

UNIVERSIDADE DE UBERABA
JANE HELENA DE ALMEIDA

**Sementes de Moringa Oleifera *Lam* como Coagulante no Tratamento de Efluente
Industrial**

UBERABA/MG

2017

JANE HELENA DE ALMEIDA

Sementes de Moringa Oleifera *Lam* como Coagulante no Tratamento de Efluente Industrial

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade de Uberaba, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. JOSE ROBERTO
DELALIBERA FINZER

UBERABA/MG
2017

JANE HELENA DE ALMEIDA

Sementes de Moringa Oleifera Lam como Coagulante no Tratamento de Efluente Industrial

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade de Uberaba, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovada em _____ de Junho 2017, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof.Dr. Jose Roberto Delalibera Finzer
UNIVERSIDADE DE UBERABA
(Orientador)

Prof.Ms. David Maikel Fernandes
UNIVERSIDADE DE UBERABA

Prof. Ms. Wilson Sousa Benjamin
UNIVERSIDADE DE UBERABA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A toda minha família, pela paciência e compreensão nos momentos em que estive ausente, em especial a minha mãe que é minha fonte inspiradora.

Aos professores do curso de engenharia química que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para o melhor aprendizado.

Ao meu orientador Jose Roberto Delalibera Finzer pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

A todos que de alguma maneira estiveram comigo e contribuíram para realização desse sonho.

RESUMO

A busca por desenvolvimento de tecnologias que possam fornecer elementos que venham contribuir com a preservação ambiental e qualidade no efluente tratado tem sido um desafio das indústrias de papel e celulose. Por causa desta problemática, é que o trabalho teve como objetivo utilizar sementes de moringa para redução da turbidez.

Os parâmetros físico-químicos como pH, e turbidez foram determinados antes (pH= 6,1 turbidez= 1944 NTU) e após o tratamento que foram (pH= 6,4; turbidez 101 NTU). As concentrações do pó da Moringa Oleifera foram 0; 500; 1250; 2000 e 2750 mg/L, relacionados com tempo de decantação de 60, 70, 90, 120 minutos. Após os ensaios, o resultado obtido na remoção da turbidez foi de 94,8% com a concentração de 2750 mg/L, com o tempo de sedimentação de 120 minutos, comprovando a eficiência do biocoagulante presente na semente da Moringa Oleifera para a remoção da turbidez do efluente da indústria de papel e celulose. O melhor percentual de remoção do parâmetro estudado turbidez, foi obtido utilizando-se a concentração de coagulante, correspondente a 2000 mg/L, com o tempo de sedimentação de 90 min.

Palavras-chaves: Sementes de Moringa, Coagulante Biológico, Indústria de Papel.

ABSTRACT

The search for development of technologies that can provide elements that contribute to environmental preservation and quality in the treated effluent has been a challenge for the paper and pulp industries. Because of this problem, the work aims using moringa seeds to reduce turbidity, by presenting a biological coagulant that has advantages, when compared with the chemical coagulants. Physical-chemical parameters such as pH, and turbidity were determined before (pH = 6.1 turbidity = 1944 NTU) and after treatment. Moringa Oleifera powder concentrations were 0; 500; 1250, 2000 and 2750 mg / L, related to settling time of 60, 70, 90, 120 minutes.

After the tests, the result obtained in the turbidity removal was 94.8% with the concentration of 2750 mg / L, with the sedimentation time of 120 minutes, proving the efficiency of the biocoagulant present in the Moringa Oleífera seed for the removal of Turbidity of the effluent from the pulp and paper industry. The best percentage of removal of the studied parameter turbidity was obtained using the coagulant concentration, corresponding to 2000 mg / L. With the sedimentation time of 90 min.

Keywords: Moringa Seeds, Biological Coagulant, Paper Industry.

Lista de figuras

Figura 1- Moringa Oleifera com vagens.....	12
Figura 2- Sementes de Moringa Oleifera	18
Figura 3- Solução padrão de Moringa Oleifera	18
Figura 4- Influência da concentração na remoção da turbidez.....	20
Figura 5- Redução da turbidez com o tempo de sedimentação	21
Figura 6- Comportamento do pH em função da concentração	21
Figura 7- Turbidez x Concentração x Tempo de Sedimentação.....	22

Lista de tabelas

Tabela 1 : Consumo Específico de Água (CEA) em Fábricas de Papel no Brasil	09
Tabela 2: variação do tempo de mistura e tempo de sedimentação.....	19
Tabela 3: Parâmetros Avaliados (Turbidez e pH).....	20

Lista de abreviaturas

NTU: Unidade Nefelométrica de Turbidez

PAC: Policloreto de Alumínio

pH: Potencial Hidrogeniônico

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3 REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 Coagulação	4
3.2 Sulfato de Alumínio	4
3.3 Cloreto férrico.....	5
3.3.1 Sulfato ferroso	5
3.3.2 Policloreto de Alumínio $Al_n(OH)_mCl_3(n-m)$	5
3.3.3 Coagulantes Orgânicos	5
3.4 Turbidez.....	6
3.5 Indústria de produção de papel, papelão e celulose.....	7
3.6 Efluentes industriais	9
3.6.1 Efluentes da indústria de celulose e papel	9
3.7 Moringa	12
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1 Materiais	17
4.2 Metodologia.....	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6 CONCLUSÃO.....	23
7 REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

A *Moringa Oleifera Lam* é a espécie mais divulgada da família das Moringaceae. Já se espalhou por todo mundo, principalmente em países de clima tropical como o Brasil. Na região Nordeste a *Moringa Oleifera* é conhecida como Lírio Branco; outro nome popular dessa planta no Brasil é Quiabo de Quina (BORBA, 2001).

Zampero (2011) afirma que a produção de sementes da *Moringa Oleifera Lam* ocorre durante todo período do ano e pode chegar a uma quantidade de 3.000 kg para cada hectare plantado. Isto implica na capacidade de tratar 30 milhões de litros de água ou efluente com turbidez acima de 100 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

A busca por desenvolvimento de tecnologias que possam fornecer elementos que venham contribuir com a preservação ambiental e qualidade no efluente tratado tem sido um desafio, por isso as indústrias de celulose e papel caracterizam hoje, um setor de extrema importância econômica e ambiental, devido principalmente aos seus reflexos em corpos d'água (FONSECA, 2003).

Por usufruir de grandes volumes de água, o setor de celulose e papel é um grande gerador de efluentes e atualmente, pressionado por essa tendência, buscam adequar-se às exigências legais destinadas a proteger o meio ambiente, por meio de ações modificadoras do processo, desenvolvendo tratamentos cada vez mais eficazes, buscando redução de geração de efluentes na fonte, desenvolvimento de tecnologias para tratamento externo, recuperação e reaproveitamento de efluentes (FONSECA, 2003).

Dentre uma das etapas utilizadas para a o tratamento de efluentes industriais a coagulação é uma etapa comum utilizada para a remoção de matéria orgânica em suspensão em águas, sendo utilizados vários agentes químico como sais de alumínio e ferro, coagulantes mais utilizados (SÁNCHEZ-MARTIN et al, 2012).

Um dos problemas associados ao uso do sulfato de alumínio, por exemplo, é a geração de um elevado volume de lodo contendo o cátion Al^{3+} , o que dificulta a disposição final deste material no meio ambiente (MONACO et al., 2010).

Ainda entre as desvantagens do uso de sulfato de alumínio ou de ferro tem-se o elevado custo de aquisição e os efeitos nocivos à saúde humana (YIN, 2010).

Com isso os agentes coagulantes naturais têm demonstrado vantagens em comparação aos químicos no tratamento de águas e efluentes em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais (YIN, 2010).

Existem vantagens em utilizar o coagulante proveniente das sementes da *Moringa Oleifera Lam*, pelas variedades de produtos úteis extraídos como: óleo, ração animal e fertilizante proveniente dos sólidos residuais e das cascas que ao serem ativadas servem de material adsorvente. Ainda existe um valor agregado ao cultivo da espécie, quando da farinha obtida da semente poder ser extraído o óleo e ainda ser utilizada na clarificação da água (SILVA, 2012).

A capacidade de coagular e flocular colóides em efluente industriais e águas naturais esta relacionada com a presença de proteínas catiônicas hidrossolúveis que está presente na semente de *Moringa Oleifera Lam*. Com isso têm se demonstrado eficiência da *Moringa Oleifera Lam* na ação coagulante, que é responsável pela agregação de partículas e microorganismos que podem ser mais facilmente removidos numa etapa posterior (NDABIGENGESERE; NARASIAH; TALBOT, 1995).

As sementes de *Moringa Oleifera* podem ser utilizadas em substituição aos sais metálicos cloreto férrico, sulfato de alumínio e PCA (cloreto de polialumínio) usualmente empregados pela indústria (SILVA; MATOS, 2008).

Neste sentido estudos apontaram que em comparação com o alumínio, as sementes de *Moringa Oleifera* não alteraram significativamente o pH e a alcalinidade da água, não causando assim, problemas de corrosão (GALLÃO et al., 2006).

Do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do coagulante natural *Moringa Oleifera Lam* na remoção de turbidez no efluente industrial proveniente de indústria de papel e celulose da cidade de Uberaba.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- ❖ Utilizar as sementes da moringa como uma alternativa de coagulante natural para diminuir a turbidez do efluente industrial proveniente da indústria de papel e celulose da cidade de Uberaba.

2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Identificar a melhor concentração das soluções padrões preparadas pela adição de pó de sementes de *Moringa Oleifera Lam* para a remoção da turbidez do efluente
- ❖ Determinar a turbidez, e pH, antes e após o tratamento;
- ❖ Minimizar os impactos ambientais causados pelos coagulantes químicos

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Coagulação

A coagulação é definida como a desestabilização das cargas superficiais, ou seja, partir da adição de um coagulante inorgânico ou orgânico em quantidades e condições apropriadas, estimulando a aglomeração das partículas para que posteriormente ocorra a remoção por meio de sedimentação ou filtração (CARDOSO, 2003).

Segundo Wesner (1998), os coagulantes mais utilizados são os inorgânicos como sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$, cloreto férrico ($FeCl_3$), sulfato ferroso ($FeSO_4$), sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3$), e o policloreto de alumínio $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$ e também os coagulantes orgânicos que tem a densidade de carga positiva como os polímeros catiônicos .

Os coagulantes naturais têm demonstrado maior preeminência em relação aos químicos especificamente em relação a baixo custo, a biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção iodos residuais (LO MONACO ,2010).

A seleção do coagulante e sua aplicação é muito importante no tratamento de efluentes industriais.

3.2 Sulfato de Alumínio

O sulfato de alumínio é um coagulante inorgânico sendo aplicado para tratamento de águas e efluentes industriais.

Na maioria dos casos é usado o coagulante sulfato de alumínio juntamente com o hidróxido de cálcio $Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4$ que é um alcalinizante para obter uma reação que controle o pH do efluente a ser tratado.

Libano (2010) ressalta que a quantidade de Sulfato de Alumínio necessário para provocar uma coagulação é facilmente quantificada através de teste de jarros. Atualmente utilizam-se mais quantidades práticas, pois parte dos íons de alumínio parecem se combinar diretamente com as impurezas da água.

O Sulfato de Alumínio é fácil de transportar e de manejar além de ter custo baixo e produção em várias regiões brasileiras. Entretanto, ainda é necessário ser armazenado em tanques de plásticos, madeira, borracha ou aço inoxidável para melhor durabilidade. Sua característica física de fornecimento comercial pode ser em formato de partículas/granular, ou na forma líquida. O pH utilizado pode variar de 5,0 a 7,0, visto que fora dessa faixa é impraticável a sua coagulação (RICHTER, 2003).

3.3 Cloreto férrico

Para Pavanelli (2001), a reação do ácido clorídrico com o minério de ferro, seguido de resfriamento e filtração favorece a produção de cloreto férrico com elevado índice de pureza.

O uso de FeCl_3 diminui drasticamente a cor, turbidez, quantidade de sólidos suspensos e a demanda bioquímica de oxigênio, a reação de hidrólise do cloreto férrico, sendo esta, $\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$ a reação responsável pela formação de hidróxido de ferro III, que possui ação coagulante sobre as partículas (PAVANELLI, 2001).

3.3.1 Sulfato ferroso

O sulfato ferroso é muito utilizado para tratar águas que apresentem pH elevado na faixa entre 8,5 a 11 o sulfato ferroso quando acrescentado a água precipita a forma oxidada de hidróxido de ferro, assim a adição de cal ou cloro se faz necessária para coagulação efetiva. (PRATI; MORETTI; CARDELLO, 2005).

3.3.2 Policloreto de Alumínio $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3(n-m)}$

Coagulante Policloreto de Alumínio (PAC) é amplamente aceito no mercado pela sua eficiência e habilidade de atuar numa amplitude de pH maior, muito recomendado para uso em estações de tratamento de água afim de substituir os coagulantes convencionais usados, os sais de alumínio e sais de ferro, o PAC possui uma melhor eficiência de clarificação porém seu valor de mercado é proeminente aos coagulantes habituais (PRATI; MORETTI; CARDELLO, 2005).

3.3.3 Coagulantes Orgânicos

Os coagulantes/floculantes naturais têm demonstrado vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais (LO MONACO et al, 2010).

Os polímeros naturais, como os amidos de mandioca, de araruta e de batata, têm tido seu uso comprovado como auxiliares de floculação e/ou de filtração. Além dos amidos, que são largamente empregados como auxiliares de floculação e/ou filtração, é possível citar outros biopolímeros que podem ser empregados com a mesma finalidade, como o quiabo, a moringa, a goma guar e a goma xantana (SCARIOTTO, 2013).

Uma das pesquisas que tem sido realizada é a utilização de biopolímeros da semente da *Moringa Oleifera* Lam, no processo de tratamento da água e efluentes industriais, pois promove a coagulação da matéria orgânica com fração menor do que a dos coagulantes químicos, diminuindo a formação do lodo, havendo pequenas alterações no pH, diminuindo a turbidez a cor e tornando o processo biodegradável (PATERNIANI, 2009; SANTOS, 2011 e 2013).

3.4 Turbidez

A turbidez é destacada pela presença de partículas em suspensão em estado coloidal, apresentando uma forte relação com a contaminação biológica Cordeiro (2008).

Henning (2011) afirma que a turbidez pode causar sérios danos à saúde, principalmente quando é antropogênica, pois, nas partículas, agregam-se os microrganismos causadores de diversas doenças de veiculação hídrica e compostos tóxicos.

O Ministério da Saúde (2006), afirma que a turbidez é uma característica da água devido à presença de partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e outros organismos microscópicos.

Por isso a turbidez é uma expressão da propriedade óptica que faz com que a luz, através da amostra, seja espalhada, absorvida e não transmitida em linha reta. É expressa pela interferência da passagem de luz através do líquido sendo medida no turbímetro ou nefelômetro e expressa em unidade nefelométrica de turbidez NTU (PARRON, 2011).

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais e atividades de mineração também provocam elevações na turbidez das águas. Na água bruta, ela é considerada um dos principais parâmetros de seleção de tecnologia de tratamento e de controle dos processos de tratamento (PIVELI; KATO, 2006).

Quando a presença da turbidez provoca a redução de intensidade dos raios luminosos que penetram no corpo d'água, influi nas características do ecossistema presente, e quando as partículas sedimentam-se, formam bancos de lodo onde a digestão anaeróbia leva à formação de gases metano e gás carbônico, principalmente, além de nitrogênio gasoso e do gás sulfídrico, que é cheiro desagradável. (PIVELI; KATO, 2006).

3.5 Indústria de produção de papel, papelão e celulose

A produção de papel é uma tecnologia que tem desenvolvido muito nos últimos anos. Tem ocorrido um crescimento em todas as áreas da fabricação de papel, tais como matérias primas, tecnologia de produção e controle de processos. Contudo, observa-se que independentemente da condição do processo de fabricação da polpa, que pode ser química, mecânica ou reciclada, o tipo de madeira utilizada, madeira de fibra longa ou fibra curta, os conceitos da fabricação de papel são similares (GULLICHSEN; PAULAPURO, 2000).

Segundo Nolasco (1997), o setor de papel e celulose é um grande consumidor de recursos naturais, especificamente fibras vegetais, energia e água, e tem sido apontado como um importante exemplo de geração de poluente do ar, da água e do solo.

Efluentes industriais de celulose e papel contêm vários tipos de materiais orgânicos tóxicos e não biodegradáveis, que incorporam compostos de enxofre, químicos da polpa, ácidos orgânicos, ligninas cloradas, ácidos de resina, fenólicos e ácidos graxos insaturados. Por ter esta grande variedade de compostos pode causar efeitos adversos aos microrganismos existentes na estação de tratamento de efluentes (NETO, 2014).

Abraf (2013) afirma que a matéria prima mais utilizada nos últimos anos na produção de papel e celulose tem sido a madeira, originaria da espécie de pinus e eucalipto. O Brasil conta com condições climáticas favoráveis para a cultura desse tipo de matéria prima, atingindo a produção de 40,7 m³/(ano) de eucalipto e 40,1 m³/(ano) de pinus. A fabricação de papel pode se dar a partir de matéria prima proveniente de madeira de reflorestamento, no caso a celulose, da reconstituição da polpa de papel reciclado, de aparas, ou de combinação dessas.

Dependendo do tipo de papel a ser produzido, a celulose é submetida a tratamentos especiais antes de ser processada na indústria de papel. Papéis atribuídos à escrita, por exemplo, precisam ter um padrão capaz de conferir, à folha, uma característica absorvente e áspera, na medida certa para o uso de caneta e lápis. Já no caso dos papéis para embalagens, os principais objetivos são rigidez e resistência (BRACELPA, 2013).

A mistura de material fibroso e cargas minerais que dão características às fibras. O material fibroso pode ser celulósico ou não; no caso da celulose, usa-se fibra virgem (cuja produção pode estar integrada ou não) ou papel usado reciclável (JORGE; SOARES; NARRETO, 1993).

A produção se resume em: exploração da matéria prima, descascamento da madeira, cavaqueamento, classificação dos cavacos, cozimento ou polpação, refino/depuração -

remoção de lignina, lavagem da polpa, branqueamento, lavagem da polpa branqueada, homogeneização, prensagem e secagem da folha de papel. No procedimento de polpeamento as estruturas da madeira são rompidas e as fibras são separadas. Nesses procedimentos são aplicadas algumas soluções químicas como o NaOH, Na₂S, Na₂SO₃ e Na₂CO₃, que auxiliam no processo de separação da celulose da madeira, mas que contribuem na geração de impactos potenciais ao meio ambiente (ABRAF,2013).

Segundo Jorge, Soares e Narreto (1993) o mercado papelero pode ser dividido em seis segmentos: papel de imprensa (*newsprint*), papéis de imprimir e escrever, embalagens de papel e papelão, papéis para fins sanitários (*tissue*), cartões e cartolinas e papéis especiais.

O Brasil é apontado como um grande produtor de papel no período de 2003 a 2013, expandiu sua produção em 27,0%, com crescimento médio de 2,7% ao ano, seguindo de perto as mudanças na economia brasileira. No ano de 2010, o setor brasileiro estabeleceu-se como 10º produtor mundial de papel e, em 2012, produziu 10,3 milhões de toneladas do produto (BRACELPA, 2013).

Segundo Bracelpa (2013) a produção de celulose e papel é um dos maiores poluidores do meio ambiente, sendo causador de uma sequência de impactos ambientais, contribuindo com a geração de poluentes atmosféricos, águas residuárias e resíduos sólidos. Sendo a geração dos efluentes industriais o mais preocupante, devido ao grande volume gerado.

Hoglund (1999) afirma que o consumo de água na produção de papel e celulose pode diversificar de acordo com a operação da indústria, entre 15 m³/t de papel em indústrias mais modernas, a 100 m³/tonelada de papel, em indústrias mais antigas.

O consumo de água em fábricas de produção papel nos Estados Unidos está na faixa de 11,3 a 37,8 m³ de água/t de papel (NCASI, 2017).

Para Arantes et al (2000), nos Estados Unidos, uma indústria de papel com máquinas de diferentes configurações (forma redonda, mesa plana e mista) e fabricando 22 tipos diferentes de papel proporciona consumo de 20,8 m³ de água/t de papel.

Bachmann (2009) efetuou um levantamento em 28 fábricas de papel brasileiras, considerando a produção de diferentes tipos de papéis e os correspondentes consumos específicos de água (CEA), estando os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Consumo Específico de Água (CEA) em Fábricas de Papel no Brasil

Tipo de papel	CEA, M³/t
<i>Tissue</i>	15,7 - 23,5
Escrever	6,7 - 22,8
Imprimir	12,4 - 61,1
Cartão	18,6 - 42,3
Embalagem	3,4 - 91,3
Outros	36,1 - 90

FONTE: BACHMANN (2009)

3.6 Efluentes industriais

Para a seleção do processo de tratamento dos efluentes industriais são testadas e utilizadas diversas operações unitárias. Os processos podem ser classificados em físicos, químicos e biológicos em função da natureza dos poluentes a serem removidos ou das operações unitárias utilizadas para o tratamento.

Segundo Giordano (1999) os processos de tratamento a serem praticados, as suas formas utilizadas e os materiais a serem empregados são analisados a partir das seguintes condições: a legislação ambiental regional; o clima; a cultura local; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes industriais; a particularidade do efluente tratado; a confiabilidade para atendimento à legislação ambiental; possibilidade de reuso dos efluentes tratados.

As características dos efluentes industriais são pertinentes a composição das matérias primas, das águas de abastecimento e do processo industrial. A concentração dos poluentes nos efluentes é atribuído das perdas no processo ou pelo consumo de água.

3.6.1 Efluentes da indústria de celulose e papel

As características dos efluentes gerados na indústria de celulose e papel, variam de acordo com do tipo de processo produtivo, tipo de madeira utilizada, tecnologia aplicada, práticas de gerenciamento, recirculação de efluentes e também a quantidade de água utilizada no processo (POKHREL e VIRARAGHAVAN, 2004).

Segundo Pereira (2002), a grande diversidade das atividades industriais promove durante o processo de produção, a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, os quais podem poluir e contaminar o solo, a água e o ar

A geração/emissão de efluentes está diretamente relacionada com a quantidade de água utilizada, no entanto o potencial poluidor está associado à forma de operação da fábrica

e ao grau de fechamento de circuitos que o processo possui (SPRINGER; NOLASCO; PIRES, 2000,).

Para Fonseca et al (2003) as águas residuárias provenientes do processo de fabricação de papel (fábricas não integradas) possuem menor carga poluidora que as oriundas de fábrica integradas (produção de celulose e papel). Nas fábricas integradas sucedem as etapas mais críticas para a produção da celulose, matéria-prima básica da indústria do papel: o cozimento com produtos químicos, com o intuito de separar a celulose da lignina e demais componentes vegetais; e o branqueamento da celulose, processo que envolve várias lavagens para retirar impurezas e clarear a pasta que será usada para fazer o papel.

Essas etapas são responsáveis pela geração de um efluente com propriedades ácidas, valores elevados de demanda química de oxigênio (DQO), sólidos dissolvidos e cloro (FONSECA et al, 2003).

Basicamente o efluente de uma indústria de papel não integrada é composto pelas fibras que escapam do processo, compostas de aparas e pasta mecânica. A diminuição de fibras no processo acarreta prejuízos econômicos. Geralmente essas fibras perdidas são separadas das águas residuárias por técnicas de tratamento primário (flotadores ou decantadores) e podem ser comercializadas para servirem como procedência de matéria prima para fabricação de miolo de papel, caixa de ovos, caixas de papelão, cantoneiras de papel, enfim, na fabricação de papéis menos nobres (ALMEIDA; VIDAL, 2008).

O efluente denominado de água branca, é originado das etapas de prensagem e secagem do processo produtivo, e essa água branca contribui com cerca de 700 a 1400 mg/L de DBO e de 1900 a 3200 mg/L de DQO, rico em fibras celulósicas, cetona, resíduos de cola, agentes branqueadores, corantes e amido (LACORTE et al, 2003).

Segundo Fonseca et al (2003) o alto consumo de água no processo produtivo atinge elevada diluição das águas residuárias. Se as classes de papel produzidas, são finas normalmente o consumo de água é maior, e conseqüentemente, maior a diluição das águas residuárias industriais.

Há um grande empenho hoje em dia para obtenção de máxima recirculação de água nas máquinas de papel. No projeto e manuseio/operação das plantas de papel e celulose deve-se priorizar, ao extremo, a contenção das águas rejeitadas do processo. A recirculação de águas do processo colabora para a diminuição de custos e para a preservação ambiental (MICHALSKI, 2004).

Segundo Cetesb (2009), nos procedimentos de tratamento de efluentes, o crescimento dos microrganismos é um processo com agitação que demanda energia química e

nutrientes para a síntese dos compostos celulares e a manutenção das células. As indústrias de celulose e papel utiliza-se a adição de fósforo (P) e nitrogênio (N) ao efluente para melhor eficácia do tratamento, sendo a matéria orgânica nele presente referência para o cálculo da relação N: P.

Dos denominados macro-nutrientes, o fósforo, constitui-se em um dos fundamentais para os processos biológicos, por ser requerido em grandes quantidades pelas células. Nos tratamentos aeróbios, uma relação DBO: N: P mínima de 100:5: 1 é exigida. Para proporcionar aumento na atividade microbiana sendo necessária a adição de N e P quando em alguns efluentes industriais apresentam concentrações muito baixas (DEZOTTI, 2008).

Para Dezotti (2008), nos processos biológicos, o excesso de nitrogênio e fósforo em efluentes industriais gera ocorrências de eutrofização das águas naturais, quando as descargas de nutrientes são muito intensas, dá-se o florescimento muito intenso de variedades que predominam em cada situação em particular. O crescimento excessivo de populações de algas pode trazer prejuízos aos usos dessas águas, afetando o abastecimento público ou causando poluição.

As associações entre DQO/DBO ou DBO/DQO apresentam informações relevantes sobre a natureza de um efluente, fornecendo uma noção do grau de biodegradabilidade de um despejo. Para efluentes que contém apenas poluentes biodegradáveis, a DQO e DBO devem apresentar valores próximos. Já no caso de efluentes com teores de poluentes não-biodegradáveis, a diferença entre DQO e DBO se enfatiza (DEZOTTI, 2008).

Segundo Von Sperling (2005), a relação DQO/DBO menor do que 2,5 indica que o despejo pode ser tratado por processos biológicos e, de acordo com Jordão e Pessoa (2009) valores elevados na relação DQO/DBO são indicativos de despejos industriais menos facilmente biodegradáveis. Na indústria de celulose e papel, a razão DQO/DBO está na faixa de 3 a 5 (DEZOTTI, 2008).

Para Metcalf e Eddy (2003) quanto mais à relação DBO/DQO se aproximar da unidade, mais fácil é o tratamento biológica do efluente. O tratamento biológico não é mais eficiente, quando a relação é menor que 0,3 sendo que a relação muito baixa indica a presença de produtos orgânicos resistentes à degradação ou produtos tóxicos aos microrganismos.

Os sistemas de tratamentos biológicos, especialmente lagoas aeradas e lodos ativados, por se tratarem de sistemas eficientes na remoção da matéria orgânica biodegradável, são mais empregados na indústria de celulose e papel para tratamento de efluentes, mas apresentam limitações para a remoção da matéria orgânica recalcitrante (ARAUJO; COSSICH; TAVARES, 2009).

3.7 Moringa

A *Moringa Oleifera* Lamarck, a espécie mais divulgada da família das Moringaceae, foi classificada pelo pesquisador francês Jean Baptiste Antonine Pierre de Monet de Lamarck (1744 - 1829). Na relação Filotaxonômica, a *Moringa Oleifera* Lam. é classificada taxonomicamente da seguinte forma: Reino: Plantae; Divisão: Magnoliophyta; Classe: Magnoliopsida; Subclasse: Dilleniidae; Ordem: Capparidales; Família: Moringaceae; Gênero: *Moringa*; Espécie: *Moringa Oleifera* Lam. (CYSNE, 2006).

Figura 1. *Moringa Oleifera* com vagens



Fonte: <http://ideiaweb.org/wp-content/uploads/2012/03/Moringa-Oleifera.jpg>

Segundo Santos (2010), a árvore da *Moringa Oleifera* (Figura 1) apresenta as seguintes particularidades botânicas: folhas bipinadas com sete folíolos pequenos em cada pina, de cor verde pálida, decíduas alternadas, perfoliada e compostas; flores relativamente grandes, diclamídeas, monoclinas, perfumadas de cores creme ou branca; frutos em forma de vages pendulares de cor verde a marrom esverdeada, de forma triangular, contendo de 10 a 20 sementes globóides, escuras por fora contendo massa branca e oleosa no seu interior, a madeira apresenta casca espessa, mole e reticulada, de cor pardo-clara externamente e, internamente, cor branca com lenho mole, poroso, amarelado e com presença de látex, com grande quantidade de mucilagem, rica em arabinose, galactose e ácido glucurônico; a raiz assemelha-se, tanto pela aparência como pelo sabor, ao rabanete.

Segundo Santos(2011),a *Moringa Oleifera* Lam é uma das árvores mais úteis para o ser humano, pois quase todas as suas partes são aproveitadas. Foi utilizada em pomadas medicinais, no antigo Egito, na produção de sabão usando as sementes, que possuem 27 % a

40 % de óleo não volátil, e vem sendo utilizada também como alimento.

As raízes de *Moringa Oleifera* de sabor ácido são usadas como tônico para o corpo e os pulmões, sendo expectorante. O chá de folha é utilizado para o tratamento de úlceras gástricas e diarreia. As sementes são utilizadas, pelas suas propriedades antibióticas e anti-inflamatórias, para tratar artrite, reumatismo, gota, câibras, doenças sexualmente transmitidas e como um relaxante de epilepsia (RAHMAN, 2010).

Segundo Borba (2011), as espécies da família das Moringaceae principalmente as espécies *Moringa Oleifera Lam* e a *Moringa Stenopetola* são 14 espécies conhecidas dessa família, sete delas são muito raras e sete têm sido encontradas em diversos países da Ásia, África e América Latina. A *Moringa Oleifera Lam* é a espécie mais divulgada da família das Moringaceae, já se espalhou por todo mundo, principalmente em países de clima tropical como o Brasil. Na região Nordeste a *Moringa Oleifera* é conhecida como Lírio Branco; outro nome popular dessa planta no Brasil é Quiabo de Quina.

Em diferentes países do continente Asiático, Africano e Sul - Americano, várias plantas têm sido utilizadas como coagulante natural. A *Moringa Oleifera* é uma árvore de origem indiana e se tornou pantropical, ou seja, habita qualquer Região dos trópicos (GALLÃO, 2006).

Segundo Gallão (2006), no primeiro ano, A árvore da *Moringa Oleifera* tem um crescimento rápido, podendo alcançar 12,0 metros de altura podendo até frutificar. Não suporta baixas temperaturas, tendo um desenvolvimento ideal na faixa entre 24 a 30 °C. A proliferação da espécie pode ser feita através de sementes, mudas ou estacas, não apresentando exigências específicas para o tipo de solo onde será cultivada a não ser a impossibilidade de desenvolver em solos encharcados.

Na Índia, chegou-se a calcular uma produção de 1.000 até 1.600 vagens por árvore, onde o número de sementes por vagens oscila entre 10 e 20. Porém, esses valores podem ser variados dependendo do país, clima e o manejo da árvore. Considerando que uma família utilize 10.000 litros de água anualmente e que o necessário para clarificar 1 (um) litro seria, em média, uma semente por litro, seriam necessários 10.000 sementes para cada família durante um ano. No Sertão, haveria a necessidade de cinco árvores por família e no Agreste de duas árvores por família (ALMEIDA NETO, 2013).

As sementes da *Moringa Oleifera* é produzida durante todo período do ano e pode chegar a uma quantidade de 3.000 kg para cada hectare plantado. Isto implica na capacidade de tratar 30 milhões de litros de água ou efluente com turbidez acima de 100 NTU (ZAMPERO, 2011).

Segundo Oliveira (2009), a cultura da Moringa vem sendo difundida em todo o semiárido nordestino, devido a sua utilização no tratamento de água para uso doméstico; porém, o uso de coagulantes naturais para clarificar água não é uma idéia nova, pois Ndabigengesere e Narasiah (1996) indicam as sementes de Moringa Oleifera como uma alternativa viável de agente coagulante em substituição aos sais de alumínio, que são utilizados no tratamento de água em todo o mundo.

Para Valverde et al (2014), vale ressaltar, que o ideal é utilizar sementes colhidas há pouco tempo, a fim de garantir a eficácia do tratamento de água, pois a eficiência de coagulação diminui com o passar do tempo de armazenamento das sementes. Entretanto, são consideradas altamente ativas pelo fato de produzirem altas reduções na turbidez da água bruta por um período máximo de 18 meses, diminuindo seu potencial significativamente e tornando-se ineficiente após 24 meses, especialmente para água bruta com turbidez inferior a 100 NTU.

As sementes, dependendo das condições de fertilidade de solos, entram em fase de germinação em até nove dias após sua plantação. Recomenda-se que haja uma poda anual entre 1,5 e 2,0 m de altura, após cada colheita, pois, assim, evita-se o crescimento excessivo da planta facilitando o colhimento das sementes, que pode ser feita até três colheitas por ano. Vale ressaltar que após três meses de colheita as sementes perdem o poder germinativo. Quando ocorre a primeira colheita, o desenvolvimento das plantas se torna mais rápido. As folhas dos galhos podados que seriam descartadas durante a colheita são usadas para produzir o pó seco, rico em proteína, utilizado como componente de proteína da ração animal (JESUS, 2013).

Segundo Paterniani (2009), as sementes de Moringa Oleifera contêm proteínas com baixo peso molecular; quando seu pó é dissolvido em água adquirem carga positivas, que atraem partículas negativamente carregadas tais como, argilas e siltes, formando flocos densos, que sedimentam.

Paterniani (2009) afirmou que o coagulante à base de sementes de Moringa, por ser de origem natural, possui significativa vantagem, quando comparado ao coagulante químico sulfato de alumínio, principalmente para pequenas comunidades uma vez que pode ser preparado no próprio local.

No processo de clarificação da água a proteína das sementes de Moringa é o composto de maior importância e que a presença de uma proteína catiônica dimérica de alto peso molecular, que desestabiliza as partículas contidas na água que, através de um processo

de neutralização e adsorção, floculam os colóides que, em seguida, sedimentam (GALLÃO, 2006).

Através de estudos realizados, até o momento, a moringa não apresenta riscos à saúde, ocasionando efeitos secundários ao homem quando utilizada em baixas doses no processo de clarificação e diminuição da turbidez da água, não apresentando sintomas tóxicos quando dos inúmeros usos (VALVERDE et al., 2013).

Silva (2012), afirma que existem vantagens em utilizar o coagulante proveniente das sementes da *Moringa Oleifera*, pelas variedades de produtos úteis extraídos como: óleo, ração animal e fertilizante proveniente dos sólidos residuais e das cascas que ao serem ativadas servem de material adsorvente. Ainda existe um valor agregado ao cultivo da espécie, quando da farinha obtida da semente poder ser extraído o óleo e ainda ser utilizada na clarificação da água.

Estudos atuais mostram que, a moringa foi considerada como uma importante fonte de extração de ácido oléico, que varia de 75 % a até mais de 80 %, indicando que é adequado para a produção do biodiesel. Isto porque possui grande estabilidade oxidativa, por apresentar ausência de ligações duplas conjugadas, sendo superior ao biodiesel de soja neste quesito. Tal característica facilita o transporte e o armazenamento do biodiesel (ARANDA, 2017).

Para a diminuição da poluição causada pelos despejos de água residuárias em corpos hídricos receptores, existem pesquisas do tratamento dessas águas residuárias com o extrato da semente da *Moringa*. Os resultados foram positivos para a água de recirculação do descascamento/despolpamento dos frutos do cafeeiro, água residuária de laticínios, efluentes da indústria têxtil, na remoção dos parâmetros físico-químicos como: turbidez, óleos e graxas, surfactantes aniônicos (lauril sulfato de sódio) e corantes (LO MONACO; MATOS; ANDRADE, 2010).

Segundo LO Monaco, Matos, Andrade (2010) tem-se, ainda, eficiência na remoção de patógenos de água bruta, pois seus cotilédones possuem uma substância antimicrobiana que aumenta o efeito do tratamento biológico, onde concluíram que a *Moringa Oleifera* é capaz de reduzir de 90 a 99 % de bactérias na água.

A semente de *Moringa Oleifera* pode ser aplicada como adsorvente no tratamento por coagulação-floculação de águas industriais removendo compostos como zinco, cobre, ferro, alumínio, cádmio, crômio, níquel, prata, manganês, benzeno, tolueno, etilbenzeno e isopropilbenzeno além de ser utilizada como coagulante no tratamento de águas (RIBEIRO, 2010).

Segundo Mangale, Chonde (2013), outra propriedade da semente da moringa foi verificada em experimento realizado em água de poço aberto, localizado em Kolhapur, na Índia, onde se quantificou a redução dos íons cloretos de 12 mg/L para 5 mg/L. Isso ocorreu devido à atração química da substância catiônica presente na semente com íons aniônicos dos cloretos presente na água.

O extrato de sementes de Moringa desempenha um papel importante no controle de mosquitos, e revelaram ser um eficaz larvicida e agente pupicidal. Isso se deve à presença de compostos químicos bioativos, que as plantas apresentam oferecendo vantagem sobre os pesticidas sintéticos por serem menos tóxicos, menos propensos à resistência e biodegradáveis (PONTUAL et al., 2014).

Segundo Moreti et al (2012), Moringa Oleifera apresenta limitações com relação ao seu uso em forma de solução pois seu potencial decresce com o decorrer do tempo de armazenamento de sementes tanto em temperatura ambiente (28 °C) quanto em refrigeração (3 °C). Por causa desse inconveniente, testou-se a utilização do pó da semente da Moringa Oleifera em sachê de diversos tipos para diminuição da turbidez sintética obtendo resultados positivo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

- ❖ Água destilada
- ❖ Agitador magnético
- ❖ Balança analítica
- ❖ Béquer de vidro de 1000 ml
- ❖ Erlenmeyer
- ❖ Liquidificador doméstico
- ❖ Pera de sucção
- ❖ Pipeta graduada
- ❖ Phmetro
- ❖ Pó da semente de moringa
- ❖ Turbidímetro

4.2 Metodologia

Buscando contribuir para o estudo do uso do coagulante natural extraído das sementes de Moringa Oleifera, foram utilizados efluentes da estação de tratamento da indústria de papel papelão e celulose (INPA) que se localiza do Distrito Industrial 2 na cidade de Uberaba-MG.

Os experimentos testes foram realizados no laboratório do bloco H da faculdade de Engenharia Química da Universidade de Uberaba (Uniube).

As sementes da Moringa Oleifera *Lam* foram coletadas em uma área rural do Município de Uberaba-MG.

Parte Experimental

Procedeu-se à remoção da casca da semente (figura.1), em seguida foi triturada e transformada em pó (figura 2) com uso de um liquidificador domestico;

Figura 2: Sementes de Moringa Oleifera com casca



FONTE: Autor (2017)

O pó foi finamente peneirado e quantificado para preparação da solução padrão. (figura .3) pesou-se 10,0 g do pó da Moringa e diluiu-se em 1000 mL de água destilada.

Figura 3: Solução padrão de Moringa Oleifera



FONTE: Autor (2017)

Agitou-se a solução padrão por 30 minutos, por meio de um agitador magnético, e foi mantida em um béquer de vidro sob constante agitação para conservação de suas características, para que não perdessem o principio ativo coagulante.

Utilizou-se 4 béqueres contendo 400 mL de efluente bruto e em cada um desses, foram adicionadas quantidades pré-determinadas do coagulante *Moringa Oleifera Lam.*

O coagulante era adicionado com o auxílio de uma pipeta graduada, em cada amostra foi usada uma concentração diferente de coagulante da semente *Moringa Oleifera Lam.*;

As concentrações adicionadas nos béqueres com efluente bruto do coagulante *Moringa Oleifera Lam* foram 500 mg/L, 1250 mg/L, 2000 mg/L e 2750 mg/L, e variou-se o tempo de mistura e o de sedimentação conforme a tabela 2.

Tabela 2: Variação do tempo de mistura e tempo de sedimentação

Amostras	Tempo de Mistura(min)	Tempo de Sedimentação(min)
1-	30	60
2-	20	70
3-	30	90
4-	20	120

FONTE: Autor (2017)

Após cada ensaio coletou-se o sobrenadante da amostra de cada béquer e realizaram-se as análises de Turbidez e pH a fim de verificar a eficiência do tratamento em estudo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coagulante testado foi o de semente de Moringa Oleifera, sendo que o parâmetro escolhido para avaliação da eficiência foi o percentual de redução de turbidez, elaborou-se gráfico de respostas para os parâmetros turbidez e concentração do coagulante de semente de Moringa figura 4.

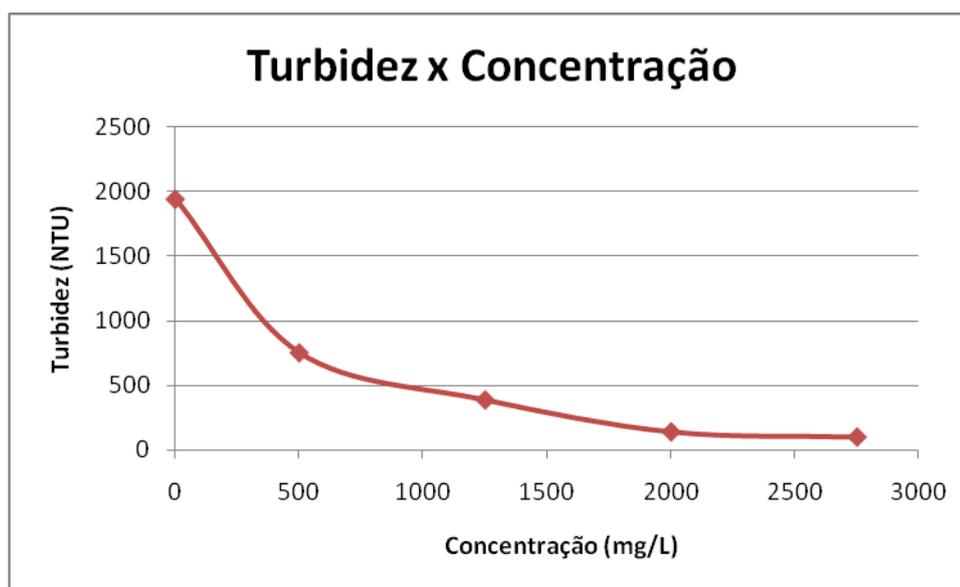


Figura -04. redução de turbidez com a concentração de conteúdo em dispersão de Moringa Oleifera *Lam*

Observa-se na figura 4 que, para o intervalo de concentração de MO testado, a turbidez do efluente reduziu, à medida que a concentração do coagulante natural aumentou.

De uma forma geral quanto maior a concentração da dispersão de Moringa, maior o valor obtido para a remoção da turbidez.

Na tabela 3 são os dados o melhor resultado obtido no tratamento.

Tabela 3: Parâmetros Avaliados (turbidez e pH).

Parâmetro	Efluente Bruto	Efluente Tratado
Turbidez (NTU)	1944	101
PH	6,1	6,4

Fonte: Autor (2017).

Comparando os resultados da tabela 3 de efluente bruto e o efluente tratado com Moringa teve remoção de 94,8% para turbidez.

Observa-se que na figura 5 que o tempo de decantação de 120 min apresentou melhores porcentagens de redução dos parâmetros analisados, ou seja, 94,8%, para turbidez,

Porém, com um tempo de decantação de 90 min percebeu-se uma redução da turbidez de aproximadamente da ordem de 92,6%.

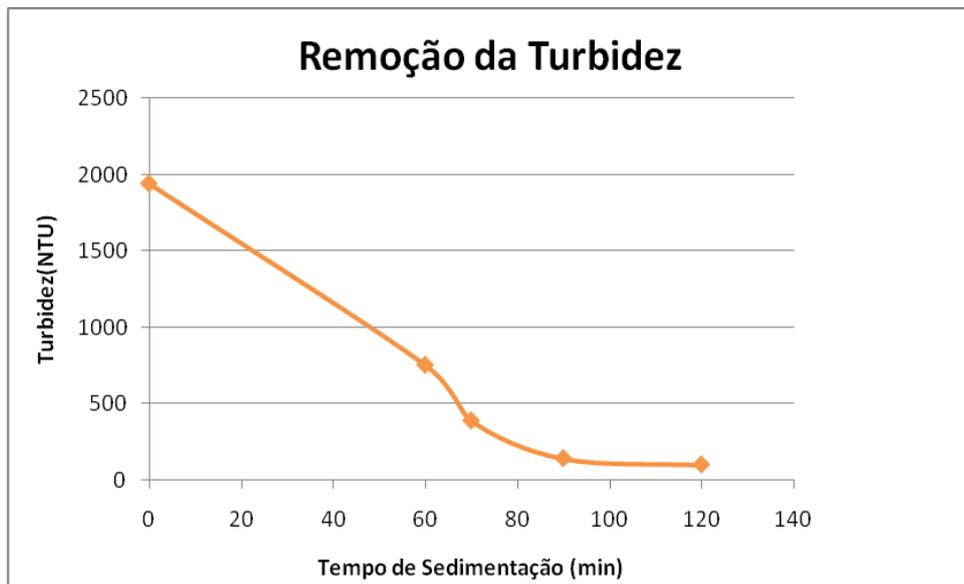


Figura -05. Redução da turbidez com o tempo de sedimentação

Assim, o tempo de decantação de 90 min foi escolhido como ideal, visto que apresentou remoção justificativa da turbidez, em relação ao efluente tratado com o tempo de 120 minutos. Devido ao fato que a redução da turbidez após 90 minutos foi mínima justificando assim a escolha.

Observou-se, de uma forma geral, que quanto maior o tempo de decantação, maior o valor obtido para a remoção da turbidez. Isso se deve ao fato de que quanto maior o tempo de repouso, maior a quantidade de partículas floculadas que decantarão no decorrer do tratamento. Pode-se observar na figura 6 que houve pequenas variações de pH com a concentração

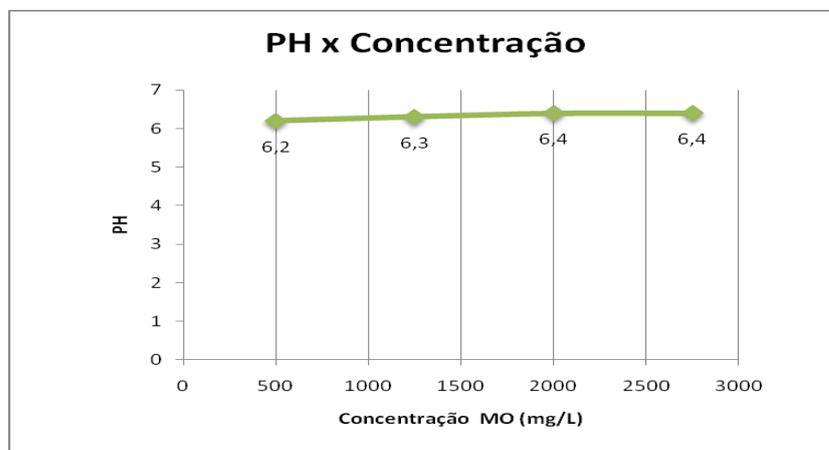


Figura- 06. Comportamento do pH em função da concentração

O valor do pH permaneceu constante em 6,4 para as dosagens de semente de Moringa de 2000 mg/l e 2750 mg/l. O efluente tratado apresentou pH inicial 6,1.

Obteve-se maior remoção de sólidos suspensos em pH 6,4 para a concentração de 2750mg/l. No presente estudo o valor de pH foi apenas determinado e não modificado. Na figura 7 mostra um comparativo do tempo de sedimentação a concentração com a redução da turbidez.

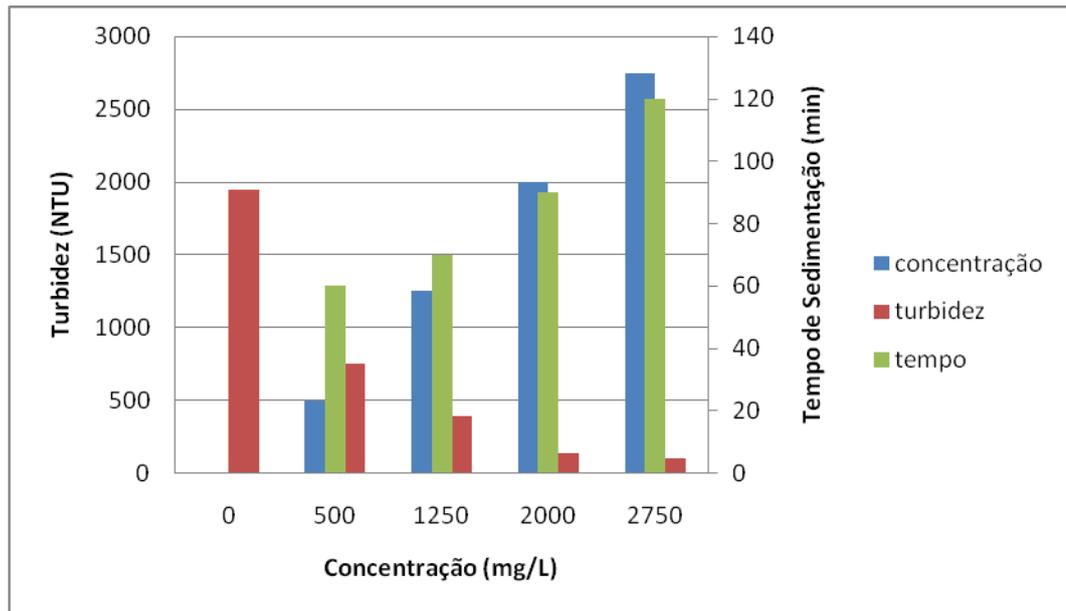


Figura – 7. Comparação da redução da turbidez com a concentração e o tempo de sedimentação

Na figura 7 comparando remoção da turbidez com a concentração utilizada e o tempo de sedimentação variável, nota-se que nas amostras 4 e 5 a diferença de remoção foi em torno de 2,2% ou seja a concentração não teve muita influência na redução da turbidez.

Na Amostra 1, o efluente é bruto sem nenhum tratamento, nas demais amostras nota-se que de acordo com que as concentrações de Moringa Oleifera foram aumentando junto com o tempo de sedimentação a eficiência na remoção foi aumentada.

6 CONCLUSÃO

A conclusão deste trabalho é que para o tratamento de efluentes das indústrias de papel e celulose, o coagulante natural *Moringa Oleifera Lam* apresentou-se eficiente na remoção de turbidez, sendo avaliada, então, como um aditivo promissor na etapa de coagulação/floculação de efluente industrial por ser um método sustentável e de baixo custo.

O melhor percentual de remoção do parâmetro estudado turbidez, foi obtido utilizando-se a concentração de coagulante, correspondente a 2000 mg/L. com o tempo de sedimentação de 90 min.

Comparando o efluente bruto e o efluente tratado com *Moringa* tem-se uma remoção em torno de 94,8% para turbidez.

Também foi observado no experimento, que o uso da *Moringa* não influenciou significativamente o valor do pH, diminuindo assim o custo do tratamento.

O uso de coagulantes naturais representa um avanço importante na tecnologia ambiental sustentável, pois eles são produzidos a partir de recursos renováveis e sua aplicação está diretamente relacionada com a melhoria da qualidade dos processos industriais.

7 REFERÊNCIAS

ABRAF. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012** / ABRAF. – Brasília: 2013

ALMEIDA, I. S. **Avaliação de toxicidade aguda de efluentes industriais utilizando organismos de três níveis tróficos**. 2013. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ALMEIDA, C. S.; VIDAL, C. M. S. Avaliação do Desempenho da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de uma Indústria Papeleira após Alteração em seu Fluxograma de Tratamento. **Revista Eletrônica Lato Sensu** – UNICENTRO Ed. 6 Ano: 2008

ALMEIDA NETO, M. A. **Uso da semente do gênero moringa**. 2008. Disponível em: <www.cpatas.embrapa.br/catalogo/doc/posters/12_1_Mario_Augusto.doc>. Acesso em: 30 mar. 2017.

ARANDA, Donato. **Moringa: muito mais que Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev121/Art1217.pdf>>. Acesso em: 31 abr. 2017.

ARANTES, B. M.; MIRANDA, J. L.; PEREZ, N.; SOUZA, R. D.; NERY, F. J.; PATAR, A. M.; RIBEIRO, V. M. Fechamento do circuito de águas do processo de fabricação o papel. **O Papel**, São Paulo, p. 79-85, out. 2000.

ARAÚJO, A. L. P.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; Remoção de DQO de efluente de indústria de celulose e papel empregando reagente fenton. **Scientia Plena**, Paraná, v. 5, n. 7, 2009.

BACHMANN, D.L. Benchmarking ambiental na indústria de celulose e papel. **O Papel**, Paulo, p. 57, jun. 2009.

BORBA, Luís Ramos. **Viabilidade do uso da *Moringa Oleifera* Lam. no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA (Curso de Mestrado). Sub-Programa UFPB/UEPB/Área de Saneamento Ambiental. João Pessoa, julho de 2001, p. 92.

BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Evolução da Produção Brasileira de Papel**. 2013. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/?q=node/140>> Acesso em: 01 jun, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para o Consumo Humano**. Brasília, SVS, 2006, p. 284.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias**

Analíticas e de Amostragem. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios. Apêndice A. 2009.

CARDOSO, M. (2003). Efeito do tipo de coagulante na produção de lodo de estação de tratamento de água. Dissertação de Mestrado. Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CORDEIRO, Willians Salles. **Alternativas de tratamento de água para comunidades rurais.** Campos dos Goytacazes. RJ, 2008, p.97.

DEZOTTI, M. **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos.** Série Escola Piloto de Engenharia Química COPPE/UFRJ. E-papers. Rio de Janeiro. 2008.

FONSECA, J. A. V. M.; BARBOSA, M.; PINTO, N. O.; SALAN, R. S.; SOBRINHO, G. D.; BRITO, N. N.; CONEGLIAN, C. M. R.; TONSO, S.; PELEGRINI, R. Tratamento de Efluentes Líquidos de Indústria de Papel e Celulose. **In: III Fórum de Estudos Contábeis,** Faculdades Integradas Claretianas, Rio Claro, 2003

GALLÃO, Maria Isabel; DAMASCENO, Leandro Fernandes; BRITO, Edy Souza de. Avaliação Química e Estrutural da Semente de *Moringa*. **Cien. Agron.** Fortaleza, v.37, n. 1, p.106-109, 2006.

GIORDANO, G. Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos. Niterói – RJ, 1999. 137 p. Dissertação de Mestrado (Ciência Ambiental) Universidade Federal Fluminense, 1999.

GULLICHSEN, J.; PAULAPURO, H. **Paper and paperboard converting.** Book 11, Helsinki University of Technology, Finland, 2000.

HENNING, Elisa et al. Um estudo para a aplicação de gráficos de controle estatístico de processo em indicadores de qualidade da água potável. **In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7.** Rio de Janeiro 2011.

HOGLUND, O. Environmental Technology in Pulp and Paper Industries. Kvaerner Pulping AB. Markaryd, Sweden. May 1999.

JESUS, Abel Ribeiro de; MARQUES, Nikolas da Silva; SALVI, Emille Jeane Novais Ribeiro; TUYUTY, Pamela Luiza Melo; PEREIRA, Samanta Andrade. **Cultivo da Moringa oleífera.** Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA SRBT (Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas). 19/7/2013.

JORGE, M. M.; SOARES, J. M. S.; NARRETO, N. A. **Estudo da competitividade da indústria brasileira.** Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP. Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – PADCT. Campinas, 1993.

LACORTE, S.; LATORRE, A.; BARCELÓ, D.; RIGOL, A.; MALMQVIST, A.; WELANDER, T. Organic compounds in paper-mill process water and effluents. **Trends in Analytical Chemistry,** Vol. 22, N°10. 2003.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3º Edição. Campinas: Editora Átomo, 2010

LO MONACO, Paola Alfonsa Vieira; MATOS, Antonio Teixeira; ANDRADE, Ivan Célio. Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias. **Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 3, 2010.

MANGALE S. M.; CHONDE, S. G.; RAUT, P. D. Use of *Moringa oleifera* (drumstick) seed as natural absorbent and an antimicrobial agent for ground water treatment. **Research Journal of Recent Sciences**, 1(3), 31-40, 2012.

METCALF & EDDY – Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4a ed. Boston: Mc Graw Hill, 2003, 1819 p.

MICHALSKI, R. **Reutilização de água na indústria de papel e celulose**. São Paulo, p.57, jul. 2004

MORETI, Livia de Oliveira Ruiz; CAMACHO, Franciele Pereira; BONGIOVANI, Milene Carvalho; STROHER, Ana Paula; NISHI, Leticia; VIEIRA, Angélica Marquetotti Salcedo; BERGAMASCO, Rosangela. Emprego das sementes de *Moringa oleifera* LAM, como coagulante alternativo ao policloreto de alumínio (PAC), no tratamento de água para fins potáveis. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 6, n. 1, p. 153-165. 2013. Disponível em: www.unibh.br/revistas/exacta. Acesso em 10 de mai. 2017.

NCASI. **National Council for Air and Stream Improvement**. Disponível em: <<http://www.ncasi.org>>. Acesso em: 24 de abr de 2017.

NDABIGENGESERE A., NARASIAH, S. K., TALBOT B. G. 1995. Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Waters Using *Moringa oleifera*. *Water Research*, 29 (2), 703-710.

NDABIGENGESERE A.; NARASIAH, S. K.. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. *Environmental Technology*, v.17, p.1103-1112, 1996.

NETO, H.M. **Tratamento de Efluente na Indústria de Papel e Celulose**. Disponível em:< <http://www.revistatae.com.br>>. Acesso em 23 mar.2017.

NOLASCO, M. A.; PIRES, E. C; SPRINGER, A. M. Tratamento de efluentes da indústria de celulose e papel por um processo modificado de lodos ativados. In: Seminário Internacional sobre Fechamento de Circuito, 1997, Vitória. Anais... Vitória: ABTCP, 1997.p. 1-11.

OLIVEIRA, I.C; TEIXEIRA, E.M.B.; GONÇALVES, C.A.A; PEREIRA, L.A. **Avaliação Centesimal da Semente de Moringa Oleifera Lam**. In: SEMINÁRIO, 2, 2009, Uberaba.

PARRON, Lucila Maria; MUNIZ, Daphne Heloísa de Freitas; PEREIRA, Claudia Maria. **Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química de Água**. EMBRAPA FLORESTAS, 2011.

PATERNIANI, A.C. et al. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n.6, , p.765–771. 2009.

PAVANELLI, G. (2001). Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. São Carlos. 205p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PEREIRA, M. G. "Materiais adsorventes para pré-concentração de cádmio e chumbo em sistema de fluxo acoplado a espectrômetro de absorção atômica". Tese de Doutorado, p.128, Instituto de Química - Departamento de Química Analítica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, **2003**.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Takayuki Mário. **Qualidade das águas e poluição: Aspectos Físico-químicos**. 2006, p. 285.

PONTUAL, E.V; SANTOS, N.D.L; MOURA, M.C; COELHO, L.C.B.B; NAVARRO, D.M.A.F, NAPOLEÃO, T.H; PAIVA, P.M.G. Trypsin inhibitor from *Moringa oleifera* flowers interferes with survival and development of *Aedes aegypti* larvae and kills bacteria inhabitant of larvae midgut. **Parasitol Res**. v.113, p. 727–733, 2014. doi:10.1007/s00436-013-3702-y

PRATI, P; MORETTI, R. H.; CARDELLO, H. M. A. B. Elaboração de bebida composta por mistura de garapa parcialmente clarificada-estabilizada e sucos de frutas ácidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 147-152, 2005.

POKHREL, D.; VIRARAGHAVAN, T. Treatment of Pulp and Paper Mill Wastewater – a Review. **Science of the Total Environment**. 333:p.37-58. 2004.

RAHMAN, MM; AKHTER, S; MAHM, Jamal; PANDEYA DR; HAQUE, MA; ALAM, MF; RAHMAN A. Control of coliform bacteria detected from diarrhea associated patients by extracts of *Moringa oleifera*. **Nepal Med. Coll. J.**, v.12, n.1 p.12-19, 2010.

RIBEIRO, Ana Teresa Alves. **Aplicação da *moringa oleifera* no tratamento de água para consumo humano. Remoção de poluentes por coagulação-floculação**. Mestrado em Engenharia do Ambiente (Dissertação) Janeiro de 2010, p. 98.

RITCHER, C.A.; AZEVEDO NETTO, J.M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J., BELTRÁNHEREDIA, J., PERES, J. A. 2012. Improvement of the Flocculation Process in Water Treatment by Using *Moringa oleifera* Seeds Extract. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 29 (3), 495- 501.

SANTOS, Allivia Rouse Ferreira. **Desenvolvimento Inicial de *Moringa oleifera* Lam. Sob Condições de Estresse**. Mestrado em Agroecossistemas (Dissertação) – Universidade Federal de Sergipe. 2010. 87 p.

SANTOS, T. R. T. et al. Study on the formation process trihalomethanes coagulation/flocculation/adsorption on activated carbon plant with natural coagulant *Moringa oleifera* Lam for treatment of water supply. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 5, n. 3, p. 64-72, 2013.

SANTOS, Wenna Raissa et al. Estudo do tratamento e clarificação de água com torta de sementes de moringa oleifera Lam. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p. 295-299, 2011.

SCARIOTTO, M.C. **Estudo da utilização da goma xantana como auxiliar no processo de floculação em tratamento de água para abastecimento**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013

SILVA, F. J. A.; MATOS, J. E. X. “Sobre dispersões de *Moringa oleifera* paratratamento de água”. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, 29, 157-163, **2008**.

SILVA, C. A., SILVEIRA, C. SILVA, F. A., KLEN, M. R. F., BERGAMASCO, R. 2012. Classificação dos Lodos Formados Durante o Processo de Coagulação/Floculação da Água com os Coagulantes Pac e *Moringa Oleifera*. *Engvista*, 14 (3), 302-309.

SPRINGER, A. M.; NOLASCO, M. A.; PIRES, E. C. Uma Revisão sobre Aspectos Ambientais Relacionados aos Efluentes Líquidos das Indústrias de Celulose e Papel. **O Papel**. Setembro: p.70-75. 2000.

VALVERDE, Karina Cardoso; COLDEBELLA, Priscila Ferri; NISHI, Letícia; MADRONA, Grasielle Scaramal; CAMACHO, Franciele Pereira; SANTOS, Tássia Rhuna Tonial dos; SANTOS, Onélia Aparecida Andreo dos; BERGAMASCO, Rosângela. 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. 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-DESA; Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG. 2005.

WESNER, G. Mixing, coagulation, and flocculation. *Water Treatment Plant Design*. 3rd ed. New York: MacGraw-Hill, 1998. p. 87-110.

YIN, C. Y. 2010. Emerging Usage of Plant-Based Coagulants for Water and Wastewater Treatment. *Process Biochemistry*, 45 (9), 1437-1444.

ZAMPERO, Rosângela. **Uso da semente da moringa oleífera no tratamento de efluente líquido na indústria de vidros**. UNIFENAS, 51p, 2011.