2001) a adição da solução com *Moringa oleífera* à água ocorre um acréscimo nos valores de condutividade elétrica, por se tratar de uma solução com composto salino (NaCl), contudo esses valores não sofrem grandes alterações ao longo do tempo de repouso. Vale salientar que elevar a condutividade elétrica é o fator responsável pela eficiência das substâncias presentes na *moringa*, uma vez que isso promove sítios de interação de cargas aumentando a força iônica e elevando a solubilidade dos compostos ativos responsáveis pela clarificação da água.

Em contrapartida o polímero sintético catiônico não depende de aumentar a condutividade elétrica no meio para agir, por conta das suas propriedades químicas (DI BERNARDO, 2000), e em um estudo já foi averiguado que os polímeros causam diminuição neste parâmetro, assim conforme a concentração de polímero cresce de acordo com os tratamentos, a condutividade elétrica diminui na mesma proporção (VALVERDE *et al.* 2013), o que pode gerar perda de eficiência da solução de *moringa* conforme a adição do polímero. 5.4. Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)

A Tabela 9 e Figura 10 trazem os valores médios de Sólidos Totais Dissolvidos obtidos após os três ensaios, com os valores de cada tratamento em função do tempo de sedimentação.

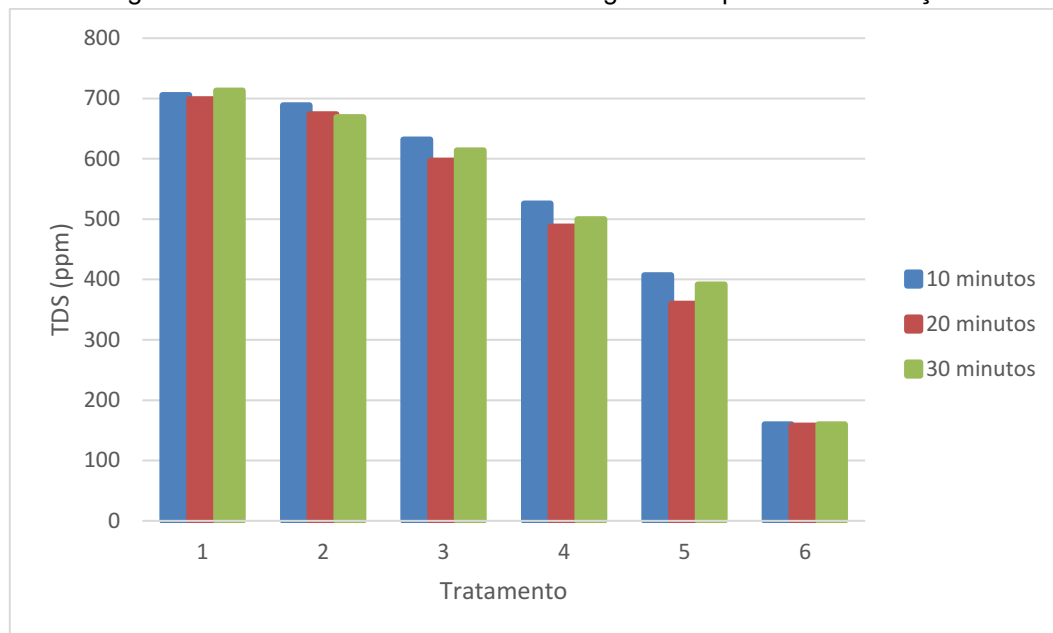
Tabela 9 - Valores médios de TDS (ppm) ao longo do tempo de sedimentação.

Tempo (min)	Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)					
	Tratamento					
	1	2	3	4	5	6
10	706	689	632	526	407	160
20	699	674	597	488	360	158
30	713	669	614	500	392	160

Nota: 1 – 100% Moringa e 0% Polímero; 2 – 80% Moringa e 20% Polímero; 3 – 60% Moringa e 40% Polímero; 4 – 40% Moringa e 60% Polímero; 5 – 20% Moringa e 80% Polímero; 6 – 0% Moringa e 100% Polímero.

Fonte: Autoria própria.

Figura 10 - Valores médios de TDS ao longo do tempo de sedimentação.



Fonte: Autoria própria.

Se comparado os valores dos sólidos totais da água bruta que é de 40 ppm, e os resultados obtidos, nota-se um aumento significativo no parâmetro, principalmente com a solução a base de moringa (Tratamento 1), isso acontece por essa solução adicionar muitas macromoléculas ao líquido como um todo, esses grandes agrupamentos proteicos (macromoléculas) são as responsáveis pela clarificação da água. O escalonamento retrogrado do parâmetro que é observado no gráfico é justamente a diminuição da quantidade dessas substâncias ao se diminuir a dosagem de solução de moringa

aplicada. As características químicas predominantes no polímero proporcionam que essa elevação nos sólidos dissolvidos não seja grande.

Os altos valores observados principalmente no tratamento 1, e nos de mais tratamentos com maior concentração de moringa podem estar relacionados a ajuste na dosagem, no presente trabalho foi empregada uma dosagem muito alta para as características da água bruta no estudo.

5.5. Turbidez

Na Tabela 10 e Figura 11, tem-se os valores médios do parâmetro turbidez na água em variação ao tempo de sedimentação. Os valores médios foram obtidos a partir dos três ensaios realizados, afim de minimizar qualquer erro eventual de leitura.

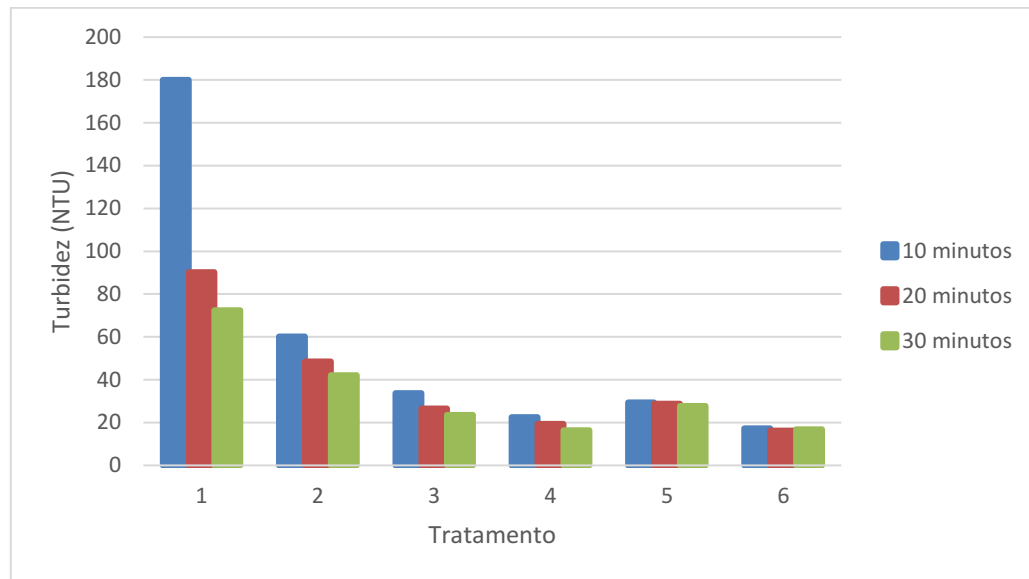
Tabela 10 - Valores Médios de Turbidez (NTU) ao longo da sedimentação para cada tratamento.

Tempo (min)	Turbidez (NTU)					
	Tratamentos					
	1	2	3	4	5	6
10	180	60,2	33,7	22,5	29,4	17,3
20	90,2	48,6	26,5	19,4	28,8	16,2
30	72,5	42,1	23,6	16,4	27,7	16,8

Nota: 1 – 100% Moringa e 0% Polímero; 2 – 80% Moringa e 20% Polímero; 3 – 60% Moringa e 40% Polímero; 4 – 40% Moringa e 60% Polímero; 5 – 20% Moringa e 80% Polímero; 6 – 0% Moringa e 100% Polímero.

Fonte: Autoria própria.

Figura 11 - Valores médio do parâmetro Turbidez (NTU) analisada ao longo do tempo de sedimentação.



Fonte: Autoria própria.

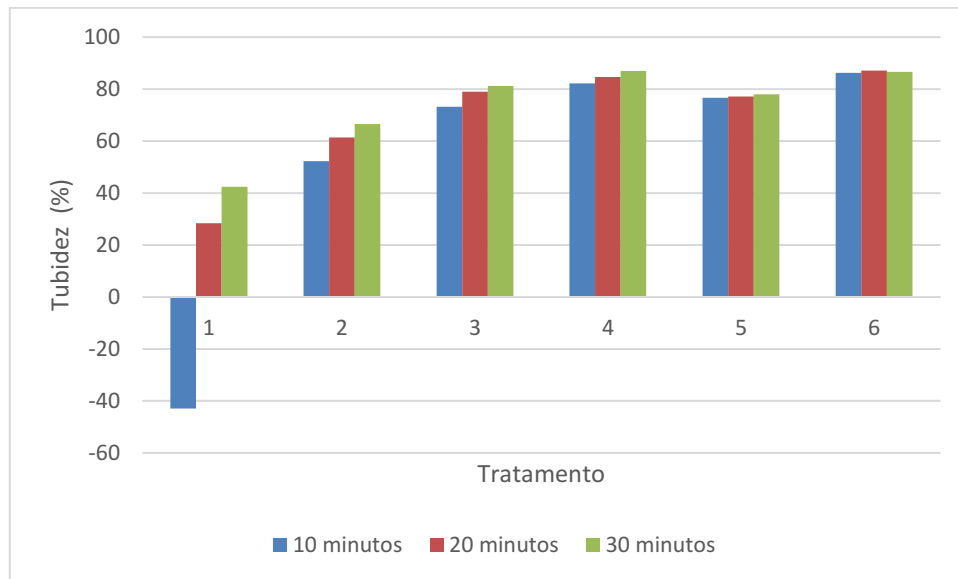
Analisando-se a partir dos valores de água bruta (126 NTU) nota-se um aumento significativo na turbidez após adição dos coagulantes no tratamento 1 nos primeiros 10 minutos (180 NTU) isso é decorrente devido a adição de material na amostra com as soluções coagulantes, assim após a ocorrência das reações os valores diminuem, fenômeno observado nas Tabela 7 e Figura 11. Tem-se um maior intervalo de diminuição no tratamento 1, com concentração de 100% de *Moringa oleifera*, nos primeiros 20 minutos.

Conforme a concentração de polímero aumenta entre os tratamentos, observou-se uma diminuição dos valores até o tratamento 4 e no tratamento 5, teve-se um acréscimo nos valores, esse acréscimo possivelmente está ligado na perda de eficiência da solução de moringa pela baixa da condutividade elétrica conferida pelo polímero.

Se observado os tratamentos 4 e 6 em conjunto nota-se uma certa estabilidade, assim, pode-se concluir que o tratamento 4 tem resultados satisfatórios quanto a remoção do parâmetro, uma vez que seus valores se igualam ao tratamento com melhor resultado analítico (tratamento 6) porém, sem a associação dos coagulantes.

A Figura 12 representa eficiência do parâmetro turbidez para cada tempo de sedimentação em cada tratamento.

Figura 12 - Eficiência de remoção da Turbidez ao longo da sedimentação para cada tratamento.



Fonte: Autoria própria.

Para a eficiência de remoção do parâmetro analisado muitos tratamentos tiveram resultados parecidos, assim foi feita uma média entre os marcos de desempenho dos tratamentos aos quais foram equivalentes. Obteve-se decréscimos consideráveis no parâmetro turbidez com eficiência média global de 77,2%, ou seja, a partir da média de todos os ensaios.

Evidenciou-se aproximadamente uma taxa de 85,6% de remoção na turbidez, nos tratamentos 4 e 6, que foram os ensaios mais eficientes. E uma média de 77,5% para os tratamentos 3 e 5, ressaltando que os tratamentos 4, 5 e 6 são os que correspondem a maiores concentrações de polímero sendo de 60%, 80% e 100%, respectivamente.

Se analisado cada tratamento individualmente entre os primeiros 10 minutos até o final da sedimentação (após os 30 minutos) tem-se uma eficiência de remoção do parâmetro de 40% para o tratamento 1, com solução de 100% de concentração de moringa, assim o menos eficiente dentre todos os ensaios realizados.

Nota-se uma certa semelhança aos resultados encontrados no estudo realizado por Franco *et al* (2017), onde ele avaliou a eficiência de remoção da turbidez em diferentes tempos, em 40 minutos ele obteve em média 45% de eficiência de remoção e em 90 minutos quase 90%. A *Moringa oleifera* precisa de mais tempo em sedimentação para ter eficiência na remoção da turbidez maior que 80%. Assim a eficiência de aproximadamente 40% em 30 minutos no tratamento 1 é relativa aos resultados de

Franco, portanto é bom salientar que os tratamentos (1, 2 e 3) com maior concentração de moringa precisem de mais tempo na etapa de sedimentação.

Com o acréscimo das concentrações de polímero na solução, observou-se a partir do tratamento 3 eficiências maior que 75% na remoção do parâmetro. Para os tratamentos 4 e 6 observou-se uma taxa de 84,5% e 86,7% respectivamente. Levando em consideração que a eficiência no tratamento 4 - que representa a associação entre o polímero (60%) e a solução de moringa (40%) – é similar a encontrada no tratamento 6. Considera-se o tratamento 4 tendo resultado eficiente e o melhor dentre todos os tratamentos em termos de eficiência de remoção da turbidez, mesmo não sendo o mais eficiente estatisticamente.

Entretanto, mesmo os tratamentos mostrando eficiência alta para a remoção da turbidez, nenhum dos tratamentos obteve-se resultados de acordo com os valores pela Portaria de consolidação N°5 que exige que a turbidez esteja em 5 NTU ou menos para que a água seja considerada dentro das especificações de potabilidade. Mas vale salientar que os valores medidos foram antes do final do tratamento de água como um todo, posteriormente ao processo de filtração, etapa a qual é muito importante para o tratamento por promover remoção da turbidez e ajustes em possíveis erros decorrentes durante o processo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos no presente trabalho foi possível investigar a eficiência da *Moringa oleífera* Lam em associação com o polímero catiônico no processo de clarificação da água até a etapa de sedimentação. Tem-se as seguintes observações finais.

A *Moringa oleífera* mesmo sendo um coagulante natural eficiente precisa de mais tempo no processo de sedimentação para reagir do que o polímero.

O tipo de aglutinação das partículas na água foi bem diferente visualmente, quanto maior a concentração de polímero na amostra (tratamentos 4, 5 e 6), maiores eram as estruturas aglutinadas formadas (flocos) com aparência viscosa e mesmo sendo grandes conglomerados apresentavam menor densidade e não se decantavam ao fundo do sedimentador. Esse tipo de floco pode ocasionar problemas no processo de filtração uma vez que a água é retirada por cima do tanque neste processo.

O pH, como esperado, não sofreu grandes alterações ao decorrer do processo, se mantendo a uma faixa de 5,55 a 5,91. Porém segundo os valores exigidos pela Portaria de consolidação nº 5 esses valores precisariam de uma correção para estarem na faixa aceitável de 6 a 9,5. A diminuição de 7,4 da amostra bruta para 5,55-5,91 dos tratamentos pode estar relacionada a possíveis interações entre os coagulantes, então se faz válida a medição do pH antes de analisa-lo nas amostras. E também é sugerido se ter uma amostra branca, com água destilada para observar a interação dos tratamentos em diluição.

Pelos resultados observados para os sólidos totais dissolvidos o polímero apresentou maior eficiência, assim conforme sua concentração aumentava entre os tratamentos a eficiência aumentava na mesma proporção, mas como na legislação não se tem nenhum valor padrão para este parâmetro não se considera os valores dele para a escolha do melhor tratamento empregado.

Para a turbidez o tratamento 6 ainda foi o mais eficiente analiticamente com 86,7% de eficiência, toda via, o tratamento 4, com taxa de 84,5%, foi o escolhido como o de melhor resultado, por ser correspondente a solução de associação entre a *Moringa* e o polímero, com composição de 40% e 60% do total da mistura respectivamente.

7. REFERÊNCIAS

ABALIWANO, J. K.; GHEBREMICHAEL, K. A.; AMY, G. L. **Application of the purified *Moringa oleifera* coagulant for surface water treatment.** Watermill Working Paper Series, n. 5, p. 1-19, 2008.

ALUVINO, G. C. R. **Estudo da aplicação do extrato de semente de *Moringa oleífera* visando a substituição do coagulante sulfato de alumínio em uma estação de tratamento de água para abastecimento.** 2015. 48 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia Industrial Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination for water and wastewater.** 22 ed. Washington, 2012.

ARANTES, T. Q. **Degradabilidade *in situ* de variedades de cana-deaçúcar para uso forrageiro.** Relatório de Projeto Orientado. Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, Curso de Zootecnia. 35p. 2014.

ARBOLEDA, J. **Cronologia del Desarrollo de la Tecnologia de la Água.** Acodal, 2003.

ARBOLEDA, J. **Teoria, diseño y control de los procesos de clarificación del agua.** CEPIS, 558p. 1973.

BATISTA, R. O. et al. **TÉCNOLOGIAS LIMPAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE ÁGUA SUPERFICIAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16. 2013.

BENGE, M. D. **Moringa: a multipurpose vegetable and tree that purifies water.** Washington D. C: Science and Technology for Environment and Natural, 1987.

BONGIOVANI, M. C.; VALVERDE, Karina C.; BERGAMASCO, Rosângela. Utilização do processo combinado coagulação/floculação/uf como processo alternativo ao tratamento convencional utilizando como coagulante a moringa oleífera lam. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 11, 2013, p. 65-76. Disponível em: <http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/559/584> Acesso: 14/10/2019

BOTELHO, J. C. **TRATAMENTO DE ÁGUA DE CORPO LÊNITICO COM USO DE COAGULANTE ORGÂNICO E INORGÂNICO – LAGO IGAPÓ II.** Trabalho de conclusão de curso, 2016.

BRASIL. Constituição (1997). Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos.**

BRASIL. Constituição (2007). **Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007**. Diretrizes Nacionais Para O Saneamento Básico. Brasília, 2007.

BRASIL. Constituição, 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988**. BRASIL. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010.

BRASIL. **Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**. Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, março de 2004.

BRASIL. Ministério da saúde/Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Gabinete do Ministro. **Portaria da consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do sistema único de saúde. 2017.

CABGELA. G.L. BENETTI. A.D. **Otimização da clarificação de águas turvas com sementes de Moringa oleífera**. Revista DAE. n. 212. v 66. 2018.

CAMACHO, F. P.; SOUZA, V. S.; BERGAMASCO, R.; TEIXEIRA, M. R. The use of Moringa oleifera as a natural coagulant in surface water treatment. **Chemical Engineering Journal**, [s.l.], v. 313, p.226-237. 2017.

CANEVAROLO. Jr. S.V. **Ciência dos Polímeros – Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. Livro 2ª Edição p 1-282. 2006.

CARDOSO, K. C. et al. **Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleífera Lam**. Acta Scientiarum. Technology, [s.l.], v. 30, n. 2, p.193-198, 20 out. 2008. Universidade Estadual de Maringá.

CARMO, S. N. C. **Extração seletiva de Mn (II) utilizando sementes de Moringa oleífera como bioadsorvente**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Química – Instituto de Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2014. 58f.

CLAUDINO, C. R. **Avaliação da eficiência na remoção de ferro e manganês em estação de tratamento de água pelo método de flotação por ar disperso. Estudo de caso: ETA da comunidade praia paraíso, torres, RS. Criciúma**. 2009.

CORAL, L. A; BERGAMASCO, R; BASSETTI, F. J. **Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo**. In: International Workshop: Advances in Cleaner Production, 2009, São Paulo.

CORDEIRO. K. BERGAMASCO. R. COSSICH. E. **Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio**

Moringa oleífera Lam. Artigo para a revista Acta Scientiarum. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v30i2.5493>> Acesso em: 12 de jan. 2020.

CYSNE, R. G. B. “**Propagação in vitro de *Moringa oleífera Lam.*”**. Dissertação de Mestrado, p81, Universidade Federal do Ceara, Fortaleza- CE, 2006.

DEZOTTI, M. **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos. 1ª ed. v. 5. 2008.** Série Escola Piloto de Engenharia Química.

DI BERNARDO. A.S. **Influência das condições de aplicação de polímero catiônico na eficiência da floculação.** Pós-graduação (Mestrado) 207p. Dissertação Escola de Engenharia de São Carlos. 2000.

DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D. B.,2005. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**, 2. ed. V. 1. São Carlos, RiMA.

DROSTE, R.L. **Theory and practice of water and wastewater treatment.** New York: John Wiley & Sons, 1997. 800p

FRANCO. C.S. et al. **Coagulação com semente de moringa oleífera preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT.** Revista Eng Sanit Ambient. v.22; n.4. 2017.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, Leandro. F.; BRITO, Edy. S. Avaliação química e estrutural da semente de Moringa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.1, p.106-109, 2006.

GIDDE, M. R.; BHALERAO, A. R.; MALUSARE, C. N. Comparative study of different forms of Moringa oleífera extracts for turbidity removal. **International Journal of Engineering Research and Development**, v. 2, n.1, p. 14-21, jul. 2012.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. de. **Abastecimento de água para consumo humano.** 2º ed. Belo Horizonte. Editora: UFMG, 2010.

KAWAMURA, S, 2000. **Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities.** 2. ed. John Wiley & Son, Inc.

LIBANIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água.** 3. ed. São Paulo: Editora Atomo 2010.

LIMA, R.S.; SANTOS, V. B.; OLIVEIRA, A. C. P.; AZEVEDO, S. M. F. O. **Avaliação da eficiência de sementes de Moringa oleífera e de seu extrato aquoso como coagulante natural para remoção de células de Microcystisaerugin.** In: ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, 2. 2010, Aracaju, SE. Rio de Janeiro, RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

LOVO, I. A. **Avaliação do adensamento por gravidade e do desaguamento por centrifugação do lodo gerado pelo tratamento de água.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, 2016.

LOVO.I.A.I; DI BERNARDO. A.S.; DI BERNARDO. L.; PACHOLADO.C. **USO DE POLÍMEROS SINTÉTICOS E NATURAIS NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA.** Artigo Científico. AESABESP – Associação dos Engenheiros da Sabesp. 2019.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas.** 3. ed. Brasil: Jorge Macedo, 2005.

MACÊDO, J.A.B. de. **ÁGUAS & ÁGUAS.** 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007. 1048 p.

MADRONA, G. S., et al. **Study of the Effect of Saline Solution on the Extraction of the Moringa oleifera Seed's Active Component for Water Treatment.** *Water, Air, & Soil Pollution*, [s.l.], v. 211, n. 1-4, p.409-415, 12 Jan. 2010. Springer Nature. DISPONIVEL EM: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11270-009-0309-0>>.

MELQUÍADES, F. L.; GONÇALVES, G. W. P.; SILVA, W. D.; PARREIRA, P. S.; APPOLONI, C. R. **Monitoramento de metais nos lagos igapó em Londrina, PR, usando a metodologia de EDXRF.** *Semana: Ciências Exatas e da Terra, Londrina*, v. 29, n. 2, p. 129-138, 2008.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. **“Active agents and mechanism of coagulation of turbid water using Moringa oleifera”.** *Watered Rescarch*, 29, 703-710,1995.

OKUDA, Tetsuji; BAES, Aloysius U. NISHIJIMA, Wataru; OKADA Mitsumasa. **Isolation and characterization of coagulant extracted from moringa oleifera seed by salt solution.** *Water Res.* v.35, n.2, p.405-410. 2001.

PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** 2001. 233 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

PEREIRA. J. A. R. **Determinação da dosagem ótima de polímeros em sistema de flotação, em escala de laboratório, utilizado no pós-tratamento de efluente de reator UASB da ETE Sideral, Belém/PA.** Artigo científico. Ano 2007.

PEREZ, A et al. **Características y potencialidades de Moringa oleífera, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal.** *Pastos y Forrajes, Matanzas*, v. 33, n. 4, p. 1, dic. 2010.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de Coagulantes Orgânicos Naturais como Alternativa ao uso do Sulfato de Alumínio no Tratamento de Água.** 2008. 78f. Trabalho de

Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidad Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PRITCHARD, M.; CRAVEN, T.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A. S.; O'NEILL, J. G. A comparison between Moringa oleifera and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 35, n. 13-14, p. 798-805, Jul. 2010.

REBOUÇAS, A. C. **Água e desenvolvimento rural**. São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327- 344, Dec. 2001.

RELATORIO MUNDIAL DAS NAÇÕES sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **O manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/rio_20/wwdr4-fatos-e-dados.pdf> Acesso em 12 de abril. 2020.

RIBEIRO, F. L. M. **Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA de Itabirito** – MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos. Ouro Preto-MG, 2007.

RICHTER, C. A.; NETTO, José M. de A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Blucher, 1991.

SANTOS, W. R. dos; MATOS, D. B. de; OLIVEIRA, B. M.; SANTANA, T. M.; SANTANA, M. M. de; SILVA, G. F. da. Estudo do tratamento e clarificação de água com torta de sementes de Moringa oleífera Lam. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 293-297, 2011.

SANTOS, T.R.T.; VIEIRA, M.F.; BERGAMASCO, R. (2013) **Uso do coagulante natural moringa oleifera lam no processo combinado de coagulação/floculação/adsorção para minimização da formação de trihalometanos**. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, Tupã, v. 9, n. 11, p. 131-141.

SILVEIRA A.B. **TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO COM APLICAÇÃO DA Moringa oleifera LÍQUIDA E EM PÓ EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SOLUÇÃO SALINA**. Trabalho de Conclusão de Curso, 2017.

SIQUEIRA, A.P. et al. **ANÁLISE DA PERFORMANCE DOS COAGULANTES NATURAIS Moringa oleifera E TANINO COMO ALTERNATIVA AO SULFATO DE ALUMÍNIO PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA**. Enciclopédia Biosfera, centro científico conhecer, Goiânia, v.15; n. 27. 2018.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, Takako M. **Limnologia**. 1 ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008.

UN World Water Development Report 2020. Water and Climate Change. Disponível em: <<https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2020/>>. Acesso em 12 de abr. 2020.

UNESCO World Water Assessment Programme. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS 2014. **Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade.** Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372876_por>. Acesso em: 20 fev. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, **World Water Development Report 4.** Paris. 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **A ONU e a Água.** Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/acao/agua/>> Acesso em: 19 set. 2019.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, OPAS. **Água e saúde.** 2001. Disponível em: <<http://www.opas.org.br/sistema/fotos/agua.pdf>> Acesso em out. 2019

VALVERDE, K.C.; COLDEBELLA, P.F.; NISHI, L.; MADRONA, G.S.; CAMACHO, F.P.; SANTOS, T.R.T.; SANTOS, O.A.A.; BERGAMASCO, R. (2014) **Avaliação do tempo de degradação do coagulante natural *moringa oleifera lam* em pó no tratamento de água superficial.** *e-Xacta*, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 75-82.

VANACOR, R. N. **Avaliação do Coagulante Orgânico veta Organic utilizado em uma estação de tratamento de água para abastecimento Público.** Porto Alegre. 2005. Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VIJAYARAGHAVAN, G; SIVAKUMAR, T; VIMAL KUMAR, A. **Application of plant based coagulants for waste water treatment.** International Journal of Advanced Engineering Research and Studies, v. 1, n. 1, p. 88-92, oct./dec. 2011.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Belo Horizonte. Editora UFMG, 2005.

VORCHHEIMER, N. Synthetic polyelectrolytes. In: **Polyeletrolytes for water and wastewater treatment.** Boca Raton, FL: CRC Press, 1981. p. 1-45.