

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS QUÍMICOS

MARCIO ROGÉRIO LEONHARDT

**REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE
LEITE E DERIVADOS POR PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO
USANDO COAGULANTE NATURAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO 2013

MARCIO ROGÉRIO LEONHARDT

**REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE
LEITE E DERIVADOS POR PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO
USANDO COAGULANTE NATURAL**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado a disciplina de TCC2 do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos – COPEQ – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Câmpus Toledo, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Processos Químicos.

Orientadora: Prof^a M. Eng. Michelle Maria Detoni Zanette

Co-orientadora: Prof^a Dra Joseane Débora Peruço Theodoro

TOLEDO
2013

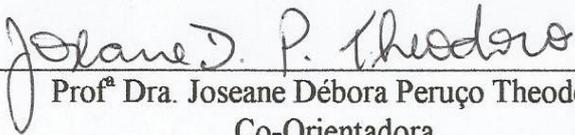
**TERMO DE APROVAÇÃO
DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

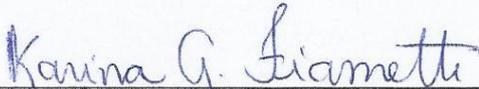
MARCIO ROGÉRIO LEONHARDT

**REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE
LEITE E DERIVADOS POR PROCESSO DE COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO
USANDO COAGULANTE NATURAL**

Trabalho apresentado como forma de avaliação para o Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Tecnologia em Processos Químicos da UTFPR, Câmpus Toledo, e aprovado pela banca examinadora abaixo.


Prof^a M. Eng. Michelle Maria Detoni Zanette
Orientação


Prof^a Dra. Joseane Débora Peruço Theodoro
Co-Orientadora


Prof. Dra Karina Graziella Fiametti


Prof^a Dra Silvana Fernandes Montanher

Toledo, Setembro de 2013

À minha querida noiva Sônia, que não me deixou desistir, nem mesmo desanimar, pelo seu apoio, amor e carinho, te agradeço por estar comigo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar a vida, e me mostrar o caminho por onde andar.

A meu pai, que nunca me faltou quando precisei, seus conselhos e ensinamentos me fizeram chegar até aqui.

A minha noiva, que nunca desistiu de mim, acreditou em meu potencial e me fez acreditar que era possível.

Aos meus colegas e amigos, pelas muitas horas de conversa e desabafos, me fizeram muitas vezes persistir e não desanimar.

Para minhas orientadoras Michelle e Joseane, que por muitas vezes me disseram o que fazer e tiveram paciência pra fazer isso.

A todos que de alguma forma participaram da minha vida, agradeço com um simples e sincero obrigado.

RESUMO

LEONHARDT, Marcio Rogério. **Remoção de turbidez de efluente de indústria de leite e derivados por processo de coagulação/floculação usando coagulante natural.** 2013, 61 fls. Trabalho de graduação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

O presente trabalho teve por objetivo testar a eficiência do uso do coagulante orgânico de *Moringa oleifera* frente ao uso de coagulante inorgânico cloreto férrico para o tratamento e limpeza de turbidez de efluente gerado em uma indústria de laticínios. A extração dos componentes da *Moringa oleifera* foi realizada em solução salina de cloreto de sódio 1 mol L^{-1} . Nos ensaios utilizando o coagulante cloreto férrico verificou-se que a concentração ideal fica próxima de 550 mg L^{-1} , com uma remoção de mais de 99% da turbidez. Para o coagulante natural de *Moringa oleifera*, o melhor resultado de remoção da turbidez atingiu o resultado de 82,7%, utilizando a concentração de 70 mg L^{-1} . Porém este coagulante apresentou uma remoção semelhante em diferentes concentrações testadas em todos os testes, não sendo possível determinar a concentração de melhor eficiência para a remoção da turbidez para este efluente. Assim diante da eficiência apresentada pelo coagulante natural *Moringa oleifera*, este pode ser empregado no sistema de tratamento de efluentes de indústria de laticínios, como auxiliar no processo de coagulação/floculação, reduzindo desta forma o uso de coagulante químico ao tratamento.

Palavras-chave: Coagulação, Floculação, Turbidez, *Moringa oleifera*, Cloreto férrico.

ABSTRACT

LEONHARDT, Marcio Rogerio. **Turbidity removal by the dairy effluent for coagulation/flocculation process using natural coagulant**. 2013, 61 l. Work Graduate. Federal Technological University of Paraná. 2013.

This study aimed to test the efficiency of the use of organic coagulant *Moringa oleifera* against the use of inorganic coagulant ferric chloride for the treatment and cleaning of effluent turbidity in a dairy. The extraction of the components of *Moringa oleifera* saline was performed in sodium chloride 1 mol L⁻¹. In assays using ferric chloride coagulant was found that the optimal concentration is near 550 mg L⁻¹ with a removal of over 99% in turbidity. For natural coagulant *Moringa oleifera*, the best result of removing the turbidity reached the result of 82.7%, using the concentration of 70 mg L⁻¹. However, this removal coagulant had a similar tested at different concentrations in all tests it was not possible determine the concentration of better efficiency for the removal of turbidity for this effluent. So on the efficiency displayed by natural coagulant *Moringa oleifera*, this can be used in the treatment system effluent dairy industry, to assist in the process of coagulation / flocculation, thereby reducing the use of chemical coagulant treatment.

Keywords: Coagulation, Flocculation, Turbidity, *Moringa oleifera*, Ferric chloride.

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIACÕES

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

UNT - Unidade nefelométrica de turbidez

TMR - Tempo de mistura rápida

VMR – Velocidade de mistura rápida

TML - Tempo de mistura lenta

VML - Velocidade de mistura lenta

TD - Tempo de decantação

pH - Potencial Hidrogeniônico

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

mL L⁻¹ - mililitros por litro

mg L⁻¹ - miligramas por litro

g cm⁻³ - Gramas por centímetro cúbico

µm - micrometro

mm h⁻¹ - milímetros por hora

mL - mililitros

rpm - Rotações por minuto

min - minuto

NaCl - Cloreto de sódio

FeCl₃ – Cloreto férrico

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: classificação das águas de acordo com a resolução do CONAMA 430/11	19
Tabela 2: padrões de qualidade para os corpos de água nas diversas classes e padrões de lançamento	20
Tabela 3: Parâmetros iniciais do efluente antes dos ensaios de coagulação e floculação	33
Tabela 4: Resultados dos ensaios de coagulação com cloreto férrico para a 5º coleta de efluente	34
Tabela 5: Resultados dos ensaios de coagulação com cloreto férrico para a 7º coleta de efluente	35
Tabela 6: Concentrações de coagulante Moringa oleifera utilizada em cada coleta	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de processamento e principais pontos de geração de efluentes em uma indústria de laticínios	17
Figura 2: Fluxograma básico de tratamento de efluentes líquidos	21
Figura 3: Sementes de <i>Moringa oleifera</i> , com e sem casca	26
Figura 4: Árvore <i>Moringa oleifera</i>	26
Figura 5: Equipamento Jar Test.....	30
Figura 6: Processo simplificado de tratamento efetuado na empresa	31
Figura 7: Gradiente de concentração de cloreto férrico para os tempos de 20 e 50 min e turbidez inicial de 398 UNT	36
Figura 8: Gradiente de concentração de cloreto férrico para os tempos de 20 e 50 min e turbidez inicial de 327 UNT	37
Figura 9: Percentual de remoção da turbidez em diferentes concentrações de Cloreto Férrico para o efluente com turbidez inicial de 398 UNT	38
Figura 10: Percentual de remoção da turbidez em diferentes concentrações de Cloreto Férrico para o efluente com turbidez inicial de 327 UNT	38
Figura 11: Variação do pH nos ensaios com Cloreto Férrico.	39
Figura 12: Melhor remoção de turbidez em cada coleta de efluente	42
Figura 13: Porcentagem de remoção para turbidez inicial de 295 UNT.....	43
Figura 14: Perfil de remoção de turbidez pelo tempo de decantação	44
Figura 15: Variação do pH pelo tempo de decantação	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 Justificativa	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Uso da água e geração de efluentes líquidos	16
2.1.1 Geração de efluentes na indústria de laticínios.....	16
2.1.2 Padrões de Lançamento de Efluentes Líquidos	19
2.2 Tratamento de efluentes líquidos	20
2.2.1 Coagulação.....	22
2.2.1.1 Mecanismos de Coagulação.....	22
2.2.1.1.1 Compressão da Camada Difusa.....	23
2.2.1.1.2 Adsorção e Neutralização de Cargas	23
2.2.1.1.3 Varredura	23
2.2.1.1.4 Adsorção e Formação de Pontes	23
2.2.2 Floculação	24
2.2.3 Decantação.....	24
2.2.4 Coagulantes Químicos.....	24
2.2.4.1 Coagulante químico cloreto férrico	25
2.2.5 Coagulantes Naturais.....	25
2.2.4.1 <i>Moringa oleifera</i>	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 Materiais	28
3.1.2 Preparo das soluções coagulantes	29
3.1.2.2 Solução de cloreto férrico	29
3.1.2.2 Solução de <i>Moringa oleifera</i>	29
3.2 Métodos	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Determinação dos parâmetros iniciais de pH, temperatura e turbidez	33
4.2 Determinação da concentração ótima do coagulante inorgânico cloreto férrico	34
4.3 Determinação da concentração ótima do coagulante orgânico <i>Moringa oleifera</i>	40
5 CONCLUSÕES	46
REFERENCIAS	47
APENDICE A – Tabela de resultados dos ensaios com cloreto férrico, turbidez inicial 398 UNT.....	52
APENDICE B – Tabela de resultados dos ensaios com cloreto férrico, turbidez inicial 327 UNT.....	53
APENDICE C – Tabela de resultados dos ensaios com <i>Moringa oleifera</i> , turbidez inicial 295 UNT.....	54
APENDICE D – Tabela de resultados dos ensaios com <i>Moringa oleifera</i> , turbidez inicial 754 UNT.....	55

APENDICE E – Tabela de resultados dos ensaios com <i>Moringa oleifera</i> , turbidez inicial 493 UNT.....	56
APENDICE F – Tabela de resultados dos ensaios com <i>Moringa oleifera</i> , turbidez inicial 658 UNT.....	57
APENDICE G – Tabela de resultados dos ensaios com <i>Moringa oleifera</i> , turbidez inicial 567 UNT.....	58
APENDICE H – Tabela de resultados dos ensaios com <i>Moringa oleifera</i> , turbidez inicial 398 UNT.....	59
APENDICE I – Tabela de resultados dos ensaios com <i>Moringa oleifera</i> , turbidez inicial 327 UNT.....	60

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial traz consigo consequências que nem sempre são vantajosas, principalmente quando se analisa as questões ambientais. O aumento do consumo impõe ao setor industrial acelerar sua produção para suprir a demanda crescente por seus produtos, este processo mesmo sendo rentável e importante para o desenvolvimento da economia, traz consigo muitas vezes um descaso no que diz respeito ao cumprimento das normas ambientais referentes ao resíduo gerado.

Os processos produtivos cada vez mais acelerados inevitavelmente trarão consigo um volume também maior de resíduos, que em muitos casos são despejados de forma incorreta e muitas vezes de forma ilegal, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação do CONAMA 430/11 (BRASIL, 2013).

O cumprimento da lei para o despejo de efluentes líquidos pelas indústrias não é uma tarefa fácil e de baixo custo. O tratamento dos resíduos é um processo oneroso para as empresas e em muitos casos difícil de ser executado, principalmente pela complexidade exigida para que o rejeito final atinja os limites de lançamento exigidos. Assim, pode-se cada vez mais encontrar casos de descumprimento da legislação, acarretando em prejuízos ambientais severos (SANTANA et al, 2010).

Além da aplicação da lei, a conscientização ambiental é um fator importante para o cumprimento das metas de lançamentos de resíduos líquidos industriais. A fiscalização muitas vezes não é constante e eficaz como deveria, abrindo margens para que o descarte dos rejeitos seja feito de forma incorreta e fora dos padrões exigidos.

A introdução de métodos de tratamento de resíduos líquidos que sejam mais eficazes e principalmente mais baratos pode ser uma alternativa para que as indústrias se enquadrem dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental, tendo assim espaço para a pesquisa de novos produtos.

A *Moringa oleifera* é uma planta que vem sendo muito utilizada no tratamento simplificado de água, principalmente em regiões de pobreza e sem tratamento adequado da água de consumo, pois o pó de suas sementes pode ser usado como agente coagulante, apresentando bons resultados para este fim, e tendo um custo consideravelmente menor comparado aos tratamentos convencionais com produtos químicos, por ser um coagulante natural extraído da semente (BERGAMASCO et al, 2009).

O processo de coagulação e floculação, que normalmente é utilizado para o tratamento de efluentes da indústria de leite e seus derivados, tem por objetivo remover

partículas em suspensão na solução, utilizando comumente produtos químicos, como o cloreto férrico, que aglomeram estas partículas facilitando sua remoção por sedimentação ou floculação.

A coagulação e a floculação não são métodos obrigatórios para o tratamento de efluentes líquidos, mas em alguns casos os tratamentos básicos não atingem os parâmetros necessários de cor e turbidez exigidos pela resolução do CONAMA 430/11 para o lançamento, sendo necessário a introdução destes métodos ao tratamento.

Os efluentes da indústria de derivados do leite possuem uma alta carga de matéria orgânica e gordura, devido aos descartes de sobras de produção e lavagem de utensílios e equipamentos. O efluente contém também uma grande quantidade de produtos químicos, devido aos processos de limpeza e higienização da fábrica e caminhões (SILVA, 2011).

A *Moringa oleifera* apresenta-se como uma alternativa para o tratamento de efluentes, pois é um produto natural extraído das sementes da árvore *Moringa*, e como produto natural o descarte final dos rejeitos é facilitado, pois não apresenta contaminação e risco poluidor, por se tratar de um produto orgânico e natural (ARANTES; PATERNIANI; RIBEIRO, 2009).

Este trabalho pretende avaliar a utilização do extrato de semente de *Moringa oleifera*, através do estudo de sua eficiência em comparação ao agente coagulante químico cloreto férrico, este usualmente empregado em sistemas de tratamento de efluentes, e tendo sua eficiência bem conhecida.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a remoção do parâmetro turbidez do efluente de uma indústria de leite e derivados usando o processo de coagulação e floculação utilizando coagulante inorgânico e orgânico, cloreto férrico e *Moringa oleifera* respectivamente.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Investigar os pontos ótimos, usando como parâmetro os dados obtidos nas referências do processo de coagulação e floculação do efluente em estudo: dosagem de coagulante, gradientes de velocidade de agitação, tempos de agitação e tempos de sedimentação;
- Avaliar a eficiência do processo de coagulação e floculação em termos da remoção de turbidez.

1.2 Justificativa

O despejo final de resíduos líquidos industriais é um motivo de alerta, visto o impacto ambiental que esta ação, se feita de maneira inadequada, pode causar. Assim a busca por alternativas de tratamento que sejam eficazes e que tenham um baixo custo desperta interesse tanto do meio industrial quanto da sociedade como um todo.

O sistema básico de tratamento de efluentes nas indústrias de leite e derivados contempla os processos e métodos para enquadrar os efluentes dentro dos padrões exigidos pela legislação, no entanto, a busca por produtos mais baratos e com eficiência faz surgirem alternativas para estes fins, como os coagulantes naturais que se mostram eficientes e não geram resíduos químicos finais, facilitando o descarte da parte sólida após a decantação.

Os processos de coagulação, floculação são fundamentais no tratamento de águas para consumo, no entanto para efluentes industriais é um método facultativo, mas de grande importância para a remoção de sólidos suspensos e dissolvidos.

A maioria dos agentes coagulantes atualmente são inorgânicos, como os sais de alumínio e ferro, porém existem pesquisas que apontam o uso de agentes orgânicos que desempenham a mesma função dos coagulantes químicos, sendo uma alternativa viável ao tratamento de efluentes (BRAGA et al, 2009).

A *Moringa oleifera* possui características que conferem alto poder coagulante para a remoção de turbidez. O extrato das sementes é amplamente utilizado de forma simplificada para o clareamento de águas para consumo em regiões onde não há tratamento convencional de água. Silva (2001) descreve a eficiência deste coagulante natural para a remoção de turbidez de efluentes de indústria têxtil, tornando a *Moringa oleifera* um produto promissor no tratamento de efluentes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Uso da água e geração de efluentes líquidos

A água é um importante constituinte natural e vital para as funções dos organismos vivos, sendo a substância predominante na sua constituição, porém a disponibilidade de água consumível é limitada, sendo apenas 2,5 % do total presente no planeta. Assim a água torna-se um importante recurso natural renovável de interesse de todos, porém a necessidade de conservação deste recurso torna-se indispensável (COSTA et al., 2010).

Com o desenvolvimento dos processos produtivos, na fabricação dos mais variados tipos de produtos de consumo, a indústria se tornou indispensável a sociedade atual. Assim também passou a ser responsabilizada pela degradação de recursos naturais, e causadora de impactos ambiental, atribuídos a fatores como acúmulos de matérias primas e insumos, ineficiência ou inexistência de meios de tratamento dos resíduos e a alta geração destes resíduos (FREIRE et al., 2000).

Embora a legislação estabeleça parâmetros de lançamento de resíduos as atividades industriais geradoras de grande quantidade destes, ainda são as grandes causadoras de impactos ambientais colocando em risco a saúde pública, com a degradação do solo, rios, lagos e atmosfera. Os processos industriais que utilizam grandes volumes de água são também responsáveis pelo lançamento de grandes quantidades de efluentes líquidos agravando significativamente a poluição dos corpos de água (FREIRE et al., 2000).

Vários esforços são aplicados atualmente na diminuição dos níveis de contaminação dos efluentes, tendo a resolução do CONAMA 430/11 como parâmetro principal que determina os níveis aceitáveis de despejo, gerando formas de tratamento que se adaptem a cada tipo de efluente gerado visando a remoção total dos contaminantes (BRASIL, 2013).

2.1.1 Geração de efluentes na indústria de laticínios

No Brasil os laticínios são responsáveis por uma grande quantidade de efluentes líquidos produzidos, e com o aumento da produção nacional deste setor, cresce também a quantidade de efluente gerado (DURLI, 2007).

A Figura 1 mostra de forma resumida as etapas de processamento de produtos e os principais pontos de geração de resíduos na indústria de laticínios.

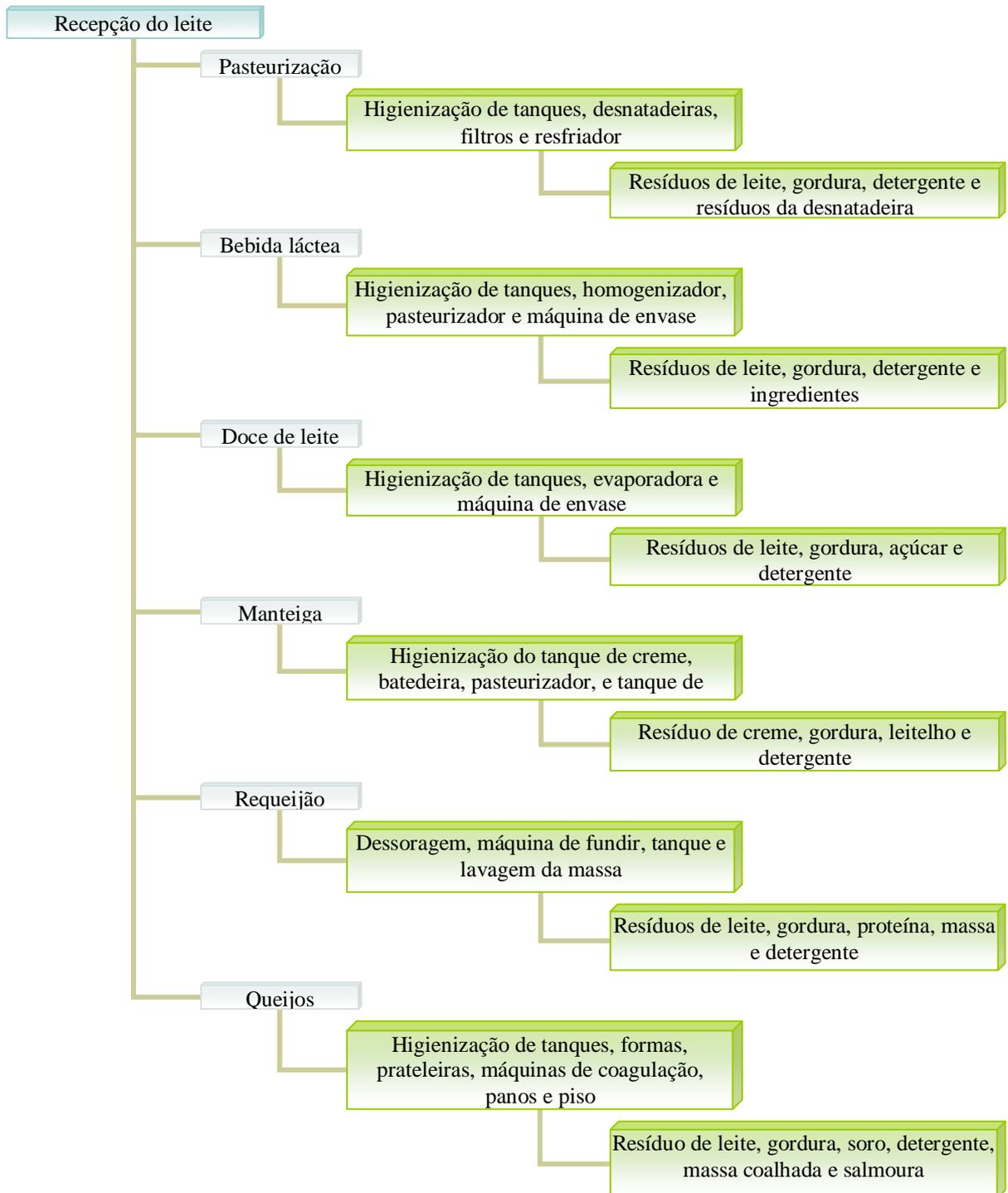


Figura 1: Etapas de processamento e principais pontos de geração de efluentes em uma indústria de laticínios

Fonte: Silva 2006.

Pode-se notar na figura 1, que o efluente produzido pela indústria de laticínio possui em sua composição, grande quantidade de gordura, soro de leite e partículas sólidas, oriundas da lavagem das instalações e equipamentos assim como de descartes e transbordamentos de

tanques. Possui também aditivos químicos vindos dos processos de higienização e lavagem do piso e equipamentos, bem como da sanitização dos caminhões durante a descarga (SILVA, 2006).

Os descartes e derramamentos de soro e leite aumentam de forma significativa o potencial poluidor do efluente gerado, aumentando os níveis de gorduras, matéria orgânica e material suspenso, além de aumentar o odor causado pela decomposição da caseína do leite (MAGANHA, 2008).

Grande parte do efluente gerado na indústria poderia ser aproveitado, bastando uma otimização do processo produtivo e organização das etapas dentro da indústria, como é o caso do soro de leite, que pode ser desidratado tornando-se matéria prima para outros processos industriais, reduzindo consideravelmente a quantidade de efluente gerado na indústria (BRIÃO, 2005).

A indústria de laticínios utiliza uma grande quantidade de água em todas as etapas do processamento dos produtos, gerando também um considerável volume de efluente, tendo uma grande capacidade poluidora, por possuir alta concentração de matéria orgânica (MATOS, 2010).

A água é amplamente utilizada dentro da indústria, dependendo do seu gerenciamento, o consumo pode superar o volume de leite processado. A utilização incorreta deste recurso reflete na alta quantidade de efluente gerado, aumentando o custo de tratamento e os impactos ambientais (MAGANHA, 2008).

O consumo normal médio de água em uma indústria de laticínio é de cerca de 1,0 a 6,0 litros/kg de leite recebido. Este consumo se deve aos processos de limpeza e lavagem de materiais, sistemas de resfriamentos e geração de vapor (GOMES, 2011).

As adequações e otimizações do processo produtivo dentro da indústria de laticínios pode contribuir de forma significativa para a redução do efluente gerado, e tornando seu tratamento facilitado, assim como reduz os custos com os sistemas de tratamento (SARAIVA, 2009).

2.1.2 Padrões de lançamento de efluentes líquidos

A legislação brasileira estabelece parâmetros de lançamentos dos efluentes líquidos em corpos de água de forma a assegurar a qualidade dos recursos hídricos e orientar os projetos de sistemas de tratamento de efluentes (VON SPERLING, 1998).

A legislação Brasileira difere as águas doces em quatro classes distintas, dependendo de sua utilização, possuem a classificação conforme descrito na Tabela 1 (BRASIL, 2013).

Tabela 1: Classificação das águas de acordo com a resolução do CONAMA 430/11

Usos	Especial	Classes			
		1	2	3	4
Abastecimento doméstico	X	X(a)	X(b)	X(b)	
Preserv. do equil. natural das comun. Aquáticas	X				
Recreação de contato primário		X	X		
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		
Irrigação		X(c)	X(d)	X(e)	
Criação de espécies (aquicultura)		X	X		
Dessedentação de animais				X	
Navegação					X
Harmonia Paisagística					X
Usos menos exigentes					X

(a) após tratamento simples; (b) após tratamento convencional; (c) hortaliças e frutas rentes ao solo; (d) hortaliças e plantas frutíferas; (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.
Fonte: (BRASIL, 2013).

A implantação correta e efetiva do controle de lançamento de efluentes, bem como a fiscalização pelo órgão competente é um fator indispensável para assegurar a qualidade dos recursos naturais, e prover o seu uso correto (VON SPERLING, 1998).

Para o lançamento de resíduos nos corpos hídricos, a resolução do CONAMA n° 430, de 16 de maio de 2011, estabelece critérios gerais que devem compreender os parâmetros estabelecidos. Os padrões de qualidade para as águas nas diversas classes podem ser visto na tabela 2 (BRASIL, 2013).

Tabela 2: Padrões de qualidade para os corpos de água nas diversas classes e padrões de lançamento

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpos de água classe:				Padrão de lançamento	
		1	2	3	4		
Cor	mgPt L ⁻¹	Niv. Natural	75	75	-	-	
Turbidez	UNT	40	100	100	-	-	
Temperatura	°C	-	-	-	-	40	
Mat.	-	VA	VA	VA	VA	Ausente	
Flutuantes							
Mat.	ml L ⁻¹	VA	VA	VA	VA	1	
Sedimentáveis							
Óleos e graxas	-	VA	VA	VA	VA	(1)	
pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	5,0 a 9,0	

VA: Virtualmente ausentes

(1): Minerais: 20 mg L⁻¹; vegetais e gorduras animais: 50 mg L⁻¹

Fonte: (BRASIL, 2005).

O efluente despejado nos corpos hídricos deve obedecer aos critérios legais, de acordo com a classificação do corpo receptor, esta classificação varia de acordo com as características de tamanho e uso atribuída a água (BRASIL, 2013).

Toda a indústria geradora de efluentes líquidos deve seguir os parâmetros de lançamento visando a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, e assim inibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos que prejudiquem os seres humanos ou qualquer outra forma de vida (BRASIL, 2005).

2.2 Tratamento de efluentes líquidos

O método de tratamento dos efluentes empregado está diretamente relacionado com o tipo de rejeito gerado e também do tipo de processamento industrial recebido, podendo ser por métodos físicos como sedimentação, coagulação, decantação, filtração, floculação e flotação, como métodos biológicos e métodos químicos como oxidação e troca iônica, sendo empregados de acordo com a necessidade do tratamento (CRESPILHO; SANTANA; RESENDE, 2004).

Devido a complexidade dos efluentes industriais, os tratamentos empregados para sua regeneração dependem do estudo da eficiência e viabilidade, onde cada caso exige um tratamento que pode ser específico dependendo da composição do mesmo. Assim busca-se

um tratamento que remova ao máximo os contaminantes presentes, apresentando eficiência e baixo custo (FREIRE et al., 2000).

A Figura 2 mostra de maneira geral os processos básicos empregados no tratamento de efluentes nas indústrias.

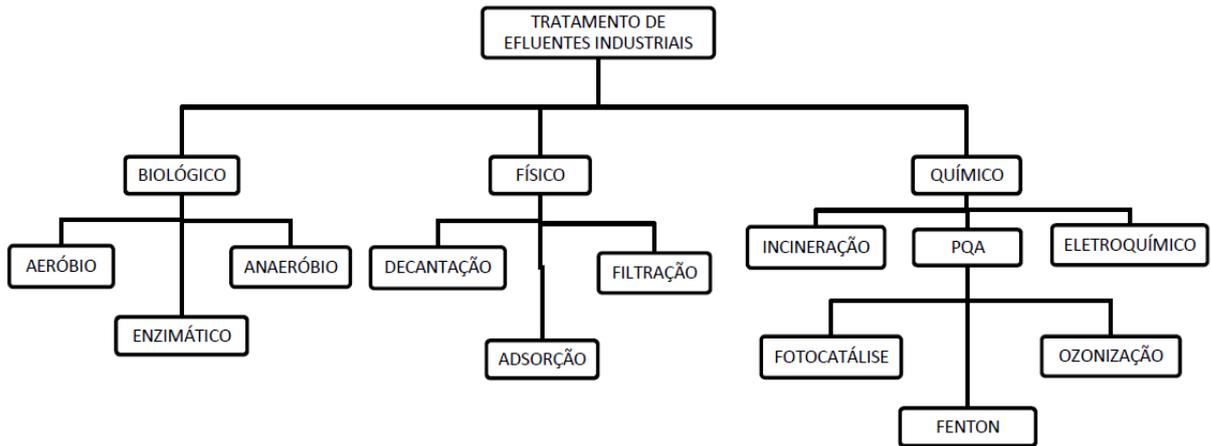


Figura 2 - Fluxograma básico de tratamento de efluentes líquidos

Fonte: Freire et al (2000).

Os processos físicos de coagulação e floculação têm por objetivo a remoção de partículas em suspensão na solução, este processo possibilita a clarificação, que é definido como a remoção da cor e turbidez do efluente, enquadrando-se assim dentro dos parâmetros da legislação (BORBA, 2001).

O tratamento biológico utilizando lagoas anaeróbicas e facultativas, e os processos de lodos ativados, são muito utilizadas pelas indústrias, por apresentarem uma instalação simples e ter uma boa eficiência de remoção de matéria orgânica e material suspenso (SILVA, 2013).

Os métodos de tratamentos químicos são utilizados em condições específicas, onde o resíduo possui uma alta complexidade e capacidade poluidora, e não pode ser depositado e ou lançado na natureza, isso demanda um tratamento diferenciado a este resíduo (GIORDANO, 2013).

2.2.1 Coagulação

Para os efluentes que possuem em suspensão partículas muito finas os métodos físicos de separação não são tão efetivos, pois estas partículas apresentam grande estabilidade devido a sua pequena dimensão, e a existência de cargas superficiais que causam a sua repulsão. Para desestabilizar estas suspensões um dos métodos usualmente utilizado é a coagulação por adição de produtos químicos, que fazem com que aumente a velocidade de sedimentação das partículas atuando como agentes de precipitação (LIBÂNIO, 2008).

Alguns tipos de efluentes líquidos gerados nas indústrias requerem métodos combinados de tratamento para que os níveis de limpeza atendam as normas ambientais. Para isso empregam-se métodos físicos de coagulação e floculação, antes de serem empregados os métodos de tratamento biológicos em lagoas de tratamento (VAZ, 2009).

Para Libânio (2008) a coagulação consiste essencialmente em desestabilizar as partículas coloidais em suspensão pela ação de mecanismos físicos e reações químicas rápidas entre o agente coagulante, a água e as impurezas presentes.

A coagulação é uma etapa importante no tratamento de efluentes podendo ser vista sob dois aspectos. No contexto sanitário, ocorre a remoção de partículas de tamanho microscópico e associadas a organismos patogênicos presentes, com tamanhos reduzidos da ordem de 0,5 a 2,0 μm . O segundo aspecto importante ao processo de coagulação refere-se a relevância econômica, onde partículas de sílica da ordem de 1 μm tem velocidade de sedimentação a cerca de 1 mm h^{-1} com densidade de 2,65 g cm^{-3} , observando que a sedimentação natural levaria um tempo consideravelmente grande inviabilizando o sistema, desta forma o processo de coagulação e posterior floculação visa acelerar o processo de sedimentação das partículas em suspensão pela adição de agente coagulante (LIBÂNIO, 2008).

2.2.1.1 Mecanismos de coagulação

Segundo Di Bernardo, Di Bernardo e Filho (2002), a coagulação é dividida em quatro mecanismos distintos: compressão da camada difusa, adsorção e neutralização de cargas, varredura, adsorção e formação de pontes. A eficiência de cada etapa depende de fatores como o tipo de coagulante, pH, dosagens, tempo e gradiente de velocidade de mistura, assim a otimização destes fatores demanda a eficiência da coagulação.

2.2.1.1.1 Compressão da camada difusa

Este mecanismo consiste em desestabilizar as partículas coloidais através da adição de íons de carga contrária (PAVANELI, 2001). Assim concentrações elevadas de íons positivos e negativos aumentam o número de íons na camada difusa, e para se manter eletricamente neutra, ocorre uma redução de volume destes íons, onde dominam as forças de Van der Waals, eliminando a estabilização eletrostática (DI BERNARDO; DI BERNARDO; FILHO, 2002).

2.2.1.1.2 Adsorção e Neutralização de Cargas

Segundo Di Bernardo, Di Bernardo e Filho (2002), algumas espécies químicas são capazes de serem adsorvidas na superfície das partículas coloidais, ocorrendo desestabilização destas partículas pela carga contrária entre elas.

Para Libânio (2008) a desestabilização das partículas pela adsorção na superfície depende do pH do meio, e esta adsorção ocorre em um intervalo de tempo inferior a 1 segundo. A dosagem de coagulante necessário a neutralização das cargas é diretamente proporcional à concentração e à área superficial do colóide, onde quanto maior o número de colóides presentes e menor sua dimensão, maior será o volume necessário de coagulante.

2.2.1.1.3 Varredura

Dependendo do pH de coagulação e da dosagem de coagulante utilizado ocorre o mecanismo de varredura e ocorre a formação de precipitado (LIBÂNIO 2008). As partículas coloidais presentes no meio comportam-se como núcleos para a condensação e formação do precipitado, ocorrendo decantação e sedimentação (DI BERNARDO; DI BERNARDO; FILHO, 2002).

2.2.1.1.4 Adsorção e Formação de Pontes

Este mecanismo possui o objetivo de reduzir as dosagens de coagulantes e ao mesmo tempo conferir maior densidade ao floco, para isso emprega-se o uso de polímeros orgânicos naturais ou sintéticos, estes polímeros ocasionam a formação de uma ponte química, pela

adsorção do colóide na superfície do polímero, para isso o polímero deve apresentar cadeia longa para minimizar o efeito repulsivo entre as partículas do colóide (LIBÂNIO, 2008).

2.2.2 Floculação

Após a coagulação é necessário uma agitação relativamente lenta para que ocorra o contato entre as partículas menores e estas formem agregados maiores ou flocos (DI BERNARDO; DI BERNARDO; FILHO, 2002). O objetivo da floculação é promover o choque entre as partículas desestabilizadas pela coagulação para que estas formem aglomerados maiores que possam ser removidos pelo processo de sedimentação, flotação ou em sistemas de filtração (LIBÂNIO, 2008).

A eficiência da floculação das partículas em suspensão depende de fatores como a velocidade de agitação da mistura e também pelo pH da coagulação, temperatura da água, concentração e idade do coagulante e geometria do equipamento de coagulação (DI BERNARDO; DI BERNARDO; FILHO, 2002).

2.2.3 Decantação

A eficiência da decantação vai depender da agregação das partículas no momento da coagulação, a decantação depende da força gravitacional, assim quanto maior a partícula, mais rápida será sua decantação (MATOS, 2007).

Após a agregação das partículas durante o processo de coagulação, estas adquirem peso e acabam decantando no fundo, devido a sua maior densidade, sendo então possível sua retirada por descarga de fundo de tanque (LIED, 2011).

2.2.4 Coagulantes químicos

Entre os coagulantes mais utilizados para o tratamento de águas estão os sais de alumínio e ferro, compostos químicos inorgânicos que possuem uma ampla utilização devido ao baixo custo de operação do produto. Estudos apontam algumas desvantagens quanto ao uso deste tipo de coagulante no que diz respeito a formação de grande quantidade de lodo, redução do pH do meio e a toxicidade atribuída ao lodo, que por ser de natureza inorgânica não apresenta biodegradação, dificultando seu descarte final (VAZ, 2009).

2.2.4.1 Coagulante químico cloreto férrico

O cloreto férrico é um coagulante amplamente utilizado no tratamento de efluentes, possui uma alta eficiência na remoção da turbidez e de aglomeração de partículas nos mais variados tipos de efluentes. Pode ser empregado em uma ampla faixa de pH e obtendo altas taxas de remoção (MATOS, 2007)

2.2.5 Coagulantes naturais

Com o objetivo de aumentar a eficiência e baratear os custos dos tratamentos tanto de água como para efluentes, estudos estão sendo realizados com o objetivo de encontrar fontes alternativas de compostos flocculantes (PATERNIANI; MANTOVANI; SANT'ANNA, 2009).

Desta forma, coagulantes naturais como o extrato de sementes de *Moringa oleifera* e de um polímero natural a base de tanino (Tanfloc®), vem sendo testados para o uso em tratamentos de água para consumo e também de efluentes líquidos (ZOLETT, 2012).

O polímero natural Tanfloc®, é um produto disponível no mercado, tendo sua eficiência comprovada para utilização em tratamentos de efluentes e água, sendo empregado como tratamento alternativo ao uso de produtos químicos (PELEGRINO, 2011).

2.2.5.1 *Moringa oleifera*

Entre os agentes coagulantes naturais que estão sendo estudados encontramos as sementes trituradas de *Moringa oleifera* (Figura 3), fonte natural que vem apresentando resultados satisfatórios no processo de floculação de impurezas, e principalmente a um custo consideravelmente menor comparado aos tratamentos químicos (PATERNIANI; MANTOVANI; SANT'ANNA, 2009).

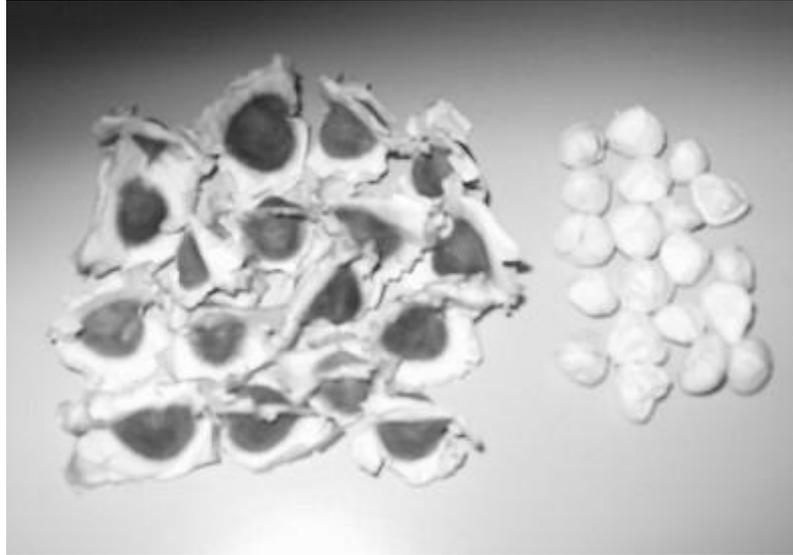


Figura 3 - Sementes de *Moringa oleifera*, com e sem casca
Fonte: Cardoso, (2008).

A Figura 4 mostra o aspecto da árvore e das vagens de Moringa.



Figura 4: Árvore *Moringa*
Fonte: lookfordiagnose.com (2013).

A *Moringa oleifera* é uma planta tropical pertencente à família *Moringaceae*, é nativa da Índia, e é encontrada principalmente na região nordeste brasileira

(VASCONCELOS, 2009), a árvore atinge cerca de 10 metros de altura, é de fácil cultivo, não exigindo grandes cuidados, podendo ser cultivadas em solos pobres em nutrientes (GONÇALVES, 2009).

A árvore de *Moringa oleifera* possui um amplo uso, podendo ser cultivada para uso alimentar, medicinal, cosmético, energia e tratamento de água. Todas as partes da planta podem se utilizadas, desde folhas galhos e raízes (GONÇALVES, 2009).

A utilização da *Moringa oleifera*, vem ganhando destaque devido a grande variedade de usos atribuídos a planta, as sementes e as folhas podem servir como alimento humano, por ser rica em vitaminas e minerais. O extrato das folhas também é utilizado para fins medicinais, por possuir características anti-ulcerativa e hipocolesterolêmica, além de possuir características anti-fúngicas e anti-bacteriana (SILVA, 2013).

Lenhari e Hussar (2010) apontam a *Moringa oleifera* como uma alternativa viável ao tratamento de efluentes industriais em substituição a coagulantes sintéticos químicos, em comparações realizadas entre os mesmos, onde o pó das sementes da *Moringa oleifera* além de apresentar resultados satisfatórios não apresenta risco contaminante e até pode ser visto como solução ambiental para estes tipos de tratamento, por se tratar de uma fonte natural e renovável.

O uso das sementes trituradas da *Moringa oleifera* tem apresentado bons resultados no tratamento de águas naturais para o consumo humano, principalmente em testes piloto em pequenas localidades da região nordeste brasileira, considerado como um método de eliminação de partículas suspensas e de microorganismos de fácil execução e com resultados satisfatórios para estes parâmetros (BORBA, 2001).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram desenvolvidos testes de coagulação e floculação utilizando efluente gerado em uma indústria de laticínios no oeste do Paraná, o mesmo possui um sistema próprio de tratamento que compreende lagoas facultativas, lagoas aeradas e o processo de floculação antes de ser devolvida ao curso de água.

Neste trabalho foram utilizados dois tipos de coagulantes como forma de comparar suas eficiências, o cloreto férrico e o extrato de sementes de *Moringa oleifera*. Como coagulante comumente empregado foi utilizado o cloreto férrico, que é o produto utilizado como forma de tratamento no laticínio onde foram realizadas as coletas de efluentes. Em comparação também utilizou-se o extrato de sementes de *Moringa oleifera*, que não é um produto comercial, mas que possui uma capacidade de coagulação conhecida.

As sementes de *Moringa oleifera* foram gentilmente cedidas pela Universidade Estadual de Maringá para a execução dos ensaios.

3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados nos ensaios desenvolvidos no laboratório de Processos Químicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná foram:

- Equipamento de reatores estáticos *Jar Test* marca Nova Ética, modelo 218 com seis jarros com capacidade de dois litros cada.
- Turbidímetro nefelométrico de bancada marca Tecnopon, modelo TB 1000.
- Potenciômetro para leitura de pH marca Policontrol, modelo 250.
- Vidrarias necessárias: Balões volumétricos, provetas, pipetas, béqueres.
- Cronômetro marca Cronobio
- Termômetro
- Balança analítica marca Shimadzu
- Água destilada
- Liquidificador marca Walita
- Agitador magnético marca Nova Ética
- Sistema de filtração à vácuo.
- Coagulante cloreto férrico
- Sementes de *Moringa oleifera*.
- Cloreto de sódio

3.1.2 Preparo das soluções coagulantes

3.1.2.1 Solução de cloreto férrico

Para o preparo da solução de cloreto férrico utilizado nos ensaios de floculação, dissolveu-se 67,5 g de cloreto férrico em água destilada e completou-se o volume para 250 mL em um balão volumétrico, desta forma a solução obtida continha um padrão de cloreto férrico de $1,0 \text{ mol L}^{-1}$.

3.1.2.2 Solução de *Moringa oleifera*

A extração dos componentes ativos contidos nas sementes da *Moringa oleifera*, foi realizado através da utilização de uma solução salina de NaCl de concentração $1,0 \text{ mol L}^{-1}$. Para isso pesou-se 58,5 g de cloreto de sódio, sendo dissolvido em um litro de água destilada, obtendo-se assim uma solução a $1,0 \text{ mol L}^{-1}$.

A extração foi realizada triturando 10 gramas de sementes descascadas de *Moringa oleifera* em um liquidificador com um litro da solução de cloreto de sódio, em seguida a solução foi mantida em agitação magnética por 20 minutos, após este tempo a solução foi filtrada a vácuo, obtendo-se uma solução de *Moringa oleifera* em meio salino a concentração de 1% (LIED, 2011).

A extração dos compostos da semente de *Moringa oleifera* também pode ser realizada em água destilada, porém observa-se uma maior eficiência de remoção de turbidez, quando a mesma é extraída em meio salino (LÉDO, 2008).

3.2 Métodos

Os ensaios de coagulação e floculação foram realizados no equipamento *Jar Test*, (Figura 5) utilizando os seis jarros em cada ensaio, e dois litros de efluente em cada jarro. Foram realizadas 7 coletas de efluente, sendo que duas coletas para a determinação da concentração ótima de cloreto férrico e cinco coletas para determinar a eficiência do coagulante natural de *Moringa oleifera*.

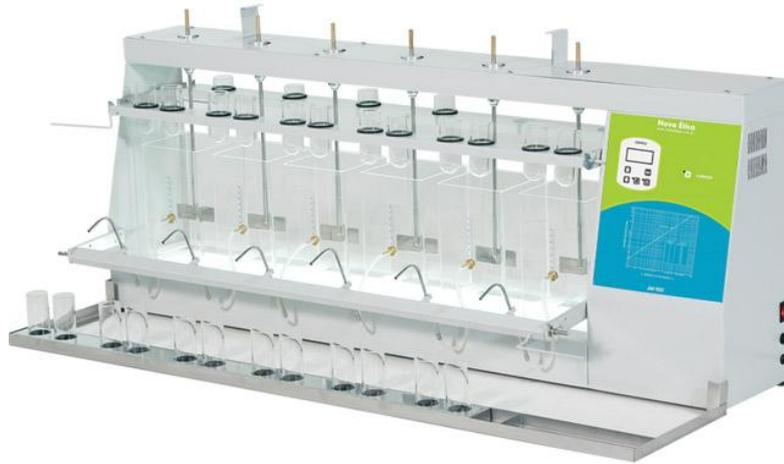


Figura 5: Equipamento Jar test.
Fonte: MULTITEC 2013.

O efluente foi coletado no laticínio, após passar pelo processo de tratamento nas lagoas facultativas e antes de entrar na última etapa de tratamento feita pela empresa, que é a floculação com cloreto férrico.

As coletas foram realizadas durante a segunda quinzena do mês de janeiro de 2013, onde que em todos os dias de coleta o clima apresentava-se com tempo aberto e presença de sol.

Após a coleta, o efluente foi acondicionado em tambor com capacidade para 50 L, e trazido o mais rápido possível ao laboratório e efetuados os ensaios imediatamente, sendo todo consumido no mesmo dia. A Figura 6 mostra o processo simplificado de tratamento adotado pela empresa.

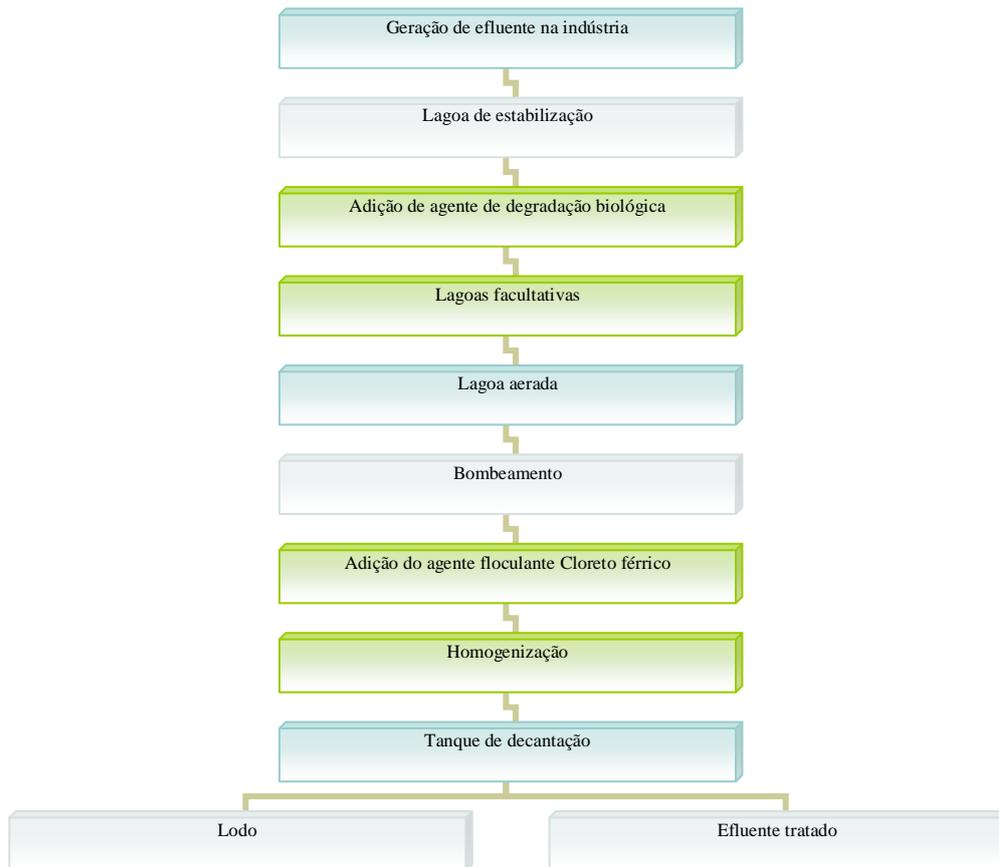


Figura 6: Processo simplificado de tratamento de efluente.
Fonte: Própria

Da mesma forma a solução de *Moringa oleifera* foi preparada e utilizada no mesmo dia, pois por se tratar de um produto orgânico, o mesmo pode degradar e perder sua qualidade e características floculantes quando armazenados por muito tempo sem utilizar um meio de conservação apropriado.

Os parâmetros estabelecidos como critérios para os ensaios de coagulação e floculação, determinados com base em avaliações da literatura (MATOS, 2007). Para a velocidade de mistura rápida (VMR) e velocidade de mistura lenta (VML) foram de 110 rpm e 15 rpm respectivamente e os tempos de mistura rápida (TMR) e o tempo de mistura lenta (TML) foram de 2 mim e 15 mim respectivamente.

As velocidades foram ajustadas de acordo com as características do aparelho disponível, pois a velocidade mínima produzida é de 15 rpm.

Não foi efetuado nenhum tipo de correção do pH do efluente, uma vez que não ocorreram variações significativas no valor de pH do efluente durante os ensaios, mesmo após a adição dos coagulantes, e também pelo pH encontrar-se na faixa de atuação do cloreto férrico, em torno de pH 8,0.

A temperatura também não sofreu variação significativa, uma vez que os ensaios foram realizados sob condições ambiente de temperatura.

Os intervalos de decantação utilizados nos ensaios foram de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 min, onde que para cada tempo eram coletados amostras e determinados os parâmetros de temperatura, pH e turbidez.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinação dos parâmetros iniciais de pH, turbidez e temperatura

Ao todo foram realizadas 7 coletas de efluentes em dias alternados, sendo assim pode-se observar que o efluente continha características de turbidez diferentes em cada coleta, como pode ser observado na Tabela 3, onde estão expressos os valores de pH, temperatura e turbidez iniciais do efluente após ser coletado.

Tabela 3: Parâmetros iniciais do efluente antes dos ensaios de coagulação/floculação

	Coleta						
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a
Turbidez (UNT)	295	754	493	658	398	567	327
pH	8,05	8,00	8,05	8,07	8,09	8,08	8,01
Temperatura (°C)	29	26	27	28	29	27	26

Como pode ser visto na Tabela 3 os valores de temperatura e pH não apresentaram variações significativas em todas as coletas realizadas, porém ao observar os valores de turbidez observa-se uma grande mudança em cada coleta de efluente.

O efluente apresentou variação no valor de turbidez inicial devido as variações no processo produtivo da indústria, uma vez que não são produzidos os mesmos produtos todos os dias, alguns processos de limpeza de alguns setores da indústria também são efetuados em dias alternados, o que contribui para a variação da turbidez do efluente, aumentando a concentração de sólidos suspensos nas amostras coletadas.

Outro fator que influencia na turbidez do efluente são as condições climáticas, visto que as coletas foram efetuadas após o processo de tratamento em lagoas facultativas a céu aberto, e as condições de chuva podem acarretar em mudanças na turbidez assim como a variação de temperatura ambiente também pode influenciar neste processo, pois nas lagoas ocorre o processo de tratamento biológico de limpeza, que é afetado pelas variações de temperatura externa do meio.

O efluente de laticínio possui características de alta carga orgânica e presença de gordura, além de produtos químicos utilizados na limpeza, agregando características de um efluente altamente carregado.

4.2 Determinação da concentração ótima do coagulante inorgânico cloreto férrico

Para os ensaios realizados com o coagulante inorgânico cloreto férrico, utilizou-se a 5ª e 7ª coleta de efluente, para encontrar a concentração ideal que apresentasse o maior percentual de remoção da turbidez.

Antes de serem efetuados os testes no equipamento *Jar Test*, foi realizado um ensaio preliminar em bancada, para determinar a faixa de concentração para o coagulante inorgânico cloreto férrico baseado na quantidade de coagulante utilizado pela empresa em seu sistema de tratamento. Assim foi possível determinar com facilidade a concentração que apresentou melhor remoção da turbidez do efluente.

Os resultados dos ensaios realizados podem ser vistos nos apêndices A e B. As Tabelas 4 e 5 apresentam os resultados para a turbidez com os ensaios realizados para os efluentes com turbidez inicial de 398 e 327 unidade nefelométrica de turbidez (UNT) respectivamente.

Tabela 4: Resultados dos ensaios de coagulação com cloreto férrico para a 5ª coleta de efluente

Concentração (mg L ⁻¹)	Tempo de decantação (min)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
500	20,7	20,9	22,1	20,2	20,3	20,7	20,9	20,9	20,7
510	10,5	10,8	9,5	9,6	9,5	9,6	9,5	9,4	9,7
520	9,8	9,5	9,3	9,3	9,3	9,5	9,2	9,4	9,7
530	7,9	7,3	7,2	7,3	6,9	6,9	6,9	7,1	7,2
540	0,73	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	4,60	0,14	0,13
550	4,8	5,3	5,4	5,1	4,9	4,9	4,7	5,0	5,1
560	5,0	5,1	5,2	5,1	5,2	5,3	5,2	5,3	5,1
570	5,8	5,7	5,8	5,7	5,9	5,8	5,8	5,7	6,0
580	8,6	8,6	8,9	8,9	8,9	9,0	8,7	8,9	8,8
590	10,1	10,2	10,1	10,3	10,1	10,1	10,5	10,6	10,4
600	11,1	11,4	11,2	11,1	11,3	11,4	11,2	11,4	11,5
610	11,5	11,5	11,4	11,8	11,7	11,4	11,9	12,3	12,4

- Turbidez expressa em UNT

Tabela 5: Resultados dos ensaios de coagulação com cloreto férrico para a 7ª coleta de efluente

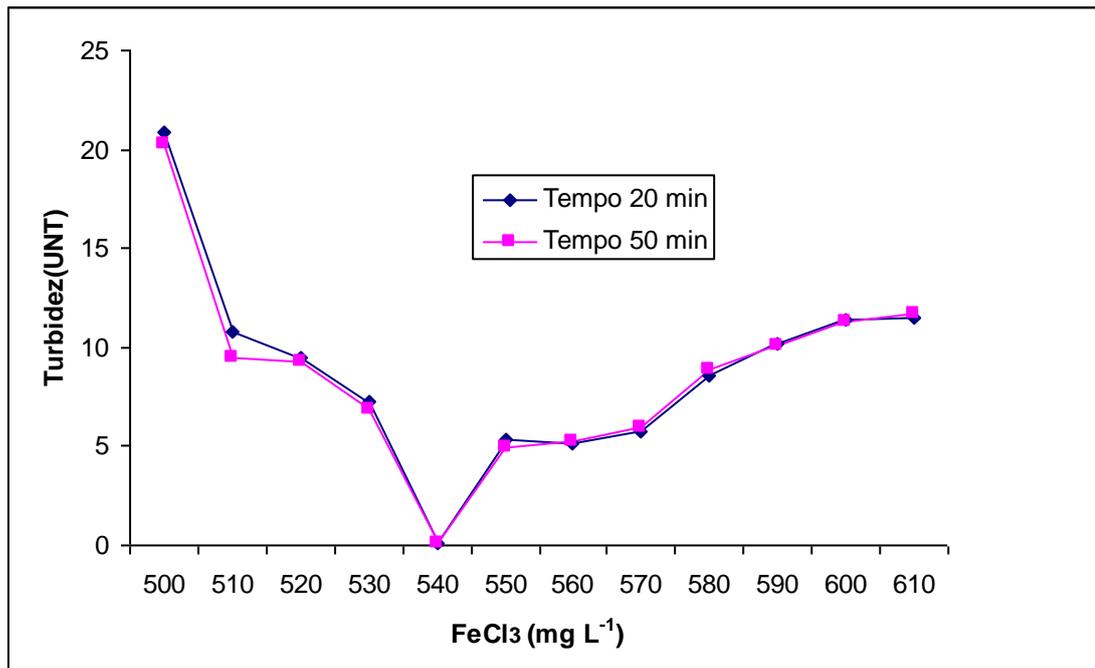
Concentração (mg L ⁻¹)	Tempo de decantação (min)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
500	11,2	11,3	11,3	11,5	11,5	11,2	11,7	11,8	11,8
510	4,7	4,5	4,5	4,7	4,6	4,9	4,9	4,8	4,7
520	0,55	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	5,30	5,42	5,11
530	2,1	2,1	2,0	1,9	2,3	2,2	2,5	2,4	2,6
540	5,4	5,3	5,2	5,4	5,9	5,8	5,4	5,8	5,9
550	9,5	9,1	9,4	9,4	9,2	9,5	9,8	9,7	9,7
560	11,4	11,4	11,2	11,5	11,5	11,6	11,1	11,9	12,0
570	14,4	14,3	14,9	15,2	15,3	16,1	14,9	14,9	15,4
580	17,5	19,3	19,4	19,1	19,2	19,5	20,1	20,4	20,1
590	21,0	21,6	21,8	21,4	21,4	21,9	22,5	28,3	23,9
600	27,3	30,1	30,5	30,5	30,2	30,1	35,6	35,9	30,1
610	50,4	50,9	50,8	50,2	51,9	52,6	60,3	60,4	60,1

- Turbidez expressa em UNT

Pode-se observar ao analisar as Tabelas 4 e 5 que o valor da turbidez inicial do efluente alterou a concentração necessária de coagulante, visto que para uma turbidez inicial de 398 UNT, a concentração de coagulante Cloreto Férrico ideal foi de 540 mg L⁻¹, e para a turbidez inicial do efluente de 327 UNT a concentração ideal foi de 520 mg L⁻¹ de coagulante necessário alterar a dosagem de coagulante constantemente, devido a alta variação da turbidez do efluente, assim quanto mais alta a turbidez inicial maior também será a quantidade necessária de coagulante para a limpeza do mesmo.

Pode-se notar nas Tabelas 4 e 5 que a melhor remoção de turbidez ocorre na faixa de tempo de decantação de 20 a 50 minutos, após este período os flocos começam a se quebrarem novamente, aumentando a turbidez da solução novamente. Assim o tempo máximo de decantação deve ser de 50 minutos, tempo suficiente para remover a turbidez.

A Figura 7 mostra o gradiente de concentração de coagulante cloreto férrico na turbidez do efluente para tempos de 20 e 50 minutos para a turbidez inicial de 398 UNT.



**Figura 7: Gradiente de concentração de Cloreto Férrico para os tempos de 20 e 50 min e turbidez Inicial de 398 UNT.
Fonte: Própria.**

Pode-se observar na Figura 7, que a turbidez diminuiu a medida que aumentou a concentração do coagulante cloreto férrico, até atingir uma remoção máxima, tendo então novamente elevação no valor da turbidez, esta elevação se deve ao fato de ter excesso de coagulante no meio. Deste modo quanto maior a concentração do coagulante em excesso, maior também será a turbidez, fato este comprovado pela coloração castanho-escura característica da solução de cloreto férrico.

Nota-se também ao observar a figura 7 que não houve variação significativa de remoção de turbidez entre a faixa de tempo de decantação de 20 e 50 min, o que mostra que existe uma estabilidade do meio entre estes tempos, caracterizando assim como a faixa ótima de tempo de decantação para o coagulante Cloreto Férrico.

A Figura 8 mostra o gradiente de concentração de coagulante cloreto férrico nos tempos de 20 e 50 minutos e turbidez inicial de 327 UNT.

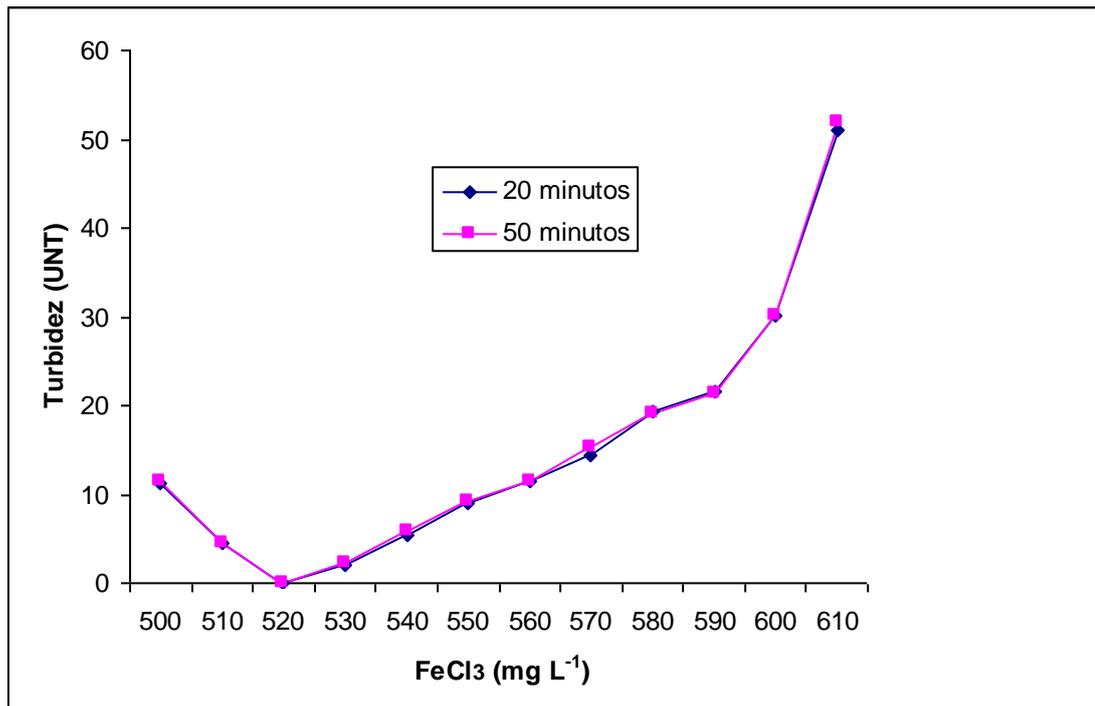


Figura 8: Gradiente de concentração de Cloreto Férrico para os tempos de 20 e 50 min e turbidez inicial de 327 UNT.

Fonte: Própria.

Observa-se na figura 8, que o perfil da concentração pela remoção de turbidez, é semelhante a ocorrida com o ensaio anterior, novamente quando a concentração ultrapassa o limite de remoção, ocorre o aumento da turbidez do meio, causado pelo excesso de cloreto férrico, indicando o ponto final de adição de coagulante.

Schmitt (2011) descreve que ocorreu melhor remoção de turbidez em tempos inferiores a 60 min, observando-se que em tempo superior, começa a ocorrer novamente a fragmentação dos flocos no meio aumentando a turbidez.

As Figuras 9 e 10 mostram a eficiência de remoção da turbidez para diferentes concentrações do coagulante cloreto férrico.

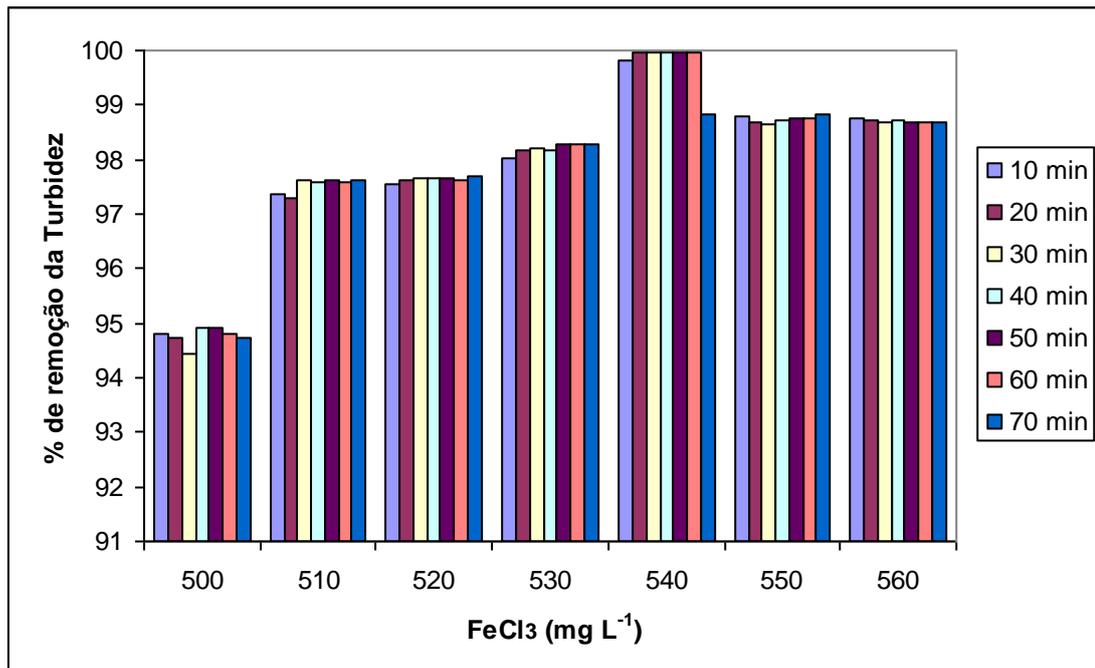


Figura 9: Percentual de remoção da turbidez em diferentes concentrações de cloreto férrico para o efluente com turbidez inicial de 398 UNT.
Fonte: Própria.

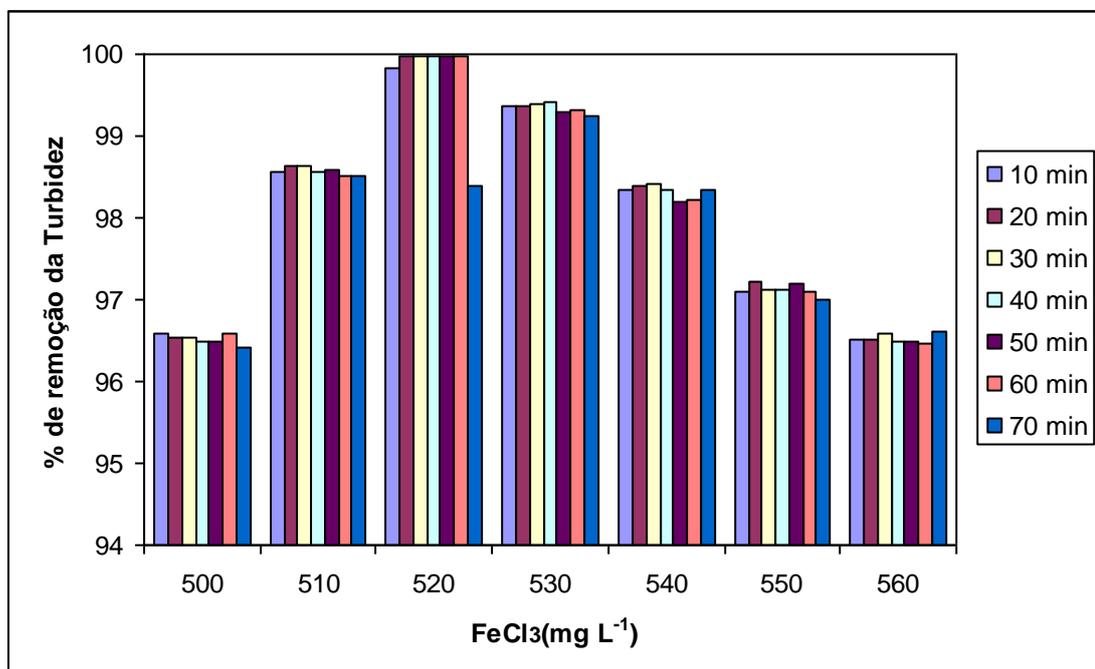


Figura 10: Percentual de remoção da turbidez em diferentes concentrações de cloreto férrico para o efluente com turbidez inicial de 327 UNT.
Fonte: Própria.

Pode-se perceber que para o efluente com turbidez inicial de 398 UNT a melhor remoção da turbidez ocorreu na concentração de 540 mg L⁻¹ de coagulante cloreto férrico, na faixa de tempo de decantação de 10 a 50 min, removendo 99,97 % da turbidez inicial. Para o efluente com turbidez inicial de 327 UNT a melhor remoção ocorreu na concentração de 520 mg L⁻¹ na faixa de tempo de decantação de 10 e 50 min, removendo 99,96 % da turbidez inicial.

Vaz (2010) descreve que obteve uma eficiência de remoção de turbidez de efluente de galvanoplastia, de mais de 95%, utilizando o cloreto férrico como coagulante, Matos (2007) também confere ao cloreto férrico alta eficiência na remoção de turbidez.

Assim pode-se confirmar a eficiência do coagulante químico cloreto férrico para a remoção da turbidez deste tipo de efluente.

A figura 11 apresenta a variação do pH do efluente no decorrer dos ensaios.

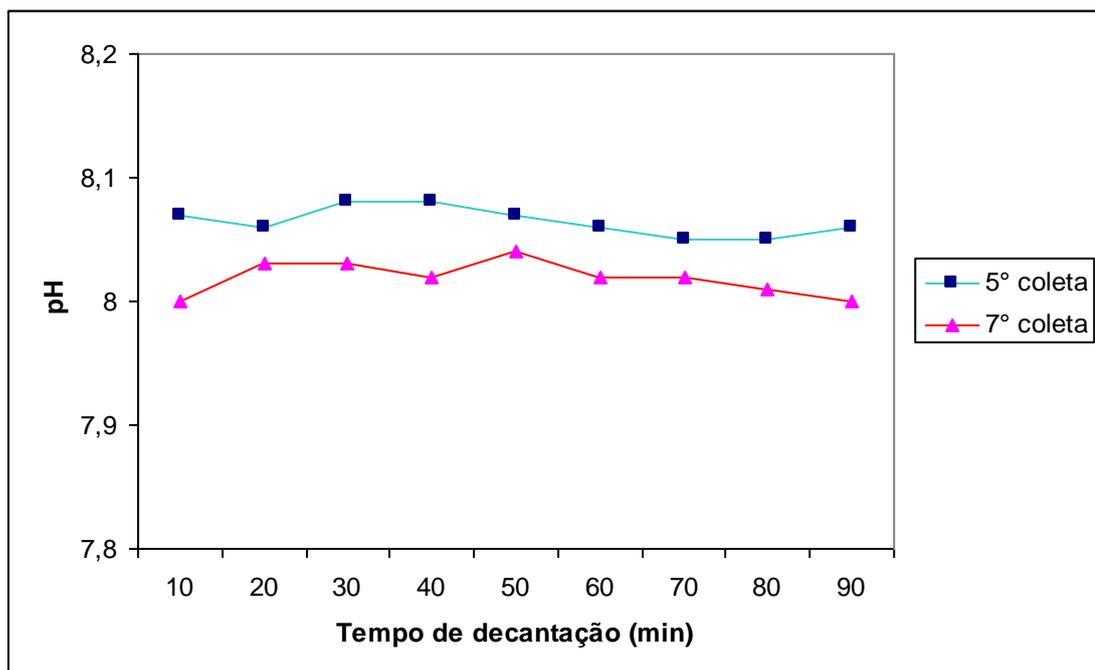


Figura 11: Variação do pH nos ensaios com Cloreto Férrico.
Fonte: Própria

Para a Figura 11, notou-se que não houve variação significativa no valor do pH durante os 90 minutos de decantação, o que mostra que o coagulante cloreto férrico não causa variação neste parâmetro.

O efluente após ter passado pelo processo de coagulação, manteve o mesmo valor de pH, sendo que nenhuma correção foi realizada antes ou depois dos ensaios de coagulação e floculação. A correção do pH também não é realizado no sistema de tratamento da empresa, visto que isto acarretaria uma elevação no custo do tratamento, e também no tempo de operação de limpeza.

4.4 Determinação da concentração ótima do coagulante orgânico *Moringa oleifera*

Para a determinação da eficiência de remoção da turbidez com o coagulante orgânico de *Moringa oleifera*, foram realizados 12 ensaios utilizando o equipamento *Jar Test*. Foi utilizado efluente de todas as coletas realizadas durante a realização do experimento. As concentrações utilizadas nos ensaios podem ser visualizadas na Tabela 6.

Tabela 6: Concentrações de coagulante *Moringa oleifera* utilizada em cada coleta

Coletas															
Conc.	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	Conc.	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
50	X	X		X				300			X			X	
60	X	X		X				320						X	
70	X	X		X				340						X	
80	X	X		X				360						X	
90	X	X		X				380						X	
100	X	X		X				400			X			X	
110	X	X		X				500			X		X		X
120	X	X		X				600			X				
130	X	X		X				700			X				
140	X	X		X				750							X
150	X	X		X				800			X				
160	X	X		X				900			X				
170								1000			X		X		X
180						X		1250							X
190						X		1500			X		X		X
200			X			X		1750							X
220						X		2000			X		X		
240						X		2200			X				
260						X		2500					X		
280						X		3000					X		

Fonte: Própria

Os resultados dos ensaios podem ser vistos nos apêndices C, D, E, F, G, H e I, onde os mesmos apresentam os dados para os parâmetros de turbidez, pH e temperatura obtidos durante os ensaios.

Tendo sido baseado em estudos preliminares do uso de sementes de *Moringa oleifera* para o tratamento de efluentes e águas residuárias, iniciou-se os ensaios partindo de uma concentração de 50 mg L⁻¹ e aumentando até o limite de 3000 mg L⁻¹ de sementes de *Moringa oleifera*.

Segundo Vaz (2010) as sementes da *Moringa oleifera* possuem propriedades coagulantes com eficiência para acondicionamento de lodo, produzindo baixo volume deste, além de não necessitar de ajuste de pH e alcalinidade, não alterando o pH da água a ser tratada, tornando a *Moringa oleifera*, como um coagulante natural com potencial promissor para o tratamento de efluentes.

Para Matos (2007) a utilização da *Moringa oleifera* para o tratamento de águas residuárias, se mostrou um método promissor, podendo ser utilizado como tratamento auxiliar, por apresentar uma boa remoção de partículas presentes nestes efluentes.

Durante todos os ensaios realizados, o coagulante *Moringa oleifera*, apresentou um comportamento atípico quando comparado com dados descritos nas literaturas consultadas, mostram que, para o tratamento de efluentes as concentrações que apresentaram boa ou ótima remoção de turbidez ficaram entre 50 e 200 mg L⁻¹ (MATOS, 2007). Assim como apresentaram diferença entre a concentração de coagulante utilizada e a remoção da turbidez.

Em todos os ensaios com o coagulante *Moringa oleifera* foi possível determinar uma diferença significativa nas faixas de concentração utilizadas no experimento. Em todas as coletas realizadas, a remoção da turbidez ficou muito próxima em todas as concentrações testadas, sendo impossível de determinar uma concentração ótima de remoção.

Silva (2007) descreve em seu trabalho a baixa eficiência de remoção de turbidez atribuída ao coagulante natural a base de *Moringa oleifera*. O autor atribui esta ineficiência as características próprias do efluente testado, sugerindo desta forma que a *Moringa oleifera* não é eficiente em qualquer tipo de efluente.

A Figura 12 mostra a melhor remoção da turbidez conseguida em cada coleta de efluente.

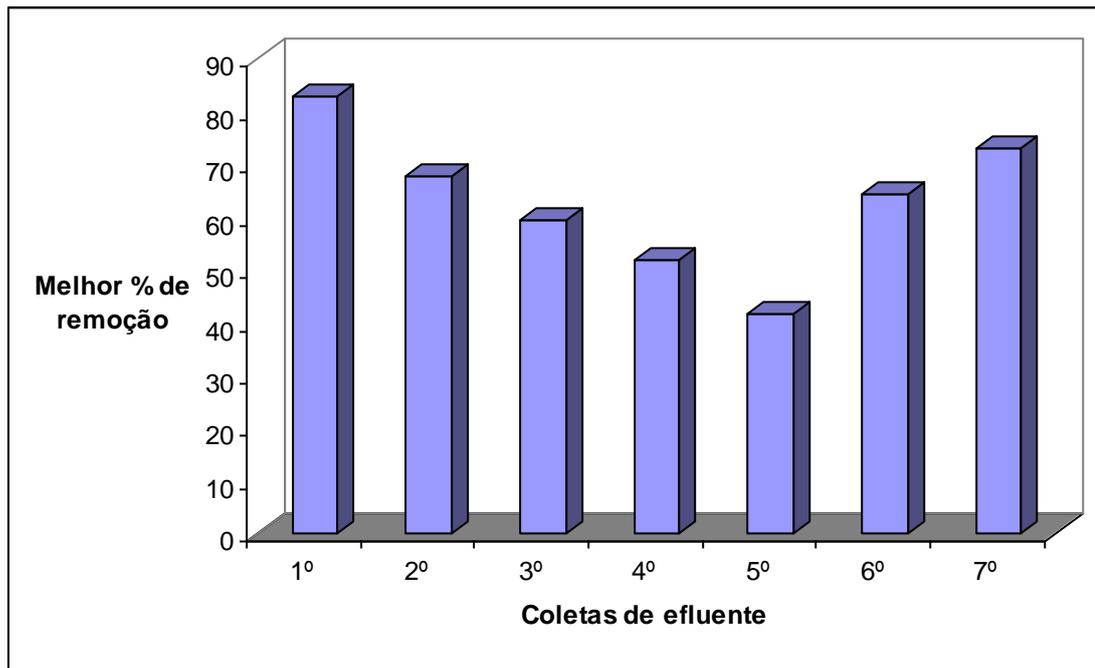


Figura 12: Melhor remoção de turbidez em cada coleta de efluente
Fonte: Própria.

Pode-se perceber que ocorreu grande variação de remoção de turbidez, A variação da remoção não acompanhou a mudança de turbidez inicial do efluente coletado, O ensaio com turbidez de 754 UNT obteve maior remoção comparado ao ensaio com 398 UNT, demonstrando que a variação de turbidez não está diretamente ligada à eficiência de remoção.

Como a turbidez do efluente possui variação diária, ocorre também a variação dos componentes presentes no mesmo, tornando-o com características diferentes em cada coleta, o que afeta diretamente a eficácia da remoção da turbidez.

Este comportamento de remoção pode ter relação com a característica de composição dos componentes presentes no efluente, que conferem em determinados dias uma maior dificuldade de remoção da turbidez, assim o valor de turbidez inicial do efluente não reflete diretamente na quantidade ou concentração de coagulante necessário para a remoção da mesma.

Nota-se que com a turbidez do efluente em 295 UNT a remoção de turbidez chega a 82,7%, podendo ser considerado uma boa remoção de turbidez, porém em todas as concentrações testadas nesta coleta de efluente a remoção teve um valor muito próximo.

A Figura 13 mostra o perfil da porcentagem de remoção da turbidez para o primeiro ensaio, onde a turbidez inicial era de 295 UNT.

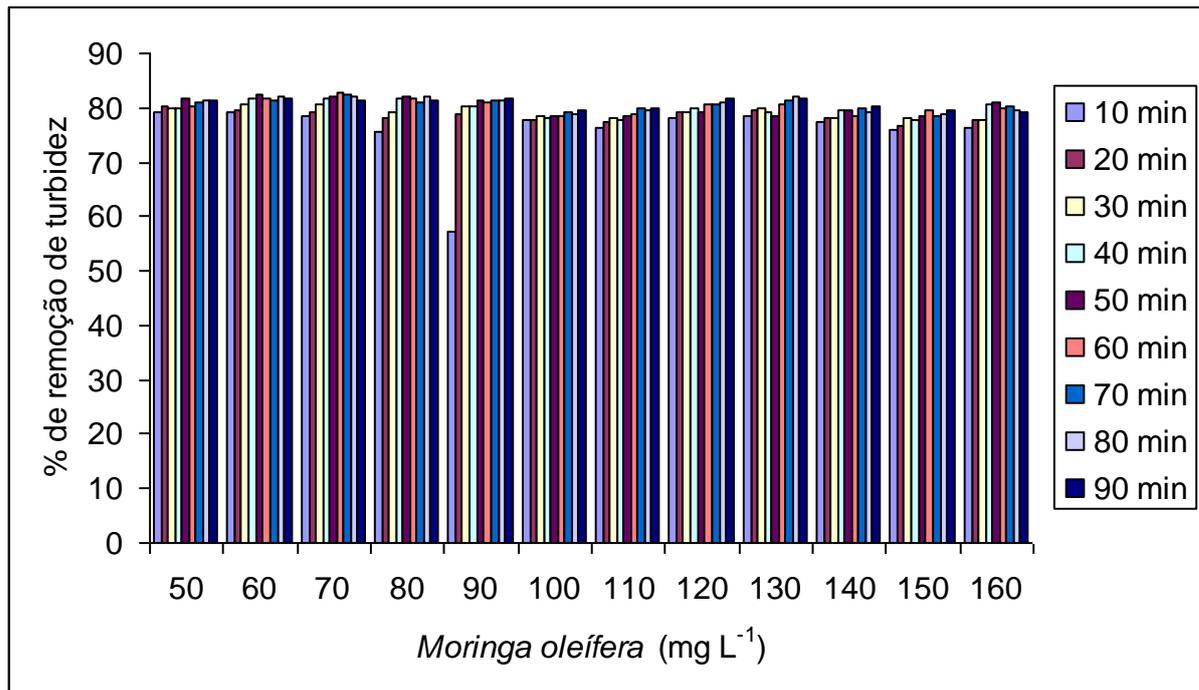


Figura 13: Porcentagem de remoção para turbidez inicial de 295 UNT
Fonte: Própria.

Pode-se observar que em todas as concentrações testadas a remoção obteve um índice próximo entre si, demonstrando que em qualquer concentração de coagulante a remoção será a mesma.

Nota-se que o perfil de remoção da turbidez é semelhante e constante no decorrer do ensaio em todas as concentrações testadas neste experimento. Este comportamento do coagulante pode ter relação com os componentes presentes no efluente testado, onde que determinados compostos presentes não são agregados permanecendo livres, assim o coagulante *Moringa oleífera* consegue remover apenas uma parte das partículas presentes no efluente, e que agregam turbidez ao mesmo.

Para a primeira segunda e terceira coletas de efluente, foram testadas concentrações de coagulante na faixa de 50 até 160 mg L⁻¹, Silva (2001) descreve em seu trabalho ter utilizado concentrações de até 200 mg L⁻¹ para limpeza de águas residuárias, com bastante eficiência de remoção de turbidez. Porém não foi possível determinar um ponto ótimo de remoção nesta faixa de concentração, indo em desacordo com estudos semelhantes de tratamento.

Para a 3^o, 5^o, 6^o, e 7^o coletas do efluente, as concentrações de coagulante natural foram sendo elevadas até chegar a 3000 mg L⁻¹, na tentativa de obter um resultado satisfatório

para a remoção da turbidez, sendo que estas faixas de concentração estão muito além das usualmente utilizadas em trabalhos publicados a respeito do assunto.

Silva (2007) cita em seu trabalho que o coagulante orgânico de *Moringa oleifera* possui uma maior eficiência com tempos de decantação em torno de 30 minutos, deixar o coagulante agir por um tempo muito longo faz com que as partículas agregadas comecem a dissolver novamente após certo período, aumentando novamente a turbidez. Nos ensaios realizados, o tempo de decantação foi de 90 minutos.

A Figura 14 mostra o perfil de remoção de turbidez de cada coleta de efluente, na faixa de concentração que apresentou a melhor porcentagem de remoção da turbidez.

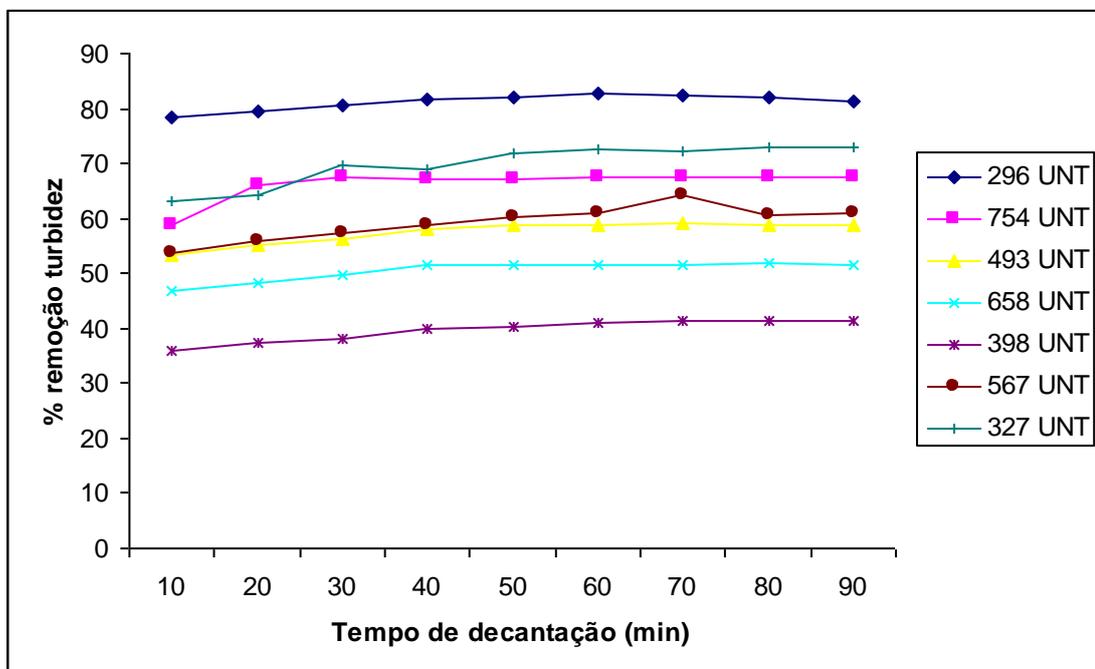


Figura 14: Perfil de remoção de turbidez pelo tempo de decantação
Fonte : Própria.

Nota-se na figura 14 que não há variação significativa no perfil de remoção da turbidez do efluente no decorrer do tempo. Pode-se observar que a partir de 20 minutos de decantação não ocorre variação significativa até 90 minutos, ou a variação é muito pequena. Este comportamento foi encontrado em todos os ensaios realizados, podendo-se perceber que o tempo de decantação não influenciou na remoção da turbidez.

Matos (2007) descreve em seu trabalho que o pH do efluente tratado não influenciou na eficiência de remoção da turbidez, nos ensaios realizados com a *Moringa oleifera*. Assim

nenhuma alteração do pH foi efetuada no efluente, uma vez que o objetivo foi avaliar a eficiência com caráter real do estado do efluente encontrado na indústria geradora, portanto o pH original do efluente foi mantido. A figura 15 mostra a média de variação do pH em todas as coletas de efluentes.

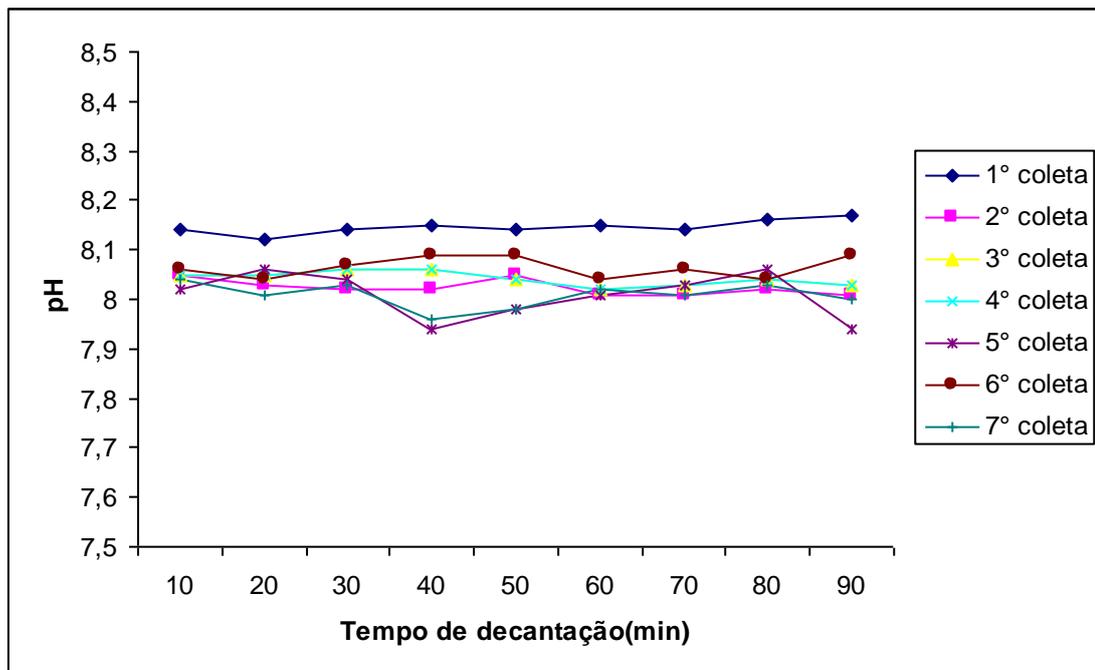


Figura 15: Variação do pH pelo tempo de decantação
Fonte: Própria.

Observa-se na Figura 15 que não ocorre uma variação significativa no valor do pH do efluente, Silva (2007) descreve que o pH não interfere de forma significativa na eficiência da remoção de turbidez, não sendo portanto um fator determinante.

A correção do pH do efluente na indústria não é um fator desejado, por acarretar em um maior gasto no tratamento, assim o coagulante precisa ser eficiente de acordo com as características normais encontradas na fonte geradora.

5 CONCLUSÕES

O processo de remoção da turbidez do efluente de laticínio utilizando o coagulante químico cloreto férrico se mostrou eficiente na faixa de concentração em torno de 540 mg L⁻¹. Este resultado já era esperado, uma vez que utiliza-se este mesmo produto na remoção da turbidez do efluente na indústria onde o mesmo fora coletado.

Percebeu-se porém, que há uma grande variação da turbidez do efluente na indústria, o que faz com que a concentração de coagulante utilizada também seja variada, exigindo um monitoramento constante na operação de limpeza do efluente.

O coagulante natural *Moringa oleifera*, mostrou uma eficiência máxima de 82,7% na remoção de turbidez deste tipo de efluente, caracterizando como uma alternativa possível ao uso neste efluente. Porém não foi possível no decorrer deste trabalho determinar uma concentração ótima de coagulante necessário para a remoção da turbidez.

Ocorreu grande variação da eficiência de remoção da turbidez em todas as coletas realizadas, demonstrando que o efluente altera suas características constantemente, exigindo também a variação da concentração do coagulante utilizado.

O coagulante natural *Moringa oleifera*, pode ser uma alternativa ao tratamento de efluentes, podendo ser utilizado como auxiliar no processo de floculação, reduzindo a carga química no lodo.

6 REFERÊNCIAS

ARANTES, Camila Clementina; PATERNIANI, José Euclides Stipp; RIBEIRO, Lubienska Cristina L. Jaquiê. **Uso de coagulantes naturais a base de sementes de *moringa oleifera* e tanino visando a redução de turbidez e cor aparente em águas de abastecimento para comunidades rurais.** Anais 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife, 2009. CD-ROM.

BERGAMASCO, Rosângela; KONRADT-MORAES, Leila Cristina; CARDOSO, Karina Cordeiro; VIEIRA, Angélica M. Salcedo; MADRONA, Grasielle Scaramal; KLEN, Márcia R. Fagundes. **Diagramas de coagulação utilizando a *moringa oleifera lam* e o sulfato de alumínio, visando a remoção de cor e turbidez da água.** Anais 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife, 2009. CD-ROM.

BORBA, Luiz Ramos. **Viabilidade do uso da Moringa Oleifera Lam no Tratamento Simplificado de Água para Pequenas Comunidades.** 2001. 92 f. Dissertação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001.

BRAGA, Adriana Ferreira Maluf; SEREJO, Mayara Leite; AQUINO, Vinicius Bertuol; BONEZ, Marc Arpad; PAULO, Paula Louveiro. **Tratamento de Esgoto Doméstico por Reator UASB Precedido de Unidade de Coagulação Utilizando *Moringa Oleifera*.** Anais 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife, 2009. CD-ROM.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, **resolução conama nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> com acesso em 10/09/2013.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, **resolução conama nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> com acesso em 10/09/2013.

BRIÃO Vandrê Barbosa; TAVARES Célia Regina Granhen; **Geração de efluentes na indústria de laticínios: atitudes preventivas e oportunidades.** Anais, 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, 2005.

CARDOSO, Karina Cordeiro; BERGAMASCO, Rosângela; COSSICH Eneida Sala; MORAES, Leila Cristina Konradt. **Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleifera Lam.** Acta Scientiarum.Technology. Maringá, v. 30, nº 2, 2008.

COSTA, Regina Helena P. G; TELLES, Dirceu D'Alkmin; NUVOLARI, Ariovaldo; TEIXEIRA, Elisabeth Pelosi; RIBEIRO, Flávio de Miranda; NASCIMENTO, José E. do; STANGE, Karen; BASSOI, Lineu J.; SOUZA, Marcos O.; DE PAULA, Pedro N.; JUNIOR, Ruben B.; CARRARA, Silvia M. C. de Moura. **Reuso da Água: Conceitos Teorias e Práticas**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

CRESPILHO, Frank Nelson; SANTANA, Claudemir Gomes; RESENDE, Maria O. Oliveira. **Tratamento de Efluentes da Indústria de Processamento de Coco Utilizando Eletroflotação**. Química Nova, São Paulo, vol. 27, nº 3, Ma/jun. 2004.

DI BERNARDO, Luiz; DI BERNARDO, Ângela; FILHO, Paulo Luiz Centurione. **Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. São Carlos, Rima, 2002.

DURLI, Edneia. **Tratamento de efluentes de indústria de laticínios utilizando lipases de burkholderia cepacia lteb11**. 2007. 111 fls. Dissertação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2007.

FREIRE, Renato Sanches; PELEGRINI, Ronaldo; KUBOTA, Lauro T.; DURÁN, Nelson; ZAMORA, Patrício Peralta. **Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas**. Química Nova, São Paulo vol. 23, nº 4 Jul/Ago. 2000.

GOMES; Samilla Renata Costalonga. SOUZA; Silvia Masson Trescher de. SANTANA; Alex Fabiano Bertollo. **Análise de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em uma Indústria de Laticínios do Município de Ji-Paraná-RO**. Revista Eletrônica Saber Contábil. Vol. 1. Set/Dez 2011.

GONÇALVES, K.G.; SOUZA, H. J. **Abordagem etnobotânica da Moringa oleífera: do cultivo ao uso da espécie em Rondonópolis, Mato Grosso**. Anais. Encontro nacional de Moringa. Aracaju. 2009.

LÉDO, Patrícia Guilhermina da Silva. **Flotação por ar dissolvido na clarificação de águas com baixa turbidez utilizando sulfato de alumínio e sementes de Moringa oleífera como coagulantes**. 2008. 123 fls, Tese, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2008.

LENHARI, José Leandro Blefari; HUSSAR, Gilberto José. **Comparação Entre o uso da Moringa oleífera Lam e de Polímeros Industriais no Tratamento Físicoquímico do Efluente de Indústria Alimentícia**. Revista Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, vol. 7, nº 4, out. /dez. 2010.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 2 ed. Campinas: Editora Átomo, 2008.

LIED, Eduardo Borges; KLEN, Márcia Regina Fagundes; VEIT, Márcia Terezinha. **Avaliação da eficiência do tratamento de água residuária de fecularia por coagulação/floculação utilizando extrato de moringa oleifera**. Anais, 2º Encontro Brasileiro de Gestão Ambiental, João Pessoa, 2011.

LOOKFORDIAGNOSIS.COM. Disponível em <http://lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=Moringa&lang=1> com acesso em 19 de setembro de 2013.

MAGANHA; Martha Faria Bérnils. **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos série p+i**. CETESB, 95 f. São Paulo. 2008.

MATOS, Antonio T.; ABRAHÃO, Sergio; MONACO, Paola A.; SARMENTO, Antover; MATOS, Mateus. Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol 14, Campina Grande, 2010.

MATOS, Antonio T; CABANELAS, Claudia F.; CECON, Paulo R.; MUDADO, Cláudio S. **Efeito da Concentração de Coagulantes e do pH da Solução na Turbidez da Água, em Recirculação, Utilizada no Processamento do Cafeeiro**. Revista Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v. 27, nº 2, 2007.

MULTITEC, Equipamentos para Laboratórios. Disponível em: <<http://www.multitecs.com.br/categorias.php?cat=138>> com acesso em julho de 2013.

PELEGRINO, Eloá Cristina Figueirinha. **Emprego de coagulante à base de tanino em sistema de pós-tratamento de efluente de reator UASB por flotação**. 2011, 161 fls Dissertação, Universidade de São Paulo. 2011.

PATERNIANI, José E. S; MANTOVANI, Márcia C.; SANT'ANNA, Márcia R.. **Uso de Sementes de Moringa oleifera para Tratamento de Águas Superficiais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, vol.13 nº 6, Nov./Dec. 2009.

PAVANELLI, Gerson. **Eficiência de Diferentes Tipos de Coagulantes na Coagulação, Floculação e Sedimentação de Água com Cor ou Turbidez Elevada**. 2001. 233f. Dissertação, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

SANTANA, Claudia Ramos; PEREIRA, Daiane Farias; ARAÚJO, Nicolis Amaral de; CAVALCANTI, Eliane Bezerra; SILVA, Gabriel Francisco da. **Caracterização físico-química da moringa (*Moringa oleifera* Lam).** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 12, 2010.

SARAIVA, Claudety Barbosa; MENDONÇA, Regina Célia Santos; SANTOS, Adbeel de Lima; PEREIRA, Daniel Arantes. Consumo de água e geração de efluentes em uma indústria de laticínios. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, nº. 367/368, 2009.

SCMITT, Dalila Maria Formentini. **Tratamento de águas residuárias da indústria de laticínios pelos processos combinados coagulação/floculação/adsorção/ultrafiltração utilizando sementes de Moringa oleífera como coagulante.** 2011. 109 fls. Dissertação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2011.

SILVA; Danilo José Pereira da. **Diagnóstico do consumo de água e da geração de efluentes em uma indústria de laticínios e desenvolvimento de um sistema multimídia de apoio.** 2006. 101 fls. Tese. Universidade Federal de Viçosa. 2006.

SILVA, Danilo José Pereira da. **Resíduos na indústria de laticínios.** 2011. 21 fls. TCC- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2011.

SILVA, Fernando José Araújo; MOTA, Francisco Suetônio Bastos; NETO, José Wilmar da Silveira; SANTOS, Glaydson Passos. Descolorização de efluentes de indústria têxtil utilizando coagulante natural (*Moringa oleifera* e quitosana). Anais. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa. 2001.

SILVA, Francielen Kuball; EYNG, Jonathan. O tratamento de águas residuais de indústria de laticínios: um estudo comparativo entre os métodos de tratamento com biofiltro e com o sistema convencional de lagoas. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, vol 1, Florianópolis, 2013.

SILVA, Marcos Erick Rodrigues da; PICI, Marisete Dantas de Aquino Campus do; SANTOS, André Bezerra dos, **Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais.** Revista Tecnologia, v. 28, n. 2, Fortaleza 2007.

SILVA, Tamires Cruz Santos, NUNES, Tatiana Pacheco, COSTA, Denise Gonçalves, LIMA, Lucas Almeida Leite Costa, SILVA, Gabriel Francisco da, JUNIOR, Antonio Martins de Oliveira. Utilização de sementes de *Moringa oleifera* lam como alternativa para produção de biodiesel. Revista GEINTEC. vol. 3, São Cristóvão, 2013.

VASCONCELOS, V. M.; SILVA, P. G. C.; VIEIRA, A. C. Caracterização Físico-química do óleo de Moringa oleífera lam por diferentes solventes, anais. Encontro nacional de Moringa. Aracaju. 2009.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima. **Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente Líquido Gerado na Galvanoplastia**. 2009. 100 f. Dissertação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima; KLEN, Márcia Regina Fagundes; VEIT, Márcia Teresinha; SILVA, Edson Antonio da; RIBEIRO, Tatiany Aparecida; BERGAMASCO, Rosângela, **Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia**, Ectética. Química. vol.35, nº 4, São Paulo 2010.

VON SPERLING, Marcos. **Análise dos Padrões Brasileiros de Qualidade de Corpos D'água e de Lançamento de Efluentes Líquidos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, vol. 3 nº 1, jan./mar. 1998.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lagoas de Estabilização**. 2 ed Belo Horizonte: DESA UFMG, 2002.

ZOLETT, Elis Regina, JABUR, Andréa Sartori, SILIPRANDI, Elizângela Marcelo. Uso de polímero natural a base de tanino (tanfloc) para o tratamento de água para o consumo humano. SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR. 2012 **anais**. Disponível em conferencias.utfpr.edu.br/ocs/index.php/sicite/2012/paper/viewfile/104/12> com acesso em 14 de setembro de 2013.

APÊNDICE A- Tabela de resultados dos ensaios com Cloreto férrico, turbidez inicial 398 UNT.

Concentração (mg L ⁻¹)		Tempo de decantação (min)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
500	pH	8,06	8,05	8,06	8,07	8,09	8,08	8,06	8,07	8,07
	Temp.(°C)	28	27	27	27	26	26	27	27	27
	Turb.(UNT)	20,7	20,9	22,1	20,2	20,3	20,7	20,9	20,9	20,7
510	pH	8,05	8,05	8,06	8,04	8,06	8,07	8,06	8,05	8,05
	Temp.(°C)	28	28	28	27	27	28	27	28	27
	Turb.(UNT)	10,5	10,8	9,5	9,6	9,5	9,6	9,5	9,4	9,7
520	pH	8,04	8,07	8,08	8,05	8,03	8,05	8,06	8,05	8,06
	Temp.(°C)	29	28	28	28	28	27	27	28	28
	Turb.(UNT)	9,8	9,5	9,3	9,3	9,3	9,5	9,2	9,4	9,7
530	pH	8,05	8,09	8,08	8,05	8,05	8,07	8,06	8,09	8,05
	Temp.(°C)	29	29	29	28	27	27	27	26	26
	Turb.(UNT)	7,9	7,3	7,2	7,3	6,9	6,9	6,9	7,1	7,2
540	pH	8,07	8,06	8,08	8,08	8,07	8,06	8,05	8,05	8,06
	Temp.(°C)	27	27	27	25	25	25	26	28	28
	Turb.(UNT)	0,73	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	4,60	0,14	0,13
550	pH	8,09	8,09	8,07	8,04	8,085	8,01	8,05	8,06	8,05
	Temp.(°C)	25	26	28	28	28	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	4,8	5,3	5,4	5,1	4,9	4,9	4,7	5,0	5,1
560	pH	8,06	8,07	8,08	8,05	8,04	8,06	8,05	8,06	8,05
	Temp.(°C)	25	26	26	27	27	28	26	26	26
	Turb.(UNT)	5,0	5,1	5,2	5,1	5,2	5,3	5,2	5,3	5,1
570	pH	8,04	8,06	8,05	8,04	8,08	8,04	8,06	8,01	8,05
	Temp.(°C)	27	27	27	26	26	26	26	25	25
	Turb.(UNT)	5,8	5,7	5,8	5,7	5,9	5,8	5,8	5,7	6,0
580	pH	8,04	8,05	8,06	8,04	8,07	8,09	8,08	8,09	8,01
	Temp.(°C)	27	27	27	26	26	26	25	25	26
	Turb.(UNT)	8,6	8,6	8,9	8,9	8,9	9,0	8,7	8,9	8,8
590	pH	8,01	8,06	8,05	8,05	8,05	8,09	8,04	8,01	8,06
	Temp.(°C)	26	26	26	27	27	27	28	28	29
	Turb.(UNT)	10,1	10,2	10,1	10,3	10,1	10,1	10,5	10,6	10,4
600	pH	8,03	8,02	8,04	8,05	8,08	8,05	8,05	8,04	8,08
	Temp.(°C)	28	29	28	27	27	26	26	26	26
	Turb.(UNT)	11,1	11,4	11,2	11,1	11,3	11,4	11,2	11,4	11,5
610	pH	8,01	8,02	8,03	8,06	8,07	8,01	8,05	8,03	8,01
	Temp.(°C)	24	24	25	25	26	26	26	26	26
	Turb.(UNT)	11,5	11,5	11,4	11,8	11,7	11,4	11,9	12,3	12,4

APÊNDICE B- Tabela de resultados dos ensaios com Cloreto férrico, turbidez inicial 327 UNT.

Concentração (mg L ⁻¹)		Tempo de decantação (min)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
500	pH	8,04	8,05	8,05	8,02	8,01	7,98	8,01	7,97	7,99
	Temp.(°C)	25	25	25	24	24	24	25	24	24
	Turb.(UNT)	11,2	11,3	11,3	11,5	11,5	11,2	11,7	11,8	11,8
510	pH	8,03	8,01	8,01	8,00	8,02	8,01	8,04	7,96	8,00
	Temp.(°C)	24	25	24	23	23	23	23	23	23
	Turb.(UNT)	4,7	4,5	4,5	4,7	4,6	4,9	4,9	4,8	4,7
520	pH	8,00	8,03	8,03	8,02	8,04	8,02	8,02	8,01	8,00
	Temp.(°C)	25	25	24	25	25	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	0,55	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	5,30	5,42	5,11
530	pH	8,01	8,01	7,97	7,99	8,01	8,00	7,98	7,98	7,96
	Temp.(°C)	24	24	24	23	23	23	24	24	24
	Turb.(UNT)	2,1	2,1	2,0	1,9	2,3	2,2	2,5	2,4	2,6
540	pH	8,00	8,01	7,95	7,99	8,01	8,01	7,95	7,96	8,01
	Temp.(°C)	25	25	25	23	25	25	24	23	23
	Turb.(UNT)	5,4	5,3	5,2	5,4	5,9	5,8	5,4	5,8	5,9
550	pH	8,00	7,96	8,00	8,01	8,01	8,00	7,99	7,98	7,95
	Temp.(°C)	25	24	24	24	24	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	9,5	9,1	9,4	9,4	9,2	9,5	9,8	9,7	9,7
560	pH	7,98	7,96	8,00	7,97	7,96	7,99	7,97	7,95	7,99
	Temp.(°C)	24	24	24	23	23	23	23	23	25
	Turb.(UNT)	11,4	11,4	11,2	11,5	11,5	11,6	11,1	11,9	12,0
570	pH	8,00	7,98	7,99	7,96	7,96	8,01	8,00	8,01	8,00
	Temp.(°C)	24	24	24	24	23	23	23	23	23
	Turb.(UNT)	14,4	14,3	14,9	15,2	15,3	16,1	14,9	14,9	15,4
580	pH	7,95	7,95	7,96	8,01	7,99	7,95	7,93	7,96	7,94
	Temp.(°C)	23	23	23	23	23	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	17,5	19,3	19,4	19,1	19,2	19,5	20,1	20,4	20,1
590	pH	8,01	7,99	7,92	7,93	7,93	7,99	8,01	8,00	8,02
	Temp.(°C)	21	23	23	23	22	22	22	22	22
	Turb.(UNT)	21,0	21,6	21,8	21,4	21,4	21,9	22,5	28,3	23,9
600	pH	7,96	7,93	7,92	7,95	7,90	7,95	7,99	7,99	8,00
	Temp.(°C)	24	24	24	24	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	27,3	30,1	30,5	30,5	30,2	30,1	35,6	35,9	30,1
610	pH	7,99	7,96	7,92	7,96	7,91	8,02	8,01	8,01	8,00
	Temp.(°C)	24	25	23	23	23	23	23	23	23
	Turb.(UNT)	50,4	50,9	50,8	50,2	51,9	52,6	60,3	60,4	60,1

APÊNDICE C- Tabela de resultados dos ensaios com *Moringa oleifera*, turbidez inicial 295 UNT.

Concentração (mg L ⁻¹)		Tempo de decantação (min)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
50	pH	8,14	8,13	8,10	8,14	8,15	8,09	8,12	8,15	8,19
	Temp.(°C)	26	26	29	26	27	27	28	28	28
	Turb.(UNT)	61	58	59	59	54	58	56	55	55
60	pH	8,13	8,12	8,12	8,14	8,19	8,17	8,14	8,15	8,14
	Temp.(°C)	27	27	25	25	25	25	25	26	26
	Turb.(UNT)	61	60	57	54	52	54	55	53	54
70	pH	8,14	8,12	8,14	8,15	8,14	8,15	8,14	8,16	8,17
	Temp.(°C)	24	25	25	26	26	26	25	24	25
	Turb.(UNT)	64	61	57	54	53	51	52	53	55
80	pH	8,17	8,19	8,17	8,18	8,15	8,14	8,14	8,16	8,14
	Temp.(°C)	27	27	26	26	26	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	72	65	61	54	53	54	56	53	55
90	pH	8,12	8,12	8,15	8,14	8,17	8,15	8,16	8,14	8,16
	Temp.(°C)	27	27	27	26	26	26	26	26	25
	Turb.(UNT)	126	62	58	58	55	56	55	55	54
100	pH	8,14	8,16	8,19	8,17	8,16	8,15	8,14	8,14	8,19
	Temp.(°C)	26	26	26	25	25	25	24	24	24
	Turb.(UNT)	66	66	64	65	63	63	61	62	60
110	pH	8,14	8,17	8,18	8,19	8,16	8,17	8,19	8,17	8,19
	Temp.(°C)	28	28	28	27	27	27	27	27	27
	Turb.(UNT)	70	67	65	66	64	62	59	60	59
120	pH	8,17	8,17	8,19	8,20	8,14	8,12	8,15	8,16	8,14
	Temp.(°C)	28	28	27	27	25	25	25	26	25
	Turb.(UNT)	65	61	61	59	61	57	57	56	54
130	pH	8,17	8,15	8,17	8,19	8,16	8,14	8,13	8,14	8,17
	Temp.(°C)	27	27	27	26	26	26	25	25	25
	Turb.(UNT)	64	60	59	61	63	57	55	53	54
140	pH	8,13	8,14	8,15	8,14	8,14	8,17	8,16	8,13	8,12
	Temp.(°C)	24	25	25	24	24	24	24	24	25
	Turb.(UNT)	67	65	65	60	60	63	59	61	58
150	pH	8,14	8,16	8,17	8,12	8,18	8,17	8,14	8,16	8,16
	Temp.(°C)	24	25	25	26	24	26	25	24	24
	Turb.(UNT)	71	69	65	66	64	60	63	62	60
160	pH	8,16	8,17	8,16	8,12	8,14	8,17	8,16	8,16	8,14
	Temp.(°C)	27	27	27	27	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	70	66	66	57	56	59	58	60	61

APÊNDICE D- Tabela de resultados dos ensaios com *Moringa oleifera*, turbidez inicial 754 UNT.

Concentração (mg L ⁻¹)		Tempo de decantação (min)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
50	pH	8,00	8,03	8,01	8,04	8,03	8,01	8,00	8,00	8,02
	Temp.(°C)	27	25	25	25	26	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	296	281	282	277	264	279	278	261	262
60	pH	8,03	8,05	8,04	8,05	8,05	8,03	8,01	8,03	8,02
	Temp.(°C)	27	27	27	25	25	25	26	26	26
	Turb.(UNT)	329	279	273	280	288	266	274	268	269
70	pH	8,07	8,05	8,05	8,03	8,03	8,05	8,05	8,02	8,03
	Temp.(°C)	26	26	26	25	25	25	24	25	24
	Turb.(UNT)	308	288	284	279	276	277	264	273	274
80	pH	8,03	8,03	8,02	8,05	8,05	8,04	8,06	8,05	8,05
	Temp.(°C)	26	26	26	25	25	25	26	26	25
	Turb.(UNT)	334	285	275	266	278	282	268	270	269
90	pH	8,01	7,99	8,03	8,01	8,00	8,05	8,04	8,03	8,03
	Temp.(°C)	25	25	25	26	26	26	25	25	25
	Turb.(UNT)	329	289	291	292	270	280	270	268	271
100	pH	8,05	8,03	8,02	8,05	8,03	8,05	8,01	8,03	8,02
	Temp.(°C)	25	26	26	26	25	25	25	24	24
	Turb.(UNT)	390	296	286	282	275	273	267	271	262
110	pH	8,02	8,01	8,03	8,03	8,04	8,01	8,02	8,01	8,03
	Temp.(°C)	25	25	25	25	26	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	292	275	271	264	263	263	262	260	262
120	pH	8,04	8,04	8,01	8,03	8,03	8,02	8,03	8,03	8,01
	Temp.(°C)	25	25	25	25	25	26	26	26	26
	Turb.(UNT)	319	258	258	265	260	261	267	266	264
130	pH	8,02	8,00	8,04	8,03	8,01	8,05	8,01	8,03	8,03
	Temp.(°C)	26	26	26	26	25	25	25	26	25
	Turb.(UNT)	325	273	257	253	258	260	261	257	255
140	pH	8,05	8,03	8	8,04	8,02	8,03	8,03	8,01	8,04
	Temp.(°C)	26	25	25	25	25	25	26	26	25
	Turb.(UNT)	324	256	261	247	260	260	259	261	264
150	pH	8,01	8,03	8,05	8,02	8,03	8,04	8,05	8,01	8,03
	Temp.(°C)	26	26	26	26	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	303	255	254	262	260	255	245	246	249
160	pH	80,5	8,05	8,01	8,04	8,01	8,03	8,04	8,03	8,02
	Temp.(°C)	25	25	25	25	26	26	26	26	26
	Turb.(UNT)	312	255	245	247	247	245	244	244	245

APÊNDICE E- Tabela de resultados dos ensaios com *Moringa oleifera*, turbidez inicial 493UNT.

Concentração (mg L ⁻¹)		Tempo de decantação (min)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
200	pH	8,05	8,03	8,02	8,02	8,05	8,01	8,01	8,02	8,01
	Temp.(°C)	25	25	25	26	26	24	25	25	26
	Turb.(UNT)	237	230	227	233	228	220	210	204	207
300	pH	7,99	7,98	7,99	8,01	8,02	7,99	7,98	8,02	8,02
	Temp.(°C)	24	26	24	25	24	25	28	25	26
	Turb.(UNT)	250	243	235	222	217	209	206	207	211
400	pH	8,00	8,05	8,05	8,04	8,06	8,05	8,06	8,06	8,05
	Temp.(°C)	24	24	24	25	25	25	26	26	26
	Turb.(UNT)	241	230	227	220	217	220	218	218	219
500	pH	7,99	8,01	7,98	8	7,98	7,97	8	8,01	8,01
	Temp.(°C)	24	24	24	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	230	221	215	207	203	203	201	204	203
600	pH	8,01	8,01	7,97	7,95	7,96	7,99	7,94	8,01	8,02
	Temp.(°C)	27	27	25	25	25	25	26	26	26
	Turb.(UNT)	234	224	219	211	217	206	202	207	204
700	pH	8,02	7,99	7,95	7,98	7,97	7,99	8,01	7,98	7,99
	Temp.(°C)	27	27	26	26	26	26	26	26	26
	Turb.(UNT)	240	233	227	219	210	214	215	209	212
800	pH	7,99	8,01	8,03	8,04	8,04	8,05	8,06	8,01	8,04
	Temp.(°C)	25	25	25	25	26	26	24	24	24
	Turb.(UNT)	233	219	207	204	201	209	210	203	204
900	pH	8,01	8,04	8,05	8,05	8,06	8,09	8,04	8,07	8,06
	Temp.(°C)	25	25	25	24	24	24	24	23	23
	Turb.(UNT)	237	235	230	227	223	228	225	229	221
1000	pH	7,99	8,02	8,03	8,02	8,05	8,04	8,04	8,06	8,06
	Temp.(°C)	26	26	2	26	24	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	251	240	233	220	211	203	205	206	202
1500	pH	8,03	8,04	8,05	8,04	8,06	8,05	8,04	8,06	8,01
	Temp.(°C)	26	26	24	25	25	26	26	24	25
	Turb.(UNT)	230	221	214	210	209	205	209	209	207
2000	pH	8,01	8,03	8	8,01	8,03	8,06	8,04	8,03	8,04
	Temp.(°C)	25	24	25	26	26	25	24	25	25
	Turb.(UNT)	237	219	215	214	210	213	212	213	211
2200	pH	7,98	7,97	7,99	8,01	8,05	8,04	8,06	8,04	8,03
	Temp.(°C)	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	234	223	219	209	207	209	206	207	205

APÊNDICE F- Tabela de resultados dos ensaios com *Moringa oleifera*, turbidez inicial 658UNT.

Concentração (mg L ⁻¹)		Tempo de decantação (min)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
50	pH	8,05	8,07	8,05	8,03	8,05	8,05	8,05	8,06	8,03
	Temp.(°C)	27	26	26	26	26	27	24	24	24
	Turb.(UNT)	349	343	332	321	324	320	319	321	318
60	pH	8,03	8,06	8,07	8,07	8,05	8,02	8,03	8,05	8,06
	Temp.(°C)	27	27	26	26	26	26	26	26	26
	Turb.(UNT)	353	345	337	329	325	323	321	320	320
70	pH	8,05	8,05	8,06	8,06	8,04	8,02	8,03	8,04	8,03
	Temp.(°C)	26	26	26	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	348	342	334	327	323	319	324	322	319
80	pH	8,05	8,06	8,04	8,06	8,04	8,06	8,04	8,06	8,06
	Temp.(°C)	24	24	25	25	25	24	25	25	25
	Turb.(UNT)	350	344	339	328	328	323	320	323	321
90	pH	8,04	8,04	8,06	8,04	8,06	8,04	8,06	8,04	8,07
	Temp.(°C)	24	25	25	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	349	341	330	319	320	319	318	317	319
100	pH	8,05	8,06	8,09	8,07	8,04	8,08	8,07	8,04	8,09
	Temp.(°C)	26	26	26	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	355	346	333	327	323	320	323	323	319
110	pH	8,04	8,07	8,09	8,04	8,07	8,04	8,06	8,04	8,06
	Temp.(°C)	25	25	25	25	25	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	351	343	329	323	325	324	322	323	322
120	pH	8,02	8,06	8,04	8,04	8,06	8,07	8,04	8,1	8,08
	Temp.(°C)	27	27	27	27	26	26	26	24	24
	Turb.(UNT)	355	341	332	329	324	325	323	325	323
130	pH	8,04	8,07	8,09	8,01	8,07	8,06	8,04	8,06	8,07
	Temp.(°C)	27	27	27	26	26	26	26	26	26
	Turb.(UNT)	349	343	337	329	330	324	319	323	320
140	pH	8,01	7,99	7,098	8,01	8,07	8,01	8,09	8,1	8,04
	Temp.(°C)	26	26	26	26	27	27	27	26	26
	Turb.(UNT)	350	337	330	328	325	327	329	326	325
150	pH	8,1	7,99	8,04	8,7	8,5	8,06	8,7	8,09	8,4
	Temp.(°C)	26	26	26	26	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	348	343	340	335	329	324	318	318	319
160	pH	8,4	8,09	8,1	8,05	7,98	7,97	8,05	8,04	8,07
	Temp.(°C)	27	27	27	27	27	26	26	26	26
	Turb.(UNT)	353	349	341	339	333	324	327	321	323

APÊNDICE G- Tabela de resultados dos ensaios com *Moringa oleifera*, turbidez inicial 567UNT.

Concentração (mg L ⁻¹)		Tempo de decantação (min)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
180	pH	8,05	8,04	8,05	8,09	8,1	8,09	8,06	8,06	8,04
	Temp.(°C)	26	26	26	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	260	247	233	226	220	217	221	223	217
200	pH	8,1	8,1	8,11	8,09	8,09	8,09	8,05	8,04	8,06
	Temp.(°C)	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	267	250	236	226	223	219	220	223	220
220	pH	8,05	8,06	8,07	8,09	8,07	8,04	8,05	8,06	8,04
	Temp.(°C)	26	26	25	25	24	24	24	42	24
	Turb.(UNT)	264	251	239	229	220	218	220	221	219
240	pH	8,06	8,04	8,07	8,09	8,09	8,04	8,06	8,04	8,09
	Temp.(°C)	27	27	27	26	26	26	25	25	25
	Turb.(UNT)	260	253	242	236	227	221	220	219	219
260	pH	8,1	8,11	8,09	8,07	8,05	8,09	8,08	8,09	8,06
	Temp.(°C)	24	24	24	24	25	26	26	26	24
	Turb.(UNT)	261	249	235	227	224	220	222	223	223
280	pH	8,05	8,01	8,04	8,09	8,03	8,07	8,4	8,06	8,07
	Temp.(°C)	26	26	26	25	25	25	25	25	26
	Turb.(UNT)	263	247	233	231	229	220	216	216	218
300	pH	8,11	8,13	8,07	8,03	8,09	8,07	8,06	8,07	8,05
	Temp.(°C)	26	26	25	25	24	24	25	25	25
	Turb.(UNT)	263	250	241	233	226	222	202	223	221
320	pH	8,04	8,07	8,06	8,09	8,07	8,4	8,06	8,04	8,04
	Temp.(°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	265	253	237	226	229	227	224	227	226
340	pH	8,07	8,06	8,04	8,06	8,09	8,04	8,03	8,03	8,07
	Temp.(°C)	26	26	25	25	25	25	26	26	26
	Turb.(UNT)	263	258	246	239	231	227	222	223	225
360	pH	8,12	8,1	8,2	8,04	8,06	8,04	8,06	8,4	8,04
	Temp.(°C)	24	24	25	25	24	24	24	24	25
	Turb.(UNT)	267	251	241	236	228	229	227	224	224
380	pH	8,04	8,07	8,06	8,07	8,06	8,04	8,06	8,09	8
	Temp.(°C)	26	26	26	26	25	24	25	25	24
	Turb.(UNT)	264	249	243	237	230	231	229	225	227
400	pH	8,01	8,03	8,09	8,07	8,11	8,12	8,06	8,09	8,04
	Temp.(°C)	24	24	25	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	270	256	246	239	225	227	223	225	223

APÊNDICE H-Tabela de resultados dos ensaios com *Moringa oleifera*, turbidez inicial 398UNT.

Concentração (mg L ⁻¹)		Tempo de decantação (min)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
500	pH	8,05	8,02	8,05	8,01	8	7,99	7,99	8,03	8,02
	Temp.(°C)	25	25	25	26	26	26	26	26	26
	Turb.(UNT)	255	249	246	239	237	235	233	233	234
1000	pH	7,98	7,95	8,02	8,04	8,06	8,04	8,01	8,04	8,06
	Temp.(°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	250	240	241	239	238	238	240	239	240
1500	pH	8	7,92	7,95	7,99	8,05	8,01	8,03	8,01	8,06
	Temp.(°C)	26	26	26	26	26	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	260	255	249	242	240	239	240	239	240
2000	pH	8,04	8,04	8,6	7,95	7,94	7,99	8,02	8,03	8,01
	Temp.(°C)	25	25	25	24	24	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	259	260	249	243	237	235	234	236	238
2500	pH	8,02	8,06	8,04	7,94	7,98	8,01	8,03	8,06	7,94
	Temp.(°C)	26	26	24	24	24	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	263	256	250	243	239	237	239	242	241
3000	pH	7,97	8,04	8,05	8,09	8,01	7,92	7,99	8,01	7,98
	Temp.(°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	261	259	253	255	250	247	244	244	247

APÊNDICE I - Tabela de resultados dos ensaios com *Moringa oleifera*, turbidez inicial 327UNT.

Concentração (mg L ⁻¹)		Tempo de decantação (min)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
500	pH	7,96	7,98	7,99	7,95	8,01	8,01	7,95	7,98	7,99
	Temp.(°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	110	105	95	92	90	90	93	92	88
750	pH	7,99	8,03	8,04	8,02	7,95	7,98	7,99	7,97	8,02
	Temp.(°C)	25	25	25	24	24	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	119	105	107	98	93	94	97	95	92
1000	pH	7,96	7,94	7,99	8,04	8,01	8,03	8,00	8,01	7,99
	Temp.(°C)	26	26	26	24	24	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	121	117	99	101	92	90	91	88	89
1250	pH	7,97	8,01	8,03	8,01	7,96	8,04	8,06	8,04	8,03
	Temp.(°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Turb.(UNT)	114	113	90	91	92	91	93	93	92
1500	pH	7,99	8,02	8,03	8,03	8,04	8,01	8,00	8,03	8,04
	Temp.(°C)	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	123	103	95	96	98	94	95	92	90
1750	pH	8,04	8,01	8,03	7,96	7,98	8,02	8,01	8,03	8,00
	Temp.(°C)	25	24	25	25	25	24	24	24	24
	Turb.(UNT)	115	119	96	96	95	97	94	91	91