

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS DO PONTAL

**JUNÉLIA ALVES DE SOUZA**

**TRATAMENTO DE EFLUENTES: UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE  
UTILIZAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO  
DE ITUIUTABA-MG**

**ITUIUTABA**

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS DO PONTAL

**JUNÉLIA ALVES DE SOUZA**

**TRATAMENTO DE EFLUENTES: UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE  
UTILIZAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO  
DE ITUIUTABA-MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal – Área de Concentração: Produção do espaço e dinâmicas ambientais, do Instituto de Ciências Humanas do Pontal, Universidade Federal de Uberlândia, como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Linha de Pesquisa: Dinâmicas Ambientais

Orientador (a): Prof. Dr. Paulo Cezar Mendes

**ITUIUTABA**

2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S729 2022	<p>Souza, Junélia Alves de, 1982- TRATAMENTO DE EFLUENTES: UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO DE ITUIUTABA (MG) [recurso eletrônico] / Junélia Alves de Souza. - 2022.</p> <p>Orientador: Paulo Cezar Mendes. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Geografia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.139">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.139</a> Inclui bibliografia.</p> <p>1. Geografia. I. Mendes, Paulo Cezar, 1972-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Geografia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 910.1</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Geografia do Pontal - PPGEP				
Defesa de:	Mestrado Acadêmico				
Data:	24 de Janeiro de 2022	Hora de início:	14:00 hs	Hora de encerramento:	17:00 hs
Matrícula do Discente:	22012GEO005				
Nome do Discente:	Junélia Alves de Souza				
Título do Trabalho:	TRATAMENTO DE EFLUENTES: UM ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS EM LATICÍNIOS NO MUNICÍPIO DE ITUIUTABA-MG				
Área de concentração:	Dinâmicas ambientais				
Linha de pesquisa:	Dinâmicas ambientais				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Dinâmicas ambientais				

Reuniu-se através de conferência pelo Google Meet, Campus Pontal, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal assim composta: Professores Doutores: Rildo Aparecido Costa - ICHPO; Rafael de Ávila Rodrigues - UFCAT e Paulo Cezar Mendes - ICHPO orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Paulo Cezar Mendes, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Cezar Mendes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 15/03/2022, às 14:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rildo Aparecido Costa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 15/03/2022, às 14:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael de Ávila Rodrigues, Usuário Externo**, em 15/03/2022, às 14:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3440648** e o código CRC **17656592**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por não me abandonar um só momento.

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia (UFU)-Campus Pontal, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEP).

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro-Campus Ituiutaba-MG por fornecer a estrutura necessária para realização desse projeto.

Agradeço ao laticínio parceiro que forneceu prontamente o efluente para que essa pesquisa fosse realizada com sucesso.

Agradeço ao meu professor orientador Doutor Paulo Cezar Mendes por ter me auxiliado no desenvolvimento dessa dissertação e por ter acreditado no meu potencial.

Ao meu esposo Vitor Hugo que além de ter sido meu maior incentivador, jazeu ao meu lado durante todo o processo de desenvolvimento desse projeto.

Aos meus amigos Arinaldo de Oliveira e Elaine Alves dos Santos pela disponibilidade e ajuda.

A banca examinadora pela disponibilidade e contribuições para a melhoria do trabalho.

Aos meus colegas do Mestrado, em especial minha amiga Karina Correa do Carmo por todos os momentos compartilhados, atividades realizadas, parceria, além das palavras amigas nos momentos difíceis.

Aos meus pais e irmãos que estão sempre ao meu lado mesmo longe, sempre apoiando e incentivando os meus objetivos.

A todos os demais que não foram citados, mas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O tratamento de efluentes permite a reutilização da água que passa por procedimentos que atualmente ocorre com aplicação de produtos químicos. Todavia, por meio estudos e pesquisas esse cenário vem mudando com do surgimento de coagulantes naturais no mercado possibilitando um ambiente mais saudável. Este estudo objetivou analisar a viabilidade da introdução de coagulantes orgânicos nos sistemas de tratamento de efluentes em laticínio com alto potencial poluidor no município de Ituiutaba-MG. Para tanto, inicialmente foram realizadas coletas do efluente bruto, seguidas de pré-tratamento em laboratório. Após essas etapas foram realizadas as análises comparativas, utilizando o tanfloc SG e sulfato de alumínio. Os experimentos foram realizados em parceria com o laboratório do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - *Campus* Ituiutaba. Utilizou-se o *jar test* (teste de jarros) a 130 rpm por 1 minuto, 30 rpm por 15 minutos e 20 min em repouso para sedimentação. A cada litro de água residuária tratada em *jar test*, utilizou-se 0,6 mL de tanfloc e 0,04g de sulfato de alumínio destinado a realização das análises de D.B.O (Demanda Bioquímica de Oxigênio), D.Q.O (Demanda Química de Oxigênio), materiais sedimentáveis, óleos e graxas, sólidos suspensos totais, substâncias tensoativas, conforme a resolução CONAMA n°.430, de 13 de maio de 2011. Como resultado observou-se que no efluente tratado com sulfato de alumínio as reduções foram: DBO = 18,8%, DQO = 16,8%, materiais sedimentáveis = 100%, óleos e graxas = 8,1%, sólidos suspensos = 5,7% e substâncias tensoativas = 3,7%. Ao passo que quando tratado o mesmo efluente com o coagulante natural Tanfloc as reduções foram: DBO = 17,4%, DQO = 21,5%, materiais sedimentáveis = 100%, óleos e graxas = 81%, sólidos suspensos = 75,9% e substâncias tensoativas = 70,7%. Em suma, o coagulante natural se mostrou eficiente quando comparado a um coagulante comumente utilizados nas indústrias de laticínios, o sulfato de alumínio, o que indica a viabilidade de utilização do mesmo para o tratamento desses efluentes.

**Palavras-chave:** Coagulantes naturais, Tratamento de águas residuárias, Laticínio, Tanfloc SG.

## ABSTRACT

The treatment of effluents allows the reuse of water that goes through procedures has been carried out currently with the application of chemicals. Still, through several researches this scenario has been changing with the emergence of natural coagulants on the market, offering a healthier environment. This study aimed to analyze the feasibility of introducing organic coagulants in effluent treatment systems in dairy with high polluting potential in the city of Ituiutaba-MG. For this purpose, the raw effluent was initially collected, followed by pre-treatment in the laboratory. After these steps, comparative analyzes were performed using tanfloc SG and aluminum sulfate. The experiments were carried out in partnership with the laboratory of the Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Ituiutaba, using the jar test at 130 rpm for 1 minute, 30 rpm for 15 minutes and 20 minutes at rest. for sedimentation. For each liter of wastewater treated in a jar test, 0.6 mL of tanfloc and 0.04g of aluminum sulfate were used for the analysis of BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), sedimentable materials, oils and greases, total suspended solids, surface-active substances, according to CONAMA Resolution No. 430, of May 13, 2011. As a result, it was observed that in the effluent treated with aluminum sulfate the reductions were: BOD = 18.8%, COD = 16.8%, sedimentable materials = 100%, oils and greases = 8.1%, suspended solids = 5.7% and surface-active substances = 3.7%. While when the same effluent was treated with the natural coagulant Tanfloc, the reductions were: BOD = 17.4%, COD = 21.5%, sedimentable materials = 100%, oils and greases = 81%, suspended solids = 75.9 % and surface-active substances = 70.7%. In short, the natural coagulant proved to be efficient when compared to a coagulant commonly used in the dairy industries, aluminum sulfate, which indicates the feasibility of using it for the treatment of these effluents.

**Keywords:** Natural coagulants, Wastewater treatment, Dairy, Tanfloc SG.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ituiutaba-MG: Vista parcial do Rio Tijuco-Antiga Ponte, 2018. ....	22
Figura 2 - Limpeza na indústria alimentícia, 2016. ....	24
Figura 3 - Operações que geram efluentes em laticínio, 2006. ....	24
Figura 4 - Etapas do Processo de coagulação, 2021. ....	29
Figura 5 - Processo de coagulação no laboratório do IFTM-Campus Ituiutaba-MG, 2020. ....	29
Figura 6 - Coagulante Químico: Sulfato de alumínio em pó, 2021. ....	31
Figura 7 - Coagulante Químico: Sulfato de alumínio líquido, 2021. ....	31
Figura 8 - Coagulante Químico: Sulfato de alumínio embalado, 2021. ....	32
Figura 9 - Ficha de informações de segurança de produto químico: Sulfato de alumínio, 2021. ....	32
Figura 10 - Coagulante Químico: Sulfato Férrico, 2021. ....	33
Figura 11 - Coagulante Químico: Cloreto Férrico, 2021. ....	34
Figura 12 - Acácia Negra-planta na qual se extrai o tanino, 2021. ....	37
Figura 13 - Detalhe das flores da Acácia Negra-Flores, 2021. ....	37
Figura 14 - Ituiutaba-MG: localização geográfica, 2020. ....	41
Figura 15 - Ituiutaba-MG-Vista parcial da unidade da Nestlé, 2015. ....	42
Figura 16 - Ituiutaba-MG-Vista parcial das instalações externas da Nestlé, 2021. ....	42
Figura 17 - Ituiutaba-MG-Vista parcial da parte externa do laticínio Baduy, 2018. ....	43
Figura 18 - Ituiutaba-MG- Vista parcial das instalações internas do laticínio Baduy, 2018. ....	43
Figura 19 - Ituiutaba-MG-vista parcial da parte externa do Canto de Minas-Centro, 2018. ....	44
Figura 20 - Ituiutaba-MG-vista parcial das instalações do laticínio Canto de Minas, 2018. ...	44
Figura 21 - Fluxograma das análises, 2021. ....	46
Figura 22 - Ituiutaba-MG - Processo de rotação para coagulação/floculação, 2020. ....	47
Figura 23 - Ituiutaba-MG - Processo coagulação/floculação-decantação, 2020. ....	48
Figura 24 - Ituiutaba-MG - Retirada do sobrenadante, 2020. ....	48

## LISTA DE GRÁFICOS E QUADROS

Gráfico 1 - Ituiutaba-MG - Resultado médio dos parâmetros físico-químicos encontrados nas análises laboratoriais, 2020	50
Gráfico 2 - Ituiutaba-MG-Resultado dos Parâmetros da DBO (mg/O <sub>2</sub> /L ) encontrados para o tratamento de efluente com o sulfato de alumínio e com o tanino, 2020	51
Gráfico 3 - Ituiutaba-MG - Resultado dos Parâmetros da DQO (mg/L) da amostra de efluente após tratamento com o tanino e sulfato de alumínio, 2020.	52
Gráfico 4 - Ituiutaba-MG – Resultado dos Parâmetros de Materiais sedimentáveis (mg/L) obtidos após tratamento com o Tanino e com sulfato de alumínio, 2020	53
Gráfico 5 - Ituiutaba-MG - Resultado dos Parâmetros de óleos e graxas (mg/L) obtidos após tratamento com o Tanino e com sulfato de alumínio, 2020	55
Gráfico 6 - Ituiutaba-MG - Resultados obtidos após tratamento com o Tanino e com sulfato de alumínio quanto ao fator sólidos suspensos totais (mg/L), 2020	56
Gráfico 7 - Ituiutaba-MG – Resultados dos Valores encontrados quanto ao parâmetro substâncias tensoativas (mg/L) após tratamento com o tanino e com sulfato de alumínio, 2020	58
Quadro 1 - Ituiutaba-MG - Processo de tratamento em jar test, 2020	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização inicial dos parâmetros físico-químicos para análise com o coagulante químico e natural em teste de jarros.....	50
Tabela 2 - Médias da DBO (mg/O <sub>2</sub> /L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos, 2021 .....	51
Tabela 3 - Ituiutaba-MG - Médias da DQO (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos, 2020. ....	53
Tabela 4 - Ituiutaba-MG - Médias de Materiais Sedimentáveis (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos, 2020.....	54
Tabela 5 - Ituiutaba-Mg - Médias de Óleos e graxas (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos, 2020.....	56
Tabela 6 - Ituiutaba-MG - Médias de sólidos suspensos totais (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos, 2021 .....	57
Tabela 7 - Ituiutaba-MG - Médias de substâncias tensoativas (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos, 2020.....	58

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CONAMA-Conselho Nacional de Meio Ambiente

COOPRATA-Cooperativa dos Produtores do Município de Prata

DQO-Demanda Química de Oxigênio

DBO-Demanda Bioquímica de Oxigênio

EMBRAPA-Estação de Tratamento de Esgoto

FIEMG-Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais

IFTM-Instituto Federal do Triângulo Mineiro

MRG-Microrregião Geográfica

PAC-Policloreto de alumínio

pH-Potencial Hidrogeniônico

SAE-Superintendência de Água e Esgotos de Ituiutaba

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	17
2	ÁGUA: LEGISLAÇÃO PERTINENTE, USO E GERAÇÃO DE EFLUENTES EM LATICÍNIOS.....	20
	2.1 Água: conceitos e sua importância social .....	20
	2.2 Efluentes Originários da Indústria. ....	23
	2.3 Tratamento de Efluentes. ....	26
	2.4 Mecanismo de Coagulação/Floculação.....	27
	2.5 Coagulantes.....	29
	2.6 Coagulantes Inorgânicos/Químicos. ....	30
	2.7 Coagulantes Naturais. ....	35
	2.8 Viabilidade do uso de Coagulantes Naturais .....	38
	2.9 Área de Estudo.....	39
3	METODOLOGIA .....	45
	3.1 Coleta do Efluente.....	46
	3.2 Pré tratamento do Efluente.....	47
	3.3 Análise do Efluente Tratado .....	48
	3.4 Estatística dos Dados .....	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
6	REFERÊNCIAS.....	62

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível para a vida humana, fundamental para o desenvolvimento econômico e ao bem estar social, sua utilização abrange diversas atividades, como na indústria, comércio, agricultura, entre outros.

A partir da Revolução Industrial com a invenção da máquina a vapor e o crescimento exacerbado das indústrias observou-se a necessidade da implantação de uma legislação de proteção ao meio ambiente com objetivo de estabelecer a relação uso e proteção dos recursos naturais e o bem social de todos.

O ciclo industrial trouxe a implantação de técnicas de produção e com ela uma intensa degradação, que vem desde então provocando enormes impactos aos sistemas naturais e transformações indesejáveis ao meio ambiente. É nesse contexto que a indústria de alimentos tem se destacado como um dos maiores setores industriais do mundo demandando atenção pelo alto volume de efluente gerado.

O tratamento de efluentes se faz indispensável, pois engloba todo um contexto ambiental destacando-se pela relação da questão da poluição de rios e solos e ainda a escassez da água potável.

O tratamento de resíduos e/ou efluentes poluidores das indústrias é uma prática relativamente complexa. Cada indústria tem suas particularidades. Existem muitas variáveis envolvidas que dificultam a padronização de processos de tratamento. Dentre essas variáveis estão as diferentes matérias-primas, os diversos processos de produção, as condições climáticas, a disponibilidade de água, entre outras. (PARENTE; SILVA, 2002).

Desta maneira, o tratamento de efluentes permite a reutilização da água, porém, esse procedimento tem sido realizado geralmente com aplicação de produtos químicos. Todavia, por meio de diversas pesquisas esse cenário vem mudando com o surgimento de coagulantes naturais no mercado, possibilitando um menor impacto ambiental. Os polímeros orgânicos, sintéticos ou naturais, comumente utilizados para desestabilizar as partículas coloidais no tratamento de água e/ou efluentes, sejam eles domésticos ou industriais. (CAPELETE, 2011).

Geralmente a primeira etapa do tratamento de efluentes contendo metais pesados é a coagulação química a qual, provavelmente, influencia as etapas de tratamento subsequentes. Dada à importância deste processo de separação é fundamental estudos do comportamento dos agentes coagulantes nesta etapa. Existem diversos tipos de coagulantes de origem química e vegetal. Os principais coagulantes químicos utilizados são: sulfato de alumínio, cloreto

férrico, hidroxicloreto de alumínio e sulfato férrico. (PAVANELI, (2001) apud VAZ. et.al.2010).

As agroindústrias utilizam no tratamento de seus efluentes produtos químicos como o sulfato de alumínio, o policloreto de alumínio dentre outros. Estes são compostos inorgânicos que tem a função de realizar o processo de coagulação e formação de flocos densos, os quais irão sedimentar durante o processo de decantação.

A sociedade nas últimas décadas vem tomando consciência de que os resíduos industriais líquidos constituem um problema para a saúde humana e o meio ambiente, pois podem prejudicar a qualidade da água e os usos posteriores do corpo receptor. Outro fato que merece ser destacado é o crescimento da preferência dos consumidores finais por produtos mais sustentáveis optando por produtos de empresas que utilizam tecnologia ou processos tecnológicos de baixo potencial poluidor, o que tem feito com que algumas empresas procurem até divulgar os seus sistemas de tratamentos de efluentes (PARENTE, SILVA, 2002).

Estudos e pesquisas voltadas para questões do tratamento de efluentes têm demonstrado a importância da coagulação por meio de compostos orgânicos, evidenciando as vantagens destes sobre a utilização de produtos químicos enfatizando a sua biodegradabilidade, a não toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais.

Atualmente, três coagulantes naturais vêm se destacando no mercado, sendo eles a quitosana, a moringa oleífera e os taninos vegetais, além de proporcionarem menores impactos ambientais por se decomporem mais facilmente, produz em menor quantidade o lodo residual e por serem isentos de metais pesados.

Baseado nessas premissas, a hipótese desse estudo é que a utilização de coagulantes naturais de maneira eficiente/eficaz no tratamento de águas residuárias dos laticínios reduz os impactos ambientais em comparação aos coagulantes químicos mais utilizados atualmente.

Assim, este estudo objetiva analisar a viabilidade da utilização dos coagulantes naturais no tratamento de efluentes de laticínios no município de Ituiutaba-MG, partindo do uso dos taninos vegetais (Tanfloc) neste processo de tratamento.

Para tanto, esta pesquisa foi organizada em 5 capítulos a saber: o capítulo 1 refere-se à introdução na qual é apresentada a problemática e justificativa do estudo, além da hipótese e do objetivo. A revisão de literatura é explicitada no capítulo 2, abordando-se importância da água, os tipos de efluentes e seus tratamentos, os mecanismos de coagulação/floculação e tipos de coagulantes. O capítulo 3 explana área de estudo e os procedimentos metodológicos.

No capítulo 4 são expostos os resultados e as discussões dos mesmos. Por fim, têm-se as considerações finais e as referências.

## **2 ÁGUA: LEGISLAÇÃO PERTINENTE, USO E GERAÇÃO DE EFLUENTES EM LATICÍNIOS.**

A revisão de literatura é a base necessária para desenvolver o estudo científico. Desta maneira, é importante apresentar as referências bibliográficas nas quais se baseia a pesquisa, fontes legítimas para obtenção de um resultado positivo. Assim, para composição do referencial teórico, dentre as possibilidades de acesso, este estudo baseou-se nas obras dos autores JARDIM.V.H.P., MELO.C.M.T.(2017); VAZ, L. G. L. (2010), PAVANELLI, G. (2001), LIMA JÚNIOR, R. N., ABREU, F. O. M. S. (2018).

### **2.1 Água: conceitos e sua importância social**

Mais que um insumo indispensável à produção é um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos que mantêm em equilíbrio os ecossistemas. É, ainda, uma referência cultural e um bem social indispensável à adequada qualidade de vida da população (VASCONCELOS; GOMES, 2009).

Então, com a emergência das transformadoras de matérias primas surge a preocupação com relação homem e ambiente, uma vez que essa relação reflete e gera transformações no ambiente geográfico. As atividades humanas vêm provocando grandes impactos no meio ambiente, com o surgimento de técnicas de produção que têm proporcionado uma intensa degradação, provocando enormes impactos aos sistemas naturais e transformações indesejáveis ao ambiente natural.

E nesse contexto, nasce uma preocupação com uma grande riqueza natural que é a água. Com o processo industrial e crescimento econômico, o consumo da água acelerou-se demasiadamente gerando uma preocupação em se preservar esse recurso.

Hoje, o mau uso aliado à crescente demanda, vem preocupando especialistas e autoridades no assunto pelo evidente decréscimo da disponibilidade de água limpa em todo o planeta. A escassez de água deve ser vista como um fator determinante de sobrevivência e as estimativas apresentadas pelos especialistas quanto à disponibilidade da água para o futuro se mostram pouco positivas. (CORAL, et al, 2009).

A água é muito utilizada no processamento agroindustrial e quase 100% se torna efluente que após seu uso essa deve retornar ao meio. E para que isso seja possível deve atender a parâmetros descritos por legislações ambientais que está previsto na Resolução

CONAMA nº430/11, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para lançamento de efluentes em corpos de água, a presente resolução altera e completando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

Desta maneira, a Resolução nº. 430/11 prevê que o gerador de efluente só poderá lançar o efluente proveniente de suas atividades após o tratamento deste, e mesmo após tratado, a empresa deve garantir que os padrões exigidos na resolução estejam dentro da especificação. A consciência crescente de que o tratamento de águas residuárias é de fundamental importância para a saúde pública e para o controle de poluição do meio ambiente, mostra a necessidade de buscar alternativas eficientes e de baixo custo para realizar o tratamento das águas residuárias. (WERBERICH, 2017).

Os padrões de lançamentos de efluentes em corpos hídricos são pH entre 5 a 9; temperatura: inferior a 40°C; materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Porém, para lançamento em lagos e lagoas, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor; óleos e graxas: óleos minerais até 20 mg/L; óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L; ausência de materiais flutuantes; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO. (CONAMA, 2011).

É dever do gerador fazer a gestão de efluentes, desta maneira, a empresa deve realizar o monitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos hídricos nos termos da Resolução nº. 430/11.

Impende ressaltar que no município de Ituiutaba-MG atualmente não existe uma legislação específica para o tratamento de efluentes industriais, sendo exigido apenas que todo o corpo hídrico a ser lançado na rede receptora da Superintendência de Água e Esgotos de Ituiutaba-MG - SAE ITUIUTABA, deverão atender aos requisitos parametrizados em instrução normativa editada pela SAE e amparada pelas normas brasileiras regulamentares expedidas pela ABNT, conforme exposto no Decreto N.º 8.712, de 28 de fevereiro de 2018. Empresas com alta carga poluidora não lança seus efluentes na rede receptora da SAE ITUIUTABA, sendo responsabilidade estadual e federal.

A Lei n.º 13.199 de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, visa assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água e de sua utilização em quantidade, qualidade e regime satisfatórios, trazendo no seu artigo 6º que o Estado promoverá o planejamento de ações integradas nas bacias hidrográficas, com vistas ao

tratamento de esgotos domésticos, efluentes industriais e demais efluentes, antes do seu lançamento nos corpos de água receptores, destacando em seu artigo 18, que o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos do Estado tem por objetivo assegurar os controles quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. O Rio Tijuco (Figura 1) representa um importante recurso hídrico para o município de Ituiutaba-MG.

**Figura 1** - Ituiutaba-MG: Vista parcial do Rio Tijuco-Antiga Ponte.



Fonte: Prefeitura de Ituiutaba, 2018.

Com o crescimento do setor industrial de laticínios, o Brasil atualmente ocupa a sétima colocação na economia mundial segundo a EMBRAPA (2007), tendo como maior produtora de leite a região Sudeste, com destaque para o Estado de Minas Gerais, seguido da Região Sul. Nesse setor existe grande utilização da água em todo o processo industrial. (SILVA; EYNG, 2013, p.2)

Assim sendo, é de extrema importância a realização do tratamento de efluente como forma de recuperar parte desse recurso natural, destacando que apenas retirando o recurso e não realizando um retorno adequado ou uma destinação correta, a tendência é acabar. Neste sentido, a indústria de laticínios com seu alto consumo de água precisa se conscientizar e praticar o tratamento de efluentes de maneira apropriada para retorná-lo ao meio ambiente.

## 2.2 Efluentes Originários da Indústria.

Conforme Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em seu Art.4º, inciso V, estabelecido pela Resolução N°. 430 de 13 de maio de 2011, efluente é o termo utilizado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos. Podem ser gerados por indústrias ou resultantes dos esgotos domésticos urbanos que são lançados no meio ambiente.

De acordo com Silva (2011), qualquer indústria de laticínios, sem exceções, gera resíduos sólidos, líquidos e emissões atmosféricas passíveis de causar impactos significativos no meio ambiente. Por isso, a legislação ambiental exige que todas as indústrias tratem de forma adequada seus resíduos. Uma das alternativas é fazer o controle dos processos e buscar alternativas de reutilização de seus resíduos reduzindo assim, os custos com o tratamento e disposição final.

Segundo Villa et al. (2007), o grande volume de água necessário para o beneficiamento do leite coloca as indústrias de laticínios como uma das principais geradoras de efluentes industriais. Estima-se que para cada litro de leite beneficiado sejam gerados cerca de 2,5 L de efluente, enquanto Begnini, Ribeiro (2014) ressalta que para o beneficiamento de cada dois litros de leite são gerados cinco litros de efluentes.

Normalmente, os pontos de geração de efluentes industriais são CETESB (2006):

- Lavagem e limpeza de produtos remanescentes em caminhões, latões, tanques, linhas e máquinas e equipamentos diretamente envolvidos na produção;
- Derramamentos, vazamentos, operações deficientes de equipamentos e transbordamento de tanques;
- Perdas no processo, tais como em operações de “partida” e de “parada” do pasteurizador e extravazão dos produtos, arraste de produtos na evaporação (leite condensado e em pó) e aquelas resultantes do acerto das acondicionadoras, no início do processo de embalagem;
- Descarte de produtos, tais como: soro ou leite ácido.

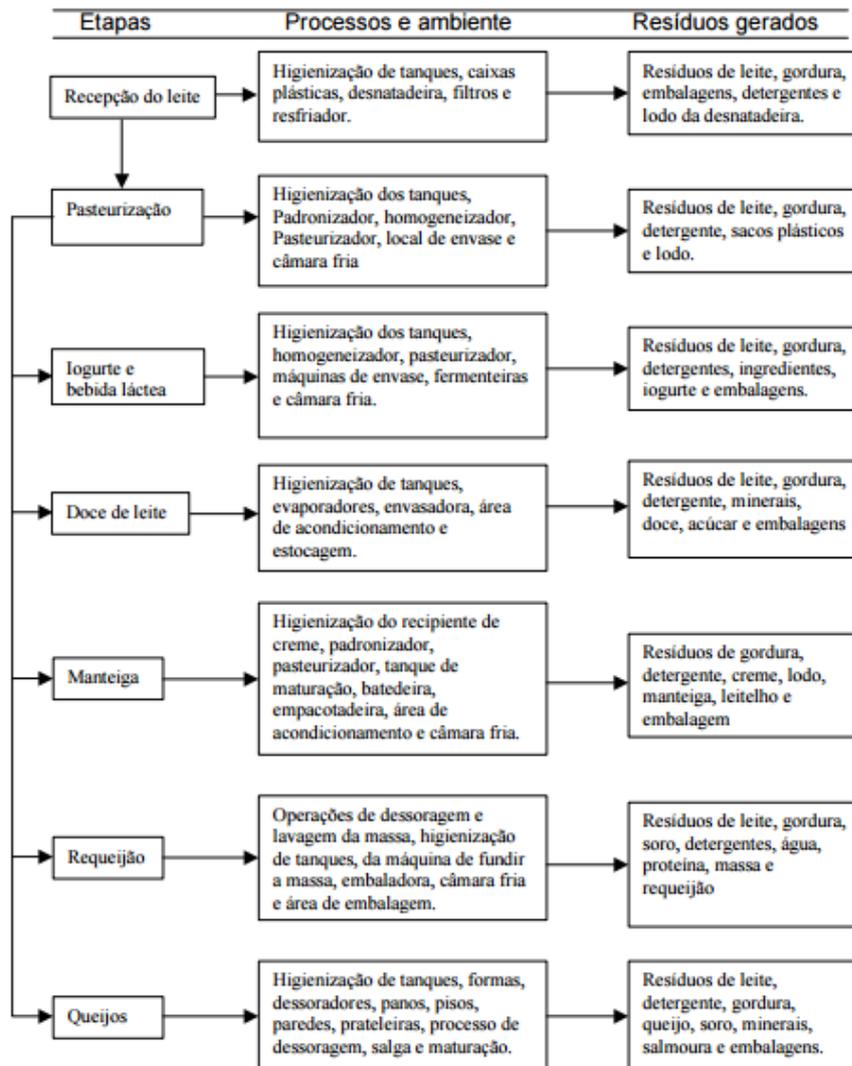
Desta maneira, a utilização de água pela indústria de laticínios pode ocorrer de diversas formas, tais como: incorporação ao produto, lavagens de máquinas, tubulações e pisos, águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor, águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos e esgotos sanitários gerados pela empresa. (BEGNINI, RIBEIRO, 2014). Etapas e processos que geram efluentes líquidos na indústria de laticínio, como evidencia a figura 2 e 3.

**Figura 2** - Limpeza na indústria alimentícia.



Fonte: Weinberg, 2015.

**Figura 3** - Operações que geram efluentes em laticínio.



Fonte: SILVA, 2006.

Para Begnini e Ribeiro (2014), esses efluentes, ao serem despejados com poluentes, causam alteração de qualidade nos corpos receptores e, conseqüentemente, a sua poluição. Um fator preocupante é o aumento das atividades industriais e a necessidade de realização de um tratamento de efluentes regular para que preocupações futuras possam ser evitadas nos próximos anos.

Conforme Villa et al. (2007), normalmente os efluentes das agroindústrias apresentam uma elevada demanda química e bioquímica de oxigênio como consequência da grande quantidade de lipídios, carboidratos e proteínas que conferem ao sistema uma alta carga orgânica. Quando são lançados em corpos d'água sem tratamento adequado reduzem drasticamente a concentração de oxigênio dissolvido e colocam em risco todo o ecossistema aquático.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em seu Art. 12, estabelecido pela Resolução N°. 430 de 13 de maio de 2011 dispõe que o lançamento de efluentes em corpos de água, com exceção daqueles enquadrados na classe especial, não poderá exceder as condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência ou volume disponível, além de atender outras exigências aplicáveis.

Ainda Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em seu Art.7º, estabelecido pela Resolução N°. 430 de 13 de maio de 2011, o órgão ambiental competente deverá, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, listadas ou não no art. 16 desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas para enquadramento do corpo receptor.

Nesse contexto, a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais FIEMG (2014), ressalta que o controle e tratamento dos efluentes líquidos industriais devem contemplar uma seqüência de operações unitárias e processos constituídos basicamente por três subsistemas. Um tratamento preliminar para separação de sólidos grosseiros carreados nos despejos; um tratamento primário, removendo-se nessa etapa, sólidos em suspensão e gorduras, com a conseqüente redução na concentração de DBO e, finalmente, um tratamento secundário, onde ocorrerá a redução da matéria orgânica, através de processos biológicos, propostos como última etapa do tratamento.

Todas essas etapas objetivam a eliminação de contaminações e resíduos presentes no efluente, uma das mais eficientes delas é a etapa com adição de coagulantes, cujo o intuito é promover a coagulação e floculação.

### **2.3 Tratamento de Efluentes.**

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em seu Art.4º, inciso V, estabelecido pela Resolução N°. 430 de 13 de maio de 2011, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta resolução e em outras normas aplicáveis. Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e finais, do seu enquadramento.

Destaca ASC-Soluções Ambientais (2016), que o lançamento das águas residuais, sem prévio tratamento, nos corpos hídricos gera diversos impactos ambientais como por exemplo a elevação da DBO da água, o que provoca diminuição do oxigênio dissolvido no meio.

Assim, o tratamento de efluente consiste em várias etapas, dentre elas estão os processos físicos, químicos e biológicos para eliminar os contaminantes presentes. O tratamento de efluente em geral parte de um processo primário para retirada de sólidos suspensos, óleos e gorduras, e um processo secundário para retirada da matéria orgânica. Partindo da premissa do reuso da água sempre que possível e devolvendo-a com características adequadas ao meio ambiente. Segundo ASC-Soluções Ambientais (2016), faz necessário tratar efluente de modo a controlar e minimizar fontes poluidoras, evitando impactos ambientais.

Ainda, conforme o autor acima, o tratamento dispensado às águas residuais da indústria de laticínios é, em sua maioria, do tipo biológico, cuja função é remover a matéria orgânica do efluente através do metabolismo de oxidação e de síntese das células. Este tipo de tratamento é normalmente usado em virtude da grande quantidade de matéria orgânica, facilmente biodegradável, presente na composição deste efluente.

Nesse sentido, as indústrias, apesar de importantes fontes econômicas e responsáveis pelo desenvolvimento regional, são também grandes fontes poluidoras, geradoras de grande volume de resíduos sólidos e efluentes.

## 2.4 Mecanismo de Coagulação/Floculação.

Coagulação e floculação são os principais fenômenos de interface responsáveis pela desestabilização do material coloidal presente nas águas naturais, que comumente, exibem carga elétrica superficial negativa, quando em pH neutro. (LIMA JÚNIOR E ABREU, 2018).

Os termos coagulação e floculação são comumente utilizados como sinônimos. Porém a coagulação é o processo pelo qual o agente coagulante, adicionado ao meio, reduz as forças que mantêm separadas as partículas em suspensão, sendo geralmente necessária agitação intensa para que o processo seja eficiente. (FERREIRA, 2012).

Agentes coagulantes eficientes devem ser capazes de produzir espécies catiônicas em solução, promovendo a desestabilização das partículas do meio através de neutralização/redução de cargas. Floculantes tem como objetivo básico promover a formação de flocos e agregados maiores e mais densos, favorecendo sua remoção em etapas posteriores do processo de tratamento, tais como sedimentação e filtração. (LIMA JÚNIOR E ABREU, 2018).

Embora na literatura estejam presentes os termos coagulante e floculante, é importante referir que, por vezes, o coagulante desempenha as funções do floculante e vice-versa e, quando utilizados os dois, desempenham as funções acima referidas (AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION 1999, apud CORNICIUC, 2015).

A coagulação/floculação é a etapa de tratamento de efluente onde são empregados métodos físicos e químicos para agregar entre si as partículas menores formando flóculos maiores sendo possível decantá-los. Muitos dos processos utilizados em estações de tratamento de efluentes envolvem a adição de agentes coagulantes e floculantes como, por exemplo, polímeros e sais de ferro e de alumínio. Tratamentos com polímeros podem vir a causar impactos ambientais devido à algumas moléculas usadas serem tóxicas podendo, mesmo em baixas concentrações, desequilibrar o meio ambiente em relação aos organismos aquáticos do corpo receptor (CRESPILHO, SANTANA e REZENDE, 2004).

Segundo Vaz et al. (2010), o processo de coagulação/floculação tem por finalidade a remoção de partículas em suspensão (turbidez) e/ou dissolvido (cor) dos efluentes. Essa operação normalmente é considerada como um pré-tratamento que objetiva o condicionamento do despejo para o tratamento subsequente.

O processo de coagulação consiste em conjuntos de ações físicas e químicas por meio da adição de um composto químico (coagulante primário). O coagulante desestabiliza as partículas que estão em suspensão formando coágulos através das fases: formação da espécie

hidrolisada do sal quando disperso em água, desestabilização das partículas coloidais e suspensas dispersas na massa líquida e agregação dessas partículas para formar flocos (SANTOS et.al, 2021).

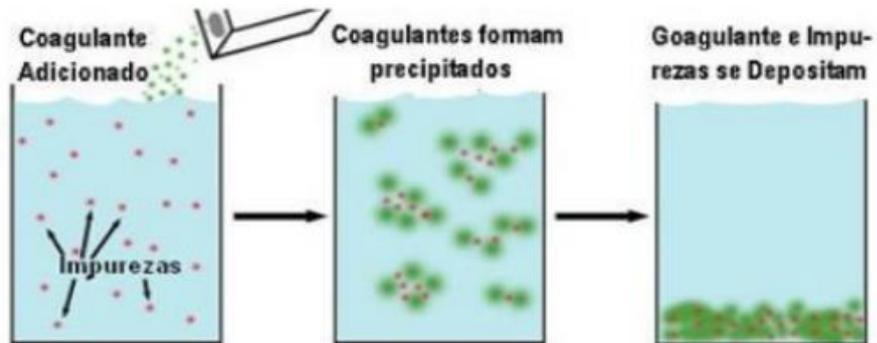
A coagulação é o processo unitário assenta em princípios químicos ou biológicos cuja função é a desestabilização das partículas coloidais de modo a promover a sua aglomeração. A floculação é a operação unitária assenta em princípios físicos que visa a aglutinação das partículas em suspensão e a formação de flocos facilmente sedimentáveis. (CORNICIUC, 2015)

A autora acima afirma ainda que embora na literatura estejam presentes os termos coagulante e floculante, é importante referir que, por vezes, o coagulante desempenha as funções do floculante e vice-versa e, quando utilizados os dois, desempenham as funções acima referidas. Tanto a coagulação como a floculação surgem devido à irregularidade das dimensões das várias partículas em suspensão nas águas a tratar, que causam diferentes velocidades de sedimentação destas e, conseqüentemente diminuem a eficiência da sedimentação.

Segundo Vaz (2009), o mecanismo de coagulação/floculação é sensível a diversos fatores, a citar: Tipo e dosagem de coagulante, pH do efluente, natureza das substâncias produtoras de cor e turbidez, entre outros. O tipo e a dosagem ideal da quantidade de coagulante são definidos em função principal principalmente da visibilidade econômica e características do efluente. Por esse motivo, testes de coagulação são extensivamente usados para determinar as dosagens químicas ótimas no tratamento. Esse teste de laboratório simula o processo de coagulação/floculação em jarros e pode ser conduzido numa variedade de condições.

Ao longo do tempo têm sido desenvolvidos e otimizados vários processos de tratamento de água, em resposta ao crescimento e variedade de contaminantes que têm surgido (JARDIM E MELO, 2017). As figuras 4 e 5 representam o processo de coagulação.

**Figura 4** - Etapas do Processo de coagulação.



Fonte: NaturalTec, 2021.

**Figura 5** - Processo de coagulação no laboratório do IFTM-Campus Ituiutaba-MG.



Fonte: Souza, J.A, 2020

## 2.5 Coagulantes

Os Coagulantes são caracterizados como substância química que podem ser orgânicas ou inorgânicas, de caráter catiônico, sendo o principal objetivo de um coagulante dissolver o impedimento ativo da carga poluidora, desestabilizando as partículas coloidais que formam o efluente.

## 2.6 Coagulantes Inorgânicos/Químicos.

Os possíveis impactos ambientais são constantemente discutidos como consequências da utilização de coagulantes inorgânicos a base de alumínio e ferro. Os resíduos gerados nos processos de coagulação e floculação são ricos em hidróxidos metálicos não biodegradáveis. Desta forma, os resíduos gerados pelo tratamento de efluente podem conter resíduos químicos e serem prejudiciais ao meio ambiente (LIMA E ABREU, 2018).

Segundo Silva et al (2007), o uso de coagulantes como os de sais metálicos, e alguns polieletrólitos, tem aumentado nos últimos anos no pós-tratamento físico-químico de esgotos sanitários com boa perspectiva para associação com efluentes provenientes de reatores anaeróbios.

Os coagulantes inorgânicos mais conhecidos e utilizados no tratamento de água e esgoto são os sais de ferro e alumínio, para seu bom desempenho eles dependem de alguns fatores como concentração, pH, temperatura e natureza da solução (RENAULT et.al, 2009).

Os sais de alumínio e ferro são os coagulantes mais utilizados no tratamento de água e esgoto. Contudo, pesquisas têm apontado algumas desvantagens, tais como problemas de saúde causados pelo alumínio residual em águas tratadas, produção de grande volume de lodo, consumo da alcalinidade do meio, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do pH, principalmente no tratamento de água (VAZ, 2009).

De acordo com Mônaco et al. (2014), o sulfato de alumínio destaca-se como o coagulante químico mais utilizado no Brasil pela alta eficiência na remoção de sólidos em suspensão da água e pelo seu relativo baixo custo.

Os sais de alumínio são amplamente utilizados em todo o mundo como agente coagulante, o sulfato de alumínio é fácil de transportar e manejar apresenta custo reduzido e é produzido em diversas regiões do Brasil. A coagulação com este coagulante é geralmente efetiva na faixa de pH entre 5,0 a 8,0 (SILVA, 1999).

Sulfato de alumínio é um dos coagulantes mais utilizados em tratamentos convencionais de água e nos tratamentos de águas residuárias. O desempenho deste não precisa ser provado, pois é apreciado por seu baixo custo, facilidade de utilização e disponibilidade (RENAULT et.al.2009).

Todavia, o uso extensivo do sulfato de alumínio tem sido discutido devido à presença de alumínio remanescente na água tratada e no lodo gerado ao final do processo, muitas vezes em concentrações bastante elevadas, o que dificulta a disposição do mesmo no solo devido à contaminação e o acúmulo deste metal (CORAL et.al, 2009).

Segundo Fiorentini (2005), ainda dependendo da dosagem empregada, o sulfato de alumínio é tóxico podendo provocar doenças de demência e coordenação motor devido a deficiência renal em filtrar os metais no sangue que é levado ao cérebro causando o mal de Parkinson e Alzheimer.

As Figuras 6 e 7 mostram o produto químico Sulfato de Alumínio em diferentes estados (sólido e líquido), enquanto a figura 8 demonstra o tipo de embalagem adequado para o sulfato de alumínio e a figura 9 apresenta a ficha de informações de segurança do Sulfato de Alumínio.

**Figura 6** - Coagulante Químico: Sulfato de alumínio em pó



Fonte: Poolpiscina, 2021.

**Figura 7** - Coagulante Químico: Sulfato de alumínio líquido



Fonte: Reinigend, 2021.

**Figura 8** - Coagulante Químico: Sulfato de alumínio embalado.



Fonte: Aquamar, 2021.

**Figura 9** - Ficha de informações de segurança de produto químico: Sulfato de alumínio, 2021.

### 3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

- **Perigos mais importantes:** De modo geral, o produto demonstra alguns riscos, porém seu grau de toxicidade é baixo. O produto é corrosivo e reage com substâncias alcalinas.

- **Efeitos do produto:**

**Ingestão:** O produto, se ingerido poderá levar até a morte.

**Inalação:** A inalação do pó poderá causar irritações no trato respiratório. A exposição contínua a poeiras pode provocar irritações das mucosas (nariz, garganta, olhos), leve corrosão dos dentes, dificuldade para respirar e bronquite.

**Pele:** Contato repetitivo pode originar irritações leves a queimaduras.

**Olhos:** Contato com os olhos poderá causar irritação, ardência e risco de sérios danos.

**Quimidrol**

Comércio Indústria Importação Ltda

SULFATO DE ALUMÍNIO ISENTO DE FERRO

FISPQ Nº: 085  
Nov./2007

FISPQ – FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO

- **Efeitos ambientais:**

Em caso de derramamento no solo, provoca danos a árvores e plantações.

Em contato com os rios provoca contaminação dos cursos e mortalidade aos peixes.

Quando em contato com outros produtos químicos poderá haver formação de sais, alteração no pH e liberação de gases ácidos.

Fonte: Quimidrol, 2021.

O sulfato férrico é coagulante primário com uma vasta gama de aplicações revelando a sua utilização eficaz tanto no tratamento de águas potáveis e industriais como na depuração de águas residuais. Segundo Matos et. al. (2007), o sulfato ferroso clorado atua na remoção de sólidos em suspensão sobre condições de pH mais baixo, entre 4 a 6. (Quimiotécnica, 2016). A Figura 10 apresenta o produto químico Sulfato Férrico.

**Figura 10** - Coagulante Químico: Sulfato Férrico.



Fonte: Maestrovirtuale, 2021.

O cloreto férrico comercial é uma solução acastanhada, completamente solúvel em água (a 20°C) e insolúvel em solventes orgânicos. (MIRANDA, 2015).

O cloreto férrico (Figura 11) tem uma alta eficiência de remoção da turbidez e das partículas suspensas em variados efluentes, reage de forma a neutralizar cargas negativas dos colóides e proporciona a formação dos hidróxidos insolúveis de ferro, o que o faz agir sobre ampla faixa de pH, entre 5 e 11, produzindo bons flocos, reduzindo a quantidade de sólidos suspensos, de DQO e eliminando fosfatos (PAVANELLI, 2001; MATOS et al., 2007, OLDONI, 2020).

**Figura 11** - Coagulante Químico: Cloreto Férrico.



Fonte: BRM Ambiental, 2021.

O policloreto de alumínio (PAC 10%) é um polímero inorgânico e um coagulante catiônico à base de cloreto de poli alumínio pré-hidrolisado, que consome menos alcalinidade, remove melhor a cor e gera menor volume de lodo que os não hidrolisados. Este coagulante é pré-hidrolisado por ser formado pela hidrólise forçada de um coagulante simples como o sulfato de alumínio ou cloreto de alumínio, o tornando mais eficiente e, por ter alta basicidade, libera uma menor quantidade de ácidos que estes convencionais ao entrar em contato com a água, ocasionando pouca variação do pH do meio. Os polímeros também realizam a neutralização das cargas dos materiais suspensos na água, formando flocos maiores do que os outros coagulantes, que atuam em uma grande faixa de pH, entre 6 e 9, não alterando a qualidade do efluente final (OLDONI, 2021).

As desvantagens no uso de coagulantes inorgânicos têm apontado os principais fatores, tais como problemas de saúde causados pelo alumínio residual em águas tratadas, produção de grande volume de lodo, consumo da alcalinidade do meio, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do pH, principalmente no tratamento de água, tornando-se um processo oneroso (VAZ, 2009).

Segundo Piantá (2008), na Inglaterra e Suécia há evidências de maiores incidências da doença de Alzheimer em áreas onde a fonte de água para abastecimento continham maiores concentrações de alumínio.

## 2.7 Coagulantes Naturais.

Conforme Soares et al. (2019), os coagulantes naturais são uma opção com grande potencial de uso no tratamento de efluentes em geral, inclusive para os efluentes das indústrias de laticínios, apresentando vantagens como possibilidade de menor custo, maior biodegradabilidade dos coagulantes e a não necessidade de condições extremas de pH para o processo de coagulação.

Segundo Oldoni (2020), melhorias no tratamento primário, como o uso dos coagulantes naturais, aliados a tecnologias no tratamento secundário, podem trazer benefícios para o aperfeiçoamento das estações de tratamento de efluentes nas indústrias de laticínios. Estes apresentam vantagens em relação aos químicos pois possuem baixa toxicidade, alta disponibilidade, baixo custo, biodegradabilidade, baixo volume de produção de lodos residuais (de 4 a 5 vezes menor lodo produzido), pode ser usado na adubação do solo; não tem alteração significativa do pH.

De acordo com Lima e Abreu (2018), os diversos estudos desenvolvidos nos últimos anos que relatam a obtenção e eficiência de materiais naturais como agentes coagulantes e floculantes de águas para abastecimento, com ênfase na quitosana, sementes da espécie moringa oleífera e taninos vegetais.

Os principais coagulantes naturais utilizados em tratamentos de efluentes são a moringa (*Moringa oleífera Lam.*), o quiabo (*Abelmoschus esculentus*), a quitosana e os taninos (*Acacia mearnsii*, *Schinopsis balansae* e *Castanea sativa*) (SANTOS et al., 2009; FERRARI, 2015).

A moringa é uma planta originada da Índia com alto valor nutricional e medicinal, além das propriedades de coagulação e clarificação das suas sementes em poluentes de efluentes (MATEUS et al., 2015).

Para Soares, Quitério e Vendramel (2019), suas sementes contêm um potente coagulante natural, o qual vem sendo empregado na clarificação de águas barrentas para o uso humano em locais onde não há tratamento, como em comunidades indígenas e zonas rurais.

De acordo com Keogh et. al., (2017), o extrato das sementes é solúvel em água e contém uma proteína catiônica capaz de provocar a coagulação em partículas suspensas e dissolvidas em águas de turbidez elevada. O seu uso é benéfico pelo efeito mínimo na alteração do pH, da alcalinidade e da condutividade da água tratada.

Segundo Vaz et.al. (2010), a quitosana é um produto natural de baixo custo, renovável e biodegradável, de grande importância econômica e ambiental. Geralmente é

obtida a partir da quitina, extraídas das carcaças de crustáceos. É um biopolímero do tipo polissacarídeo possui uma estrutura molecular quimicamente similar à fibra vegetal (celulose), diferenciando-se somente nos grupos funcionais. A quitosana é solúvel em meio ácido diluído e forma um polímero catiônico.

Conforme Silva (1999), a palavra tanino é um termo técnico, que não expressa significado químico e pertence ao grupo de compostos polihidroxifenólicos diferentes, que são compostos por polifenóis simples, carboidratos, aminoácidos e gomas hidroxidolodais. Os taninos apresentam diferentes propriedades, podendo ser utilizados na produção de couro, plásticos, anticorrosivos, colafloculantes, dentre outros.

Segundo Angêlo (1978) e Marques (1949) citados por Fiorentini (2005) e Vaz (2009), a designação “tanino” refere-se a uma série de compostos orgânicos extraídos de vegetais ou substâncias fenólicas que possuem uma estrutura molecular complexa. O tanino localiza-se nas raízes, no lenho, na casca, nas folhas, nos frutos, nas sementes e na seiva.

Extraído da casca de vegetais como a Acácia Negra, por exemplo, o tanino atua em sistemas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre essas partículas, sendo este processo responsável pela formação dos flocos e consequente sedimentação (CORAL et al., 2009).

O agente coagulante Tanfloc é polímero orgânico catiônico obtido por meio de um processo de lixiviação da casca da Acácia negra (*Acácia mearnsii de wild*), constituindo basicamente por tanato quartenário de amônio. (VAZ, 2009).

Segundo Coral et.al.(2009), dentre suas propriedades, o tanino não altera o pH da água tratada, uma vez que não consome a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma ampla faixa de pH, de 4,5 a 8,0 .

A acácia negra é uma espécie leguminosa utilizada no reflorestamento e restauração de ambientes degradados, na fixação de nitrogênio, na produção de tanino e de energia, dentre outros. A produção da acácia negra no Brasil se dá, principalmente, com a finalidade de produção de tanino e energia, e a concentração de plantio dessa espécie está no estado do Rio Grande do Sul. (SILVA, 1999).

Ainda de acordo com Silva (1999), embora o Brasil seja o país com a maior concentração de árvores tanantes do mundo, ainda poucas empresas são conhecidas por utilizarem taninos na fabricação de produtos voltados para o tratamento de água potável e residual.

Em 1948, a Unidade de Taninos da TANAC iniciou a produção de extratos vegetais de acácia negra em Montenegro, Rio Grande do Sul. Sua produção é direcionada à indústria

coureira, ao tratamento de águas de abastecimento e de efluentes industriais, além de condicionadores de lama para perfuração de poços de petróleo, adesivos para madeira, entre outras aplicações, como forma de minimizar impactos ao meio ambiente, promover o desenvolvimento socioeconômico das comunidades e do entorno das regiões onde atua. (TANAC, 2021).

As Figuras 12 e 13 ilustram a planta Acácia Negra da qual é extraído o princípio ativo do coagulante natural utilizado neste trabalho.

**Figura 12** - Acácia Negra-planta na qual se extrai o tanino.



Fonte: Ciência e clima, 2021.

**Figura 13** - Detalhe das flores da Acácia Negra-Flores.



Fonte: Jardineriaon, 2021.

Segundo Zolet e Jabur (2013), o tanino obtido a partir da acácia negra é um composto polifenólico e tem a habilidade de reagir e precipitar proteínas. O componente se encontra na casca da acácia negra e se classifica como um tanino condensado ou catequímico, apresentando ainda outra reação típica dos taninos, em geral com metais, principalmente o ferro, formando complexos negros azulados.

Tanfloc, segundo TANAC (2021), é um polímero orgânico-catiônico de baixa massa molar, de origem essencialmente vegetal e que atua como:

- Coagulante
- Flocculante
- Auxiliar de coagulação no tratamento de águas em geral

TANFLOC atua em sistemas de partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este o processo responsável pela formação de flocos e consequente sedimentação. TANFLOC não altera o pH da água tratada, por não consumir a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma faixa de pH de 4,5 – 8,0 (TANAC,2021).

## **2.8 Viabilidade do uso de Coagulantes Naturais**

Para Kawamura (1991), os coagulantes naturais apresentam várias vantagens em relação aos coagulantes químicos por serem biodegradáveis e não tóxicos, e ainda produzirem lodo em menor quantidade e com menores teores de metais.

Conforme Fraioli (2019), o tratamento de efluente da indústria de laticínios por meio dos processos de coagulação, floculação, sedimentação e filtração, o coagulante Tanino apresentou resultados mais eficientes de remoção para os parâmetros analisados após cada processo.

Embora alguns estudos na literatura sugerem que a utilização de polímeros naturais não seja tão efetivo no tratamento de água quanto no tratamento de efluentes, este tipo de coagulante apresenta vantagens a serem consideradas, como a inexistência de metais remanescentes na água tratada e no lodo gerado ao fim do processo de tratamento, facilitando a disposição final do mesmo ou a sua utilização para fins mais específico, como a agricultura, por exemplo (CORAL et.al, 2009).

Segundo Solana (2014), alguns dos ganhos com a substituição dos coagulantes químicos por coagulantes naturais foram: a menor produção de lodo, passou a ser biodegradável, sem presença de ferro, o que permitiu sua destinação para biodigestor, contribuindo com a redução de gastos pelo uso de biogás da indústria; aplicação das menores dosagens; evitou problemas como a corrosão de equipamentos; além dos ganhos ambientais.

## 2.9 Área de Estudo.

A cidade de Ituiutaba (MG) está inserida no Pontal do Triângulo Mineiro, na parte oeste do estado de Minas Gerais. A Microrregião Geográfica (MRG) de Ituiutaba é formada por seis municípios/cidades, os quais são: Cachoeira Dourada (MG), Capinópolis (MG), Gurinhatã (MG), Ipiacaçu (MG), Ituiutaba (MG) e Santa Vitória (MG). (OLIVEIRA, 2020).

O município de Ituiutaba (MG) está a uma distância de 685 km de Belo Horizonte (MG), capital do Estado e, aproximadamente, 456 km da capital do país, Brasília (DF) e a 137 km de Uberlândia, uma importante cidade que se destaca como cidade pólo. (SILVA, 2019)

Segundo Queiroz e Costa (2012), a área de estudo do município de Ituiutaba é delimitada pelas coordenadas geográficas 49°52'W/ 49°10'W e 18°36S/ 19°21'S, possuindo uma área de 2.587 Km<sup>2</sup>, seu perímetro urbano possui uma área aproximada de 24,2 km<sup>2</sup>, afirmando ainda que o município de Ituiutaba se encontra inserido em uma região com clima tropical.

O município de Ituiutaba-MG tem uma população estimada em 2020 de 105.255 habitantes. A população no último censo de 2010, mais de 95% trata se de população urbana, totalizando 97.171 habitantes. (IBGE, 2021).

A história de Ituiutaba iniciou-se na primeira metade do século XIX. No ano de 1820 quando dois sertanejos, Joaquim Antônio de Moraes e José da Silva Ramos, chegaram ao local vindo do sul de Minas permanecendo após expulsarem os índios Caiapós, os verdadeiros donos da terra, depois de lutas e batalhas travadas. (RODRIGUES, 2018).

Ainda segundo Rodrigues (2018), o desenvolvimento da cidade de Ituiutaba começou nas margens dos rios Tijuco e Prata por volta de 1832. Estes rios foram a porta de entrada para a povoação da cidade; mas foi somente em 1915 que a Vila Platina passou a categoria de cidade, em sua atual denominação e localização. Ituiutaba é uma fusão de vocábulos tupis (I - Rio + Tuiu - Tijuco + Taba - Casa) que significa “povoação do rio Tijuco”. (SILVA, 2019).

A região passou a receber mais habitantes após a chegada do Padre Antônio Dias Gouvêa em 1830, que adquiriu a sesmaria das Três Barras, às margens do Rio Tijuco, juntamente com diversas fazendas. Em 1839, torna-se distrito do município de Prata, sendo nomeada “Distrito de São José do Tijuco” pela Lei provincial n.º 138, de 3 de abril de 1839. Em 1866, foi nomeada Freguesia de São José do Tijuco, sendo esta emancipada somente em 1901, pela Lei Estadual n.º 319/01, com o nome de Vila Platina, concedendo-lhe a sua emancipação política e administrativa. (RODRIGUES, 2018).

Mais tarde, em 1915, o governador Delfim Moreira, através da Lei estadual nº 663, de 18 de setembro de 1915 renomeou a Vila Platina, passando a se chamar Ituiutaba, nome de origem indígena e que significa “Povoação do Rio Tijuco”. No entanto, somente em 25 de Abril de 1917, o local foi oficializado como Ituiutaba. (RODRIGUES, 2018).

A decadência da mineração na região central de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso no final do século XVIII determinou o desenvolvimento de atividades que dependiam da posse de terras, ou seja, de atividades agropecuárias. Essas atividades se baseavam no cultivo de gêneros de primeira necessidade e criação de gado, que basicamente abasteciam os tropeiros. Com isso, o mercado interno se fortaleceu ao abastecer o comércio das cidades locais e regionais, favorecendo a dinamização da urbanização, fazendo surgir vários arraiais no Triângulo Mineiro. Nesse contexto, permanece e se fortalece até o início do século XX relações econômicas voltadas às atividades agropecuárias. (SILVA, 2019)

Num primeiro momento, a principal atividade responsável por atrair migrantes de cidades vizinhas e do Nordeste foi a produção de arroz. Esse aspecto favoreceu o desenvolvimento da produção agrícola e, posteriormente, pecuária na região. Assim como o desenvolvimento econômico e urbano do município (OLIVEIRA, 2003). A cidade de Ituiutaba apresenta seu maior crescimento após as décadas de 1940 e 1950, em que a economia arroseira da região foi fundamental para consolidar a estrutura urbana, populacional, econômica e cultural. O processo de modernização da cidade foi um reflexo do processo de modernização do campo (RODRIGUES, 2018)

Após a década de 1960, a economia da região de Ituiutaba começa a ser impactada pelas transformações que se alicerçaram o processo de modernização, inserção de tecnologias, emprego de técnicas no cultivo neste ambiente e a consequente mecanização do campo. Ser a capital do arroz permitiu que a cidade de Ituiutaba se transformasse, equipando-se com serviço de água, energia elétrica, comércio, serviços e expansão de loteamentos urbanos, atendendo à crescente demanda populacional, que chegava principalmente das cidades vizinhas e da Região Nordeste. Neste período, não só o espaço da cidade de Ituiutaba se desenvolveu, mas também a sua rede urbana, devido ao aumento da circulação interurbana de mercadorias, pessoas e capital na área do “Pontal do Triângulo Mineiro” e desta com outras partes do país (OLIVEIRA, 2003).

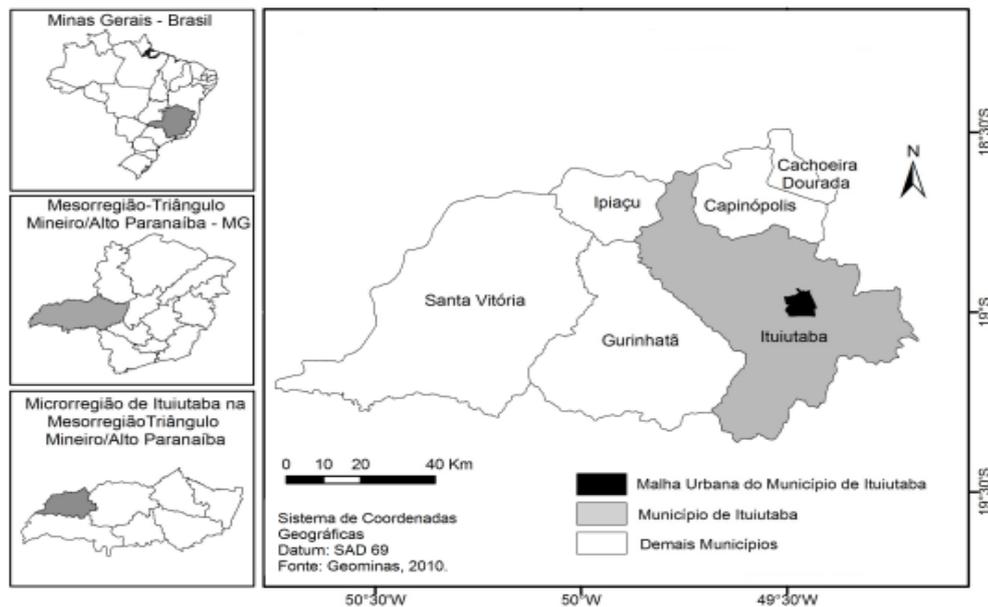
Quanto ao desenvolvimento da agroindústria, pode-se notar que na microrregião de Ituiutaba, este fator levou a uma transformação na produção de alimentos passando da produção do arroz em meados do século XX para a industrialização. Esse fenômeno se deu em razão de alguns fatores, dentre eles, está a mecanização e introdução de insumos

modernos, proporcionando transferência da dinâmica da agricultura para segmentos da indústria. Essas mudanças resultaram na introdução de novos modelos de organização e novos produtos (SOUTO; BEZZI, 2017).

Diante desses aspectos, nota-se que em Ituiutaba, as empresas do setor industrial são predominantemente ligadas à produção de alimentos, principalmente, em decorrência da oferta de matéria prima ligada à agropecuária. No contexto da indústria de alimentos está a de laticínios, também chamados de indústrias de produtos lácteos, são aqueles que pertencem ao grupo de alimentos que inclui o leite, assim como os seus derivados (queijo, doces, requeijão, entre outros). As fábricas que produzem estes alimentos pertencem à indústria de laticínios e caracterizam-se pelo manejo do leite. (RODRIGUES, 2018).

A figura 14 aborda uma área bem localizada favorecendo o desenvolvimento econômico pelo quadro natural que possui além do fator condicionante da comunicação com outros lugares.

**Figura 14** - Ituiutaba-MG: localização geográfica.



Fonte: Martins, F.P et al Costa, R.A, 2014.

Salienta-se que Ituiutaba possui uma importante bacia leiteira, consequência da existência de três transformadoras desta matéria prima, que são: a Fazendeira (capital de origem local), que iniciou a coleta do leite em 1938, a Nestlé (multinacional) que é a principal unidade industrial leiteira, implantada em 1974 e a processadora de leite Canto de Minas, que iniciou suas atividades em 1994. (SOUTO, 2016).

Segundo Souto (2016), além dessas indústrias, há coleta do leite para atender a demanda das demais agroindustriais dos municípios limítrofes que são: Alimentos Triângulo-Doce Mineiro (Canápolis, MG), COOPRATA-Cooperativa dos Produtores do Município de Prata (Prata, MG), CALU-Cooperativa Agropecuária Limitada de Uberlândia (Uberlândia, MG), Catupiry (Santa Vitória, MG), entre outras. (capital de origem local).

As indústrias Dairy Partneres Américas – Nestlé; Laticínios Baduy (Fazendeira) e Laticínios Canto de Minas são indústrias leiteiras que possuem fundamental importância na dinâmica produtiva agropecuária da microrregião de Ituiutaba, proporcionando grande valorização da produção de leite e de seus derivados. (RODRIGUES, 2018).

A Nestlé (figura 15 e 16) unidade industrial de Ituiutaba-MG foi instalada em 1974, para produção de leite em pó (leite Ninho).

**Figura 15** - Ituiutaba-MG-Vista parcial da unidade da Nestlé, 2015.



Fonte: Jornal de Minas Gerais, 2015.

**Figura 16** - Ituiutaba-MG-Vista parcial das instalações externas da Nestlé, 2021.



Fonte: Editora B2B, 2021.

O laticínio Baduy (figura 17 e 18), que comercializa a marca Fazendeira, começou suas atividades industriais em 1938, com a localização central na cidade de Ituiutaba-MG, pelos seus fundadores Antônio Baduy e Abdalla Hanna Attu.

**Figura 17** - Ituiutaba-MG-Vista parcial da parte externa do laticínio Baduy.



Fonte: Rodrigues, 2018.

**Figura 18** - Ituiutaba-MG- Vista parcial das instalações internas do laticínio Baduy.



Fonte: Rodrigues, 2018.

A agroindústria Canto de Minas (figura 19 e 20) se estabeleceu na cidade de Ituiutaba-MG em 1994, destacando se pela fabricação dos mais diversos produtos lácteos.

**Figura 19** - Ituiutaba-MG-vista parcial da parte externa do Canto de Minas-Centro.



Fonte: Rodrigues, 2018

**Figura 20** - Ituiutaba-MG-vista parcial das instalações do laticínio Canto de Minas.



Fonte: Rodrigues, 2018

Assim, pode-se compreender que a região de Ituiutaba possui uma importante bacia leiteira dinamizada pela implantação transformadora desta matéria-prima. (RODRIGUES, 2018).

### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada com base na metodologia proposta por Jardim e Melo (2017), utilizando-se do Tanfloc, um coagulante natural para verificar a sua viabilidade para substituir os produtos químicos utilizados no tratamento de efluentes nos laticínios no município de Ituiutaba-MG.

A metodologia proposta por Jardim e Melo (2017), esboça sobre a importância da análise do teste de *jar test* para verificar a eficiência de coagulação do coagulante natural. É nesse sentido que a proposta dessa pesquisa ao considerar a presente metodologia, apresenta a diferenciação do processo de coagulação e floculação entre produtos químicos e coagulantes naturais.

Ademais, o método deste trabalho foi dividido em fases para melhor desempenho da proposta, por meio da realização de pesquisa teórica e prática.

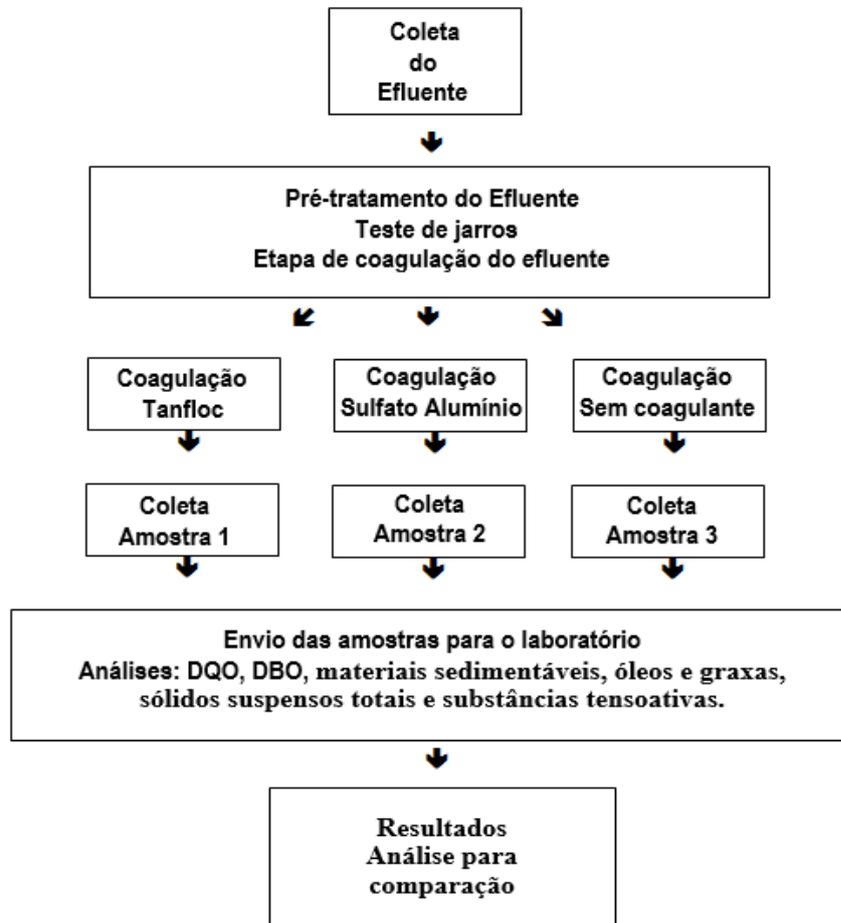
A pesquisa experimental por sua relevância na construção do conhecimento dos fatos baseou-se em quantitativa e qualitativa. Sendo quantitativa por apresentar dados numéricos em relação às análises físico-químicas que foram realizadas em laboratórios e qualitativa por apresentar a eficiência ou não do coagulante natural.

A pesquisa teórica se deu através de estudos em bases de dados oficiais em livros, bem como artigos e revistas científicas sendo realizado o levantamento bibliográfico sobre a temática.

O trabalho consiste no estudo sobre o uso de coagulantes naturais em substituição aos coagulantes químicos no tratamento de efluentes agroindustriais, provenientes de indústrias de laticínios no município de Ituiutaba-MG.

Para realização dos experimentos propostos foram consideradas seis variáveis para as médias do sulfato e do tanino, para tanto utilizou-se o teste de Sisvar pareado para verificar se existe diferença estatística entre estes dois conjuntos de médias. As variáveis consideradas foram demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), materiais sedimentáveis, óleos e graxas, sólidos suspensos totais e substâncias tensoativas, com três repetições cada. Para facilitar a compreensão da presente pesquisa foi desenvolvido um fluxograma geral demonstrando todas as etapas do desenvolvimento da mesma, conforme exposto na figura 21.

**Figura 21** - Fluxograma das análises.



Fonte: Souza, J.A., 2021.

### 3.1 Coleta do Efluente

Para realização do experimento proposto, o efluente bruto foi cedido por uma empresa parceira do projeto com sede na cidade de Ituiutaba-MG. Foram coletadas amostras do efluente entre os meses de setembro a outubro de 2020, pois, devido a pandemia do novo coronavírus, o acesso à empresa ficou bastante restrito.

Todo o processo foi realizado com três repetições para que fosse possível obter um resultado médio em relação às análises realizadas.

As amostras foram coletadas seguindo a metodologia proposta pelo Guia Nacional De Coleta E Preservação De Amostras (2011), adaptado. Utilizando recipientes inertes sem preservantes previamente limpos. Posteriormente as amostras foram transferidas para frascos cor âmbar e encaminhadas ao laboratório do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus Ituiutaba*.

### 3.2 Pré tratamento do Efluente

Nesta etapa foram realizados os tratamentos em teste de jarros para verificar a eficiência do coagulante a base de tanino comercial (Tanfloc) em comparação ao coagulante comumente utilizado nas indústrias de Ituiutaba-MG e região. Para essa comparação os efluentes foram submetidos a um processo de agitação rápida a 130 rpm por 1 minuto, seguido de agitação a 30 rpm por 15 minutos e repouso por 20 minutos no equipamento *jar test*.

Neste processo foram utilizados separadamente para cada litro de água residuária tratada em *jar test* em cada jarro, os volumes de 0,6 mL para o tanfloc, 0,04g para o sulfato de alumínio, além da amostra sem coagulantes utilizada como controle, seguindo a metodologia proposta por Jardim e Melo (2017), conforme o quadro abaixo:

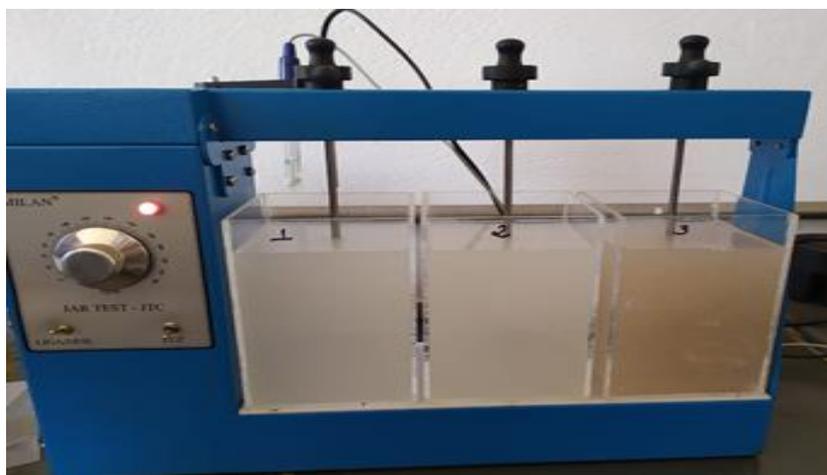
**Quadro 1** - Ituiutaba-MG - Processo de tratamento em *jar test*.

PRODUTOS ADICIONADOS		
JARRO 1	EFLUENTE	NÃO ADICIONADO COAGULANTES
JARRO 2	EFLUENTE	SULFATO DE ALUMINIO
JARRO 3	EFLUENTE	TANINO

Fonte: Souza, J.A, 2020

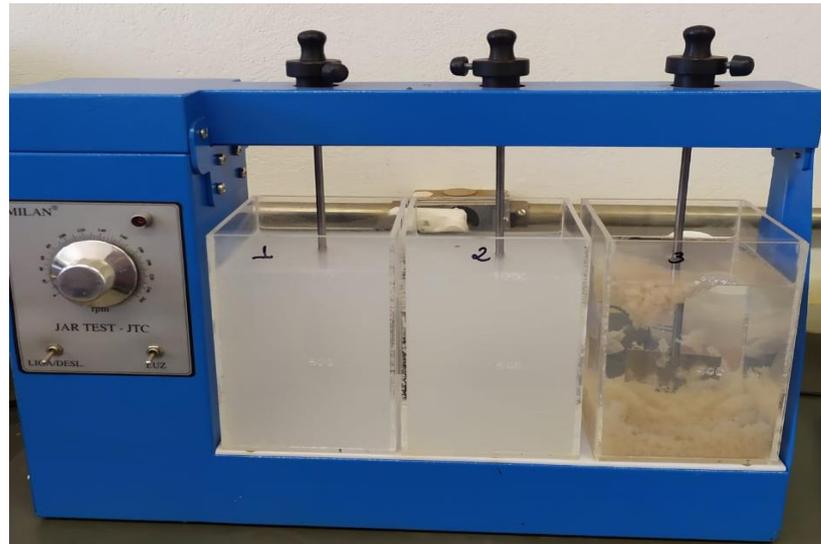
As Figuras 22, 23 e 24 ilustram o processo de pré-tratamento realizado para o presente estudo.

**Figura 22** - Processo de rotação para coagulação/floculação.



Fonte: Souza, J.A, 2020

**Figura 23** - Processo coagulação/floculação-decantação.



Fonte: Souza, J.A,2020

### 3.3 Análise do Efluente Tratado

Após o tratamento do efluente em *jar test*, coletou-se dois litros de amostra do sobrenadante de cada tratamento (com sulfato de alumínio, com Tanfloc e sem coagulantes), envasou-se em frascos âmbar previamente higienizados e enviou-se todas as amostras para o laboratório regulamentado na cidade de Uberlândia, para a realização das análises físico-químicas de D.B.O (Demanda Bioquímica de Oxigênio), D.Q.O (Demanda Química de Oxigênio), materiais sedimentáveis, óleos e graxas, sólidos suspensos totais, substâncias tensoativas, a escolha das análises se deu conforme a resolução CONAMA n°.430, de 13 de maio de 2011, com o objetivo de comparar os resultados obtidos entre os tratamentos.

**Figura 24** - Retirada do sobrenadante.



Fonte: Souza, J.A, 2020

O pré-tratamento do efluente realizado com o coagulante natural para comparação ao coagulante químico, foi desenvolvido em parceria com o laboratório de físico-química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro IFTM – *Campus Ituiutaba*.

### 3.4 Estatística dos Dados

Para o tratamento estatístico dos dados experimentais foi utilizado o programa Sisvar, sendo considerado o planejamento um DIC (Delineamento inteiramente casualizado) com seis tratamentos e três repetições. Foi realizada análise de variância, e, para comparação de médias foi utilizado o teste de Tukey a nível de 5% de significância. Sobre o cálculo para a análise estatística, vejamos:

#### Teste de Tukey

$$\text{Estatística de teste: } q = \frac{\bar{X}_B - \bar{X}_A}{\frac{\sqrt{S^2}}{n}}$$

$$\frac{\sqrt{S^2}}{n}$$

$$\text{Valor crítico: } q_{\alpha, U, k}$$

*Critério de decisão:*

$$\text{Rejeitar } H_0 \text{ se: } q > q_{\alpha, U, k}$$

Não Rejeitar  $H_0$  caso contrário

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado e discussão compreende as análises físico-químicas do efluente bruto e os parâmetros avaliados em relação à eficiência do tratamento de efluentes com o sulfato de alumínio e com o Tanfloc em relação ao fator DBO, DQO, materiais sedimentáveis, óleos e graxas, sólidos suspensos totais e substâncias tensoativas. Estes resultados estão expressos na forma de tabela e de gráficos para melhor visualização dos mesmos.

Na Tabela 01 estão expressos os resultados médios obtidos nas análises físico-químicas que caracterizaram o efluente bruto, cujo pré-tratamento em *jar test* foi realizado sem coagulante. Esse tratamento foi utilizado como controle para comparação entre os coagulantes químico e natural, uma vez que o próprio processo de agitação e repouso pode promover algum tipo de coagulação.

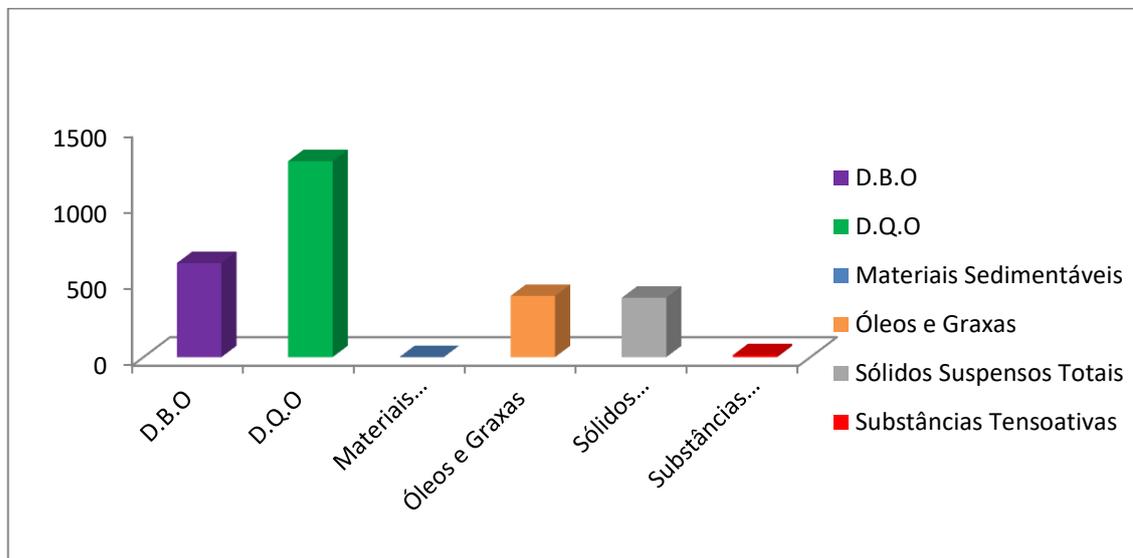
**Tabela 1** – Caracterização inicial dos parâmetros físico-químicos para análise com o coagulante químico e natural em teste de jarros.

Efluente bruto	Parâmetros médios
D.B.O	616,6667
D.Q.O	1284,8
Materiais Sedimentáveis	0,066667
Óleos e Graxas	401,3667
Sólidos Suspensos Totais	389,7667
Substâncias Tensoativas	12,5

Fonte: Souza, J.A, 2020

O gráfico 01 mostra o resultado médio dos parâmetros físico-químicos encontrados nas análises laboratoriais e expressos na tabela 01, provenientes das amostras de efluentes coletados diretamente na empresa de laticínios situada no município de Ituiutaba-MG no período de setembro a outubro de 2020 sem adição de coagulantes. O resultado de D.B.O. é expresso em mg/O<sub>2</sub>/L e os demais parâmetros são expressos em mg/L.

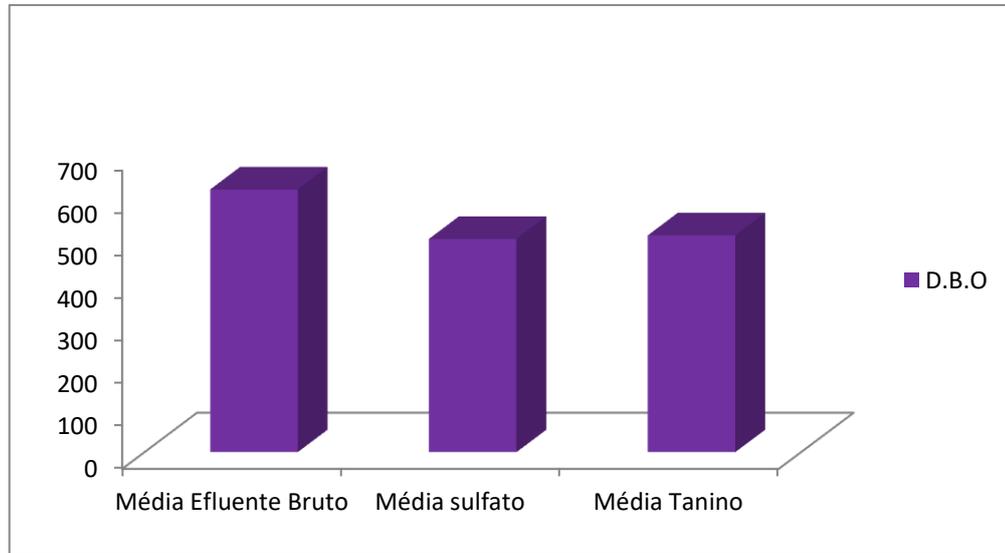
**Gráfico 1** - Resultado médio dos parâmetros físico-químicos encontrados nas análises laboratoriais.



Fonte: Souza, J.A, 2020

O gráfico 02 apresenta os resultados das análises de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) expresso em mg/O<sub>2</sub>/L, encontrados após o tratamento do efluente utilizando como coagulante o sulfato de alumínio e o tanino.

**Gráfico 2** - Resultado dos Parâmetros da DBO (mg/O<sub>2</sub>/L ) encontrados para o tratamento de efluente com o sulfato de alumínio e com o tanino.



Fonte: Souza, J.A, 2020

Pode-se observar pelo gráfico apresentado que ambos os coagulantes foram eficientes em relação ao fator D.B.O. após o tratamento do efluente. A redução de DBO no efluente tratado com o sulfato de alumínio foi de 18,8%, ao ponto que a redução da DBO no efluente tratado com o tanino foi de 17,4%. Werberich (2017) no estudo onde avaliou o tratamento de efluentes provenientes de frigoríficos alcançou 15,53% de eficiência de remoção de DBO para o coagulante sulfato de alumínio e 46,99% quando tratado com o Tanfloc, mostrando no presente estudo que o coagulante natural foi mais eficiente que o produto químico utilizado.

Na Tabela 2 são apresentadas as médias e o resultado do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, para a análise de DBO após o pré-tratamento para o efluente bruto, para o efluente tratado com sulfato de alumínio e para o efluente tratado com tanino.

**Tabela 2** - Médias da DBO (mg/O<sub>2</sub>/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos.

Tratamentos	Médias (mg/O <sub>2</sub> /L)
Sulfato	500.936667a
Tanino	509.033333ab
Efluente	616.666667b

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

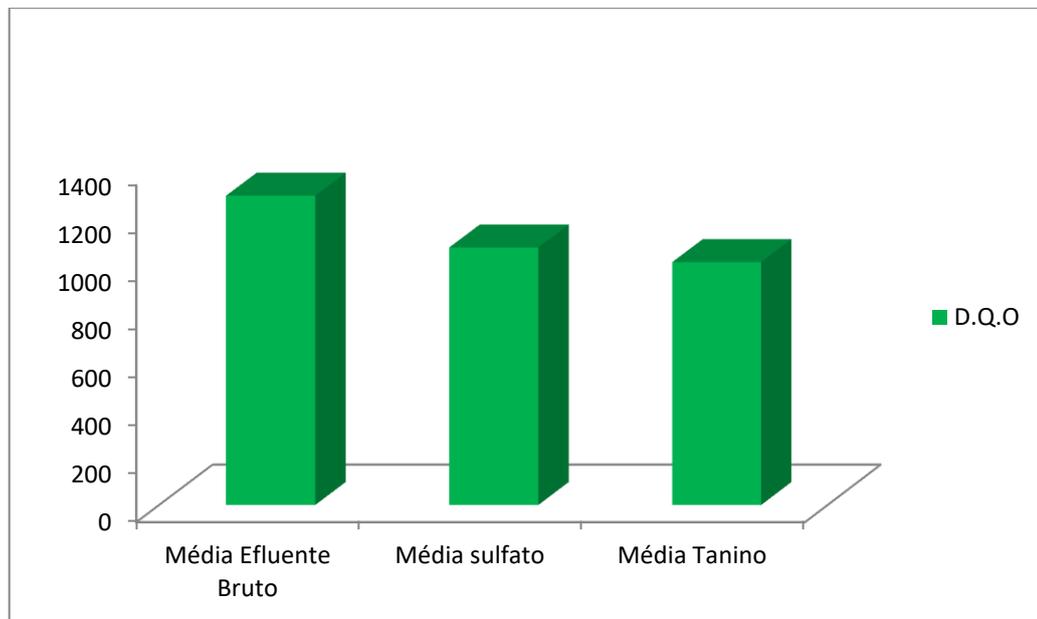
Fonte: Souza, J.A, 2020

Como a DBO é um teste que indica a quantidade de oxigênio consumida por micro-organismos presentes em determinada amostra de um efluente, seu valor após o teste de jarros deve ser reduzido para um resultado satisfatório.

Verifica-se (Tabela 2) que não há diferença significativa em relação aos tratamentos Sulfato e Tanino e Tanino e Efluente bruto, porém verifica-se também que há diferença significativa entre o Sulfato e o Efluente bruto mostrando que para o parâmetro DBO o sulfato é eficiente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

O gráfico 03 mostra os parâmetros obtidos nas análises de DQO expressos em mg/L, com o tratamento do efluente pelo tanino e pelo sulfato de alumínio.

**Gráfico 3** - Resultado dos Parâmetros da DQO (mg/L) da amostra de efluente após tratamento com o tanino e sulfato de alumínio.



Fonte: Souza, J.A, 2020

Conforme o gráfico 03, verifica-se que os valores de DQO do efluente apresenta valores reduzidos para ambos os tratamentos em relação ao efluente bruto. Para o coagulante a base de tanino, verificou-se redução de 21,5%, enquanto o coagulante sulfato de alumínio reduziu 16,8% da DQO encontrada no efluente bruto. Nunes (2016), ao analisar efluente oleoso de unidades marítimas de perfuração de poços de petróleo, encontrou 98,8% de eficiência quando utilizou em seu tratamento o coagulante tanfloc e 98,7% de eficiência ao utilizar o sulfato de alumínio, demonstrando que não houve diferença significativa entre eles.

Na tabela 3 são apresentadas as médias e o resultado do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, para a análise de DQO após o pré-tratamento para o efluente bruto, para o efluente tratado com sulfato de alumínio e para o efluente tratado com tanino.

**Tabela 3** - Médias da DQO (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos.

Tratamentos	Médias (mg/L)
Sulfato	1069.166667a
Tanino	1008.600000a
Efluente	1284.800000b

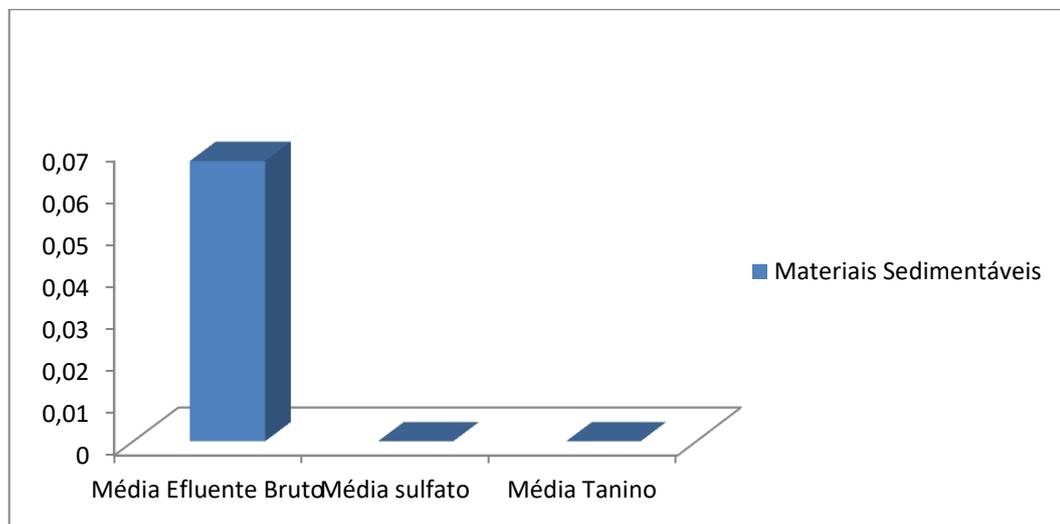
As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Fonte: Souza, J.A, 2020

A DQO indica a quantidade de oxigênio necessária para degradar a matéria orgânica, biodegradável e/ou não biodegradável, é ideal que após o teste de jarros o seu valor tenha sofrido redução quando comparado à água residuária bruta. Verifica-se que o menor valor de DQO obtido foi após o tratamento com o coagulante Sulfato de alumínio, resultado que não difere significativamente do tratamento realizado com o Tanino, porém os dois tratamentos diferem do efluente bruto, demonstrando que ambos são igualmente eficientes quando comparados entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O gráfico 04 apresenta os valores em relação aos materiais sedimentáveis expressos em mg/L, encontrado após tratamento em teste de jarros utilizando o tanino e o sulfato de alumínio como coagulantes.

**Gráfico 4** – Resultado dos Parâmetros de Materiais sedimentáveis (mg/L) obtidos após tratamento com o Tanino e com sulfato de alumínio.



Fonte: Souza, J.A, 2020

Os coagulantes utilizados reduziram de maneira drástica os materiais sedimentáveis encontrados no efluente bruto. Tanto o sulfato de alumínio quanto o tanino diminuíram os valores de materiais sedimentáveis em 100%, reduzindo a zero esses materiais no efluente após o tratamento, mostrando que ambos são bons coagulantes para esse parâmetro. Os valores encontrados estão de acordo com o exigido pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA número 430 de 17 de março de 2005.

Na tabela 4 são apresentadas as médias e o resultado do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, para a análise de Materiais Sedimentáveis após o pré-tratamento para o efluente bruto, para o efluente tratado com sulfato de alumínio e para o efluente tratado com tanino.

**Tabela 4** - Ituiutaba-MG - Médias de Materiais Sedimentáveis (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos.

Tratamentos	Médias (mg/L)
Sulfato	0.000000a
Tanino	0.000000a
Efluente	0.066667b

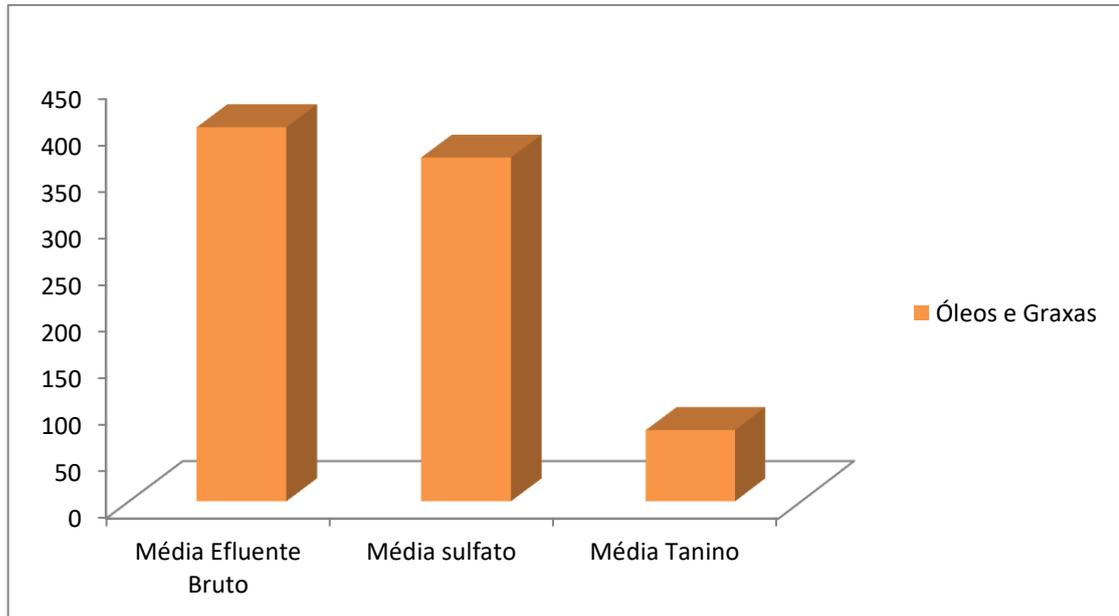
As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Fonte: Souza, J.A, 2020

Sólidos sedimentáveis constituem a parte mais grosseira dos sólidos suspensos e são constituintes principais dos lodos das estações de tratamento, sua redução é necessária para um bom tratamento do efluente bruto. Observa-se após o tratamento, ambos os coagulantes (Sulfato e Tanino) se mostraram eficientes ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey quando comparados ao Efluente bruto.

O gráfico 05 esboça os dados encontrados nas análises físico-químicas após o tratamento do efluente utilizando os coagulantes sulfato de alumínio e tanino em relação ao parâmetro óleos e graxas expressos em mg/L.

**Gráfico 5** - Resultado dos Parâmetros de óleos e graxas (mg/L) obtidos após tratamento com o Tanino e com sulfato de alumínio.



Fonte: Souza, J.A, 2020

O gráfico mostra uma redução do parâmetro óleos e graxas relativamente maior quando o efluente foi tratado com o coagulante a base de tanino em comparação ao sulfato de alumínio. A redução do fator óleos e graxas quando tratado o efluente com o tanino foi de 81%, haja vista que o efluente tratado com o sulfato de alumínio reduziu apenas 8,1% dos valores para óleos e graxas. Esse resultado mostra que para o parâmetro óleos e graxas, o coagulante a base de tanino se mostrou mais eficiente que o sulfato de alumínio. Os valores encontrados para o parâmetro óleos e graxas em ambos os coagulantes estão fora do preconizado pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, que estabelece 50 mg/L para óleos de origem vegetal e gordura animal, e 20 mg/L para óleos minerais, demonstrando que o efluente precisa passar por mais processos de tratamento para a retirada do excesso de óleos e graxas, esse processo geralmente se dá por meio de acidificação do efluente.

Na tabela 5 são apresentadas as médias e o resultado do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, para a análise de Óleos e graxas após o pré-tratamento para o efluente bruto, para o efluente tratado com sulfato de alumínio e para o efluente tratado com tanino.

**Tabela 5** - Médias de Óleos e graxas (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos.

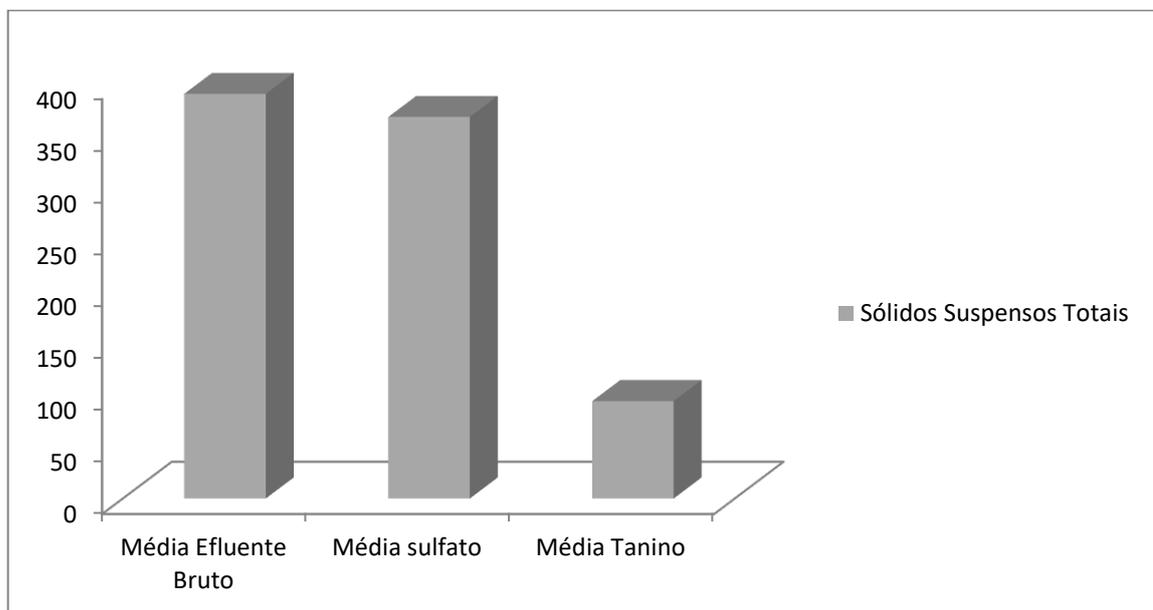
Tratamentos	Médias (mg/L)
Sulfato	368.850000a
Tanino	76.256667b
Efluente	401.381111a

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Fonte: Souza, J.A, 2020

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. O efluente tratado deve ter sua quantidade de óleos e graxas reduzidos. Pode-se observar após o tratamento do efluente, que apenas o coagulante Tanino se mostrou eficiente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey quando comparado ao efluente bruto. O coagulante sulfato não se diferenciou significativamente do efluente bruto.

O gráfico 06 demonstra os resultados alcançados quanto ao parâmetro sólidos suspensos totais expressos em mg/L, no efluente após o tratamento com os coagulantes sulfato de alumínio e tanino.

**Gráfico 6** - Resultados obtidos após tratamento com o Tanino e com sulfato de alumínio quanto ao fator sólidos suspensos totais (mg/L).

Fonte: Souza, J.A, 2020

Para o fator sólidos suspensos totais, o coagulante sulfato de alumínio se mostrou menos eficiente quando comparado ao coagulante a base de tanino, uma vez que apresentaram valores de redução de 5,7% e 75,9% respectivamente. O valor encontrado para efluentes

tratados com o Tanfloc foram semelhantes ao encontrado por Werberich (2017) que no estudo onde avaliou o tratamento de efluentes provenientes de frigoríficos alcançou 74,26% de eficiência de remoção de sólidos suspensos totais, porém ficou divergente em relação ao mesmo autor, quando comparado com o efluente tratado com sulfato de alumínio, onde o resultado encontrado foi de 63,75% de remoção.

Na tabela 6 são apresentados as médias e o resultado do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, para a análise de sólidos suspensos totais após o pré-tratamento para o efluente bruto, para o efluente tratado com sulfato de alumínio e para o efluente tratado com tanino.

**Tabela 6** - Médias de sólidos suspensos totais (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos.

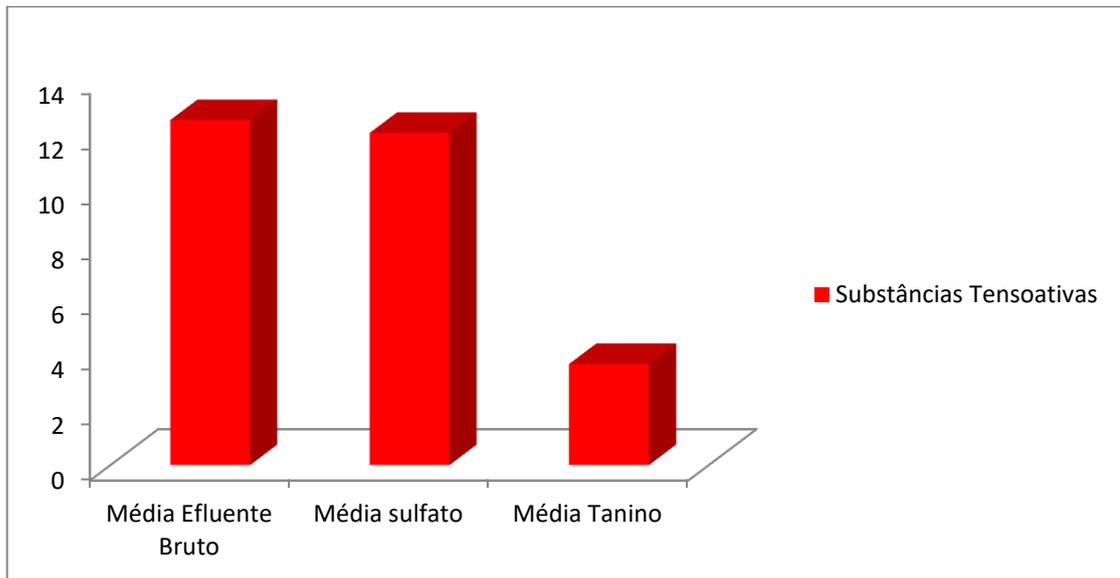
Tratamentos	Médias (mg/L)
Sulfato	367.533333a
Tanino	94.000000b
Efluente	389.766667a

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).  
Fonte: Souza, J.A, 2020

Sólidos suspensos são pequenas partículas sólidas que se mantêm em suspensão em água como um coloide ou devido ao movimento da água, valores reduzidos dessas substâncias são primordiais para um bom tratamento do efluente. Após o tratamento do efluente, apenas o coagulante Tanino foi efetivamente eficiente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey, quando comparado ao Efluente bruto. Não houve diferença significativa entre o efluente bruto e o efluente tratado com coagulante sulfato de alumínio.

O gráfico 07 ilustra o parâmetro substâncias tensoativas expressos em mg/L, e seus valores encontrados nos efluentes tratados com sulfato de alumínio e tanino em comparação ao efluente bruto.

**Gráfico 7** - Resultados dos Valores encontrados quanto ao parâmetro substâncias tensoativas (mg/L) após tratamento com o tanino e com sulfato de alumínio.



Fonte: Souza, J.A, 2020

O gráfico revela uma redução expressiva das substâncias tensoativas no efluente quando tratado com tanino se comparado ao mesmo efluente tratado com o sulfato de alumínio e ao efluente bruto. O tanino reduziu 70,7% das substâncias tensoativas em relação ao efluente bruto, enquanto o sulfato de alumínio reduziu apenas 3,7% em relação ao mesmo parâmetro. Os resultados encontrados estão fora dos padrões estabelecidos para disposição de efluentes em corpos hídricos que estabelece no máximo 2,0 mg/l segundo a resolução CONAMA (2011) para ambos os tratamentos.

Na tabela 7 são apresentadas as médias e o resultado do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, para a análise de substâncias tensoativas após o pré-tratamento para o efluente bruto, para o efluente tratado com sulfato de alumínio e para o efluente tratado com tanino.

**Tabela 7** - Médias de substâncias tensoativas (mg/L) e resultado do teste de Tukey para os tratamentos.

Tratamentos	Médias (mg/L)
Sulfato	12.033333a
Tanino	3.663333b
Efluente	12.500000a

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Fonte: Souza, J.A, 2020

Substâncias tensoativas diminuem a tensão superficial ou influenciam a superfície de contato entre dois líquidos. Um efluente para ser despejado no corpo hídrico, precisa ter um baixo valor para substâncias tensoativas. O coagulante Tanino se mostrou eficiente ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey, quando comparado ao Efluente bruto. Entre o efluente bruto e o efluente tratado com coagulante sulfato de alumínio não houve diferença significativa.

O presente trabalho mostrou na prática a eficiência do coagulante à base de tanino (Tanfloc) com relação aos parâmetros analisados quando aplicado em efluentes provenientes de indústrias de laticínios no município de Ituiutaba-MG.

O coagulante natural se mostrou eficiente, quando comparado a um coagulante comumente utilizado em laticínios no município de Ituiutaba-MG, o sulfato de alumínio, possibilitando assim a utilização do mesmo para o tratamento desses efluentes, visando à preservação do ambiente em que será depositado, por não gerar resíduos que prejudicam o meio ambiente.

O coagulante com utilização de taninos em sua formulação (Tanfloc), se mostra competitivo em relação ao coagulante sulfato de alumínio, porém sua utilização pode sim ser indicada, pois apesar do custo mais elevado, ele se mostra mais eficiente e a empresa poderá ganhar muito com relação a estratégias de *marketing* relacionadas ao produto, considerando que o mesmo não agride e nem deixa resíduos ao meio ambiente.

Como sugestão para estudos futuros, propõe-se o estudo de aperfeiçoamento das técnicas de extração dos taninos para que seja possível a produção de um coagulante natural com custo reduzido e assim tornar o mesmo, competitivo comercialmente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As reflexões trazidas no decorrer desta pesquisa em relação ao tratamento de efluentes a partir do uso de coagulantes naturais, constituem um novo desafio para proteção do meio ambiente, pois mesmo diante de uma legislação federal (CONAMA), ainda existem muitas lacunas na legislação sobre o tratamento de efluentes como foi exposto à falta de uma legislação municipal para regulamentar esse processo de tratamento conjuntamente com uma lei federal e estadual.

Assim, percebe-se durante toda a realização da pesquisa a falta de políticas públicas voltada para o tratamento de efluentes em laticínios, sendo algo tão fundamental e essencial para sociedade, essa questão envolve vários aspectos como a proteção ao meio ambiente, manter um ambiente equilibrado e saudável, bem estar social e a produção econômica.

Desta maneira, a discussão da presente pesquisa dever ser realizada em todas as esferas governamentais e sociais, com o propósito de preservação ambiental, permitindo a sociedade compreender os riscos que podem levar a falta de um adequado tratamento de efluentes, e que a utilização de produtos químicos resulta em danos não somente ao meio ambiente, mas a saúde das pessoas.

Desta maneira, considera-se essa pesquisa essencial para estabelecer um ambiente saudável e equilibrado como previsto na Constituição Federal de 1988, que a partir do método utilizado mostrou-se satisfatória comprovando que o coagulante natural (tanino), pode substituir os coagulantes químicos no tratamento de efluentes, e ainda em acordo com as normas exigidas pela legislação.

Ademais, os resultados encontrados mostram que o tratamento com o tanino foi tão eficiente quanto o tratamento com o coagulante químico o que proporciona um tratamento natural, eficaz e principalmente sem prejudicar ou causar danos ao meio ambiente e a população, reduzindo os impactos ambientais.

Impende ressaltar que para atingir o resultado satisfatório foi necessário utilizar o efluente gerado por um laticínio, que apesar do momento de pandemia do novo coronavírus COVID 19 e das dificuldades de acesso à empresa parceira, seguindo todos os protocolos de segurança foi cedido por esta, e somente a partir dessa concessão, foi possível desenvolver a pesquisa.

O método utilizado para realização desta pesquisa mostrou-se eficiente e eficaz, possibilitando atingir o resultado esperado que se baseia na substituição do coagulante

químico pelo coagulante natural no tratamento de efluente de laticínios no município de Ituiutaba-MG.

Ao desenvolver e discorrer sobre o tratamento de efluente de laticínios observou-se que a literatura é restrita, e o que se encontra é antigo, o que traz uma sensação de abandono da causa da preservação ambiental, pois a pesquisa abrange uma questão muito relevante e essencial que é o tratamento de efluente em laticínios, que utiliza o recurso hídrico por 24 horas durante 365 dias sem nenhuma interrupção, sendo de extrema importância essa questão, que diante dos fatos apresentados exige-se um olhar diferenciado para a presente causa.

Desta forma, apesar da pesquisa apresentar um resultado de eficiência, a realização de novos trabalhos é necessária para dar continuidade à pesquisa propondo técnicas ambientalmente mais sustentáveis para a preservação dos recursos naturais que se fazem cada vez mais escassos. Ainda é possível a realização de uma pesquisa futura para ampliar novos temas relacionados a esta, como a possibilidade de redução dos valores para coagulantes naturais.

Assim, a realização desta pesquisa trouxe uma ampliação de conhecimento para a pesquisadora sobre o tratamento de efluentes em laticínios e obteve-se a certeza da importância da realização desse tratamento com coagulante natural para alcançar um ambiente mais saudável.

## REFERÊNCIAS

ASC Soluções Ambientais. **A Tecnologia do Ozônio e Tratamento de efluentes Lácteos**. 2016.

AQUAMAR. **Tratamento de água**. Disponível em: <<http://aquamarmaria.com.br/produtos>>. Acesso em: 09/ set/ 2021.

BAHIA, Constituição (1989), Capítulo VI– DO MEIO AMBIENTE, Art. 225. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 10/set/2020.

BEGNINI, B. C; RIBEIRO, H. B. Plano para redução de carga poluidora em indústria de laticínios. **Revista Saúde e Meio Ambiente**. Mafra-SC, v. 3, n. 1, 2014.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011. Brasília-DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 2011.

BRM Ambiental. Disponível em: < <http://brmambiental.com.br/produtos/>>. Acesso em: 09/ out/2021.

CAPELETE, B. C. **Emprego da quitosana como coagulante no tratamento de água contendo *Microcystis aeruginosa* – avaliação de eficiência e formação de trihalometanos**. Universidade de Brasília, 2011. Disponível em < <http://ptarh.unb.br/dissertacoes/emprego-da-quitosana-como-coagulante-no-tratamento-de-agua-contendo-microcystis-aeruginosa-avaliacao-de-eficiencia-e-formacao-de-trihalometanos/>>. Acesso em: 10/set/2020.

CETESB. **Guia técnico ambiental de produtos lácteos**. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP, 2006.

CIÊNCIAECLIMA. Disponível em: < <https://cienciaclima.com.br/potencial-da-acacia-negra-para-sequestro-de-carbono/>>. Acesso em: 09/ out/2021.

CORAL, L.; BERGAMASCO, R.; BASSETTI, F. J. **Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo**. 2nd *International Workshop Advances in Cleaner Production*. São Paulo, 9 p., 2009.

CORNICIUC, C. M. **O tratamento convencional coagulação/floculação na remoção de nanopartículas metálicas**. Universidade do Algarve, 2015. Disponível em: <[http://sapiencia.ualg.pt/bitstream/10400.1/8314/1/TESE\\_CCorniciuc.pdf](http://sapiencia.ualg.pt/bitstream/10400.1/8314/1/TESE_CCorniciuc.pdf)>. Acesso em: 12/ mar/2021.

CRESPILHO, F.N.; SANTANA, C.G, REZENDE, M.O. O. Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. **Revista Química Nova**, São Paulo, Vol.27, N.3,2004, 387-392.

EMBRAPA. **Embrapa Florestas – Sistemas de produção**. Janeiro de 2003. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/#acacia\\_negra](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/#acacia_negra)>. Acesso em:18/ Ago/ 2020.

FIORENTINI, V. **Uso do Tanino no Processo de Tratamento de Água como Melhoria em Sistema de Gestão Ambiental**. Universidade Tecnológica Federal de Santa Maria, RS, 2005. Dissertação (Mestrado).

FERRARI, C. T. D. R. R. **Uso de coagulantes Naturais no Tratamento de Efluente da Indústria de Alimentos**. 2015, 7f. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

FERREIRA, R. P. **Uso de coagulantes naturais como pré-tratamento de efluente de laticínio**. 2012. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FIEMG. **Guia técnico ambiental da indústria de laticínios**, 2014. Disponível em: [http://www.feam.br/images/stories/producao\\_sustentavel/GUIAS\\_TECNICOS\\_AMBIENTAIS/guia\\_laticinios.pdf](http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_laticinios.pdf). Acesso em: 03/10/2020.

FRAISOLI, D. **Tratamento físico e químico de efluente de laticínios com o uso de coagulantes orgânicos**. 2019. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.

**Guia nacional de coleta de preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília-DF, 2011. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>. Acesso em: 15/jul/2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/ituiutaba/panorama>>. Acesso em: 20/mai/2021.

JARDIM,V.P; MELO.C.M.T. **Potencial de Aplicação do Extrato de Erva Cidreira (lippia alba), como agente coagulante no pré tratamento de efluentes de laticínios**.Uberaba.2017. Dissertação. Instituto Federal do Triangulo Mineiro.Uberaba.2017

JARDINERIAON. Disponível em < <https://www.jardineriaon.com/acacia-negra.html/>> Acesso em: 09/out/2021.

LIMA JÚNIOR, R. N.; ABREU, F. O. M. S; Produtos naturais utilizados como coagulantes e floculantes para tratamento de águas: Uma revisão sobre benefícios e potencialidades. **Revista virtual de Química**. Ano. 03, n.03, junho. 2018.

KAWAMURA, S. effectiveness of natural polyelectrolytes in water treatment. **Journal American Water Works Association**.Denver, Co, EUA, v.83, n.10, p.88-91, 1991.

KEOGH, M. B.; ELMUSHARAF, K.; BORDE, P.; MCGUI - GAN, K.G. *Evaluation of the natural coagulant moringa oleifera as a pretreatment for sodis in contaminated tur - bid water*. **Revista Solar Energy**. Tampa- Flórida. Ano 2017, n. 158, p. 448-454.

MAESTROVIRTUALE. Disponível em < <https://maestrovirtuale.com/sulfato-ferrico-estrutura-propriedades-riscos-e-usos/>> Acesso em: 09/out/2021.

MARTINEZ, F. et al. **Resinas de taninos vegetais para a Remoção de metais**. Universidade de Havana, Cuba, 1997.

MARTINS, F.P; COSTA, R.A. **A Compartimentação do relevo como subsidio aos estudos ambientais no município de Ituiutaba-MG**. Disponível em <

<https://www.scielo.br/j/sn/a/Yy6XwFCbvjckTRdgyhgcsPx/?format=pdfElang=pt>> Acesso em: 25/ abr/2021.

MATEUS, G. A. P.; BAPTISTA, A. T. A.; PINTO, L. A. M.; VIEIRA, A. M. S.; BERGAMASCO, R.; GOMES, R. G. Aplicação do coagulante natural *Moringa Oleifera* na remoção de cor e turbidez de efluente lácteo. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA UNICESUMAR, 9., 2015, Maringá. **Anais Eletrônico**. Maringá: ISBN, 2015.

MONACO, P.A.V.L. et. al. Tratamento de esgoto sanitário utilizando coagulante natural seguido de filtro orgânico. **Revista Caatinga**. Mossoró-RN, n.1, p.28-40, 2014.

NATURALTEC. Disponível em < [www.naturaltec.com.br](http://www.naturaltec.com.br)> Acesso em: 09/set/2021.

OLDONI, B. T. **Tanino como alternativa ao uso de coagulantes químicos no tratamento de efluente de laticínio**. Disponível em < <http://repositorio.uricer.edu.br/handle/35974/276>> Acesso em: 25/ abr/2021.

OLIVEIRA, B. S. **ITUIUTABA-MG: na rede urbana tijuicana: Reconfigurações sócio/espaciais no período de 1950 a 2000**. 2003. 205 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

OLIVEIRA, H. C. M. de. **Urbanização e cidades: análises da microrregião de ITUIUTABA (MG)**. Disponível em< <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15977>> Acesso em: 20/ mar/2020.

PARENTE, A. H.; SILVA, E. A. B. Redução de efluentes líquidos na indústria alimentícia. **Revista Química E Tecnologia**, Rio de Janeiro-RJ, Ano 01, n.1, jul/dez 2002.

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

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do Sulfato de Alumínio no tratamento de água**. 2008. Trabalho de diplomação (Graduação em engenharia civil) Departamento de engenharia civil. Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUIUTABA. 2011. Disponível em: <http://www.ituiutaba.mg.gov.br>. Acesso em: 19/ mar/2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUIUTABA. 2018. Disponível em: <https://www.ituiutaba.mg.gov.br/n/noticia/fundacao-recomenda-interdicao-da-antiga-ponte-sobre-rio-tejuco>. Acesso em: 08/set 2021.

POOLPISCINA. Disponível em: <[www.poolpiscina.com/sulfato-de-alumínio/](http://www.poolpiscina.com/sulfato-de-alumínio/)>. Acesso em: 08/set/2021.

QUEIROZ, A. T, de; COSTA, R. A. **Caracterização e variabilidade climática em séries de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação em Ituiutaba-MG**. n.43, p.346-357, out.2012.

QUIMIDROL. **Produtos Químicos.** Disponível em: <[www.quimitecnica.com/produto/sulfato-ferrico](http://www.quimitecnica.com/produto/sulfato-ferrico)>. Acesso em 15/mai./ 2020.

QUIMITECNICA. **Águas e efluentes.** Disponível em: <[www.quimidrol.com.br/quimica](http://www.quimidrol.com.br/quimica)>. Acesso: 15/mai./2021.

REINIGEND. **Química do Brasil.** Disponível em: [reinigend.com.br/sulfato-de-aluminio-liquido](http://reinigend.com.br/sulfato-de-aluminio-liquido). Acesso: 08/set/2021.

RENAULT, F; SANCEY, B; BADOT, P.M; CRINI, G. Chitosan for coagulation/flocculation processes – an eco-friendly approach. **European Polymer Journal**, n.25, p.1337-1348, 2009.

RODRIGUES, A S. **Geografia e indústria:** estudo sobre uma empresa de laticínios em ITUIUTABA-MG. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia – MG. Ituiutaba-MG, 2018.

SANDRA, A.S, **Clima urbano:** Análise do campo termo-higrométrico em episódios de inverno e primavera em ITUIUTABA-MG. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de UBERLÂNDIA – MG. ITUIUTABA-MG, 2019.

SILVA, D. J. P. **Diagnóstico do consumo de água e da geração de efluentes em uma indústria de laticínios e desenvolvimento de um sistema multimídia de apoio**, 2006. Disponível em:<<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2847/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20/set/2020.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto.** 1999, p.16. **Dissertação** (Mestrado). Curso de Pós-Graduação de Saúde Pública-Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.

SILVA, D. J. P., **Resíduos na indústria de laticínios**, 2011. Disponível em [www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais2.pdf](http://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais2.pdf). Acesso em: 20/ mai/2020.

SILVA, F.K.; EYNG, J. O tratamento de águas residuais de indústria de laticínios: Um estudo comparativo entre os métodos de tratamento com o biofiltro e com o sistema convencional de lagoas. **Revista Gestão E sustentabilidade ambiental**. Florianópolis, v.1, n.2, p4-22/out/2012/marc.2013.

SILVA, M. E. R. da; AQUINO, M. D. de; SANTOS, A. B. dos. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não naturais. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 178-190, dez. 2007

SOARES, B.C.V.; QUITERIO, S.L.; VENDRAMEL, S.M.R.; Tratamento de efluentes na indústria de laticínios. **Revista Portal Milk Point**. Ano. 2019, n.136. p.42-44.

SOLANA, I. **Estudo da viabilidade de utilização de um polímero de base orgânica em substituição ao cloreto férrico no tratamento de efluente industrial.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SANTOS, E.O., Ribas, P.P., Costa, C.C., Gonzáles, P.L.S. Resíduo da agroindústria como coagulante natural em estação de tratamento de efluente. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Ano 2021.v.9, n.1, p.189-200.

SOUTO, T. S. **Agroindústria leiteira no município de ITUIUTABA - MG: Organização/reorganização socioespacial no período de 1960 a 2013**. Dissertação (Mestrado em Geografia). 15p. Universidade Federal de Santa Maria – RS. Santa Maria-RS, 2016.

SOUTO, T. S. BEZZI, M. L. A cadeia produtiva do leite em ITUIUTABA/MG e os processos dinamizadores na interface do desenvolvimento local/regional. Anais. VIII Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional – Rio Grande do Sul. Santa Cruz do Sul – RS. De 13 a 15 de setembro de 2017.

SOUZA, E. C. N. **Tratamento de efluente oleoso de unidades de perfuração de poços de petróleo**. Disponível em: <http://www.tratamento-de-efluente-oleoso-de-unidades-maritimas-de-perfuracao-de-pocos-de-petroleo.pdf>> Acesso em: 10/mai/2021.

TANAC. Tanfloc SG. 2014. Disponível em: <[http://www.tanac.com.br/sites/default/files/CT\\_TANFLOC\\_SG\\_PT\\_0.pdf](http://www.tanac.com.br/sites/default/files/CT_TANFLOC_SG_PT_0.pdf)>. Acesso em: 02/mai/2021.

VASCONCELOS, D.V.; GOMES, A. **Tratamento de efluentes de postos de combustíveis para o reuso usando processos oxidativos avançados**, 2009. Disponível em: <<file:///C:/Users/vitorhugo/Downloads/995-4398-1-PB.pdf>>. Acesso em: 19/jun/2017.

VAZ, L.G. de L. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento de efluente líquido gerado na galvanoplastia**. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.

VAZ, L. G. L. et Al. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Revista Eclética Química**. vol.35. n.4, Araraquara-SP, 2010.

VILLA, R. D; SILVA, M. R. A; NOGUEIRA, R. F. P. Potencial de aplicação do processo foto-fenton/solar como pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios. **Revista Química Nova**, São Paulo, vol.30, n.8, p.1799-1803, out.2007.

WEINBERGER. **Indústria e Comércio de Escovas**. Disponível em: <[www.weinberger.com.br/blog/limpeza-na-industria-alimenticia-ajuda-a-reduzir-custos](http://www.weinberger.com.br/blog/limpeza-na-industria-alimenticia-ajuda-a-reduzir-custos)> Acesso em 08/set/2021.

WERBERICH, T. **Diferentes tipos de coagulantes no tratamento de efluente de Frigorífico**. Disponível em: <[HTTPS://BDM.UFMT.BR/BITSTREAM/1/1272/1/TCC-2017-TALITA%20WERBERICH.PDF](https://BDM.UFMT.BR/BITSTREAM/1/1272/1/TCC-2017-TALITA%20WERBERICH.PDF)> Acesso em 10/ mai/ 2021.

ZOLETT, E. R.; JABUR, A.S. **Uso de polímero natural a base de tanino (tanfloc) para o tratamento de água para o consumo humano**. Disponível em:<[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/f3e044f81c8cf1a6bc3bde55ce83efc0\\_a228bfaef3c220a95cd7de6689ba084e.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/f3e044f81c8cf1a6bc3bde55ce83efc0_a228bfaef3c220a95cd7de6689ba084e.pdf)> Acesso em 10/ mai/2020.