



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS VÁRZEA GRANDE
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA QUÍMICA

STEFANIE SANTOS SILVA

**MÉTODOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES PROVENIENTES DE
INDÚSTRIAS DE GELATINAS: UMA VISÃO COM BASE NA LITERATURA**

Várzea Grande

2022

STEFANIE SANTOS SILVA

**MÉTODOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES PROVENIENTES DE
INDÚSTRIAS DE GELATINAS: UMA VISÃO COM BASE NA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia, Campus Várzea Grande da Universidade Federal de Mato Grosso como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Daniele Caetano da Silva

Várzea Grande

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S237m Santos Silva, Stefanie.
MÉTODOS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES
PROVENIENTES DE INDÚSTRIAS DE GELATINAS: UMA
VISÃO COM BASE NA LITERATURA / Stefanie Santos Silva. --
2022

49 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Daniele Caetano da Silva.

TCC (graduação em Engenharia Química) - Universidade
Federal de Mato Grosso, Instituto de Engenharia, Várzea Grande,
2022.

Inclui bibliografia.

1. resíduos da produção de gelatina. 2. processos convencionais.
3. tratamentos preliminares. 4. tratamentos primários. 5. tratamentos

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

Aos meus pais, Wagner e Edinalda, por todo
amor e compreensão, dedico.

Aos meus irmãos, namorado e amigos, ofereço.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades e forças que tem me proporcionado em toda a minha vida, principalmente nos desafios que tenho enfrentado nos últimos anos de faculdade.

Aos meus pais, Wagner e Edinalda, pelo suporte e acreditarem que eu seria capaz de superar os obstáculos que a vida me apresentou.

Ao meu namorado, Jeferson Lydijusse, que esteve ao meu lado durante todo o meu percurso acadêmico e escrita deste trabalho, dividindo sonhos e suportando toda distância.

Aos meus tios, Hozinete e Eber, toda a minha gratidão por me incentivarem a lutar pelos meus sonhos, a fazer a faculdade que sempre desejei e por todo suporte e apoio que sempre me proporcionaram.

A minha amiga, Julia Kamchen, por ser a minha pessoa, ter tornado a minha caminhada menos difícil e me incentivado a enfrentar novos desafios.

Agradeço imensamente minha orientadora, Prof^a. Dra. Daniele Caetano da Silva, por toda a orientação, não só no meu trabalho de conclusão de curso, mas também pelos projetos de extensão, programa de monitoria e todas as oportunidades durante a minha graduação.

A Engenheira de Alimentos e membro da banca examinadora, Chrystiellen Ribeiro, a quem tive oportunidade de ser colega de trabalho, me forneceu toda base de conhecimento para exercer minhas atividades em meu primeiro estágio e me incentivou a seguir meus sonhos e lutar por minhas realizações profissionais.

Ao Prof. Dr. Leonardo Vasconcelos, por aceitar ser membro examinador da banca, contribuindo com todo seu conhecimento e experiência na adequação e aprimoramento da escrita deste trabalho.

Por fim, sou grata a todas as pessoas que passaram pela minha vida e contribuíram em todos os passos da minha caminhada.

RESUMO

A gelatina é uma proteína coloidal que pode ser obtida através da hidrólise parcial do colágeno de pele animal, osso, nervo e outros tecidos, e é amplamente aplicada à alimentação, farmacologia e fotografia. Devido ao mercado pecuário promissor, retratado pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão no Brasil, tal fator contribuí diretamente para a ampla utilização dos resíduos da indústria de couro, para a obtenção da gelatina. Ao chegar na indústria, estes são passados pelos processos de classificação, picagem, lavagens e submetidos a tratamentos ácidos e alcalinos. Após a formação da gelatina, é notório a preocupação quanto aos resíduos gerados na formação da mesma, bem como, sua respectiva destinação. Portanto, tratamentos preliminares, primários e secundários, com a utilização de diversos processos biológicos como lodos ativados, lagoas de aeração e reatores anaeróbicos, apresentam aplicações promissoras para este tipo de efluente com a finalidade de obter maior remoção da carga orgânica. Buscando descrever tais métodos de tratamento e comparar a eficiência entre os tratamentos convencionais e as inovações que vem sendo estudadas, a revisão literária foi a metodologia escolhida para suprir o embasamento teórico necessário aos pontos de importância levantado. Foram consultadas diferentes bases de dados de publicações acadêmicas, utilizando o auxílio de descritores-chaves. Dessa forma, foram encontradas cerca de vinte e cinco publicações, destas, oito compreendem as condicionantes pré-estabelecidas. Como resultado, o estudo traz a descrição dos processos convencionais utilizados como tratamento e a comparação entre eles com um estudo de uso de biorreator com membranas. O experimento mostrou-se eficiente em parâmetros como remoção da demanda química de oxigênio, mas, apresentou desvantagens quando comparado com as inúmeras possibilidades de remoção para os sólidos em suspensão nos tratamentos convencionais. Além disso, é uma técnica que demanda maior complexidade de operacionalização. Portanto, foi possível destacar a importância do tratamento dos resíduos provenientes da produção de gelatina e sobretudo, o conhecimento teórico desses processos, garantindo a eficiência de remoção dos compostos e o correto descarte nos corpos receptores, tendo por consequência o atendimento as legislações vigentes.

Palavras-chave: resíduos da produção de gelatina; processos convencionais; tratamentos preliminares; tratamentos primários; tratamentos secundários.

ABSTRACT

Gelatin is a colloidal protein that can be obtained through partial hydrolysis of collagen from animal skin, bone, nerve and other tissues, and is widely applied to food, pharmacology and photography. Due to the promising livestock market, portrayed by the Ministry of Planning, Budget and Management in Brazil, this factor directly contributed to the wide use of waste from the leather industry, to obtain gelatin. Upon arrival at the industry, these are passed through the processes of classification, mincing, washing, and undergoing acid and alkaline treatments. After the formation of gelatin, there is a clear concern about the waste generated in its formation, as well as its respective destination. Therefore, preliminary, primary and secondary treatments, using various biological processes such as activated sludge, aeration ponds and anaerobic reactors, present promising applications for this type of effluent in order to obtain greater removal of the organic load. Seeking to describe such treatment methods and compare the efficiency between conventional treatments and the innovations that have been studied, the literary review was the methodology chosen to supply the necessary theoretical foundation to the points of importance raised. Different databases of academic publications were consulted, using the help of key descriptions. Thus, about twenty-five publications were found, of which eight comprise the pre-established conditions. As a result, the study brings the description of the conventional processes used as treatment and the comparison between them with a study of the use of bioreactor with membranes. The experiment proved to be efficient in terms of parameters such as removing the chemical demand for oxygen, but it had disadvantages when compared with the numerous possibilities for removing solids in suspension in conventional treatments. In addition, it is a technique that demands greater operational complexity. Therefore, it was possible to highlight the importance of treating waste from gelatin production and, above all, the theoretical knowledge of these processes, guaranteeing the efficiency of removing compounds and correct disposal in receiving bodies, thus complying with current legislation.

Key Words: residues from gelatin production; conventional processes; preliminary treatments; primary treatments; secondary treatments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do fluxograma de produção da gelatina.....	13
Figura 2 - Exemplo do mecanismo de gradeamento	14
Figura 3 - Calha Parshall	16
Figura 4 - Peneira rotativa com injeção de jatos d'água	17
Figura 5 - Representação de uma lagoa de equalização	18
Figura 6 - Representação do sistema de equalização em arranjo in line	19
Figura 7 - Representação do sistema de equalização em arranjo off line.....	20
Figura 8 - Representação do sistema de divisão alternada de fluxo	21
Figura 9 - Representação do sistema de divisão intermitente de fluxo	22
Figura 10 - Representação do sistema de fluxo combinado completamente misturado.....	23
Figura 11 - Representação do sistema de fluxo fixo completamente misturado	23
Figura 12 - Exemplo de um tanque de floculação	26
Figura 13 - Exemplo de sistema de flotação por ar dissolvido.....	27
Figura 14 - Representação decantador secundário	31
Figura 15 - Flotadora secundária com injeção de ar dissolvido	32
Figura 16 - Representação do sistema utilizando decantador secundário	33
Figura 17 - Representação do sistema utilizando flotadora secundária.....	34
Figura 18 - Representação do sistema combinado de decantador e flotadora.....	35
Figura 19 - Descrição das etapas para escolha das fontes de elaboração do estudo.....	37
Figura 20 - Representação do modelo de tratamento ideal com base no estudo bibliográfico	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espaçamento entre barras.....	15
Tabela 2 - Comparativo entre as principais vantagens e desvantagens dos sistemas de equalização	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
SST	Sólidos Suspensos Totais
RPM	Rotações por minuto
pH	Potencial Hidrogeniônico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
SciELO	Scientific Electronic Library Online
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso

LISTA DE SÍMBOLOS

NaOH	Hidróxido de Sódio
HCl	Ácido Clorídrico
PAC	Policloreto de Alumínio
$Al_2(SO_4)_3$	Sulfato de Alumínio
$FeCl_3$	Cloreto Férrico
NO_2^-	Nitrito
NO_3^-	Nitrato
N_2	Gás Nitrogênio/ Nitrogênio molecular
N-NH ₃	Nitrogênio Amoniacal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	JUSTIFICATIVA	13
3	OBJETIVOS	14
3.1	OBJETIVO GERAL.....	14
3.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	14
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE PROVENIENTE DA PRODUÇÃO DE GELATINA	12
4.2	SISTEMAS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES	13
4.2.1	Tratamento Preliminar	14
4.2.1.1	Gradeamento	14
4.2.1.2	Calha Parshall	15
4.2.1.3	Peneiramento	16
4.2.1.4	Equalização	17
4.2.2	Tratamento Primário.....	25
4.2.2.1	Coagulação e Floculação	25
4.2.2.2	Flotação.....	26
4.2.2.3	Lagoa de Acondicionamento	27
4.2.3	Tratamento Secundário.....	27
4.2.3.1	Reator Anóxico	29
4.2.3.2	Lagoas Aeróbicas.....	29
4.2.3.3	Decantador Secundário	30
4.2.3.4	Flotadora Secundária	31
4.2.4	Emissário	32
5	METODOLOGIA.....	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38

7 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

A gelatina é uma proteína coloidal amplamente aplicada à alimentação, farmacologia e fotografia. Esta, pode ser obtida através da hidrólise parcial do colágeno de pele animal, osso, nervo e outros tecidos (CHAKRAVORTY, SINGH, 1990).

De acordo com Ribeiro (2007), a produção anual de gelatina alcança valores em torno de 300 mil toneladas mundialmente, sendo a contribuição brasileira em 25 mil toneladas anuais exportadas, o que equivale a 80% de nossa produção.

Segundo o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (2007), o Brasil possui maior rebanho comercial do mundo, atribuindo representativamente 1,1 boi para cada brasileiro, fazendo assim, com que o país assuma o primeiro lugar no *ranking* mundial de exportações bovina e semelhantemente a liderança das exportações de couro.

Tal fato, contribui para a ampla utilização dos resíduos da indústria de couro, para a obtenção da gelatina, sendo este, classificado, cortado, lavado e submetido a tratamentos (RIBEIRO, 2007).

O processamento desde pré-tratamento dos couros até os parâmetros seguidos durante o processo, designam o tipo de gelatina, seja ela tipo A ou B. Para as do tipo A, a matéria-prima é submetida ao processo ácido com potencial hidrogeniônico (pH) em torno de 1,5. As etapas de lavagem duram cerca de 48 horas em tanques de inox, desde a lavagem mais pesada (para a retirada de sujeiras grossas) à clareamento do couro. Já para as gelatinas do tipo B, são obtidas através do pré-tratamento alcalino da matéria-prima, realizado em tanques de concreto, utilizando soluções alcalinas com pH acima de 7, processo no qual, pode levar de 3 a 10 dias para se obter o ponto ideal de retirada (SEBASTIAN, 2014; GELITA, 2022).

Após a lavagem e pré-tratamento, a matéria-prima é direcionada a etapa de extração com água quente, com o objetivo de extrair o colágeno em um processo que origina uma solução diluída de gelatina. Tal solução é filtrada e submetida a evaporação, para que se forme um material gelatinoso concentrado, passando a ter de 30 a 50% de concentração. Após essa elevação da solução, o gel de gelatina é resfriado, extrusado e posteriormente distribuído de maneira uniforme sobre uma esteira, onde percorre por diferentes sessões de secagem e passa a ter cerca de 10 a 13% de umidade. Partindo do produto mais seco, é iniciado a fase de quebra e moagem, e em seguida o envase em embalagens de diferentes capacidades (RIBEIRO, 2007).

A partir do conhecimento sobre as etapas envolvidas no processo de obtenção da gelatina, é notório a preocupação quanto aos possíveis resíduos que podem ser gerados na formação desse produto, bem como, suas respectivas destinações, uma vez que o lançamento destes resíduos no corpo receptor, pode gerar odores ofensivos, e causar distúrbios em toda flora e fauna aquática (ABREU, 1998).

A Resolução nº 357 de Março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece que

Art. 24º. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Sendo assim, é notório que o cumprimento da legislação é a primeira condicionante para o bom funcionamento da sistemática industrial.

Nesse contexto, o presente trabalho visa a descrição e análise de processos de tratamentos convencionais para a remoção de compostos de efluentes provenientes do processo de produção de gelatina, através do embasamento literário e bibliográfico acerca do tema.

2 JUSTIFICATIVA

O crescimento industrial tem transformado o cenário urbano e conseqüentemente o meio ambiente. Nesse sentido, a procura por uma prática economicamente e ambientalmente mais sustentável, tem se tornado cada vez maior, onde além da preocupação quanto a correta operação e seguimento dos parâmetros para formação de produtos, os efluentes gerados pela produção de gelatina, devem seguir a mesma sistemática para o seu tratamento, bem como, conformidade com resoluções e leis ambientais.

Portanto, é indispensável destacar a importância do estudo e conhecimento quanto ao sistema de tratamentos para os resíduos oriundos do processo de fabricação, visando analisar o aumento da eficiência e funcionamento adequado das etapas de transformações e produtividade. Deste modo, a revisão literária foi a metodologia escolhida para ser aplicada a este trabalho, como proposta principal a fim de suprir os pontos de importância industrial levantados.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma revisão bibliográfica acerca dos métodos de tratamentos de efluentes de indústrias de gelatinas.

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Discorrer sobre as etapas convencionais envolvidas no processo de tratamento de efluentes de indústrias de gelatinas, assim como a importância na garantia do efluente tratado;
- Comparar a eficiência entre os métodos convencionais e um processo alternativo que assegura ser promissor no mercado e propor um modelo do sistema mais eficaz.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE PROVENIENTE DA PRODUÇÃO DE GELATINA

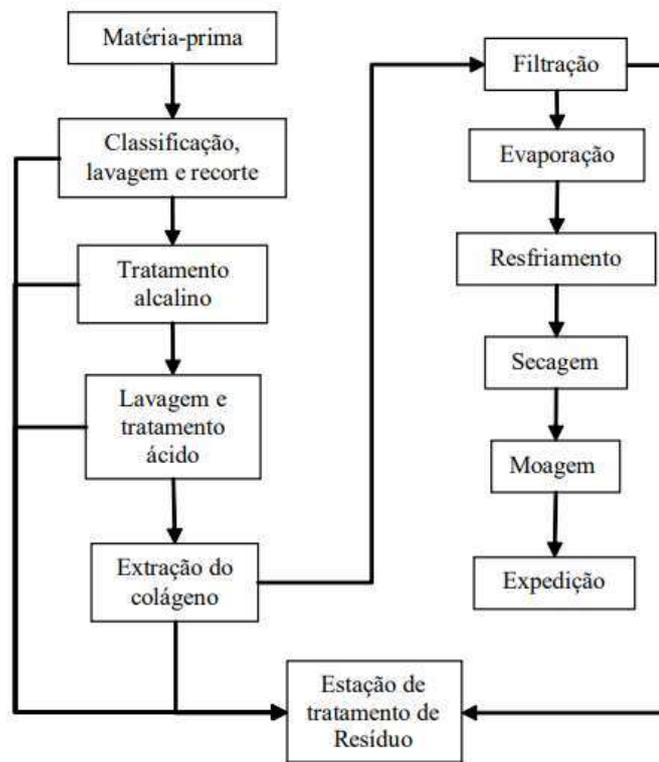
De acordo com Aisse (2000), o efluente produzido apresenta suas características em função da sua origem, podendo ser ela doméstica, industrial, pluvial, e de mesma forma, da variação no horário e na diferença dos períodos do ano, tal como mais chuvosos ou secos. Destacando a extrema importância do tratamento destes efluentes para que retornem ao corpo hídrico sem alteração de sua qualidade e de seu ecossistema e, obedecendo as legislações ambientais vigentes.

Os sistemas de tratamento e o fluxograma de suas operações, são determinados através das condições estabelecidas para o efluente, bem como para a qualidade da água dos corpos que atuarão como receptores, dependendo também das características físico-químicas e biológicas dos componentes presentes no mesmo (VON SPERLING, 2005).

A partir disso, Abreu (1998), destaca que indústrias alimentícias geram resíduos que não são naturalmente absorvidos pelo corpo receptor, devido ao grande volume que muitas vezes é indevidamente lançado e a grande quantidade de matéria orgânica existente nestes efluentes, dificultando, portanto, a capacidade de purificação da água. Outrossim, salienta ainda, que as indústrias de gelatina, conferem ao efluente além da alta carga orgânica, os sulfetos, fibra animal e material graxo, na qual são provenientes do processo de extração do colágeno.

Nesse sentido, observa-se que, os despejos industriais, gerados pela produção de gelatina, estão diretamente ligados aos processos de lavagens, tratamentos da matéria-prima, extrações e filtrações. Como representado na Figura 1.

Figura 1 - Representação do fluxograma de produção da gelatina



Fonte: Ribeiro (2007).

Portanto, tratamentos preliminares, primários e secundários com a utilização de diversos processos biológicos como lodos ativados, lagoas de aeração e reatores anaeróbicos, apresentam aplicações promissoras para este tipo de efluente, na finalidade da maior remoção da carga orgânica possível, para posteriormente sua correta destinação (ABREU, 1998).

4.2 SISTEMAS DE TRATAMENTOS DE EFLUENTES

O sistema de tratamento de efluentes divide-se em quatro grupos: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário. Sendo o quarto, aplicado para poluentes específicos onde se tem a presença de metais pesados, patogênicos e sólidos inorgânicos dissolvidos, o que não caracteriza os componentes presentes nos efluentes gerados pelo processo de gelatina (BAIRD, 2002; VON SPERLING, 1995).

Os tratamentos preliminares e primários, englobam processos físico-químicos ao efluente, desta forma, estes se iniciam a partir da separação física em uma etapa denominada gradeamento e finaliza nas lagoas de acondicionamento. Enquanto o processo secundário, por

sua vez, trata os efluentes partindo dos tanques de aeração até os decantadores, direcionando-os por fim, à caixa de emissário (BAIRD, 2002; VON SPERLING, 1995).

4.2.1 Tratamento Preliminar

4.2.1.1 Gradeamento

As separações físicas do efluente, se iniciam na etapa de gradeamento com a retenção de detritos um pouco mais grosseiros como pedaços de couro, gorduras, tampas, copos ou qualquer objeto com granulometria acima de 20 milímetros (mm). Tendo como principal objetivo a proteção das bombas, tubulações, unidades de tratamento subsequentes e proteção dos corpos receptores (BAIRD, 2002; VON SPERLING, 1995).

Esta etapa consiste em uma caixa onde ficam posicionadas grades constituídas por barras metálicas (Figura 2) que podem ser paralelas e igualmente espaçadas para limpeza manual ou mecanizadas, e são colocadas em posições perpendiculares ou em angulações que podem variar de 45 a 90° para fazer a retenção dos sólidos desejados (JORDÃO, PESSOA, 2014).

Figura 2 - Exemplo do mecanismo de gradeamento



Fonte: Departamento de Engenharia Hidráulica E Ambiental (DEHA/UFC) (2020).

O espaçamento entre as barras se dá em função das dimensões dos sólidos que se deseja remover, assim, as grades podem ser classificadas em grosseiras, médias, finas e ultrafinas, de acordo com os valores expressos na Tabela 1 (JORDÃO, PESSOA, 2014).

Tabela 1 - Espaçamento entre barras

Tipos de grade	Espaçamento (cm)
Grosseiras	4-10
Médias	2-4
Finas	1-2
Ultrafinas	0,03-0,1

Fonte: Adaptada de Jordão, Pessoa (2014).

As grades grosseiras são usualmente de limpeza manual e inclinadas, podendo também ser instaladas na forma vertical e com mecanismos de higienização. Já para as classificações médias e finas, seu rendimento de operação está diretamente ligado à angulação presente entre as grades, assim para limpezas manuais são utilizadas inclinações de 45 a 60°, enquanto para as limpezas mecanizadas, são dispostas entre 60 e 90°. As grades ultrafinas são limitadas em serem sempre mecanizadas e com inclinação na faixa de 70 a 85° (JORDÃO, PESSOA, 2014).

Então, logo após o gradeamento, é comum encontrar nas estações de tratamento uma caixa denominada de fosso do gradeamento, onde o efluente é destinado ao reservatório para que a bomba elevatória não trabalhe a seco, tendo em vista que o processo posterior precisa que o efluente chegue com uma determinada pressão.

4.2.1.2 Calha Parshall

Ao sair da etapa de gradeamento, passando pelo fosso, é comum encontrar equipamentos para a medição da vazão na qual o efluente passa, assim uma promissora opção para efetuar esse processo, é a Calha Parshall (NETTO, 1998).

As Calhas Parshall são medidores de vazão para canais abertos. Sua estrutura possui três divisões, sendo elas; trecho convergente, formado por duas paredes verticais e convergentes, trecho estrangulado ou também denominado como garganta, onde as paredes são verticais e paralelas e com fundo em declive, e o trecho de saída, também conhecido como seção divergente, onde semelhante ao trecho de entrada, as paredes são colocadas em vertical, porém de forma divergente (NETTO, 1998). Como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Calha Parshall



Fonte: SanecomFibra (2022).

Através de seus estrangulamentos e ressaltos, é possível estabelecer através do trecho convergente um nível no líquido, fazendo com que se tenha relação entre a vazão do fluxo e a lâmina d'água naquela região, e com a combinação entre um medidor de nível externo e a pouca perda de carga produzida, é possível obter uma leitura precisa das vazões de efluente passante (NETTO, 1998).

4.2.1.3 Peneiramento

O processo de peneiramento tem por finalidade a remoção de sólidos grosseiros ainda presentes no efluente, com granulometria superior a 0,25 mm, capazes de causar entupimentos ou sobrecarga orgânica (GIORDANO, 2003).

O efluente é guiado ao sistema de peneiramento, onde as peneiras podem ser do tipo estáticas ou rotativas, e em ambos os modelos é possível encontrar o sistema de autolimpeza, onde a retenção do material se dá através do efeito do fluxo do líquido proveniente dos orifícios aspersores (JORDÃO, PESSOA, 2014). Como vislumbrado na Figura 4.

Figura 4 - Peneira rotativa com injeção de jatos d'água



Fonte: Registrada pela autora.

A separação física acontece por efeito gravitacional, onde o efluente permeia a peneira com facilidade, enquanto os sólidos pouco mais grosseiros são separados e dispostos em uma base metálica inclinada que permite o escoamento do retido em uma caçamba, para posterior destinação. O peneiramento também possibilita a separação de sólidos mais finos como as fibras (MELLO, 2007).

A principal vantagem das peneiras estáticas está ligada ao fato de não requerer energia para sua operação e não possuir peças móveis, agregando assim, baixo custo ao produto e sua manutenção (JORDÃO, PESSOA, 2014).

Já para as peneiras rotativas, sua constituição é baseada em cilindros giratórios que podem chegar até 4 rotações por minuto (RPM), levando assim a sua principal desvantagem quanto a necessidade de energia elétrica em suas instalações (JORDÃO, PESSOA, 2014).

Ambos os modelos de peneiras supracitados, possuem aberturas que podem variar de 0,25 a 2,5 mm para operar a separação dos materiais (JORDÃO, PESSOA, 2014).

4.2.1.4 Equalização

A etapa de equalização consiste em tanques ou lagoas com misturadores em seu volume de controle, que proporcionam uma melhor homogeneização e amortização do efluente proveniente do processo (Figura 5), tendo como objetivo principal enviá-lo com menores variações de vazão e características físico-químicas. As lagoas de equalização também são efetivas para minimizar ou até mesmo corrigir as variações de pH do efluente, visto que, caso necessário, se faz a dosagem de Hidróxido de Sódio (NaOH) ou Ácido Clorídrico (HCl) para

que o pH chegue à próxima etapa em uma faixa entre 7,0 e 7,5 (NAKAZATO, 2005; PASSOS, 2016).

Figura 5 - Representação de uma lagoa de equalização



Fonte: Engenharia Ambiental (2022).

Ademais, o sistema de equalização propicia a redução na sobrecarga das demais estruturas da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), reduz a produção de lodos, reduz custos como o consumo de energia, produtos químicos, entre outros, e aumenta a estabilidade do sistema (USEPA, 1979; METCALF, EDDY, 2016).

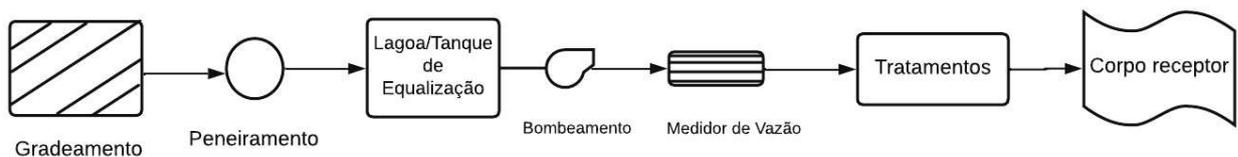
A etapa de equalização, pode ser usada com maior eficiência em caso da instalação de uma malha de controle, com sensores de pH na entrada da tubulação da peneira que antecede o processo, e atuadores em válvulas que permitiria o ajuste do pH próximo ao ideal. De acordo com Metcalf, Eddy (2016), o sistema de estrutura das equalizações, pode ser dividido em arranjo *in line* (em linha) ou arranjo *off-line* (em paralelo).

4.2.1.4.1.1 Arranjo In Line

Neste tipo de sistema, a vazão do efluente segue o curso normal em linha passando pelos tanques ou lagoas de equalização, sendo posteriormente direcionado para as demais etapas do tratamento (Figura 6). Assim, é propiciado a redução na concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos Suspensos Totais (SST), maximização da mistura completa e eficiente do efluente (PASSOS, 2016). Contudo, algumas cautelas acerca do projeto para o sistema devem ser seguidas, dentre elas; (1) as medições

quanto ao comprimento dos tanques e lagoas, uma vez que, se os tanques forem muito longos o fluxo se aproximará de um fluxo pistão o que reduzirá a eficiência de amortecimento das unidades de equalização, (2) as entradas e saídas devem ser projetadas de forma a evitar curto circuito e, além disso, é desejado que as descargas de saída estejam o mais próximo possível das unidades de mistura (PASSOS, 2016).

Figura 6 - Representação do sistema de equalização em arranjo *in line*



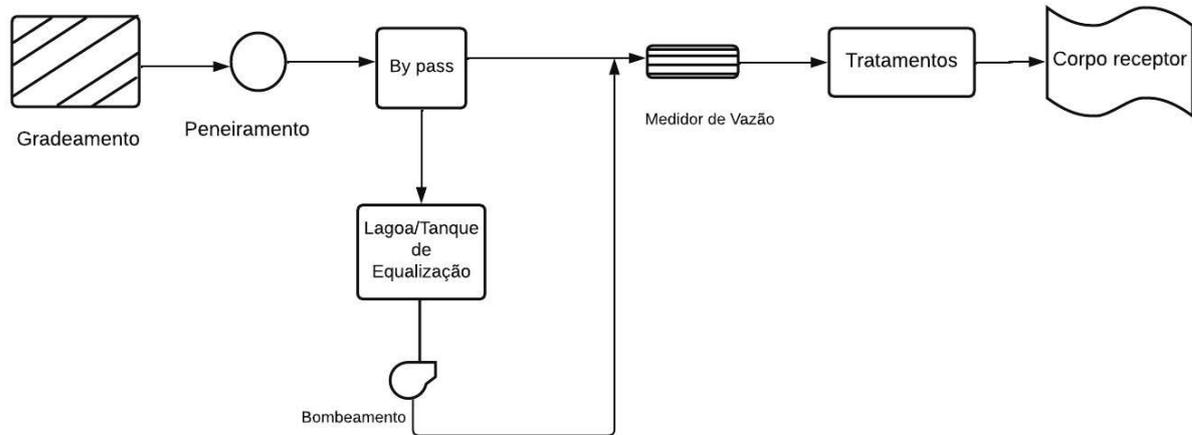
Fonte: Adaptado de Nakazato (2005).

Ademais, Passos (2016) destaca ainda que esse tipo de arranjo para o sistema, necessita de bombeamento praticamente constante, de forma que a operação esteja bem ajustada com as demais unidades, evitando assim gastos desnecessários.

4.2.1.4.1.2 Arranjo Off Line

Ao contrário do que ocorre para o sistema anterior, no sistema em paralelo, apenas as vazões excedentes da média diária é que são encaminhadas para a equalização, utilizando um sistema *by pass* (PASSOS, 2016). Como representado na Figura 7.

Figura 7 - Representação do sistema de equalização em arranjo *off line*



Fonte: Adaptado de Nakazato (2005).

O fluxo principal segue o percurso normal do sistema, enquanto o excedente é desviado para uma estrutura em paralelo que é capaz de armazenar as vazões por um período de tempo suficiente para regularizá-las. Ainda de acordo com Passos (2016), ressalta-se que esse tipo de estrutura possui uma capacidade de amortecimento de cargas hidráulicas consideravelmente inferiores, quando comparada ao fluxo *in line*, porém possui custos de bombeamento inferiores, e possui utilização amplamente aplicada em casos onde se deseja uma equalização com finalidade de proteção contra substâncias tóxicas, ou materiais que possam prejudicar os processos.

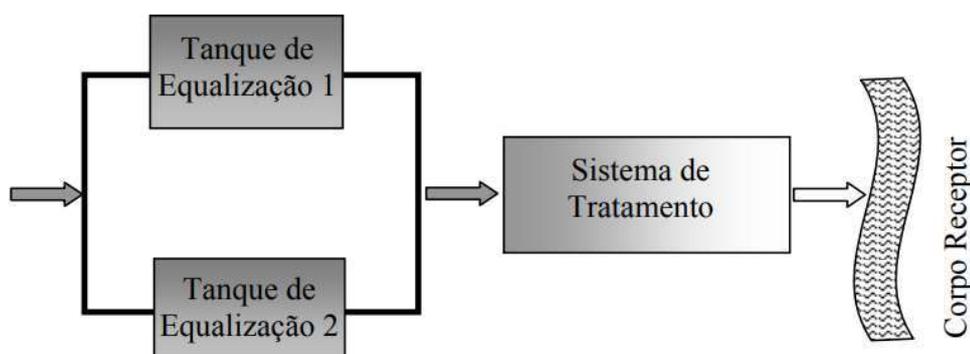
4.2.1.4.1.3 Operacionalização do Processo

A *US Army Corps of Engineers* (2001), retrata em seu manual de engenharia, a caracterização de quatro técnicas de operação do processo de equalização, sendo elas; divisão alternada de fluxo, divisão intermitente de fluxo, fluxo combinado completamente misturado e fluxo fixo completamente misturado.

4.2.1.4.1.3.1 Divisão Alternada de Fluxo

A divisão alternada de fluxo é caracterizada pela projeção de dois sistemas de equalização (Figura 8), onde um é responsável por receber o fluxo do efluente, enquanto o outro ao atingir sua capacidade máxima, faz a descarga do fluxo para a próxima etapa. Em períodos específicos os sistemas de equalização podem alternar entre qual recebe o fluxo e qual efetua o descarregamento (PASSOS, 2016).

Figura 8 - Representação do sistema de divisão alternada de fluxo



Fonte: Adaptado de Nakazato (2005).

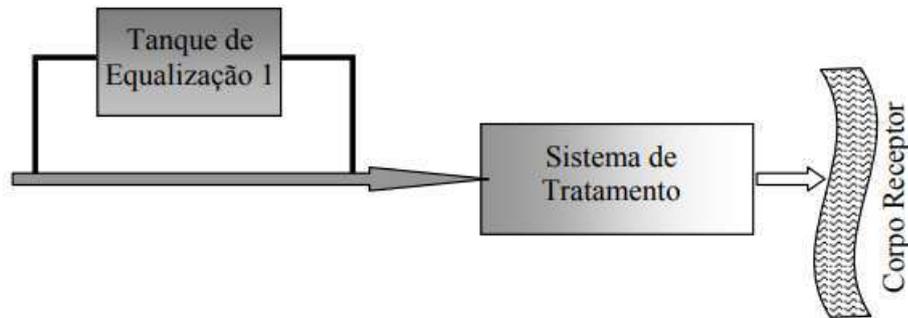
Esse tipo de operação alcança elevados graus de equalização, porém apresenta alto custo atrelado a necessidade de construção dois sistemas de equalização. Por outro lado, a duplicada de tais sistemas, facilita a manutenção, uma vez que uma das unidades pode ser parada temporariamente, enquanto a outra permanece em funcionamento, sem que haja prejuízos consideráveis ao processo de tratamento (PASSOS, 2016).

4.2.1.4.1.3.2 Divisão Intermitente de Fluxo

Para tal operação, o sistema se dá de forma similar ao *off line*, onde o fluxo principal segue pelo processo de tratamento, enquanto uma parte é desviada para a equalização paralelamente (Figura 9), sendo armazenada por um curto período de tempo. Parâmetros como volume e a variação das condições do efluente são os determinantes para a taxa com que o fluxo

de retorno deve seguir para as etapas seguintes do processo (PASSOS, 2016; NAKAZATO, 2005).

Figura 9 - Representação do sistema de divisão intermitente de fluxo

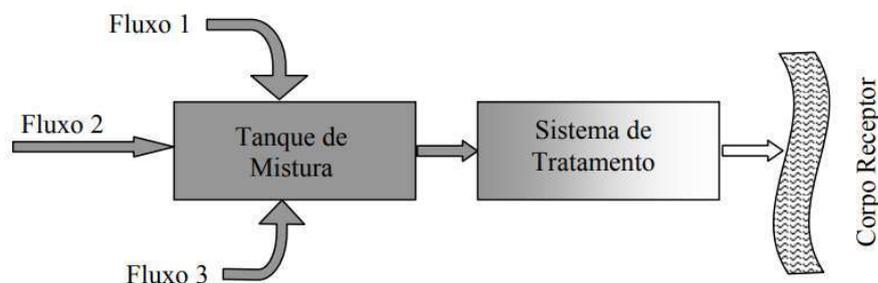


Fonte: Adaptado de Nakazato (2005).

4.2.1.4.1.3.3 Fluxo Combinado Completamente Misturado

Para o sistema de fluxo combinado, são dispostas múltiplas entradas de fluxos na equalização (Figura 10), ocorrendo a homogeneização através de agitadores, para promover a mistura completa dos mesmos, padronizando assim, as características na qual o efluente irá para a próxima etapa. Passos (2016) e Nakazato (2015) destacam ainda que, por esse sistema tratar fluxos de mais de uma fonte, a identificação de substâncias nocivas ou de outros problemas na entrada do sistema são prejudicadas. Além disso, é essencial que os fluxos sejam de compostos miscíveis para que, quando combinados não gerem problemas.

Figura 10 - Representação do sistema de fluxo combinado completamente misturado

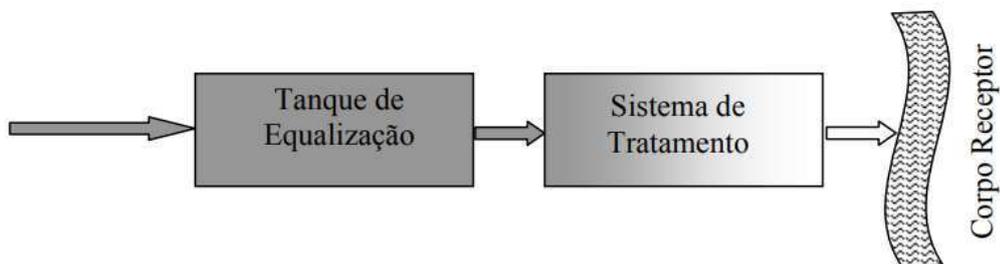


Fonte: Adaptado de Nakazato (2005).

4.2.1.4.1.3.4 Fluxo Fixo Completamente Misturado

Semelhantemente ao fluxo combinado completamente misturado, descrito anteriormente, a operação de fluxo fixo completamente misturado, visa a mistura eficiente dos componentes presentes no efluente, gerando assim, vazões e características físico-químicas e microbiológicas constantes para passar para a próxima etapa (PASSOS, 2016, NAKAZATO, 2005). A representação deste sistema pode ser vista na Figura 11.

Figura 11 - Representação do sistema de fluxo fixo completamente misturado



Fonte: Adaptado de Nakazato (2005).

A partir da descrição acerca de cada método de operação disposto para os sistemas de equalizações, a Tabela 2 disposta abaixo, sintetiza as principais vantagens e desvantagens atrelados a cada um.

Tabela 2 - Comparativo entre as principais vantagens e desvantagens dos sistemas de equalização

Processo Operacional	Vantagens	Desvantagens
Divisão alternada de fluxo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Elevado grau de Equalização; ❖ Facilidade de manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Alto custo associado a construção de dois sistemas de equalizações; ❖ Necessidade de dois pontos de medição de vazões.
Divisão intermitente de fluxo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Baixo custo construtivo e operacional; ❖ Possibilidade de realizar isolamento de componentes específicos para tratamento. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Incapacidade de realizar Equalização total dos fluxos.
Fluxo combinado completamente misturado	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Homogeneização e padronização dos componentes; ❖ Elevado grau de Equalização; ❖ Entrada de fluxos múltiplos. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Obrigatoriedade para fluxos miscíveis; ❖ Necessidade de vários pontos de monitoramento de vazões.
Fluxo fixo completamente misturado	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Homogeneização e padronização dos componentes; ❖ Necessidade de apenas um ponto de monitoramento de fluxos; 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Não permite entrada simultânea de diversos fluxos; ❖ Dificuldade de manutenção sem prejudicar o restante do processo de tratamento

Fonte: Adaptado de Nakazato (2005).

Contudo, apesar as diversas vantagens supracitadas acerca dos sistemas de equalizações, é importante ressaltar em conformidade com o autor Nakazato (2005), que a utilização de equalização de vazões para tratamento de efluentes ainda é pouco aplicada nas estações do Brasil, devido ao alto investimento e o desconhecimento dos seus benefícios financeiros e ambientais, assim como o próprio desconhecimento das características da rede.

4.2.2 Tratamento Primário

A partir da separação de compostos sólidos mais grosseiros, conhecendo a vazão de efluente a ser tratado, e o controle das características pós etapa de equalização, inicia-se as etapas primárias do tratamento, onde se prepara o efluente para receber o tratamento biológico (VON SPERLING, 1995).

Esta etapa visa remover sólidos sedimentáveis presentes e por consequência a remoção parcial da matéria orgânica. O tratamento primário é composto por mecanismos físicos de remoção, podendo compreender atividades de sedimentação, decantação, flotação e digestão de sólidos. Os sólidos sedimentáveis são retirados através de tanques sedimentadores ou decantadores (VON SPERLING, 1995).

Neste processo, os efluentes fluem lentamente pelos decantadores, fazendo com que sólidos em suspensão de maior densidade, sedimentem gradativamente no fundo, gerando o lodo primário bruto. Já os sólidos de menor densidade como graxas e óleos, são tidos como materiais flutuantes e removidos na superfície. A eficiência de remoção de sólidos grosseiros desta etapa está na faixa de 60 a 70%, enquanto a remoção de DBO é em torno de 25 a 35% (BAIRD, 2002; VON SPERLING, 2005).

4.2.2.1 Coagulação e Flocculação

As etapas subsequentes e que dão início ao processo primário, são denominadas de coagulação e flocculação, que acontecem em sua maioria, em combinação e no percurso presente na tubulação entre as lagoas de equalização e o tanque de flocculação. Tais processos são essencialmente recomendados antes da flotação, para que seja alcançado uma considerável eficiência na remoção de sólidos em suspensão (JORDÃO, PESSOA, 2014).

A coagulação acontece de forma forçada a partir da adição de um produto coagulante como o Policloreto de Alumínio (PAC), Sulfato de Alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) ou Cloreto Férrico (FeCl_3) – que auxilia na estabilização de partículas finas e solúveis suspensas que possuem cargas iônicas livres. Tal etapa deve ter seu início em uma zona com alta turbulência do efluente, para uma boa mistura do produto químico, fazendo com que usualmente seja empregada na tubulação que antecede o tanque de floculação (JORDÃO, PESSOA, 2014).

Com parte dos sólidos ainda presentes no efluente coagulado, o mesmo é destinado ao tanque de floculação que, com a adição de polímero de carga aniônica, sofre a floculação de seus coágulos a partir da ligação entre as partículas coloidais, aumentando o tamanho físico e a resistência do floco. Como representado na Figura 12. À medida que as partículas escoam no floculador, ocorre a atração entre elas, fazendo com que ocorra um choque entre os flocos e propicie a formação de outros com diâmetros ainda maiores e o efluente passa a ser então destinado juntamente com seus flocos para a flotadora (JORDÃO, PESSOA, 2014).

Figura 12 - Exemplo de um tanque de floculação



Fonte: Gomes (2022).

4.2.2.2 Flotação

A flotadora tem seu funcionamento a partir de entrada do efluente em fluxo ascendente e, de forma concorrente ocorre a injeção de microbolhas para auxiliar na flotação dos sólidos floculados na etapa supracitada (JORDÃO, PESSOA, 2014).

As microbolhas aderem os flocos e passam carregando-os para a superfície. Em seguida as pás raspadoras, guiam a espuma formada continuamente até a caixa de disposição de lodo da

flotadora, que será bombeado diretamente ao fluxo de tratamento de lodo primário. Tendo assim, a separação entre o flotado e o clarificado (JORDÃO, PESSOA, 2014). Como visualizado na Figura 13.

Figura 13 - Exemplo de sistema de flotação por ar dissolvido



Fonte: KWI Environmental Treatment GmbH (2022).

4.2.2.3 Lagoa de Acondicionamento

A partir da etapa anterior, o clarificado – efluente tratado com grande parte dos seus sólidos originais removidos, é destinado para a lagoa de acondicionamento, a qual serve como tanque pulmão, mantando a estabilização bioquímica da matéria orgânica presente no efluente que irá posteriormente para o tratamento secundário (FRANÇA *et al*, 2011).

4.2.3 Tratamento Secundário

O tratamento secundário é caracterizado pela remoção total de compostos ainda presentes no efluente que são imprescindíveis de serem removidos como a DQO, DBO, o nitrogênio na forma amoniacal ($N-NH_3$), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-), além de resíduos sólidos entre cálcio, óleos e gorduras, na qual não são removidos no tratamento primário (DAVIS, CORNWELL, 1991).

Em suma, o sistema de tratamento realizado com lodos ativados possui sua eficácia de remoção dos compostos biodegradáveis supracitados, a partir da sua metabolização pela microfauna presente no sistema. Essa microfauna pode ser composta por uma série de

microrganismos, desde bactérias, fungos e protozoários, até partículas orgânicas e inorgânicas e polímeros microbianos extracelulares (DAVIS, CORNWELL, 1991).

Para que o sistema possa ter sua perfeita operação é necessária sua manutenção que vai desde a injeção de oxigênio para que este seja incorporado ao ambiente, passando por misturadores ou aeradores que façam sua mistura, impedindo que ocorra a sedimentação do lodo, até a manutenção da microfauna a partir da purga de lodo – que controla a sua idade, promovendo um lodo mais jovem que permite uma maior eficiência metabólica, e de mesma forma, a manutenção de outras condições favoráveis, tais como, temperatura e tempo de retenção hidráulica (DAVIS, CORNWELL, 1991).

Métodos de tratamento secundário envolvem conversão dos compostos orgânicos instáveis à forma mais estáveis. E a degradação da matéria orgânica existente no efluente, é processada pelos microrganismos que utilizam da matéria como fonte de energia. O tratamento secundário compreende todos os processos de tratamento biológico, aeróbios, anóxicos e anaeróbios (ABREU, 1998).

Ainda com relação à classificação de Davis e Cornwell (1991), quanto ao relacionamento com oxigênio, as bactérias são classificadas pela utilização ou não de oxigênio como um aceptor terminal de elétrons em reações de oxirredução. Onde os microrganismos que necessitam da presença de oxigênio para realizar suas atividades de metabolização são categorizados como aeróbios, enquanto os que não necessitam desse recurso são chamados anaeróbios. E há ainda, os anaeróbicos facultativos, onde as condições a qual são submetidos é quem dita a necessidade ou não de oxigênio (DAVIS, CORNWELL, 1991).

Um grupo de anaeróbios facultativos chamados nitrificantes utilizam NO_2^- e NO_3^- como aceptor terminal de elétrons. Esta condição é denominada anóxica, em que nitrato é convertido em gás nitrogênio (N_2) na ausência de oxigênio (DAVIS, CORNWELL, 1991).

Além da relação entre a atividades microbianas do sistema, para o tratamento secundário é importante ressaltar a ocorrência de dois tipos de efluentes, o progressivo – na qual segue seu fluxo natural de tratamento progredindo gradativamente pelos processos. E o recirculado – retornado para etapas anteriores (DAVIS, CORNWELL, 1991).

O método de transporte do efluente progressivo para o tratamento secundário entre o reator anóxico e as lagoas aeróbios, se dá necessariamente por forças gravitacionais, enquanto para o transporte do efluente ou lodo de recirculação, é necessária bomba para que sirva de força motriz para transporte pelas tubulações (DAVIS, CORNWELL, 1991).

4.2.3.1 Reator Anóxico

A etapa inicial do tratamento secundário com sistema de recirculação, parte do reator anóxico, lagoa anaeróbica facultativa onde recebe a entrada de três linhas. A recirculação de lodo biológico – proveniente da flotadora secundária, a recirculação de efluente tratado que é originário da saída da lagoa aeróbica e, a entrada de efluente não tratado proveniente da saída do tratamento primário, onde estava estabilizado na lagoa de acondicionamento (ABREU, 1998).

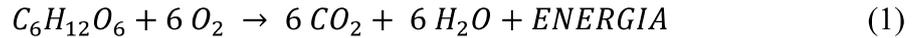
A definição de um reator anóxico se dá pela forma de disposição de oxigênio presente, que não está dissolvido ou de alguma forma que o microrganismo possa utilizá-lo como aceptor de elétrons, o que força a microfauna desenvolvida a se adequar a um sistema que utiliza NO_3^- e NO_2^- como aceptor – promovendo uma grande remoção de DBO e desnitrificação da carga proveniente da recirculação de lodo. Ou seja, é no reator anóxico onde o NO_3^- é transformado em N_2 (ABREU, 1998).

Nesse sentido, o reator anóxico não utiliza o oxigênio, mas sim o nitrogênio proveniente de NO_3^- e NO_2^- , caracterizando-se como uma lagoa de tratamento anóxico e que pode ser associado a um processo anaeróbio. Assim, este reator é capaz de remover cerca de 60% da DQO, uma remoção de quase 90% de DBO e também remoção total de NO_3^- e NO_2^- proveniente da recirculação do efluente, como dito anteriormente (ABREU, 1998; LUCENA *et al*, 2015).

4.2.3.2 Lagoas Aeróbicas

Após a primeira etapa do tratamento secundário, o efluente é destinado para as lagoas aeróbicas, onde é feita a remoção total da DQO e a DBO sobressalente além do processo de nitrificação – transformação do N-NH_3 em NO_3^- e NO_2^- . A remoção do restante de DQO e DBO na primeira lagoa, pode alcançar o valor 28% da DQO total do efluente de entrada no tratamento secundário, enquanto nas lagoas dois e três, ocorrem o ajuste fino destes compostos, removendo o que não foi possível na de número 1 (ABREU, 1998).

Para processos aeróbios a degradação da matéria orgânica, ocorre a partir da oxidação dos compostos orgânicos pela respiração de microrganismos exemplificado pela Equação 1, sendo a liberação de energia a representação de formação de biomassa no sistema (novas células) (ABREU, 1998).



O efluente de saída é então destinado a caixa de recirculação que tem como função não só efetuar de fato a recirculação do efluente, mas também possibilitar a destinação do efluente tanto para o decantador secundário quanto para a flotadora secundária. A recirculação do efluente possui suma importância para o processo, visto que para que seja possível a desnitrificação, onde é feita a redução de NO_3^- e NO_2 à N_2 , é necessário que o $N-NH_3$ sofra a nitrificação que ocorre na etapa posterior ao volume de controle supracitado. O volume de efluente recirculado normalmente é de 3 à 5 vezes o volume de efluente tratado proveniente do tratamento primário (ABREU, 1998).

4.2.3.3 Decantador Secundário

Como dito anteriormente, o efluente pode ser destinado para o decantador secundário ou para a flotadora secundária, e posteriormente será destinado ao Emissário.

O funcionamento do decantador secundário se dá a partir da entrada do efluente vindo da caixa de recirculação, por gravidade. Os decantadores podem ser retangulares de fluxo horizontal ou circulares de alimentação central. Ambos os tanques necessitam de remoção contínua do lodo através de raspadores ou sucção de fundo, de forma a evitar a expansão da camada de lodo sedimentado (VON SPERLING, 1997).

De acordo com Von Sperling (1997), os decantadores circulares permitem uma retirada contínua do lodo mais fácil. Sendo assim, este tipo é constituído normalmente, por um corpo circular de base cônica que possui como sua principal função a separação dos sólidos em suspensão pela ação da gravidade fazendo a decantação do lodo biológico. Para que não ocorra a sedimentação do lodo, se faz uma mistura de forma lenta e contínua a partir de raspadores que estão fixados em uma ponte diametral, como mostrado na Figura 14. A partir da separação de fases, o sobrenadante (clarificado) é destinado para a próxima etapa, enquanto o decantado (lodo biológico) é recirculado para o sistema de lodos ativados para a primeira etapa – reator anóxico, sendo parte desta recirculação purgada para manutenção da idade do lodo.

Figura 14 - Representação decantador secundário



Fonte: Serviços de Saneamento de Mogi Mirim (SESAMM) (2022).

4.2.3.4 Flotadora Secundária

Por fim, a última etapa do tratamento secundário é também dada por um sistema de tratamento físico denominado de flotadora secundária, que tem como base um corpo de metal retangular e contém uma série de oito pás raspadoras. Seu funcionamento é dado a partir da entrada do efluente em um dos lados em fluxo perpendicular ao das pás e ascendente, com isso grande parte dos sólidos em suspensão já são floculados antes da entrada do efluente no sistema. E sua principal finalidade é evitar o arraste de sólidos para a linha de emissão, potencializando ainda mais a eficácia de tratamento do sistema (COUTINHO, 2007).

Além disso, se tem uma injeção de ar saturado na base do corpo do sistema, que em conjunto com as pás raspadoras, permite a flotação e remoção do lodo biológico floculado para a caixa de lodo, representado na Figura 15. Dessa forma, o clarificado possui sua vazão pela parte de baixo do sistema para dificultar ainda mais o arraste de sólidos. Em seguida o clarificado é destinado a caixa do emissário que é mandado diretamente para o sistema de desague por bombas. Já o lodo é destinado à recirculação de lodo para o reator anóxico, sendo parte deste também purgado, como no caso anterior (COUTINHO, 2007).

Figura 15 - Flotadora secundária com injeção de ar dissolvido

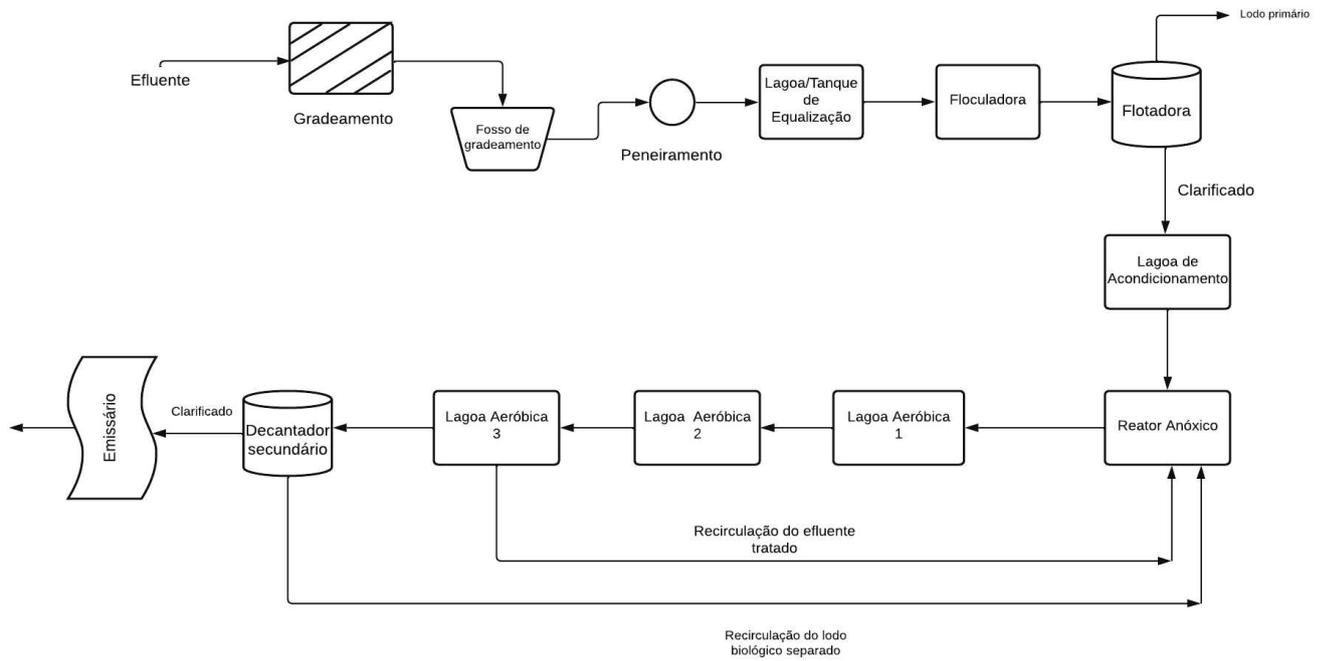


Fonte: Soluções industriais Ltda (SULMETAX) (2022).

4.2.4 Emissário

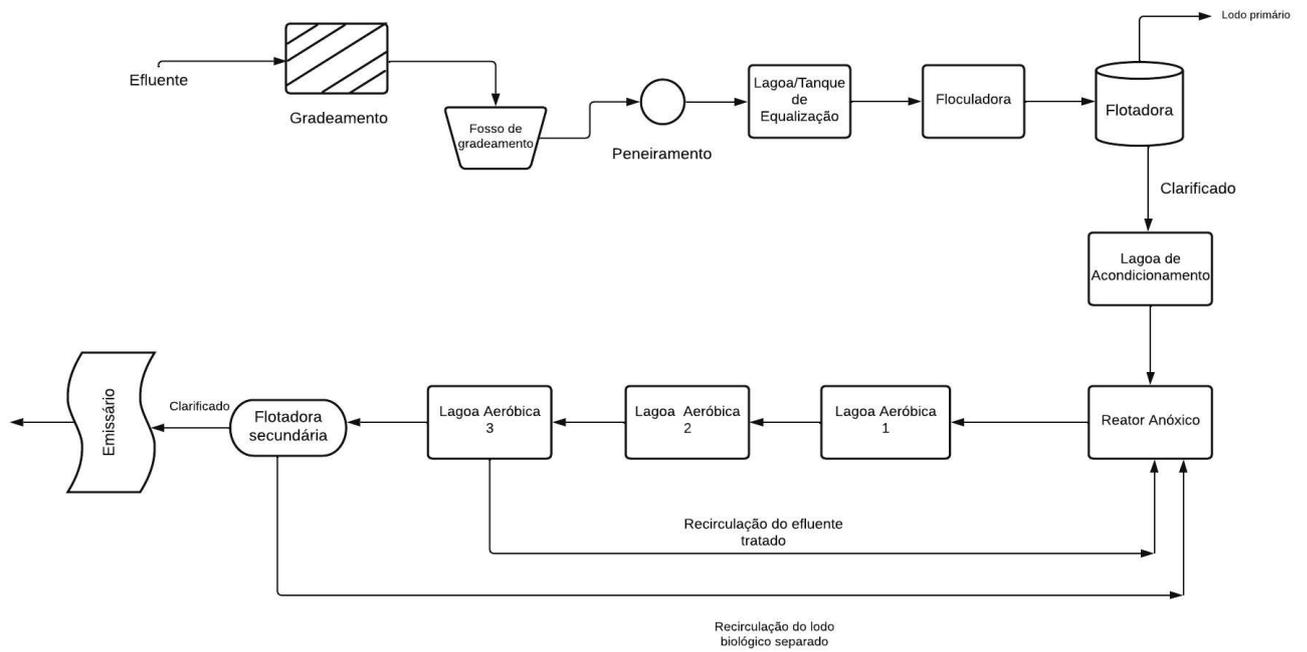
A emissão para o corpo receptor, pode ser feita diretamente após a finalização do tratamento secundário, contudo é comum encontrar caixas de emissários responsáveis por monitorar e controlar a emissão do clarificado do tratamento. Na unidade, são monitorados os arrastes de sólidos, pH, além disso, uma vez em funcionamento, seu lançamento deve atender aos padrões de emissão estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e o corpo d'água receptor deve ter suas características mantidas de acordo com sua classe de enquadramento (CETESB, 2007). Assim, a visualização final do processo, pode ser observado nas Figuras 16, 17 e 18, onde é representado respectivamente, o sistema utilizando o decantador secundário, a flotadora secundária e a combinação de ambos, como processos antecessores a linha de emissão.

Figura 16 - Representação do sistema utilizando decantador secundário



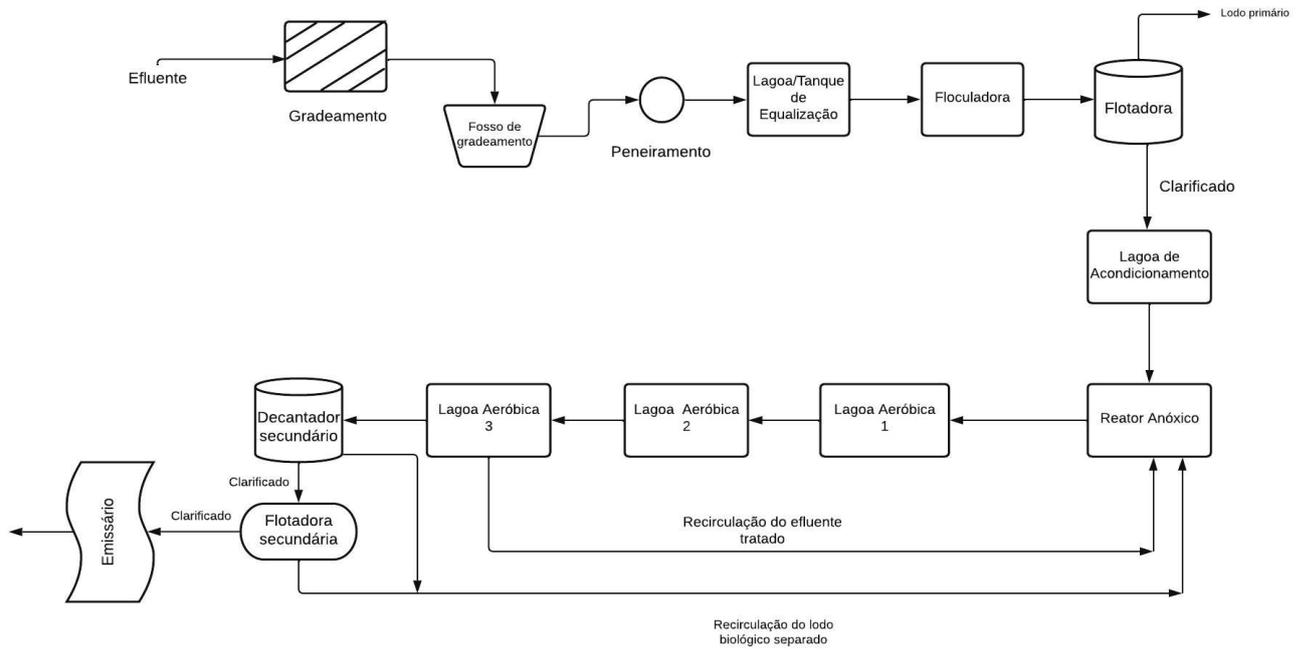
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 17 - Representação do sistema utilizando flotadora secundária



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 18 - Representação do sistema combinado de decantador e flotadora



Fonte: Elaborado pela autora.

5 METODOLOGIA

O presente estudo, foi desenvolvido através de pesquisas bibliográficas, utilizando as bases de conhecimento publicadas para a construção da fundamentação teórica acerca do tema. Ademais, a pesquisa assumiu uma abordagem qualitativa com a finalidade de atendimento aos objetivos propostos inicialmente.

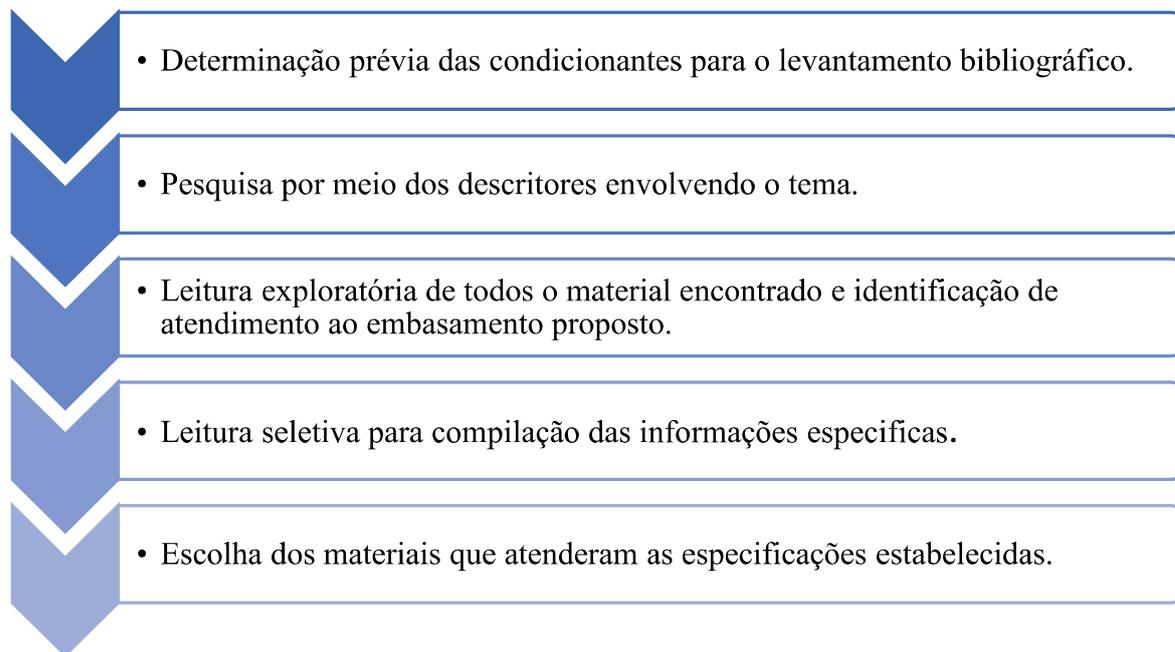
A partir disso, o levantamento bibliográfico ocorreu mediante a determinação prévia de algumas condicionantes. Tais especificações, envolveram a escolha dos métodos de tratamentos já presenciados em campo pela autora e o fato de serem convencionalmente utilizados, para que o conhecimento exposto pelo estudo, seja disseminado e facilmente empregado em situações reais e cotidianas vividas pelas indústrias, uma vez que nem todos os colaboradores que trabalham nesse setor possuem o conhecimento aprofundado.

Para a coleta de informações, foram consultados os bancos de dados virtuais de divulgação científica, sendo eles, Portal de Periódicos de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), catálogo da biblioteca da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e o Google Acadêmico. Tendo como principal referência, os seguintes descritores: processo de produção de gelatina, geração de resíduos, tratamento de resíduos industriais, tratamento de efluentes, processos de tratamento com o uso de lagoas, tratamentos aeróbicos e anaeróbicos e tratamento de efluentes provenientes da produção de gelatina.

Por conseguinte, foram encontrados cerca de vinte e cinco trabalhos distribuídos entre teses, monografias, dissertações, artigos, livros, normas e manuais de equipamentos. A partir disso, foi realizada uma seleção sistemática de todo o conteúdo levantado, tendo como base o detalhamento do tema, conformidade entre as informações quando comparado entre os autores e atendimento às condicionantes, levando ao cumprimento dos objetivos apresentados.

O procedimento utilizado para a seleção das fontes, teve a sequência descrita no fluxograma da Figura 19.

Figura 19 - Descrição das etapas para escolha das fontes de elaboração do estudo



Fonte: Adaptado de Fachinelli (2021).

Após as análises das publicações levantadas, foram determinados oito materiais como fontes principais de embasamento para a construção da revisão bibliográfica. Enquanto para a elaboração da comparação entre a eficiência dos métodos convencionais e alternativos, foi definido um trabalho. Assim, os resultados e discussão acerca dos objetivos propostos, podem ser vislumbrados posteriormente.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a busca literária realizada, nota-se que os tratamentos convencionais mais utilizados nas indústrias para os efluentes que englobam as características e parâmetros descritos no presente trabalho, envolvem etapas preliminares, primárias e secundárias. Sendo a preliminar iniciada pelo processo de gradeamento, medidores de vaz, peneiramento e equalização. Onde é possível remover desde partes mais grosseiras presentes no fluxo de entrada às etapas que promovem equidade para os parâmetros presentes no efluente.

Os processos compreendidos na etapa preliminar, indubitavelmente agregam garantias tanto em fatores físicos como químicos, uma vez que as remoções de materiais mais grosseiros, trazem segurança de boa funcionalidade ao escoamento do fluxo, facilidade de tratamento ao processo e economia energética de todo o sistema de uma estação de tratamento. Enquanto as etapas de equalização das características da água residuária, preparam o efluente para que nos passos posteriores, seja possível a criação de um ambiente favorável em que os microrganismos possam executar suas atividades, agregando assim, mais vantagens ao tratamento.

Para processos do tratamento primário, os métodos convencionais, envolvem etapas físico-químicas de coagulação e floculação combinadas, flotação e acondicionamento do efluente já previamente tratado. Estas garantem uma maior preparação para ação do tratamento secundário e auxiliam nas primeiras remoções necessárias, como DQO, DBO e SST, agregando mais estabilidade ao efluente, range menor de variações de características e poder de ação dos químicos dosados no processo.

Na literatura, a etapa de tratamento secundário, apresenta-se como o início em que ocorrem as maiores variações, podendo levar a escolha de diferentes abordagens. As metodologias aplicadas ao cotidiano envolvem tratamentos microbiológicos em ambientes favorecidos por lodos ativados, onde se tem o uso de reatores anóxicos, lagoas aeróbicas, decantadores e flotadoras. É nessa etapa que ocorre toda a remoção residual de parâmetros de DQO, DBO e SST.

O uso de lodos ativados agrega lucratividade e qualidade ao processo de tratamento, visto que é gerado no próprio sistema e parte dele continua em linha com a finalidade de prover as características necessárias aos microrganismos. Caso não for aproveitado, o investimento para o tratamento deste lodo, que precisa ser removido e tratado em paralelo, se torna muito mais alto em procedimentos em que não se tem esse tipo de aproveitamento.

De mesma forma, na etapa secundária, ocorre a remoção final de sólidos de arrastes e ajustes de parâmetros para posterior emissão no corpo receptor, demonstrando assim, a

importância de um tratamento perfeitamente equilibrado, onde se tem conhecimento das etapas facilitadoras e dos pontos nos quais são possíveis realizar correções necessárias.

Apesar dos tratamentos convencionais terem se mostrado promissores, perante a literatura e vivência industrial, as alternativas dos processos têm ganhado cada vez mais espaço nos campos de estudos e aplicações industriais.

Abreu (1998), traz em sua dissertação de mestrado, o estudo do uso de biorreatores com membranas, garantindo ser uma alternativa vantajosa em relação aos processos convencionais, principalmente pelo fato de combinar operações e não necessitar de diversos processos separadamente.

A autora descreve em seu trabalho, características similares com as utilizadas no presente estudo, sendo a origem da produção de gelatina por meio do couro bovino e condições de tratamento ácidos e básicos.

Durante a realização do experimento, foram utilizados três tipos de membranas, sendo elas do tipo acetato de celulose, polissulfona e éster de celulose, obtendo resultados de eficiência de redução de DQO em 66%, 86% e 93%, respectivamente, e para materiais em suspensão, os valores de redução chegaram em 81%, 85% e 96%. A autora não trouxe resultados referentes a redução de DBO.

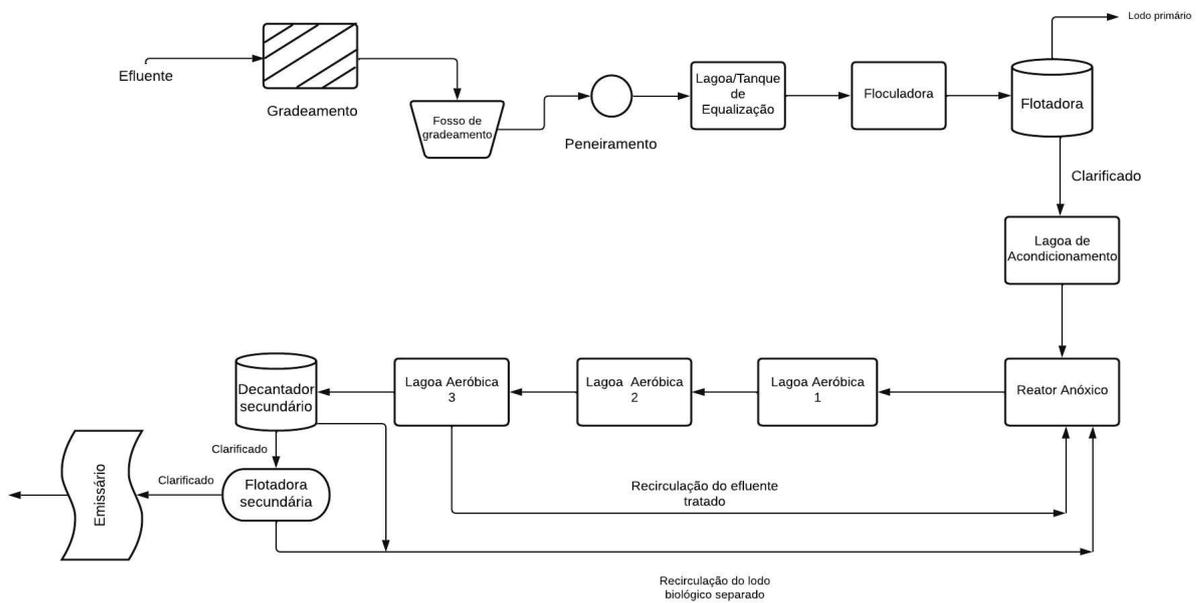
Quando analisados os resultados obtidos por Abreu (1998) e os descritos na literatura, os processos que utilizaram tratamentos convencionais, alcançaram valores em torno de 60% de DQO, enquanto o experimento, apresentou uma média de remoção em torno de 81%, fazendo com que o uso de biorreator com aplicação de membranas, de fato demonstre ser uma alternativa mais eficiente em valores quantitativos (LUCENA *et al*, 2015; JORDÃO, PESSOA, 2014).

De outro modo, a média de redução dos materiais em suspensão alcançou valores em torno de 87%, e apesar de não ter sido encontrado números precisos de remoção por métodos convencionais através dos materiais consultados, é notório destacar a quantidade de processos que se tem separados para evitar o arraste de sólidos e materiais em suspensão, promovendo significativamente reduções nos fluxos e mostrando que os processos utilizados separadamente, agregam vantagens ao tratamento e que podem ser fatores limitantes nas tomadas de decisões nas estações.

Ademais, apesar do estudo para o uso de membranas ter alcançado números superiores em parâmetros de remoção, ainda é necessário levar em consideração limitantes como a engenharia do processo de montagem, operacionalização, manutenção e a viabilidade

econômica, uma vez que os sistemas convencionais, usualmente possuem custo menor do que equipamentos de inovação. Mostrando-se assim, que métodos convencionais garantem os resultados necessários e esperados para os fluxos de tratamento e possuem vantagens em complexidade de atendimento aos serviços básicos como manutenção e operação, levando a esquematização de uma modelo mais eficaz aos processos de tratamentos desse efluente, representado pela Figura 20.

Figura 20 - Representação do modelo de tratamento ideal com base no estudo bibliográfico



Fonte: Elaborado pela autora.

7 CONCLUSÃO

A partir do estudo bibliográfico, foi possível inferir a importância do tratamento para os resíduos industriais, com enfoque na produção de gelatina. Tendo em vista a ampla utilização deste produto e, por conseguinte, sua crescente comercialização no mercado mundial, é notório que com a expansão industrial para suprir a demanda, cada vez mais estudos acerca dos resíduos gerados pelo processo, tornam-se importante, assim como, aprimoramentos nas etapas de tratamento preliminar, primário e secundário, garantindo efetivamente a eficiência de remoção dos compostos presentes e descarte correto nos corpos hídricos.

De mesma forma, é válido ressaltar que apesar da comparação apresentada, as indústrias tendem a optar pela viabilidade operacional e econômica do processo e métodos que atendem as legislações vigentes, cabendo assim, uma focalização ainda maior no fato de ser necessário estudos e abordagens teóricas que garantem o embasamento necessário para que se tenha domínio sobre o processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, E. 1998. Tratamento de Efluentes de Indústria de Gelatina em Biorreator com Membrana. Monografia (Pós-Graduação) – Engenharia Química, Maringá – PR.
- AISSE, M. 2000. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 192p
- BAIRD, C. 2002. **Química Ambiental**. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman.
- CETESB. 2007. **Relatório de monitoramento de emissários submarinos**. São Paulo : CETESB, 106p. : il. ; 30 cm. - - (Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, ISSN 0103-4103).
- CHAKRAVORTY, B; SINGH, D. 1990. **Concentration and Purification of Gelatin Liquor by Ultrafiltration**. Desalination,78 : p 279-286.
- COUTINHO, W. 2007. **EMPREGO DA FLOTAÇÃO A AR DISSOLVIDO NO TRATAMENTO DE CURSOS D'ÁGUA. Avaliação de Desempenho da Estação de Tratamento dos Córregos Ressaca e Sarandi Afluentes à Represa da Pampulha**. Monografia (Pós-Graduação) – Meio Ambiente e Recursos Hídricos – UFMG, MG.
- DAVIS, L; CORNWELL, A. 1991. **Introduction to Enviromental Engineering**. Mc Graw – Hill International Editions.
- DEHA/UFC - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. 2020. **Etapa de gradeamento**. Disponível em: <<https://autossustentavel.com/2020/08/como-o-esgoto-e-tratado-conheca-como-funciona-uma-ete.html>>. Acesso em: Junho de 2022.
- ENGENHARIA AMBIENTAL. 2022. **Estações de tratamento de efluentes – ETEs**. Disponível em: <http://www.engenho9.com.br/index_ets.html>. Acesso em: Junho de 2022.
- FACHINELLI, V. 2021. **Tratamento de efluentes provenientes de coloração capilar: uma visão da literatura**. Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FERREIRA, M. 2013. **Extração e Caracterização de Gelatina Proveniente de Subprodutos do Frango: Pés**. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão.
- FRANÇA, J.T.L.; CORAUCCI, B.; STEFANUTTI, R.; MAKYAMA, C.K.V.; FIGUEIREDO, R.F. 2011. Remoção de Lodo de Lagos de Estabilização e seu Acondicionamento em bag. **Revista SABESP**, p 53-63. Belo Horizonte.
- GELITA- IMPROVING QUALITY OF LIFE. **Da matéria-prima a gelatina**. Disponível em: < Produção | GELITA>. Acesso em: Junho de 2022.
- GIORDANO, G. 2003. **Análise e formulação de processos para tratamento dos chorumes gerados em aterros de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro – RJ. 257 p. Tese de Doutorado (Engenharia Metalúrgica e de Materiais) PUC-Rio.

GOMES, M. 2022. **Tanque de Flocculação**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Tanque-de-Floculacao-Fonte-Arquivo-Pessoal_fig1_271837175>. Acesso em: Junho de 2022.

JORDÃO, P.; PESSOA, A. 2014. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª edição. Rio de Janeiro, ABES. Metcalf & Eddy. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. Metcalf & Eddy inc. 3ª ed. Nova York, Mc Graw-Hill. 1991. 1819 p

KWI ENVIRONMENTAL TREATMENT GMBH. 2022. **Sistema de flotação por ar dissolvido**. Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/kwi-environmental-treatment-gmbh/product-70967-875751.html>>. Acesso em: Junho de 2022.

LUCENA, D.; LIMA, J.; NUNES, I.; SOUSA, J. 2015. **Remoção de nutrientes em reator anaeróbio/anóxico seguido de reator aeróbio com biomassa imobilizada**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282768158_REMOCAO_DE_NUTRIENTES_EM_REATOR_ANAEROBIOANOXICO_SEGUIDO_DE_REATOR_AEROBIO_COM_BIOMASSA_IMOBILIZADA>. Acesso em: Novembro de 2022.

MELLO, E. 2007. **Tratamento de Esgoto Sanitário**. 2007. 99p. Monografia (Pós-Graduação) – Engenharia Sanitária – UNUMINAS, MG.

METCALF; EDDY. 2016. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. McGraw-Hill.-5ª edição, revisada por George Tchobanoglous, Franklin Burton, H. David Stensel, Ryujiro Tsuchihashi Mohammad Abu-Orf Gregory Bowden William Pfrang. Porto Alegre, AMGH.

NAKAZATO, D. 2005. **Efeitos da Equalização de Fluxos Sobre o Desempenho da Estação de Tratamento de Esgotos de Brasília Norte - ETEB Norte**. Dissertação de Mestrado, Publicação MTARH.DM – 90/05. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 151p

NETTO, J. 1998 Medidores de regime crítico – Medidores Parshall. **Revista DAE** ed 24, n 986. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_24_n_986.pdf. Acesso em: Maio de 2022.

PASSOS, A. 2016. **Proposta Preliminar de Equalização de Fluxos na Estação de Tratamento de Esgotos Brasília Sul – ETEB Sul**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 84p.

Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, 13 de Março de 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: Junho de 2022.

RIBEIRO, R. 2007. **Tratamento do resíduo da indústria de gelatina através da compostagem, com emprego de serragem e palha de café**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

SANECOMFIBRA, 2022. **Medidor de vazão Calha Parshall**. Disponível em: <<https://www.sanecomfibra.com.br/calha-parshall-padrao>>. Acesso em: Junho de 2022.

SEBASTIAN.M. 2014. **Industrial Gelatin Manufacture- Theory and Practice**. Disponível em: < (PDF) Industrial Gelatin Manufacture-Theory and Practice | Mihai Sebastian - Academia.edu>. Acesso em: Junho de 2022.

SESAMM – Serviços de Saneamento de Mogi Mirim, 2020. **Decantador secundário**. Disponível em: <<https://autossustentavel.com/2020/08/como-o-esgoto-e-tratado-conheca-como-funciona-uma-ete.html>>. Acesso em: Junho de 2022.

SULMETAX- **Soluções Industriais Ltda.** Produtos. Disponível em: <<https://sulmetax.ind.br/>>. Acesso em: Junho de 2022.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS - USACE. 2001. **Pre-treatment Requirements, Engineering Manuals**. Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC, USA.

USEPA. 1979. **Evaluation of Flow Equalization in Municipal Wastewater Treatment**. United States Environmental Protection Agency – USEPA , Washington, Seattle, USA, 252p.

VON SPERLING, M. 2009. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. 452 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 1).