

Universidade de Ribeirão Preto
Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental

LEÔNIDAS CUNHA SANTIAGO

**SELEÇÃO DE TECNOLOGIA PARA TRATAMENTO DE
EFLUENTE GERADO EM UMA MICROCERVEJARIA**

RIBEIRÃO PRETO - SP

2019

LEÔNIDAS CUNHA SANTIAGO

**SELEÇÃO DE TECNOLOGIA PARA TRATAMENTO DE
EFLUENTE GERADO EM UMA MICROCERVEJARIA**

Dissertação de mestrado profissional apresentada à Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), como requisito para a obtenção do título de Mestre Profissional em Tecnologia Ambiental.

Orientadora: Prof. Dra. Maristela Silva Martinez.

RIBEIRÃO PRETO - SP

2019

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento
Técnico da Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

S235c Santiago, Leônidas Cunha, 1971-
Seleção de tecnologia para o tratamento de efluente de uma
microcervejaria / Leônidas Cunha Santiago. - - Ribeirão Preto, 2019.
63 f.: il. color.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maristela Silva Martinez.

Dissertação (mestrado) - universidade de ribeirão preto,
UNAERP, Tecnologia ambiental. Ribeirão Preto, 2019.

1. Águas residuais – purificação – tratamento biológico. 2. Cerveja -
produção. I. Título.

CDD 628

Leônidas Cunha Santiago

**“SELEÇÃO DE TECNOLOGIA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE
GERADO EM UMA MICROCERVEJARIA”.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre pelo programa de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto.

Orientadora: Profa. Maristela Silva Martinez

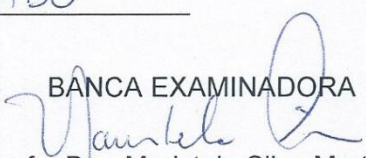
Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa:

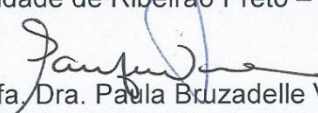
Ribeirão Preto, 25 de junho de 2.019.

Resultado: APROVADO

BANCA EXAMINADORA


Profa. Dra. Maristela Silva Martinez
Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP
Presidente


Profa. Dra. Carmen Silvia Gonçalves Lopes
Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP


Profa. Dra. Paula Bruzadelle Vieira
Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP

Ribeirão Preto
2019

Dedico esse trabalho aos meus pais, João Batista e Amélia, que sempre me apoiaram nas minhas escolhas e decisões tomadas.

Aos meus filhos, Vinícius e Isabela, que me compreenderam e me deram forças e demonstravam o amor a mim e me estimulavam a continuar crescendo.

A Tracy Kelly que em todos os momentos esteve ao meu lado para essa dissertação ser concluída.

AGRADECIMENTOS

A Deus por toda a força e sabedoria que me proporcionou durante todos os estudos.

À minha orientadora, Prof^a. Dra. Maristela Silva Martinez, que me auxiliou durante os estudos, me orientando na melhor maneira de conduzir este trabalho.

À Prof^a Dra. Cristina F. P. R. Pascholato que me auxiliou durante o trabalho.

Aos bolsistas, Matheus Torelli Martin e Lucas Caetano, que me ajudaram no processo de análise.

À minha mãe, Amélia, que sempre esteve comigo em todas as horas, me ensinando tudo o que era necessário para a vida.

Ao meu pai, João Batista, que me apoiou e me instigou a ser um ótimo filho e um ótimo pai.

Aos meus filhos, Vinícius e Isabela, a quem amo incondicionalmente, e é por eles que me mantenho firme e sempre procurando ser melhor.

A Tracy Kelly que nesses últimos passos para a conclusão esteve ao meu lado me apoiando e ajudando no que eu precisava.

Agradeço também a todos os meus amigos e colegas que fiz durante o curso, Tainara, Ronney, Aline, Fábio, Isadora, Deusdedit, Marcos, Jairo, Everson, Patrícia e Denis, por todo o apoio prestado durante toda essa jornada de conhecimento.

Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de
você, menos o seu conhecimento.

Albert Einstein

RESUMO

A produção de cerveja artesanal teve um crescente aumento no Brasil ao longo de vinte anos segundo dados de registro do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), sendo a região do Rio Grande do Sul com maior quantidade de cervejarias artesanais. O Brasil é o terceiro produtor de cerveja do mundo, com 14 bilhões de litros em 2018, retratando cerca de 1% desse mercado em cervejaria artesanal. Na produção artesanal, cada litro de cerveja gera 10 litros de efluente, assim cerca de 1,4 bilhões de litros de efluentes são gerados. Em 2018 o Brasil apresentou um aumento de 23% constando 835 cervejarias com dados atualizados até o mês de setembro (MÜLLER E MARCUSSO, 2019). Estima-se uma produção total de aproximadamente 124 milhões de litros de cerveja artesanal por ano, resultando na produção de efluente proporcionalmente. Este trabalho tem como objetivo principal a identificação e caracterização, da situação atual, do descarte do efluente gerado em uma microcervejaria localizada na cidade de Ribeirão Preto, SP, que produz 30.000 litros por mês gerando em média 300.000 litros de efluente que são lançados diretamente na rede coletora de esgoto. Foi realizada a caracterização da empresa, incluindo os volumes de produção, o layout e investimentos futuros. Os pontos geradores de resíduos e efluentes foram identificados no processo da empresa. Foram realizadas coletas para a caracterização do efluente com base na comparação dos parâmetros contidos na legislação com os resultados obtidos. Os parâmetros avaliados neste estudo foram pH (potencial hidrogeniônico), DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), OD (Oxigênio Dissolvido), sólidos sedimentáveis, N (Nitrogênio), P (Fósforo) e temperatura. Os resultados foram confrontados com valores preconizados, no Estado de São Paulo, no decreto 8461/1976, artigos 18 e 19-A e Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n° 430. O pH médio foi de $5,55 \pm 0,43$ estando dentro do limite permitido e DBO ficou entre 20000 e 35000 mgL^{-1} , valor acima do permitido de 60 mgL^{-1} . A relação DQO/DBO importante na escolha do tipo de tratamento a ser implantado apresentou valor de $1,96 \pm 0,52$. O fósforo e a amônia que podem provocar eutrofização apresentaram valores em mgL^{-1} de $(24,5 \pm 12,3)$ e (22 ± 7) respectivamente. O material sedimentável (MS) em todos os casos está acima de 1 mLL^{-1} (VMP). Os sólidos sedimentáveis encontraram-se na maior porção em suspensão e são voláteis. Os resultados mostraram que esse efluente não deve ser descartado na rede de esgoto sem a implantação de uma tecnologia para tratamento do mesmo, a fim de reduzir sua carga orgânica e material sedimentável. Considerando as características do efluente e avaliando a área disponível na empresa, o tratamento biológico misto (ETE Compacta) seria o mais indicado para a correta disposição atendendo a legislação vigente.

Palavras-chave: Cerveja artesanal. Microcervejaria. Tratamento de efluente. Tratamento biológico misto.

ABSTRACT

The production of Artisanal beer has increased in Brazil over the last twenty years, according to MAPA (Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply) records. The region of Rio Grande do Sul has a larger number of artisanal breweries. The Brazil is the third largest beer producer in the world, with 14 billion liters in 2018, representing about 1% of this market in artisan brewery. In artisanal production, each liter of beer generates 10 liters of effluent, so about 1.4 billion liters of effluent are generated. In 2018 the Brazil presented an increase of 23%, consisting of 835 breweries with updated data until the month of September (MÜLLER AND MARCUSSO, 2019). It is estimated a total production of approximately 124 million liters of artisanal beer per year, resulting in the production of effluent proportionally. This work has as main objective the identification and characterization, of the current situation, of the disposal of the effluent generated in a microbrewery located in the city of Ribeirão Preto, SP, that produces 30,000 liters per month generating on average 300,000 liters of effluent monthly and that are released directly into the sewage collection network. The company was characterized, including production volumes, lay-out and future investments. The points generating waste and effluents were identified in the company's process. The samples were collected to characterize the effluent based on the comparison of the parameters contained in the legislation with the parameters obtained. The parameters evaluated in this study were pH (hydrogenation potential), BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), OD (Dissolved Oxygen), sedimentable solids, N (Nitrogen), P (Phosphorus) and temperature. The results were compared with the values recommended, São Paulo State, in Decree 8461/1976-articles 18 and 19-A and CONAMA Resolution (National Environmental Council) n° 430. The average pH was $5.55 + 0.43$ being within the limit allowed and BOD was between 20,000 and 35,000 mgL^{-1} , a value above the allowed of 60 mgL^{-1} . The COD / BOD ratio important in choosing the type of treatment to be implanted presented a value of $1.96 + 0.52$. The phosphorus and the ammonia that can cause eutrophication presented values in mgL^{-1} of $(24.5 + 12.3)$ and $(22 + 7)$ respectively. The sedimented solids have been found in the largest portion in suspension and are volatile. The results showed that this effluent should not be discarded in the sewage network without the implantation of a technology to treat it, in order to reduce its organic load. Considering the effluent characteristics and evaluating the available area in the company, the mixed biological treatment (anaerobic followed by aerobic) was identified as being an option that presents high efficiency in the removal of organic matter and presents a compact area.

Keywords: Artisanal beer. Microbrewery. Effluent treatment. Mixed biological treatment.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização do efluente da microcervejaria.....	50
Tabela 2: Valores obtidos de DBO ₅ , DQO e DBO ₅ /DQO	52
Tabela 3: Valores obtidos de MS, ST, STF, STV, SST, SSF, SSV, SDT, SDF e SDV	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características do mosto.....	25
Quadro 2: Tratamento de efluentes industriais.....	27
Quadro 3: Condições para o lançamento de efluentes na rede coletora pública de acordo com o CONAMA 430/2011.....	41
Quadro 4: Condições para o lançamento de efluentes na rede coletora pública pelo Decreto 8.468/1976	41
Quadro 5: Parâmetros e métodos e equipamentos utilizados na caracterização do efluente....	45
Quadro 6: Descartes de processo.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes da cerveja	22
Figura 2: Resumo do processo cervejeiro.....	22
Figura 3: Processo genérico da produção de cerveja.....	24
Figura 4: Processos de tratamento de efluentes.....	27
Figura 5: Esquema do sistema UASB	33
Figura 6: Representação de um sistema híbrido de BC-FV seguido de BC-FSH.....	36
Figura 7: Fluxograma do tratamento por reator UASB seguido de Lodo ativado	37
Figura 8: Fluxograma do tratamento por reator UASB seguido de biofiltro aerado submerso	38
Figura 9: ETE compacta.....	39
Figura 10: Fluxograma da ETE Compacta.....	40
Figura 11: Equipamento totalmente nacional.....	42
Figura 12: Caixa de passagem.....	43
Figura 13: Tanque de fervura/Ponto de coleta do trub grosso.....	43
Figura 14: Pinça e luvas	44
Figura 15: Frascos previamente higienizados e termômetro termopar digital	44
Figura 16: Planta baixa da microcervejaria	47
Figura 17: Frasco de coleta da amostra da caixa de inspeção	49
Figura 18: Frasco de coleta da amostra do tanque de fervura	49
Figura 19: Relação dos valores de pH entre a legislação e os resultados obtidos na pesquisa	51
Figura 20: Valores de fósforo, amônia e NTK.....	53
Figura 21: Valores obtidos para série de sólidos.....	56
Figura 22: Valores obtidos de materiais sedimentáveis (MS).....	57
Figura 23: Valores obtidos de temperatura.....	547

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	: Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ACervA	: Associação dos Cervejeiros Caseiros Artesanais do Brasil;
BC-FSL	: Banhados Construídos de Fluxo Superficial Livre;
BC-FSH	: Banhados Construídos Fluxo Horizontal;
BC-FV	: Banhados Construídos Fluxo Vertical
CETESB	: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	: Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	: Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNA	: Ácido Desoxirribonucleico;
DQO	: Demanda Química de Oxigênio;
EEE	: Estação Elevatória de efluente de entrada;
EES	: Estação Elevatória de efluente de saída;
ETE	: Estação de Tratamento de Esgoto;
hL	: hectolitro (100,0 Litros)
IBAMA	: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MS	: Materiais Sedimentáveis;
N_{total}	: Nitrogênio Total;
NBR	: Norma Brasileira;
NTK	: Nitrogênio Total Kjeldahl;
OD	: Oxigênio Dissolvido;
pH	: Potencial Hidrogeniônico;
ppm	: Partes por milhão;
POA	: Produto oxidativo avançado;
SDF	: Sólidos Dissolvidos Fixos;
SDT	: Sólidos Dissolvidos Totais;
SDV	: Sólidos Dissolvidos Voláteis;
SSF	: Sólidos Suspensos Fixos;
SST	: Sólidos Suspensos Totais;
SSV	: Sólidos Suspensos Voláteis;
ST	: Sólidos Totais;
STF	: Sólidos Totais Fixos;
STV	: Sólidos Totais Voláteis;

T : Temperatura;

TDH : Tempo de Detenção Hidráulica;

UASB : Uplow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (Reator Anaeróbio de Manta de Lodo com Fluxo Ascendente);

UNAERP : Universidade de Ribeirão Preto;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVO GERAL	18
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1 HISTÓRIA DA CERVEJA	19
3.2 HISTÓRIA DA CERVEJA NO BRASIL	19
3.3 TIPOS DE CERVEJARIAS	21
3.4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJAS.....	22
3.5 EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	26
3.6 TECNOLOGIA APLICADA NO TRATAMENTO DE EFLUENTES	27
3.6.1 Tratamento de Efluente por Processo Físico	28
3.6.2 Tratamento de Efluente por Processo Químico.....	29
3.6.3 Tratamento de Efluente por Processos Biológicos	30
3.6.3.1 Processo biológico aeróbio	30
3.6.3.2 Filtração biológica	31
3.6.3.3 Lodo ativado	31
3.6.3.4 Processo biológico anaeróbio	32
3.6.3.5 Lagoas de estabilização	32
3.6.3.6 Reatores UASB	33
3.6.3.7 <i>Wetland</i> (Bacias construídas alagadas).....	34
3.7 TRATAMENTOS MISTOS.....	36
3.7.1 Reator UASB utilizando Lodos Ativados	36
3.7.2 Reator UASB utilizando Biofiltro Aerado Submerso (BAS).....	37
3.7.3 ETE Compacta.....	38
3.8 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	40
4 MATERIAL E MÉTODOS	42
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROCERVEJARIA	42
4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE DESCARTE DE RESÍDUOS E EFLUENTES ..	43
4.2.1 Procedimento de Coleta.....	44
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES	45
4.4 SELEÇÃO DO TRATAMENTO ADEQUADO PARA O EFLUENTE ESTUDADO ...	46
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROCERVEJARIA	47
5.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DESCARTE DE RESÍDUOS E EFLUENTES	48
5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES	48
5.3.1 Valores de pH	51
5.3.2 Valores Obtidos de DQO, DBO ₅ e DBO ₅ /DQO.....	52
5.3.3 Valores Obtidos de Fósforo, Amônia e NTK	52
5.3.4 Valores Obtidos da Temperatura do Efluente	54
5.3.5 Valores Obtidos da Série de Sólidos e Materiais Sedimentáveis	54
5.4 SELEÇÃO DO TRATAMENTO ADEQUADO PARA O EFLUENTE ESTUDADO....	58
5.4.1 Análise de Tratabilidade	58
6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO	59
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria cervejeira está em franca ampliação. De acordo com a quantidade de litros de cerveja produzidos em um mês, este mercado se subdivide em cervejaria artesanal com produção entre 20 a 200 litros, nanocervejaria com produção entre 200 e 1.000 litros, microcervejaria com produção entre 1.000 e 200.000 e a grande cervejaria com produção acima de 200.000 litros por mês. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018) exceto as grandes cervejarias, em 2017, foram registradas 148 novas empresas chegando a um total de 679 nano e microcervejarias no Brasil, com um crescimento registrado de 35,8%. Em 2018 o Brasil apresentou um aumento de 23% constando 835 nano e microcervejarias com dados atualizados até o mês de setembro (MÜLLER E MARCUSSO, 2019). Estima-se, entre artesanal não cadastrada, nano e micro cadastradas, uma produção total de aproximadamente 124 milhões de litros de cerveja por ano, resultando na produção de efluente proporcionalmente. No interior do estado de São Paulo, o número de produtoras de cerveja vem crescendo. Na cidade de Ribeirão Preto, existem 12 produtoras cadastradas, entre microcervejaria e grande cervejaria.

Segundo a CETESB (2005) as cervejarias geram em média, de 4,0 a 10,0 litros de efluente por litro de cerveja. Já as cervejarias europeias geram de 3,7 a 8,0 litros de efluente por litro de cerveja produzida. As cervejarias artesanais, nanocervejaria e microcervejarias geralmente não possuem um sistema para tratamento de seus efluentes, realizando o descarte diretamente na rede coletora de esgoto ou diretamente em corpos receptores. Com o crescente aumento das microcervejarias o volume descartado de efluente vem aumentando podendo vir afetar o tratamento do esgoto ou a qualidade da água do rio onde está sendo lançado.

Atualmente a legislação, Artigo 16 da resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 430/2011 e Artigos 18 e 19-A do decreto Estadual 8.468/1976), indicam alguns parâmetros químicos e biológicos para o correto descarte de efluentes em rede coletora ou corpo receptor (cursos d'água).

Com isso é de grande relevância o estudo do efluente de microcervejarias para avaliar se o mesmo cumpre os requisitos para o lançamento sem tratamento ou se é necessário a implantação de um sistema de tratamento adequado.

Este trabalho tem como objetivo caracterizar o efluente gerado em uma microcervejaria na cidade de Ribeirão Preto - SP e com isso avaliar a necessidade ou não da elaboração de um sistema de tratamento antes do descarte em rede pública coletora de esgoto.

2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo identificar e caracterizar os efluentes do processo de uma microcervejaria da região de Ribeirão Preto – SP e propor a tecnologia mais adequada para o seu tratamento.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterização da infraestrutura da microcervejaria;
- Identificar os resíduos e efluentes gerados na microcervejaria;
- Caracterizar os efluentes gerados para confrontar com os parâmetros contidos na legislação;
- Selecionar um tratamento adequado para o efluente estudado.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 HISTÓRIA DA CERVEJA

De acordo com Silva et al (2016) o método de produção da cerveja foi descoberto por acaso. Buscando-se na história encontra-se registro anterior a escritas que retratam em desenhos e símbolos primitivos, a produção de uma bebida muito semelhante à cerveja. E durante algumas escavações, de cidades do século 6.000 A.C., foram encontrados alguns documentos que indicavam que a cerveja era utilizada como moeda de troca.

Essa teoria é refutada a partir de escavações arqueológicas realizadas no século XIX, onde foram observados restos de cevada dentro de tumbas dos faraós, por este motivo é especulado que ela originou-se no Egito ou no Oriente Médio. O arqueólogo Bedrich Hrozný, citado por Silva et al (2016) é um linguista, e seu estudo levou a descrição de alguns resquícios, onde descreve a receita da cerveja, sendo composta por cereais, e era usada como moeda de troca para a compra de remédios, pagamentos de salário e para realizar oferenda aos deuses (SILVA et al., 2016).

Conforme Silva et al (2016) foi a partir da Idade Média que a cerveja entrou como uma opção barata e acessível, pois o vinho, que era a bebida tradicional, era mais caro e de difícil acesso as pessoas de classes mais baixas.

A pesquisa para melhoria da qualidade iniciou-se com os monges e foi com eles também que houve a primeira produção em grande escala, sendo esta vendida ou doada para toda a população, em outras palavras a Igreja Católica manteve permanentemente contato desde a descoberta da cerveja (SILVA et al., 2016).

O estabelecimento da cerveja como produto de venda e relevância na economia deu início com o imperador Carlos Magno, ao decretar especificações, o Capitular de Villis, identificando o trabalho profissional dos cervejeiros e adquirindo destaque entre a administração dos vilarejos (SILVA et al., 2016).

3.2 HISTÓRIA DA CERVEJA NO BRASIL

O costume do consumo da cerveja no Brasil teve início após a chegada dos comerciantes europeus, em especial os alemães que vieram para instalar-se juntamente com as colônias europeias. Os europeus apresentaram grande influência na venda da cerveja, que até o momento era considerada um produto líquido desconhecido em relação aos costumes brasileiros.

De acordo com Limberger (2013) a primeira cervejaria foi instalada em 1637, pelo imigrante Maurício de Nassau. A fábrica foi desmontada, transportada e instalada em Recife, no Brasil, no entanto, Silva et al (2016) dizem não ser possível datar com precisão o início da produção da cerveja. Em 27 de outubro de 1836, na cidade do Rio de Janeiro, o Jornal do Comércio do Rio de Janeiro publicou o primeiro anúncio de venda de cerveja. Nesse momento da história as cervejarias que existiam eram poucas e artesanais, e produziam em pequena escala.

Há um estudo apontado por Limberger (2013) afirmando que o Imperador, em 1869, pelo Diário de Pernambuco, foi o primeiro fundador da indústria da cerveja, Henri Joseph Leiden, em 1842.

Com a criação das cervejarias as demandas cresceram gradativamente até o início da Primeira Grande Guerra, no entanto ela tornou-se um obstáculo para receber o malte e o lúpulo que viam da Alemanha e Áustria. Com este problema, tornou-se difícil encontrar as matérias primas dentro do Brasil, e com isso passou-se a utilizar o milho, arroz ou trigo como uma matéria prima substituta, mas tornava-se a qualidade inferior. Não havia controle na fermentação, o que ocasionava um processo precário, ocasionando uma grande variação de pressão e para fechar eram utilizadas rolhas amarradas com barbante, originando a marca Barbante (SILVA et al., 2016).

As cervejarias no Brasil, como citado inicialmente, produziam em pequenas quantidades, por facilidade e por dificuldade nas tecnologias. Somente entre os anos de 1870 e 1880, na cidade de Porto Alegre iniciou-se a produção em nível industrial, pois houve a fabricação das máquinas compressoras frigoríficas para fabricação do gelo e com essa inovação foi possível controlar a temperatura na fermentação (SANTOS, 2003).

Com o alcance em nível industrial foram abertas duas companhias, a Antarctica Paulista e a Cervejaria Brahma, que hoje se fundiram e se tornaram atualmente uma das empresas com a maior quantidade de marcas no mundo (SANTOS, 2003).

Atualmente além da cerveja industrial tem-se a cerveja artesanal, sendo essa organizada e aparada pela ACervA – Associação dos Cervejeiros Caseiros Artesanais do Brasil – que tem como principal objetivo ampliar a cultura cervejeira e proporcionar troca de experiências entre as empresas (ACervA Brasil, 2016).

A diferença entre os empreendimentos é o tamanho da produção, a característica da matéria prima e a inclusão de produtos que geram sabores diferentes e únicos.

De acordo com Ferrari (2008) tem-se que as histórias de cervejeiras dentro do Brasil, iniciaram-se no século XX, onde se iniciou o conceito das indústrias cervejeiras. Antes dessa

época todas as cervejas não tinham marca própria, e nesse mercado destacavam-se a Brahma e a Antarctica.

Em 1888, o imigrante suíço Joseph Villiger, fundou a empresa Brahma, na cidade de Porto Alegre. Em meados de 30, a empresa já era estruturada e apostava em novas tecnologias, tornando-se, em 1934, a cerveja mais procurada e consumida no país. No ano de 1954 a empresa possuía seis fábricas e uma maltaria em elaboração. Em 1980 a cerveja era considerada a mais preferível importada dos EUA, nesta mesma década conseguiu o controle das Cervejarias Reunidas, Skol e Caracu S.A. Com o avanço da tecnologia e o aumento da produção, em 1996, inaugurou a Filial Rio de Janeiro, sendo considerada a maior fábrica de cerveja da América Latina, tendo como capacidade de produção, o valor de 12 milhões de hectolitros por ano (FERRARI, 2008).

Ao contrário da Brahma, a empresa Antarctica (Companhia Antarctica Paulista) sofreu muito com indefinições e mudanças durante os primeiros anos. Em 1940, os proprietários Antônio e Helena Zerrenner acabaram falecendo e não deixando herdeiros, o que ocasionou certa confusão. Durante esse período teve diversos gestores, até ser adquirida e se tornar Indústria Brasileira de Bebidas e Conexos. Essa mudança trouxe um fortalecimento para a empresa, tornando-se mais participativa dentro do mercado. Como a Brahma, na década de 80, a empresa adquiriu a Bohemia e algumas outras marcas, com o intuito de diminuir a competição do mercado. Ainda nessa década a empresa se tornou gigante e iniciou a internacionalizar-se.

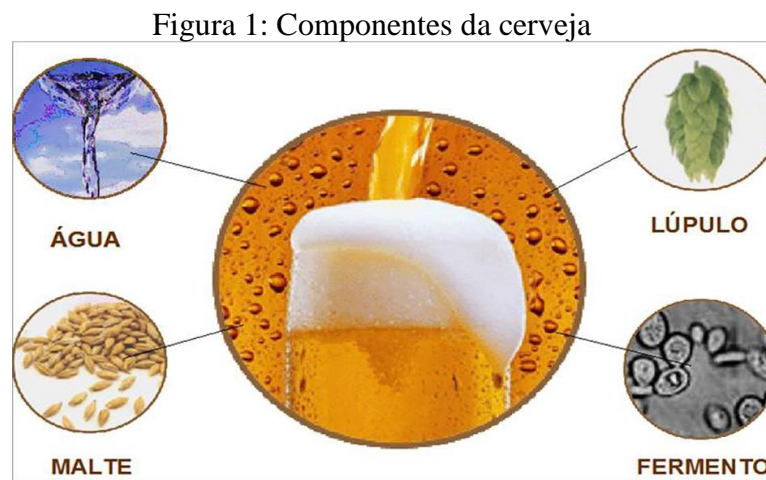
3.3 TIPOS DE CERVEJARIAS

A produção de cerveja não segue uma norma para a separação quanto ao porte das cervejarias, no entanto há definições que realizam essas separações. Conforme Ferreira (2016) as cervejarias são divididas em:

- Cervejaria artesanal, produzindo de 20 a 200 litros por mês;
- Nano cervejaria, produzindo de 200 a 1.000 litros por mês;
- Microcervejaria, produzindo de 1.000 a 200.000 litros por mês;
- Grande Cervejaria, produzindo acima de 200.000 litros por mês.

3.4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJAS

De acordo com o portal da Cervesia (2018) têm-se os seguintes ingredientes que sempre fizeram parte da composição das cervejas, sendo eles, a água, os cereais e a levedura. No entanto, no ano de 1516, foi instituída a Lei de Pureza, pelo Duque Guilherme IV, esta lei determinava que os ingredientes a serem utilizados a partir daquele momento seriam a água, o lúpulo e o malte (Figura 1).



Fonte: ROSA e AFONSO (2015)

Conforme Silva et al (2016) tem-se que “... a produção da cerveja é constituída por seis etapas: mosturação, filtragem, fervura, fermentação, maturação e envase (Figura 2). Os cervejeiros chamam de brasagem o processo que vai da mosturação à fervura, passando pela filtração”.



Fonte: ROSA e AFONSO (2015).

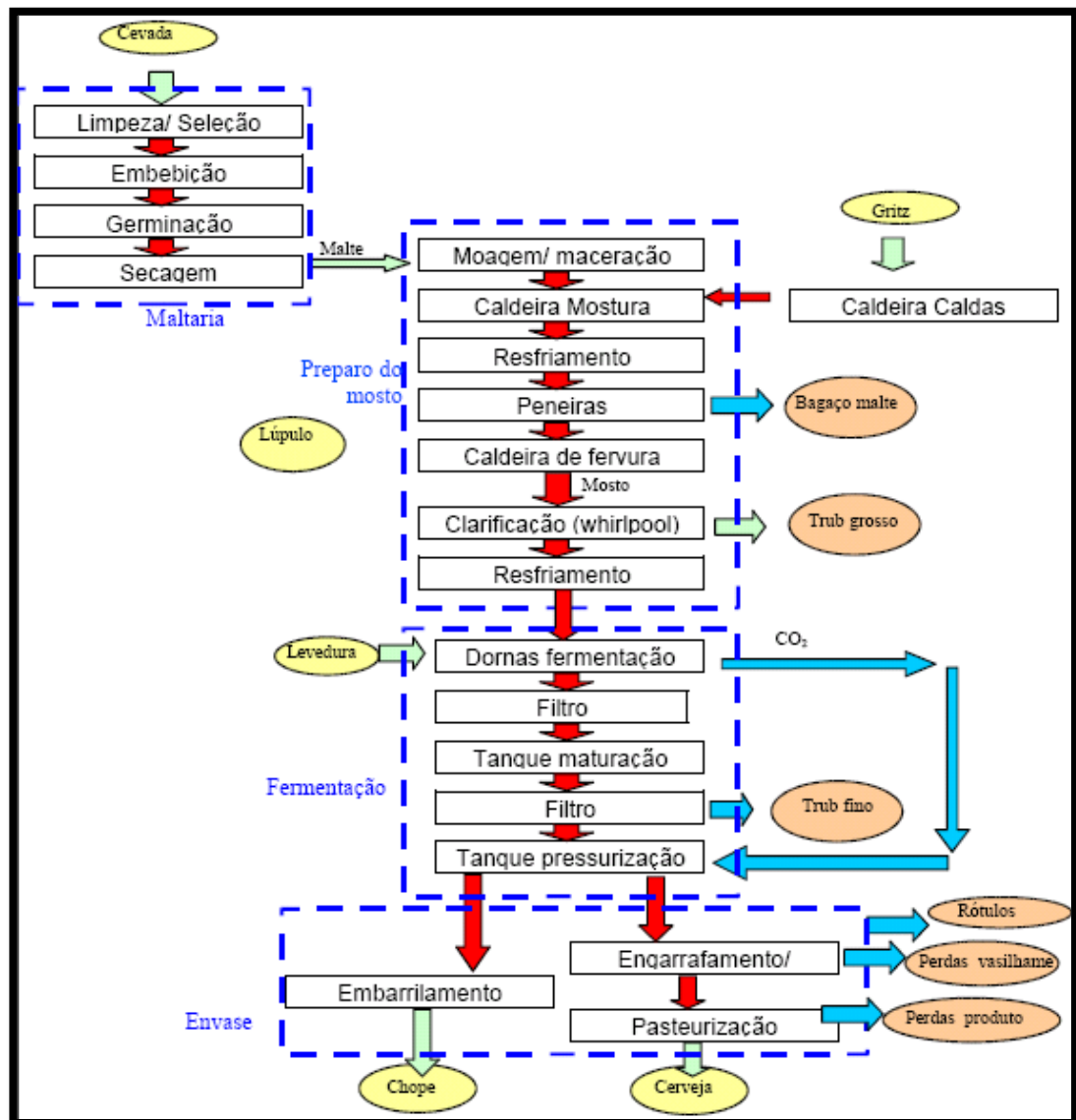
Segundo Silva et al (2016) tem-se as seguintes definições para as etapas de fabricação da cerveja:

- **Mosturação:** É o cozimento do malte, previamente moído para extrair o açúcar necessário para alimentar os microrganismos responsáveis pela fermentação. Nesse momento é importante controlar a temperatura para conseguir converter o amido do cereal em substância digerível pelas leveduras (HUGHES, 2014).
- **Filtragem:** Separa o bagaço da cevada do líquido rico em açúcares. Utiliza-se um filtro, sendo necessário recircular o líquido para aumentar a eficiência do processo (HUGHES, 2014).
- **Fervura:** é o momento da esterilização da cerveja, tem duração de aproximadamente uma hora e meia, sendo que a evaporação da água resulta na concentração final do líquido. Adiciona-se o lúpulo, que proporciona o amargor e o aroma e auxilia na conservação final da cerveja (MORADO, 2011).
- **Fermentação:** Utilização de microrganismos vivos, facilmente contamináveis, podendo alterar o aroma e sabor da cerveja. É nesta etapa que transforma os açúcares em etanol e CO₂ (MORADO, 2011).
- **Maturação:** É nessa etapa que as substâncias químicas se estabilizam e se associam, tem como resultado o sabor e aroma. Nesta etapa tem a separação do fermento do mosto (MORADO, 2011).
- **Envase:** É a fase final da produção, tem que ter cautela na higienização e sanitização dos recipientes. Pode ser feito mecanicamente ou manualmente, mas o primeiro processo é o mais seguro (HUGHES, 2014).

Conforme Ferrari (2008) o malte utilizado na fabricação de cerveja é produzido a partir do processo de germinação da cevada. Do consumo brasileiro, 30% vêm da produção brasileira e os outros 70% são adquiridos por meio da importação. No entanto, em 2004, após diversos investimentos na área, a AmBev, conseguiu adquirir todo o malte nacionalmente.

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) a produção da cerveja está esquematizada na Figura 3.

Figura 3: Processo genérico da produção de cerveja



Fonte: Cervejas e Refrigerantes (CETESB, 2005, p. 26).

Normalmente, o efluente do processo de fabricação, é formado, basicamente, pelas águas residuárias da limpeza dos pisos da fábrica, dos tanques de mosto, clarificação e fervura.

De acordo com Ferrari (2008) a cerveja pode ser classificada de acordo com alguns itens, sendo fermentação alta e baixa e os estratos primitivos (ou podem ser chamados de mosto).

A fermentação alta parte de um processo que ocorre entre as temperaturas de 20 a 25°C. Nesse processo a levedura após a fermentação acaba flutuando e formando um produto de cor cobre-avermelhada, possuindo um sabor forte e com teor alcoólico entre 4 e 8%.

Já a fermentação baixa ocorre entre as temperaturas de 9 a 14°C, e a levedura fica depositada no fundo, mas com a troca de tecnologia foi ocasionando uma mudança e novas definições estão sendo apresentadas. Existem alguns tipos de cerveja sendo, a bock, light,

malzibier, stout. Por exemplo, a cerveja tipo pilsen (tem uma cor clara e tem um baixo teor alcoólico, que fica entre 3 e 5%), a mais consumida no Brasil.

Já em relação ao mosto, têm-se as seguintes características, de acordo com Ferrari (2008), apresentado no Quadro 1:

Quadro 1: Características do mosto

Características do Mosto	
Cor	<ul style="list-style-type: none"> • Clara • Escura
Teor de Mosto	<ul style="list-style-type: none"> • Fraca – 7 a 11% • Comum – 11 a 12,5% • Extra – 12,5 a 14% • Forte – acima de 14%
Teor Alcoólico (percentual em peso)	<ul style="list-style-type: none"> • Sem álcool – menos de 0,5% • Baixo – 0,5 a 2% • Médio – 2,0 a 4,5% • Alto - 4,5 a 7,0
Teor de Extrato final (percentual em peso)	<ul style="list-style-type: none"> • Sem álcool – menos de 0,5% • Baixo – 0,5 a 2%

Fonte: Ferrari (2008), adaptado pelo autor.

Dentro da indústria cervejeira têm-se vários impactos inseridos dentro do ambiente, sendo um referente aos efluentes.

Conforme Ferrari (2008) os efluentes gerados na cervejaria apresentam uma quantidade significativa e variam de acordo com o tipo de cerveja fabricada, nisso considera-se a levedura utilizada, o processo de filtração, se utiliza ou não aditivos, e como é o processo de limpeza de equipamentos. Com todos esses fatores torna muito variável a taxa de geração dos rejeitos.

A quantidade de efluentes produzidos está apresentada por Ferrari (2008) em relação aos volumes, não considerando a água incorporada, evaporada ou que ainda está presente nos resíduos. Este volume totaliza-se em 1,3 a 1,8 hL, tendo o valor médio de 1,5 hL, tornando toda a água em efluente, com isso é gerado o valor de 3 a 6 hL efluente / hL cerveja. Este tratamento varia intensamente em volume ou características.

O aumento de efluentes varia por ter diversas etapas no processo, iniciando-se na lavagem de cada garrafa da produção, mas está tem uma baixa carga orgânica. O volume gerado

é seguido pelo processo de filtração, que gera cerca de 3% de todo volume de efluentes e possuem cerca de 97% de toda a carga orgânica. Por relação da carga de efluentes da indústria cervejeira é considerada como tendo um alto potencial de poluição, por possuir uma alta carga orgânica, o alto teor de sólidos em suspensão e presença de fósforo e nitrogênio (FERRARI, 2008).

Segundo a CETESB (2005) a indústria cervejeira tem a necessidade de realizar frequentemente diversas operações de limpeza, tanto nos equipamentos, como em pisos e garrafas, e com isso a quantidade de efluente torna-se significativa. Tem como principais pontos de geração: caldeiras de caldas, mostura e lúpulo, tubulações, filtros, whirlpool, trocadores de calor, tanques de leveduras, garrafas de vidros, barris ou latas, caixas plásticas, pisos, no envase, e para uso dos funcionários (refeitório, vestiários, sanitários, sala de convivência, etc.).

Grande parte das cervejarias utiliza o tratamento para os efluentes gerados nos processos de produção da cerveja, onde é necessário o método primário e secundário. De acordo com Janhom et al (2009) e Simate et al (2011) existe também a possibilidade do reuso de águas residuais por meio da instalação do próprio sistema de tratamento quando se tem a carga orgânica muito elevada, mesmo não sendo comum neste tipo de indústria devido a percepção do público e os possíveis problemas de deterioração da qualidade do produto.

3.5 EFLUENTES INDUSTRIAIS

Segundo Tonetto (2015) é importante considerar que a demanda de água dentro do setor industrial está aumentando gradativamente de acordo com o aumento populacional e, conseqüentemente, o crescimento industrial. Considerando que a água é um dos bens mais consumidos, o aumento de efluentes industriais, torna essa fonte, um dos principais poluentes deste bem.

Os efluentes industriais têm recebido maior atenção, por se tratar de um produto que torna incompleto o processo de tratamento de água convencional, e também o efeito que pode ocorrer com a mistura de agentes químicos.

O tratamento dos efluentes industriais é importante, pelo fato do mesmo possuir substâncias prejudiciais à saúde do homem e do meio ambiente (TONETTO, 2015).

O efluente precisa ser tratado para poder retornar ao sistema aquático, para que não cause problemas de saúde, tanto para o ser humano quanto para o ecossistema a qual será incorporado. Pensando nisso foi necessário que um desenvolvimento da gestão ambiental, para

padronizar os processos e operações que darão suporte a esse sistema, dando base para que haja diversos tipos de tratamentos de efluentes (TONETTO, 2015).

O tratamento de efluente apresenta diferentes tipos de processos conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Tratamento de efluentes industriais

Tratamento de Efluentes Industriais		
Biológico	Físico	Químico
Aeróbico	Decantação	Incineração
Anaeróbico	Filtração	Eletroquímico
Enzimático	Absorção	- Fotocatálise
		POA - Ozonização
		- Fenton

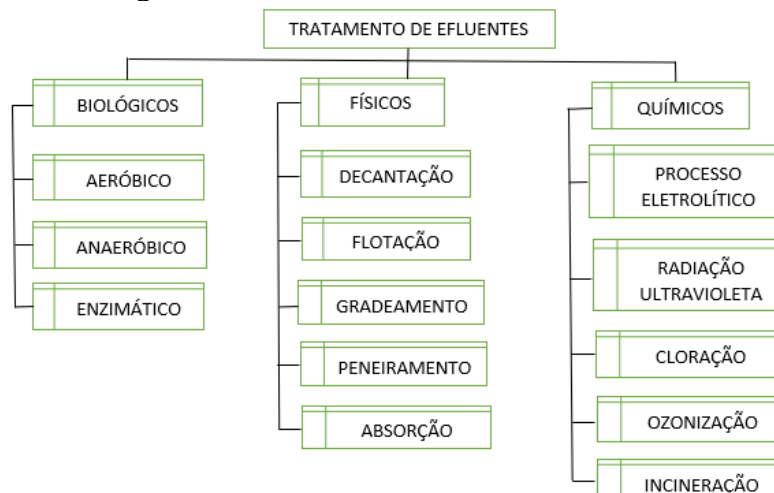
Fonte: Freire et. al. (p. 1, 2000), adaptado pelo autor.

3.6 TECNOLOGIA APLICADA NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

De acordo com Metcalf e Eddy (2003) as tecnologias escolhidas para o tratamento devem seguir alguns critérios, sendo eles a aplicabilidade do processo, a análise econômica e a disponibilidade de área para a implantação e expansão do sistema.

Os sistemas de tratamento de esgoto podem ser classificados conforme a Figura 4.

Figura 4: Processos de tratamento de efluentes



Fonte: Marcondes, J. G. (p.19, 2012) adaptado pelo autor.

3.6.1 Tratamento de Efluente por Processo Físico

Conforme Freire et al (2000) tem-se que o tratamento de efluentes por processo físico pode ser caracterizado utilizando os processos de separação, transição, transferência de fases e a parte de separação molecular.

A separação de fases ocorre mediante a sedimentação ou decantação, a filtração, a centrifugação e a flotação. Já a transição de fases ocorre com a destilação, evaporação e a cristalização. A transferência de fases precisa da adsorção, *air-stripping* e a extração de solventes. Por final, o último processo é a separação molecular, que se compõem a hiperfiltração, ultrafiltração, osmose reversa e a diálise (FREIRE et al., 2000).

Seguindo essa forma de tratamento, permite-se que haja uma purificação dos efluentes, mas, as substâncias que estão contaminadas não são eliminadas, e sim, transferidas para uma nova fase de tratamento. Tem-se um volume reduzido, mas ainda apresenta problemas de contaminação.

De acordo com Freire et al (2000) tem-se a seguinte definição para o tratamento de efluente por processo físico “a utilização dos métodos físicos como etapas de pré-tratamento ou polimento do processo final possui extrema importância em um tratamento efetivo”.

Conforme Crespilho et al (2004) os processos físicos podem ser pelo método de separação de fases, sendo dividido em gradeamento, peneiramento, sedimentação, decantação e por flotação de resíduos. Segundo Massi et al (2008) as fases possuem as seguintes funções:

- Gradeamento: tem como objetivo principal realizar a retenção da parte sólida que está em suspensão no esgoto.
- Peneiramento: o objetivo desta etapa é remover os sólidos grosseiros que possuem uma granulometria maior que 0,25 mm, podendo ser por peneiras estáticas ou rotativas.
- Sedimentação ou Decantação: tem por objetivo reduzir toda a parte orgânica que está presente no esgoto, retirando os sólidos que está em suspensão como também os que são flutuantes, pois se precisa considerar que nesse processo existe uma parte de sólidos mais pesadas que a parte líquida. A sedimentação se trata de um processo físico que separa sólidos em suspensão através da diferença de densidade. Esta operação acontece por meio da gravidade, fazendo com que as partículas mais pesadas fiquem depositadas no fundo do decantador, então ocorre a clarificação do líquido sobrenadante e a formação da cama de lodo (VON SPERLING, 1996). Desta forma, Carvalho (2008) também aponta que as forças gravitacionais é um fator que contribui para a remoção de

partículas sólidas em suspensão, para a clarificação de um efluente e por conta de algumas partículas apresentarem baixa densidade, não sedimentam, sendo necessária a utilização da etapa de filtração para então a remoção dos sólidos.

- Flotação: introduz bolhas de ar para realizar a separação de misturas. Com este processo é criada uma espuma que pode ser removida, representando assim o inverso da sedimentação de partículas.

3.6.2 Tratamento de Efluente por Processo Químico

Conforme Freire et al (2000) “os processos químicos podem ser utilizados para aumentar a biodegradabilidade de compostos recalcitrantes, diminuindo o tempo de tratamento dos tradicionais processos biológicos”.

A precipitação e a incineração são os principais processos químicos utilizados para eliminação dos compostos poluentes. Sendo que a precipitação se assemelha aos processos físicos, onde só alcança uma mudança de fase. Já incineração é um dos processos mais clássicos para a decomposição de resíduos contaminados, mas é um tratamento caro, e sua mistura com o efluente pode ocasionar uma substância mais tóxica do que a inicial.

De acordo com o Projeto Município Verde (2012) os processos químicos são etapas que necessitam da utilização de produtos químicos que aumentem a eficiência na remoção de substâncias, muitas vezes utilizados junto com processo físico e poucas vezes no processo biológico. Eles são utilizados para quando os processos biológicos ou físicos não retiram determinadas substâncias no nível assim desejado no processo de tratamento. Eles podem ser caracterizados em cloração, ozonização, radiação ultravioleta, processo eletrolítico, entre outros tipos de tratamentos.

Para Dias et al (2012) esse processo é adotado para desinfecção das águas de abastecimento, exemplo águas residuárias, sendo que normalmente conta com aplicação de cloro gasoso, hipoclorito de sódio ou de cálcio.

Já Assalin e Duran (2006) explicam o processo de ozonização, considerando esta, uma importante tecnologia no tratamento de águas residuárias. Essa tecnologia trabalha com um elevado processo de oxidação, sendo considerada uma tecnologia de redução no parâmetro de poluição ambiental.

A radiação ultravioleta foi explicada por Vasconcelos e Gomes (2009) como um processo realizado que apresentou excelente resultado na inativação de algas e de microrganismos patogênicos, por causar um dano em seu DNA (Ácido Desoxirribonucleico).

A radiação pode ser utilizada no processo de degradação de compostos orgânicos sendo em meio fotoquímicos e fotocatalíticos. Sua eficiência é medida de acordo com a intensidade luminosa das lâmpadas utilizadas nos processos.

3.6.3 Tratamento de Efluente por Processos Biológicos

Segundo Projeto Município Verde (2012) os processos biológicos é todo tratamento que precisa de ações de microrganismos aeróbicos ou anaeróbicos para transformar toda matéria orgânica, ou seja, sólidos dissolvidos e também em suspensão, em materiais mineralizados, sendo estes compostos mais simples e gás carbônico (CO_2).

Seguindo as ideias de Freire et al (2000) os tratamentos biológicos são utilizados mais frequentemente por facilitarem o processo com grandes volumes, transformando compostos orgânicos em gás carbônico (CO_2) e água (H_2O). Esse sistema consiste na remoção das matérias orgânicas que encontramos nos efluentes residenciais e industriais.

Segundo Freire et al (2000), os processos biológicos podem ser classificados em aeróbios e anaeróbios. O processo aeróbio consiste no emprego de bactérias e fungos dependentes de oxigênio, as maneiras mais comuns são lagoas aeradas e lodos ativados. Já o processo anaeróbico consiste na decomposição de compostos orgânicos. Outra divisão dos processos biológicos são os processos enzimáticos, sendo que estes consistem na utilização de enzimas que tem a capacidade de degradar os efluentes.

3.6.3.1 Processo biológico aeróbio

Segundo Barcello e Carvalho (2012) o processo biológico aeróbico ocorre a partir de oxidação, degradando as substâncias, que são os alimentos para os microrganismos. Para que ocorra a biodegradação das substâncias sólidas é necessária à utilização de oxigênio (O_2). Existem vários processos de tratamento biológico aeróbio como a filtração biológica, lodos ativados e lagoas de estabilização. Dentre estes processos, o mais utilizado é por meio de lodo ativado, tendo a maior eficiência.

3.6.3.2 Filtração biológica

O nome do processo não realiza qualquer operação de peneiramento ou filtração. O funcionamento da operação reflete a alimentação e percolação contínua do esgoto através do meio suporte, visto que, motiva o crescimento e aderência da massa biológica em sua superfície (JORDÃO, 2016 e METCALF e EDDY, 2016). As substâncias coloidais e dissolvidas são modificadas em flocos simplesmente sedimentáveis. Durante o processo de deterioração da matéria orgânica, ao qual ocorre pelo mecanismo de adsorção pela massa biológica agregada ao meio suporte em condições favoráveis, o aumento da biomassa impede a circulação de oxigênio e o processo de oxidação sucede de forma anaeróbia. A degradação da matéria orgânica em ambiente úmido e ventilado gera o gás carbônico (CO_2) como subproduto, ácido nítrico (HNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Parte do CO_2 permanece em solução ou se desprende na atmosfera. A filtração biológica caracteriza seu processo por permitir que a massa biológica permaneça fixa (estática ou aderida) (JORDÃO, 2011).

3.6.3.3 Lodo ativado

O sistema aeróbio por lodo ativado, muito utilizado para o tratamento de efluentes industriais permite a degradação da matéria orgânica por meio da existência de microrganismos aeróbios em constante proliferação, na presença de O_2 no reator ou em tanques de aeração (TELLES e COSTA, 2010). Este processo apresenta como vantagem, em relação aos outros processos biológicos apresentados, a menor área ocupada, maior flexibilidade de operação e elevada eficiência de tratamento, porém sua desvantagem é a elevada produção de lodo biológico, maior custo de operação, necessidade de controle de laboratório e operação mais delicada (JORDÃO, 2011). No reator a matéria orgânica é aderida nas enzimas exógenas liberadas pela colônia de microrganismos e degradada (TELLES e COSTA, 2010). O mecanismo do tratamento ocorre quando o lodo ativado produzido no esgoto bruto ou sedimentado mistura-se com o esgoto afluente, pelo qual são agitados e aerados no reator, sendo separados nos decantadores secundários. O lodo ativado em excesso (sua menor parte) é conduzido para tratamento específico, enquanto, a outra parte retorna para o processo (JORDÃO, 2011). A eficiência do tratamento se encontra na separação da biomassa efetiva, obtendo um efluente clarificado e um lodo adensado para retornar ao reator (SANT'ANNA, 2010).

3.6.3.4 Processo biológico anaeróbio

Conforme Fernandes (2012) atua nos processos anaeróbicos para degradar a substância orgânica, quando há ausência de oxigênio, resultando na produção de gás metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) tendo como subprodutos a amônia (NH_3), sulfetos e fosfatos. É importante ressaltar que este tipo de processo produz menores quantidades de lodo em comparação ao processo (WILKIE et al., 2000).

Dentre as tecnologias aplicadas em tratamento de efluentes industriais, podem-se listar os seguintes sistemas:

- Lagoas de estabilização;
- Reator Anaeróbio de Manta de Lodo com Fluxo Ascendente (UASB);
- *Wetland* (Bacias construídas alagadas).

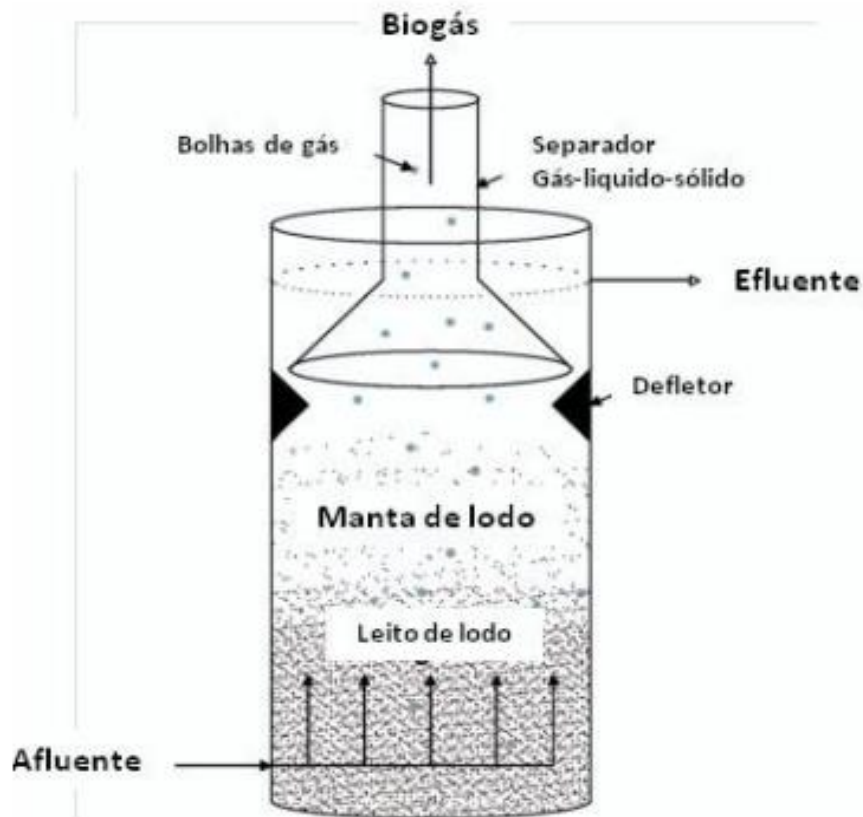
3.6.3.5 Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização são caracterizadas pela oxidação bacteriológica (aeróbia ou anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas na estabilização da matéria orgânica. Podem ser classificadas em anaeróbias (sem a presença de O_2 dissolvido abaixo da superfície e apresentam processos fermentativos com microrganismos anaeróbicos), facultativas (apresentam processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética e podem ser chamadas de primárias, ao receberem esgoto bruto e secundário, ao receberem o efluente de outra lagoa), estritamente aeróbias (quando ocorre o equilíbrio da oxidação e fotossíntese no meio aeróbio), de maturação (remoção de organismos patogênicos, redução de bactérias, vírus, cistos de protozoários e ovos helmintos), de polimento (remoção de DBO, nutrientes e organismos patogênicos), aeradas (injeção de ar por sistemas mecanizados e deve ser seguida de uma lagoa de sedimentação) e com macrófitas (redução de nutrientes, sólidos em suspensão, DBO remanescente e metais). Apresentam elevada eficiência com remoção de matéria orgânica no efluente de 30 a 50 mgL^{-1} .

3.6.3.6 Reatores UASB

De acordo com Carvalho (2002) o sistema UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (Reator Anaeróbico de Manta de Lodo com Fluxo Ascendente) conforme Figura 5 apresenta elevada eficiência de remoção de matéria orgânica de 70 a 80% e baixo custo de instalação, operação e manutenção. Tem como características principais: a biomassa em grande concentração no interior do reator, correspondente á sedimentação ou recirculação, sendo assim, maior tempo de residência (ANGENENT et al., 2004; JORDÃO, 2011); melhor contato entre biomassa e despejo; melhor atividade da biomassa.

Figura 5: Esquema do sistema UASB



Fonte: Ferraz, 2014.

O reator UASB tem como princípio de funcionamento a digestão anaeróbica, na qual o afluente distribuído uniformemente no interior do reator passa por uma manta de lodo e em fluxo ascendente a matéria orgânica fica retida na zona do lodo, ocorrendo o processo de digestão anaeróbica (JORDÃO, 2011). Após a degradação da matéria orgânica têm-se gás metano e dióxido de carbono. No topo do reator se encontra um separador de fases e uma câmara de coleta de gases, que têm como objetivo separar as fases sólida, líquida e gasosa (CARVALHO, 2002).

É recomendada a remoção de sólidos grosseiros e flutuantes antes da entrada do efluente para o reator, pois é muito comum encontrar no interior dos digestores de lodo grandes quantidades de trapos, fibras, sólidos sedimentáveis e matéria graxa que flutua, reduzindo seu volume útil, afetando na qualidade do efluente e entupimento de aberturas na distribuição do efluente (JORDÃO, 2011).

Reatores anaeróbicos têm a vantagem de ocupação de áreas menores, pequena produção de lodo e não dependem de energia para seu funcionamento (ANDRADE NETO, 2004).

3.6.3.7 *Wetland* (Bacias construídas alagadas)

Wetlands são áreas alagadas com vegetação microbiana e grande extrato de solo (ou composto de areia e cascalho) constituindo-se por um ecossistema que fica na maior parte do tempo submerso a pouca profundidade. Nesse sistema é possível encontrar uma grande riqueza biológica na qual as zonas alagadas apresentam uma alta taxa de microrganismos, que tratam o efluente retirando boa parte dos poluentes e nutrientes que são utilizados na produtividade biológica (KADLEC; WALLACE, 2009, apud TONETTO, 2015; FRANCO E MOURA, 2017).

Conforme Tonetto (2015) o *wetland* é uma tecnologia que pode ser bem favorecida no Brasil, pois, por ser um país tropical, tem-se um aproveitamento melhor no emprego de microrganismos para a despoluição de efluentes. Esse sistema é artificial e para melhorar a eficiência utilizam plantas do tipo macrófitas, que ajudam no processo biológico, químico e físico, sendo assim um ótimo sistema para o tratamento de efluentes e no controle da poluição, pois utilizam das propriedades para degradar as matérias orgânicas e promover a reciclagem dos nutrientes nele encontrados.

Segundo Franco e Moura (2017) existem, atualmente, diversos modos de construir os *wetlands*, mas ainda são necessários estudos para ter a maior eficiência do sistema, e para que seja possível atingi-la dois fatores são fundamentais, o tipo de solo e das plantas escolhidas.

Para Tonetto (2015) uma das maneiras de avaliar sua eficiência é estabelecer o plano de monitoramento para coleta de informações como velocidade do vento; coeficiente de troca de energia superficial; temperatura; radiação solar; evaporação; vazão; carga hidráulica e oxigênio dissolvido. Estes fatores controlam todos os processos físicos, químicos e biológicos, como também os processos de sedimentação, precipitação, adsorção de partículas e as transformações. Para ocorrer esses processos além das condições climáticas favoráveis, é

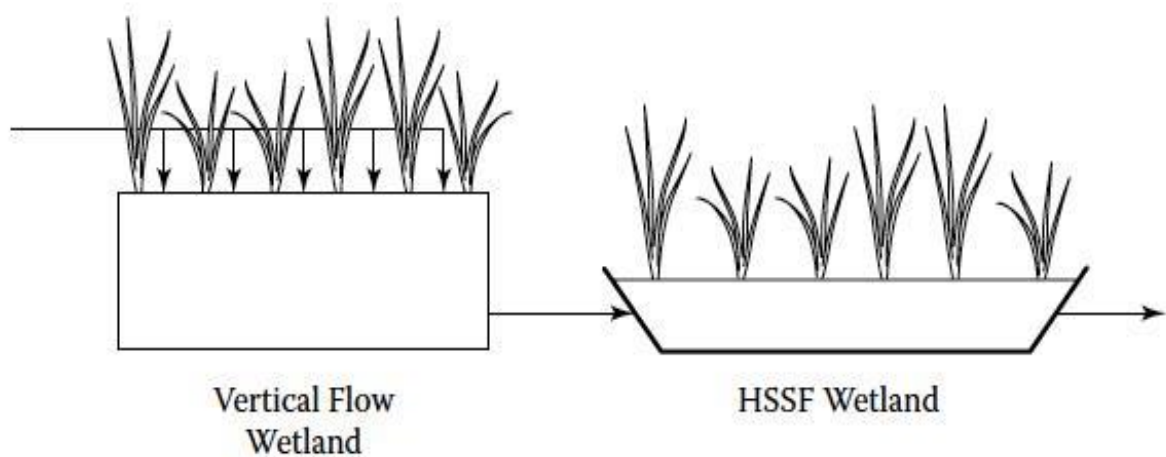
importante a presença de outros parâmetros, como a condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e tempo de detenção hidráulico (TDH). No entanto para melhor desempenho, tem-se que atender alguns parâmetros de operação, podendo ser a profundidade da água, o tempo de retenção e a carga hidráulica, como também o tipo de abastecimento, o projeto em planta, entre outros (FRANCO e MOURA, 2017).

O polimento (ou também chamado de remoção) dos efluentes se dá a partir da decantação, da absorção a partir das plantas das eventuais substâncias tóxicas produzidas e liberadas pelas raízes, a nitrificação e desnitrificação, predação e competição, a decomposição dos microrganismos que ajudam com a matéria orgânica biodegradável. A absorção dos nutrientes das plantas nesse sistema depende do clima, por esse motivo os estudos se concentram em regiões temperadas, tropicais e subtropicais. Os diversos estudos apresentam que os *wetlands* tem uma grande vantagem na remoção da DBO, da DQO, do NTK, Fósforo e dos Sólidos Suspensos Totais, inclusive da turbidez (TONETTO, 2015).

O sistema apresenta a formação de microrganismos que se aderem aos tecidos das macrófitas (plantas) e considerando que as plantas realizam a fotossíntese, há a liberação de oxigênio que é utilizado pelas bactérias aeróbias, no processo de degradação da matéria orgânica e as bactérias acabam liberando CO₂ que é utilizado pelas algas e plantas (TONETTO, 2015). Os microrganismos que se aderem às plantas são constituídos por bactérias, protozoários e fungos micorrizos (PHILIPPI; SEZERINO, 2004, apud TONETTO, 2015).

A construção de um *Wetland* pode apresentar diversas maneiras, mas precisam seguir três critérios essenciais, sendo a hidrologia, que podem ser superficial e subsuperficial; o crescimento macrofíticos, que podem ser emergentes, submerso e flutuante; e dependendo do tipo de fluxo, que são originados de maneira vertical ou horizontal (TONETTO, 2015). De acordo com Kadlec e Wallace (2009) o *wetland* pode se apresentar como Banhados construídos de fluxo superficial livre (BC-FSL) ou Banhados construídos de fluxo sub-superficial, sendo este dividido em fluxo horizontal (BC-FSH) ou vertical (BC-FV), como apresentado na Figura 6.

Figura 6: Representação de um sistema híbrido de BC-FV seguido de BC-FSH



Fonte: KADLEC e WALLACE (2009).

O Processo de *Wetland* (Bacias construídas alagadas) requer grandes áreas para a sua construção. Segundo Silva (2004), para cada habitante (700 mgL^{-1} de DQO ou 350 mg.L^{-1} de DBO_5), são necessários de 3 a 5 m^2 de área para biodegradabilidade. Para descartes agroindustriais já preconiza $6,8 \text{ m}^2$.

3.7 TRATAMENTOS MISTOS

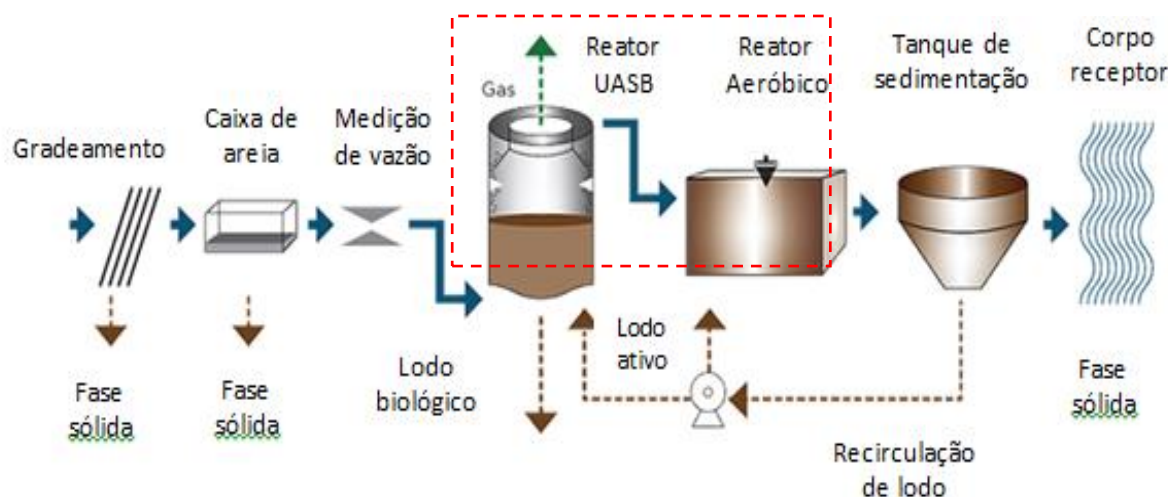
Existem alguns tipos de efluente que necessitam de mais de um tipo de tecnologia para seu tratamento, como físico químico e biológico, ou ainda acrescentado um polimento. O tratamento misto é recomendado para locais de pequena área onde a carga de efluente é estritamente baixa, como por exemplo, para efluente domiciliar (COELHO e DUARTE, 2010). De acordo com a empresa Delta o sistema misto apresenta eficiência de remoção da matéria orgânica acima de 90%.

3.7.1 Reator UASB utilizando Lodos Ativados

O fluxograma do tratamento por reator anaeróbico de manta de lodo com fluxo ascendente (UASB), Figura 7, seguido pelo sistema complementar de lodos ativados após o processo anaeróbico apresenta como vantagens a remoção de nutrientes e flexibilidade operacional, como desvantagens o processo apresenta elevados custos de implantação e

manutenção, elevada mecanização e operação mais aprimorada. Várias pesquisas apresentam em escala piloto eficiência média de remoção de DBO₅ de 95% e para Sólidos Suspensos Totais (SST) de 85% (FREIRE et al., 1999).

Figura 7: Fluxograma do tratamento por reator UASB seguido de Lodo ativado

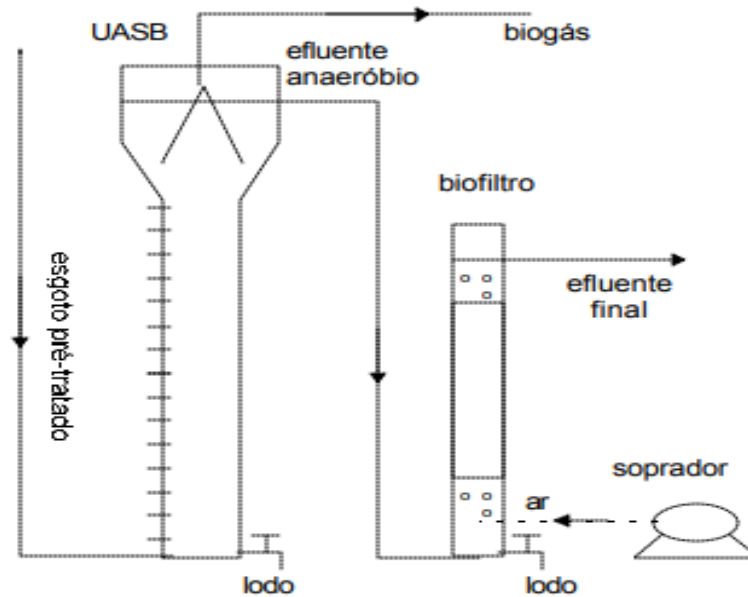


Fonte: Adaptado de Von Sperling (2016).

3.7.2 Reator UASB utilizando Biofiltro Aerado Submerso (BAS)

O sistema de ETE do tipo UASB seguido de Biofiltro aerado submerso pode ser prontamente coberto e desodorizado, contribuindo para a aceitação da população, vide fluxograma na Figura 8. O processo anaeróbico (UASB) subsequente de biofiltros aerados submersos é denominado por realizar o tratamento de esgoto por meio de processo biológico. No reator UASB a matéria orgânica é removida com 70% liberando gases como CH₄, CO₂, H₂S e NH₃, os quais são coletados em uma câmara de gás onde é canalizado até a zona de lavagem. Em seguida, os gases são queimados e o calor proveniente da queima poderá ser utilizado na limpeza do lodo. Os biofiltros aerados submersos trata o efluente anaeróbico, de forma com que remova a substância orgânica e sólidos suspensos excedentes, assim o efluente poderá ser lançado no corpo receptor conforme a legislação. Geralmente os biofiltros apresentam sistema de aeração artificial, em que há uma bomba que succiona o efluente aeróbico, recolhe o ar dos orifícios e faz a injeção de água e ar dissolvido no fundo dos biofiltros. O ar é captado dos locais que exalam compostos odorantes como na caixa de areia, elevatória e leito de secagem e inserido nos biofiltros, estabelecendo o processo de biodesodorização com cerca de 95% de remoção do H₂S, responsável pela geração de odor

Figura 8: Fluxograma do tratamento por reator UASB seguido de biofiltro aerado submerso



Fonte: Chernicharo; Araújo e Gonçalves (2014).

O efluente tratado é utilizado na operação de lavagem feito em fluxo descendente e o excesso de lodo gerado no processo aeróbio é recirculado para o UASB, ocorrendo então a digestão e adensamento pela via anaeróbia. O excesso de lodo produzido no UASB é descartado por gravidade e disposto em leitos de secagem para desidratação (BOF et al., 2001).

Processos como o BAS têm como vantagem a elevada eficiência de remoção de matéria orgânica, sólidos suspensos e compactidade, contudo, não requer o uso de decantadores em unidades posteriores, devido a elevada aplicação de matéria orgânica. Não é necessária a recirculação do lodo, pois o sistema é de biomassa fixa. Apresenta a desvantagem de lavagens periódicas para reduzir perdas de carga hidráulica (GONÇALVES, 1995).

3.7.3 ETE Compacta

As ETE (Estações de Tratamento de Esgoto) compactas, conforme Figura 9, têm como objetivo o tratamento de efluente por processos biológicos, como sistemas anaeróbio (com a ausência de oxigênio), aeróbio (com a presença de oxigênio) e misto (sistema que envolve o tratamento anaeróbio seguido do aeróbio).

Este tipo de tecnologia apresenta baixo impacto ambiental, assim como o custo de implantação, operação e manutenção, ocupa menor área, não é necessário mão de obra qualificada, o consumo de energia e produção de lodo é baixo além de garantir eficiência elevada de remoção de DBO₅ com 94%, DQO de 86% e SS de 93% (BOF et al., 2001).

Figura 9: ETE compacta



Fonte: EEA Eng Ambiental.

De acordo com Barbosa (2009) as ETE compactas são caracterizadas por apresentarem sistemas de alta taxa, com menor tempo de detenção hidráulica; sistemas que com a utilização do reator UASB, não exigem a presença de decantadores primários, adensadores de lodo, digestores anaeróbios, existentes nos processos convencionais de tratamento de efluente; sistemas que reúnem uma única unidade, ou pequenas unidades próximas uma das outras de processos anaeróbios e aeróbios (sem arruamentos intermediários), com isso geralmente ocupam pouco espaço, demanda de área entorno de 0,2 m²/hab.; sistemas que dependendo do processo também são de fácil operação e manutenção.

O sistema misto pode vir acompanhado de tratamento físico-químico (precipitação de fósforo, decantação ou flotação) tornando possível o reuso do efluente clarificado (WETLANDS CONSTRUÍDOS, 2018). Conforme Bof et al (2001) o tratamento anaeróbico em alguns casos não é capaz de atender a legislação ao lançar o efluente no corpo receptor, sendo necessário um tratamento complementar ao anaeróbico. Pode ser estabelecido várias possibilidades como disposição no solo, lagoas de estabilização/maturação, lodos ativados e biofiltros aerados. Se a área de implantação de ETE for considerada baixa, então é designado sistemas de lodo ativado ou biofiltros aerados pela compacidade e eficiência.

A Figura 10 apresenta uma estação de tratamento de efluentes compacta que opera com um sistema de pré-tratamento, estação elevatória de esgoto de entrada (EEE), passa pelo tratamento misto - processo anaeróbico (reator UASB) seguido do aeróbico (BAS), em seguida por um filtro de biogás e estação elevatória de esgoto de saída (EES), onde pode ser descartado ou receber cloração para reuso.

Figura 10: Fluxograma da ETE Compacta



3.8 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

No Brasil, segundo o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), as atividades industriais que possuam a fabricação de cerveja, chopes e maltes, que geram resíduos, sejam cervejarias ou microcervejarias, necessitam obedecer ao conjunto de leis, dentre elas a legislação ambiental. Segue alguns exemplos:

- Licenciamento ambiental;
- Cadastro técnico federal e a apresentação do relatório das atividades potencialmente poluidoras ao IBAMA;
- Legislação para emissão de poluentes gasosos ou particulados;
- Legislação para efluentes sólidos;
- Legislação para lançamentos de efluentes líquidos e etc.

Como referência, para lançamentos de efluentes no corpo receptor, utiliza-se também a resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n° 430, de 13 de maio de 2011. O Quadro 3 mostra quais condições, para lançamento de efluentes no corpo receptor conforme o CONAMA 430/2011, que foram utilizados neste trabalho.

Quadro 3: Condições para o lançamento de efluentes na rede coletora pública de acordo com o CONAMA 430/2011

Art. 16 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedecem as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:	
I – pH	- entre 5 e 9;
II – Temperatura	- inferior a 40°C sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
III - Materiais sedimentáveis	- até 1mL.L ⁻¹ em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos, lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
IV - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20°C})	- remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Fonte: CONAMA 430/2011, adaptado pelo Autor, 2018.

Para o lançamento de efluentes no Estado de São Paulo, utiliza-se também o Decreto Estadual 8.468 de 1976 que dispõe sobre o lançamento de efluentes na rede de coleta pública descrito no artigo 18 e 19-A. Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizaram-se alguns itens descritos no Quadro 4.

Quadro 4: Condições para o lançamento de efluentes na rede coletora pública pelo Decreto 8.468/1976 utilizados neste trabalho

Art. 18 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água, desde que obedecem às seguintes condições:	
I – pH	- entre 5,0 (cinco inteiros), e 9,0 (nove inteiros);
II – Temperatura	- inferior a 40°C (quarenta graus Celsius);
III - Materiais sedimentáveis	- até 1,0 mL.L ⁻¹ em teste de 1 hora em "cone Imhoff" - no máximo de 60 mg/l (sessenta miligramas por litro). Este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de águas residuárias que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento);
V – DBO 5 dias	
Art. 19-A - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados em sistema de esgotos, provido de tratamento com capacidade e de tipo adequado, se obedecerem às seguintes condições:	
I – pH	- entre 6,0 e 10,0;
II – Temperatura	- inferior a 40°C;
III - Materiais sedimentáveis	- até 20 mL.L ⁻¹ em teste de 1 hora em "cone Imhoff".

Fonte: Decreto 8.468/1976, adaptado pelo Autor, 2018.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa exploratória onde foram levantadas informações em campo seguindo as seguintes etapas:

- Caracterização da infraestrutura da microcervejaria;
- Identificação dos pontos geradores de resíduos e efluentes;
- Caracterização dos efluentes gerados para confrontar com os parâmetros contidos na legislação;
- Seleção do tratamento adequado para o efluente estudado.

O estudo foi realizado em uma microcervejaria na cidade de Ribeirão Preto, SP. Realizou-se visitas para caracterização da empresa no período de setembro de 2017 a maio de 2018.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROCERVEJARIA

A produção da microcervejaria não é diária, sendo esta realizada conforme a necessidade da demanda do mercado. O processo utiliza matéria prima nacional e importada com equipamento totalmente nacional conforme Figura 11. Possuem uma capacidade de produção instalada de 30.000 litros por mês e com previsão de aumento para 80.000 litros por mês. Atualmente o procedimento de despejo dos efluentes ocorre diretamente na rede coletora de esgoto.

Figura 11: Equipamento totalmente nacional



Fonte: Autor, 2018.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE DESCARTE DE RESÍDUOS E EFLUENTES

O processo de fabricação dentro desta microcervejaria possui três pontos de descarte de resíduos e efluentes, sendo:

- descarte de resíduos (bagaço de malte), que não será abordado neste trabalho;
- descarte de efluentes de águas residuárias de limpeza de piso, limpeza e assepsia do pasteurizador e envase e escoamento e limpeza de dornas e tanques. Tais efluentes são destinados a caixa de passagem (Figura 12) e em seguida para a rede pública de coleta de esgoto.
- diretamente na saída de limpeza do tanque fervura (Figura 13), com os resíduos chamados de trub grosso, que posteriormente seguem para a caixa de passagem.

Figura 12: Caixa de passagem



Fonte: Autor, 2018.

Figura 13: Tanque de fervura/Ponto de coleta do trub grosso



Fonte: Autor, 2018.

4.2.1 Procedimento de Coleta

Optou-se por realizar a coleta ao final do processo de fervura, durante o descarte do trub grosso. Utilizando pinça e luvas (Figura 14), as oito coletas foram realizadas em dias diferentes e específicos, onde dois litros de cada processo cervejeiro foram coletados em frascos previamente higienizados (Figura 15). As temperaturas também foram mensuradas a através do termômetro infravermelho digital, conforme a Figura 15.

Figura 14: Pinça e luvas



Fonte: Autor, 2018.

Figura 15: Frascos previamente higienizados e termômetro infravermelho digital



Fonte: Autor, 2018.

Em seguida os frascos foram encaminhados ao laboratório de recursos hídricos da UNAERP para posterior análise.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

Para a caracterização dos efluentes, os experimentos foram conduzidos os métodos de análises laboratoriais de cor, do potencial hidrogeniônico (pH), da condutividade, da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), da demanda química de oxigênio (DQO), do oxigênio dissolvido (OD), da série de sólidos, do nitrogênio total (N_{total}), do nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e do fósforo (P), para caracterizar todas as amostras coletadas a partir da produção.

As análises dos efluentes coletados foram realizadas utilizando os procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1998) e empregando, os parâmetros descritos no Quadro 5.

Quadro 5: Parâmetros, métodos e equipamentos utilizados na caracterização do efluente

Parâmetros	Método	Equipamentos
Cor	Colorimétrico	HACH, modelo DR 3900
pH	Potenciométrico	ORION, modelo 230A
Condutividade	Conducométrico	MARCONI, modelo PA 200
DBO	Potenciométrico	DIGIMED, modelo DM-4
DQO	Refluxo Fechado	JUNDILAB, modelo DQO-25
OD	Potenciométrico	DIGIMED, modelo DM-4
Sólidos	Gravimétrico	TECNAL, modelo TE085
N_{total}	Titimétrico	MARCONI, modelo MA036
	Espectofotométrico	HACH, modelo DR 3900
NTK	Espectofotométrico	MARCONI, modelo MA036
Fósforo	Espectofotométrico	HACH, modelo DR 3900
Temperatura	Termômetro infravermelho	Lasergrip, modelo GM-400

Fonte: Autor, 2018.

4.4 SELEÇÃO DO TRATAMENTO ADEQUADO PARA O EFLUENTE ESTUDADO

Para a seleção de um tratamento adequado, para este modelo de cervejaria, houve a necessidade da criação de critérios para construir, ou não, a estação de tratamento de efluentes.

No Estado de São Paulo, o lançamento de efluentes diretamente na rede coletora pública ou corpo receptor, deve obedecer a e os parâmetros mais restritivos contidos no artigo 18 e 19-A do Decreto Estadual 8.468/1976 (Tabela 4). Destas legislações utilizou-se os parâmetros de pH, Temperatura, Materiais sedimentáveis e Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5,20^{\circ}C}$), que gerou os seguintes critérios:

- Critério 1: Deverá ser construída uma ETE adequada ao Efluente da microcervejaria, caso não atenda uma ou mais condições de lançamento descritas na Resolução CONAMA 430/2011 sendo a faixa de pH para lançamento de 5,0 a 9,0; temperatura do efluente a ser lançado na rede coletora abaixo de $40^{\circ}C$; quantidade de materiais sedimentáveis a serem lançados no máximo 1 mL^{-1} ;
- Critério 2: Biodegradabilidade do efluente com a relação entre DBO_5/DQO superior a 50% para garantir o bom funcionamento da ETE
- Critério 3: Havendo a necessidade da construção de uma ETE, esta deverá utilizar o espaço disponível

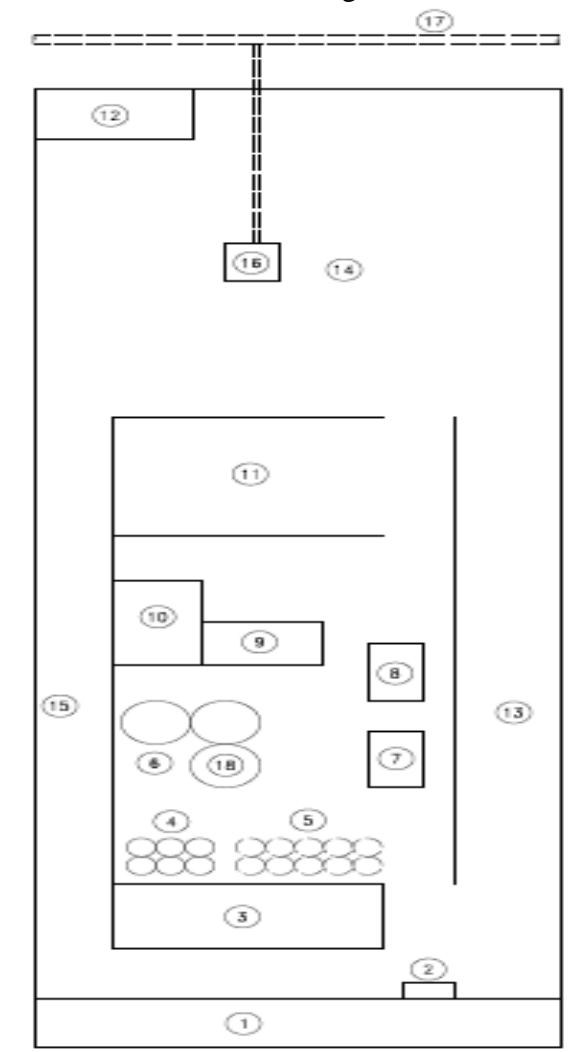
Desta forma, com os resultados analíticos e os critérios de construção de uma ETE, este trabalho possibilitou a indicação e seleção de tratamento, descrito nos resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MICROCERVEJARIA

Através de visitas e questionamento realizados entre setembro de 2017 a maio de 2018, obteve-se que a microcervejaria ocupa um terreno de 25,0 m x 70,0 m, totalizando 1750,0 m² apresentado no layout da planta baixa simplificada do estabelecimento, possuindo uma área de 6,0m x 25,0m (150,0m²) para instalação de um possível tratamento de efluente, vide Figura 16.

Figura 16: Planta baixa da microcervejaria



Legenda:

- 1: Estacionamento externo
- 2: Portaria
- 3: Escritório
- 4: Tancagem existente
- 5: Tancagem para ampliação
- 6: Processo
- 7: Pasteurizador
- 8: Envase
- 9: Laboratório / Controle Qualidade
- 10: Moagem de Grãos
- 11: Estoque
- 12: Caldeira
- 13: Área externa lateral direita
- 14: Área externa Fundos
- 15: Área externa lateral direita
- 16: Caixa de passagem
- 17: Rede pública coletora de esgoto
- 18: Tanque de fervura

Fonte: Autor, 2018.

5.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DESCARTE DE RESÍDUOS E EFLUENTES

Em alguns pontos do processo de fabricação de cerveja, existe a geração de descartes, divididos entre resíduos e efluentes, descritos no Quadro 6.

Quadro 6: Descartes de processo

Processo	Descartes	Classificação / Destino
Preparo do Mosto	Bagaço de Malte	Resíduo / alimentação animal
Preparo do Mosto	Trub grosso	Efluente / esgoto
Preparo do Mosto	Limpeza de tanques e piso	Efluente / esgoto
Fermentação	Trub fino	Efluente / esgoto
Fermentação	Limpeza de tanques e piso	Efluente / esgoto
Envase	Perda de produto	Efluente / esgoto
Envase	Limpeza de tanques e piso	Efluente / esgoto
Envase	Rótulos e Vasilhames	Resíduo / Coleta seletiva

Fonte: Cervejaria analisada.

Nesta microcervejaria, estima-se que para cada litro de cerveja, exige a geração de 10 litros de efluente, gerando em média 300 mil litros por mês de efluentes, que após atravessar uma caixa de passagem, seguem para descarte diretamente para a rede pública coletora de esgoto.

5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

De acordo com a metodologia escolhida foram realizadas quatro coletas na caixa de inspeção e quatro coletas na saída do tanque de fervura, sendo este, o local onde existe a maior quantidade de efluentes com carga orgânica. O frasco coletado apresentado na Figura 17 e Figura 18 mostra os efluentes coletados na caixa de passagem e tanque de fervura, respectivamente. Com a troca de local de coleta aproveitou-se para fazer uma comparação entre os resultados, pois na caixa de inspeção o efluente está mais frio e diluído devido as águas residuárias de lavagem de piso e equipamentos.

Figura 17: Frasco de coleta da amostra da caixa de passagem



Fonte: Autor, 2018.

Figura 18: Frasco de coleta da amostra do tanque de fervura



Fonte: Autor, 2018.

Os resultados das análises realizadas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização do efluente da microcervejaria

PARÂMETRO	UNIDADE	Amostras da caixa de passagem				Amostras do tanque de fervura			
		1	2	3	4	5	6	7	8
pH	-	4,14	5,65	5,83	5,31	6,03	5,91	5,94	5,87
DQO	mgL ⁻¹	46.500,0	44.800,0	43.125,0	46.100,0	126.500,0	124.800,0	121.750,0	123.450,0
DBO₅	mgL ⁻¹	22.220,0	24.440,0	22.074,0	23.337,0	85.220,0	84.440,0	82.656,0	83.748,0
DBO₅/DQO	-	0,48	0,55	0,51	0,51	0,67	0,68	0,68	0,68
MS	mLL ⁻¹	47,0	49,0	41,3	38,4	67,0	69,0	70,0	72,0
Fósforo	mgL ⁻¹	6,9	7,8	9,8	10,1	17,3	15,5	13,3	15,3
Amônia	mgL ⁻¹	0,87	25,0	14,3	16,1	23,3	25	22,5	23,5
NTK	mgL ⁻¹	546,8	618,3	83,6	768,0	1.412,7	1.408,3	1.395,7	1.405,7
ST	mgL ⁻¹	18.259,0	40.917,0	2.712,0	9.250,0	118.259,0	117.917,0	112.026,0	112.260,5
STF	mgL ⁻¹	1.447,0	2.225,0	810,0	514,0	2.470,0	2.423,0	2.548,0	2.580,0
STV	mgL ⁻¹	16.812,0	38.692,0	1.902,0	8.736,0	116.812,0	108.695,4	109.478,0	110.531,0
SST	mgL ⁻¹	1.694,0	5.176,0	1.305,0	5.133,3	5.694,1	5.176,0	5.137,5	5.138,0
SSF	mgL ⁻¹	576,0	784,0	230,0	253,0	113,5	112,7	110,0	111,5
SSV	mgL ⁻¹	1.118,0	4.392,0	1.075,0	5.133,3	5.117,6	5.093,0	5.027,5	5.038,0
SDT	mgL ⁻¹	16.565,0	35.741,0	1.407,0	4.116,7	108.564,9	105.741,0	106.888,5	106.989,0
SDF	mgL ⁻¹	871,0	1.441,0	580,0	514,0	2.470,5	2.441,0	2.438,0	2.431,0
SDV	mgL ⁻¹	15.694,0	34.300,0	827,0	3.602,7	105.694,4	105.300,0	104.450,5	104.510,0
Temperatura	°C	33,0	37,0	35,5	41,0	55	58	62	57

Fonte: Autor, 2018.

Os resultados da Tabela 1 revelam situações específicas que ocorreram durante as coletas que direcionam a tratabilidade.

Inicialmente, a caixa de inspeção de 1,0 m³, fora escolhida como ponto de amostragem. Devido ao pequeno volume, notou-se que não havia homogeneização e que o volume já adentrava no sistema público de coleta. Desta forma os efluentes coletados nas amostras de 1 a 4 proporcionaram temperaturas medidas entre 33 e 41^oC, pH variando entre 4,14 e 5,31, materiais sedimentáveis (MS) variando entre 38,4 e 49,0 mL⁻¹ e relação de DBO₅/DQO variando entre 0,48 e 0,68. Tais resultados estão coerentes com os valores encontrados na literatura, com exceção ao pH baixo em torno de 4,0 que ocorreu durante a coleta próximo ao processo final de limpeza de algum tanque ou área de processo.

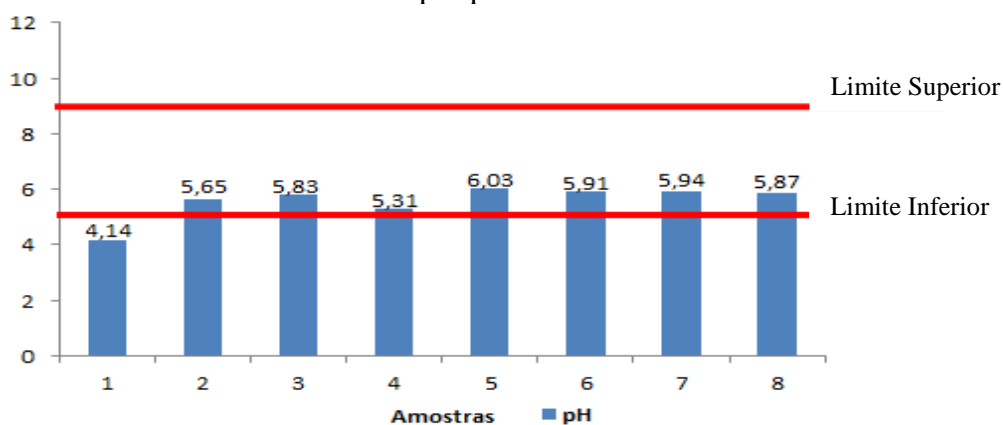
Optou-se então, uma vez que esta caixa de inspeção não fora dimensionada como caixa de equalização, por outro ponto, com maior carga orgânica dentro do processo. Assim sendo foi escolhida a saída do tanque de fervura proporcionou, através das amostras de 5 a 8, proporcionaram temperaturas medidas entre 55 e 62^oC devido a proximidade ao processo, pH variando entre 5,87 e 6,03, materiais sedimentáveis (MS) variando entre 67,0 e 72,0 mL⁻¹ e uma relação de DBO₅/DQO variando entre 0,67 e 0,68.

Quanto aos nutrientes e sólidos, a diferença é bem mais significativa, indicando realmente a necessidade de amostragens com maior homogeneização.

5.3.1 Valores de pH

A Figura 19 apresenta os resultados com base nas análises de pH das amostras coletadas comparados com os dados da legislação.

Figura 19: Relação dos valores de pH entre a legislação e os resultados obtidos na pesquisa



Fonte: Autor, 2018.

Tomando como critério 1, o Conama n° 430, que é mais restritivo que o Artigo 19-A, observou-se que a maioria das amostras estão com o pH dentro do limite de lançamento, que estipula valores de 5,0 a 9,0. Nos processos individuais (batelada) onde houver pH abaixo do limite, este deverá ser corrigido para o descarte ou em um tanque de equalização ou ETE.

5.3.2 Valores Obtidos de DQO, DBO₅ e DBO₅/DQO

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos de DBO₅, DQO e da razão entre DBO₅ / DQO.

Tabela 2: Valores obtidos de DBO₅, DQO e DBO₅/DQO

AMOSTRA	DQO (mgL ⁻¹)	DBO ₅ (mgL ⁻¹)	DBO ₅ /DQO
1	46.500,0	22.220,0	0,48
2	44.800,0	24.440,0	0,55
3	43.125,0	22.074,0	0,51
4	46.100,0	23.337,0	0,51
5	126.500,0	85.220,0	0,67
6	124.800,0	84.440,0	0,68
7	121.750,0	82.656,0	0,68
8	123.450,0	83.748,0	0,68

Fonte: Autor, 2018.

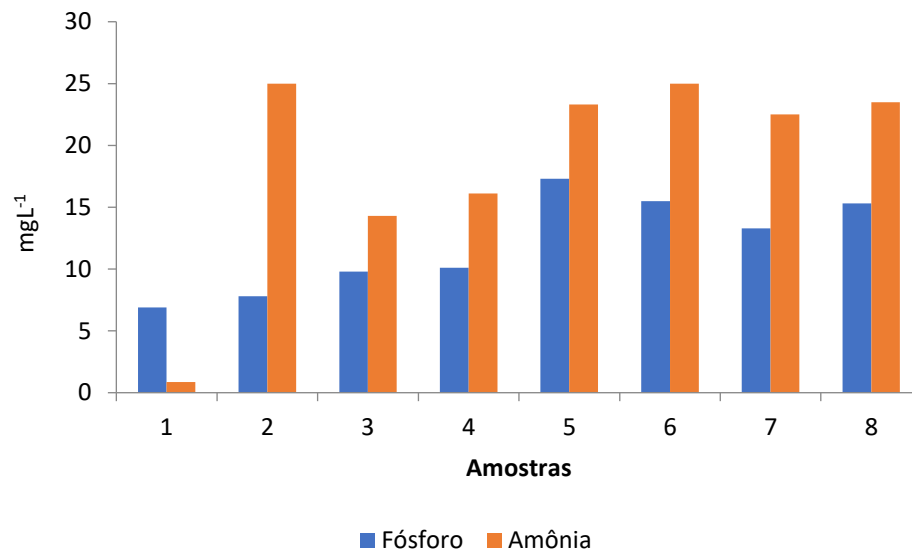
Os valores de DQO e DBO variaram de acordo com o tipo de cerveja produzido e o ponto de coleta. Observou-se também que a razão DBO₅/DQO está acima de 50% em todas as amostragens estudadas, exceto a amostra 1, indicando presença de matéria orgânica e inorgânica no efluente, tanto bruto quanto no diluído. Tal situação pode ser resolvida com um tanque de equalização.

Desta forma com a razão DBO₅/DQO acima de 50% o critério 2 foi atendido, sugerindo a implantação de tratamento associando tecnologias mistas, compostas por tratamento físico químico e biológico.

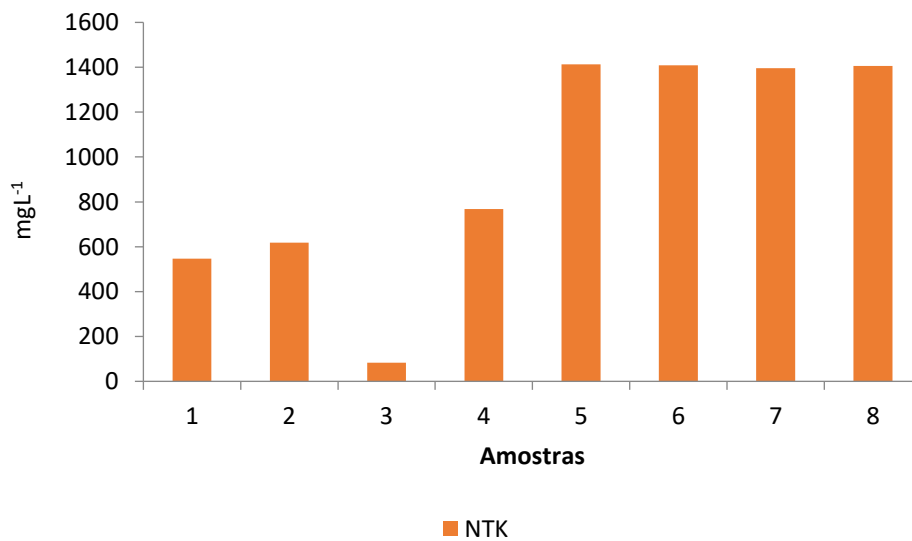
5.3.3 Valores Obtidos de Fósforo, Amônia e NTK

De acordo com os resultados analíticos apresentados na Figura 20, observou-se a presença de nutrientes, como o Fósforo, Amônia e Nitrogênio total (NTK) que foram descartados durante a limpeza e assepsia do tanque de fervura.

Figura 20: Valores de fósforo, amônia e NTK
Valores de fósforo e amônia



Valores de NTK

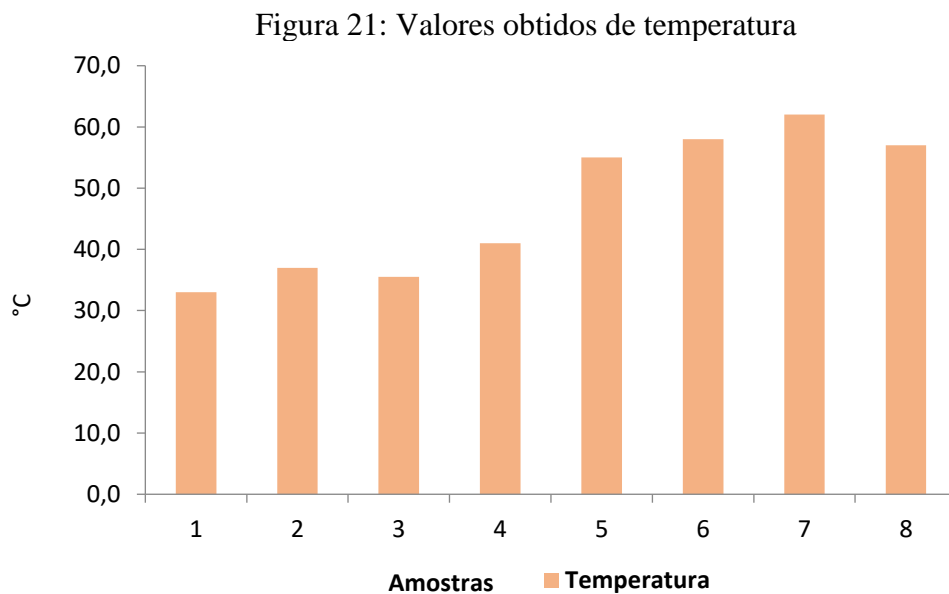


Fonte: Autor, 2018.

A legislação sobre o descarte direto na rede pública, não menciona o lançamento de nutrientes, porém este dado é diretamente proporcional à carga orgânica que inviabiliza este ato sem o tratamento prévio. Os nutrientes, Fósforo, Amônia e Nitrogênio total possibilitam a sustentabilidade de microrganismos, sejam eles anaeróbios ou aeróbios possibilitando a tratabilidade por sistema biológico.

5.3.4 Valores Obtidos da Temperatura do Efluente

A Figura 21 mostra os valores obtidos de temperatura durante a coleta. Estes resultados variaram entre 30^oC e 60^oC. As amostras coletadas na saída do tanque de fervura apresentaram os maiores valores e a amostras coletadas na caixa de passagem perderam temperatura no trajeto.



Fonte: Autor, 2018.

A legislação no Estado de São Paulo, Conama n^o 430, informa que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões contidos no artigo 16. Uma destas condições informa que a temperatura de lançamento deve ser inferior a 40^oC. Desta forma, não é possível descartar este efluente sem prévio tratamento.

5.3.5 Valores Obtidos da Série de Sólidos e Materiais Sedimentáveis

A Tabela 3 e Figuras 22 e 23 apresentam os resultados dos sólidos totais (fixos e voláteis), sólidos suspensos (fixos e voláteis), sólidos dissolvidos (fixos e voláteis) e material sedimentável obtidos no estudo.

Tabela 3: Valores obtidos de MS, ST, STF, STV, SST, SSF, SSV, SDT, SDF e SDV

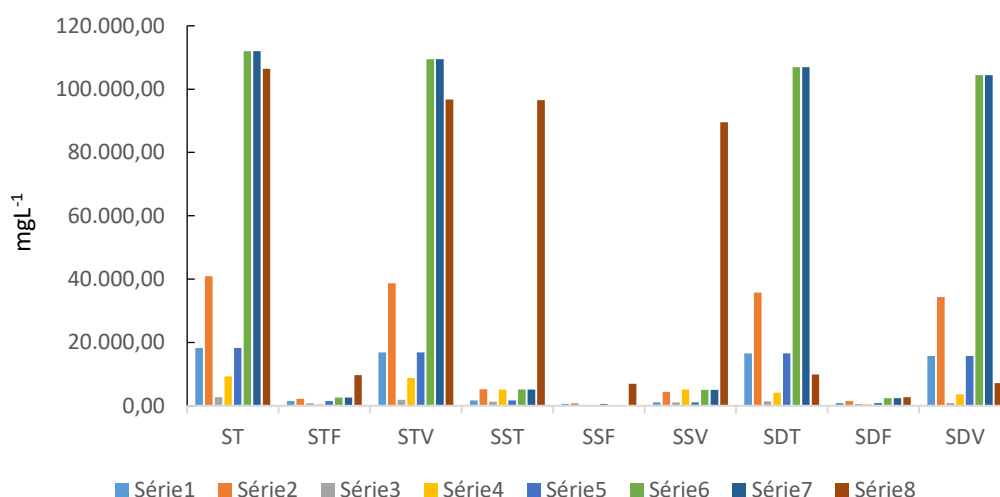
PARÂMETRO	UNIDADE	Amostras da caixa de passagem				Amostras do tanque de fervura			
		1	2	3	4	5	6	7	8
MS	mLL ⁻¹	47,0	49,0	41,3	38,4	67,0	69,0	70,0	72,0
ST	mgL ⁻¹	18.259,0	40.917,0	2.712,0	9.250,0	118.259,0	117.917,0	112.026,0	112.260,5
STF	mgL ⁻¹	1.447,0	2.225,0	810,0	514,0	2.470,0	2.423,0	2.548,0	2.580,0
STV	mgL ⁻¹	16.812,0	38.692,0	1.902,0	8.736,0	116.812,0	108.695,4	109.478,0	110.531,0
SST	mgL ⁻¹	1.694,0	5.176,0	1.305,0	5.133,3	5.694,1	5.176,0	5.137,5	5.138,0
SSF	mgL ⁻¹	576,0	784,0	230,0	253,0	113,5	112,7	110,0	111,5
SSV	mgL ⁻¹	1.118,0	4.392,0	1.075,0	5.133,3	5.117,6	5.093,0	5.027,5	5.038,0
SDT	mgL ⁻¹	16.565,0	35.741,0	1.407,0	4.116,7	108.564,9	105.741,0	106.888,5	106.989,0
SDF	mgL ⁻¹	871,0	1.441,0	580,0	514,0	2.470,5	2.441,0	2.438,0	2.431,0
SDV	mgL ⁻¹	15.694,0	34.300,0	827,0	3.602,7	105.694,4	105.300,0	104.450,5	104.510,0

Fonte: Autor, 2018.

Conforme Figura 22 observaram-se valores maiores de sólidos totais nas últimas coletas quando comparado às primeiras. Este fato pode ser explicado pela mudança do ponto de amostragem da caixa de passagem nas primeiras coletas para o tanque de fervura nas últimas. Na caixa de passagem ocorre diluição com efluentes de lavagem de piso e tancagem diminuindo assim, a quantidade de sólidos.

Observou-se também que a maior porção de sólidos é volátil (STV, SDV, SSV), isto está relacionado a maior característica orgânica do efluente, indicando que o tratamento do mesmo deve ser biológico.

Figura 22: Valores obtidos para série de sólidos

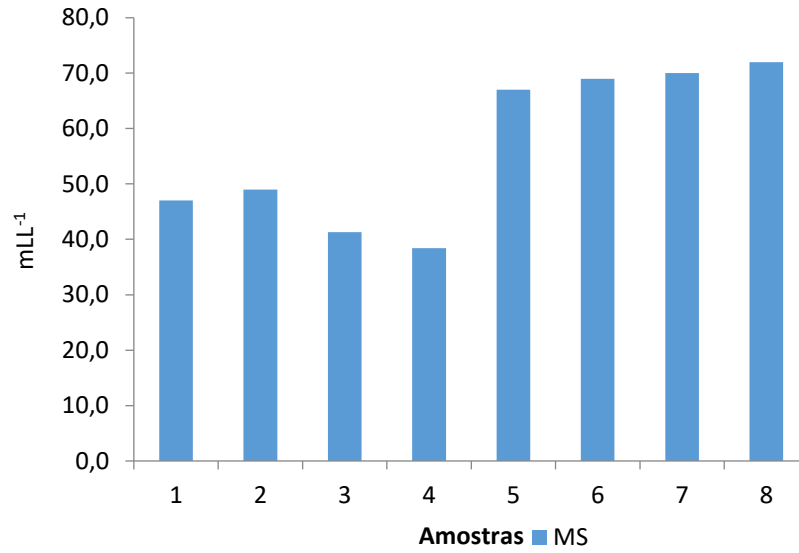


Fonte: Autor, 2018.

A Figura 23 apresentou os resultados analíticos do Material Sedimentável (MS) de todas as amostras coletadas. Os valores obtidos variam entre $47,0 \text{ mL}^{-1}$ a $72,0 \text{ mL}^{-1}$. As amostras de 1 a 4, coletadas na caixa de passagem variaram de $38,4 \text{ mL}^{-1}$ a $49,0 \text{ mL}^{-1}$, já as amostras de 5 a 8 coletadas no tanque de fervura, apresentam valores de até $72,0 \text{ mL}^{-1}$.

De acordo com a resolução Conama nº 430, o lançamento direto na rede pública só é permitido com valores de material sedimentável até $1,0 \text{ mL}^{-1}$. Mesmo sabendo que os resultados foram de coletados de forma pontual, verificou-se que os números estão muito acima do permitido, impedindo assim o lançamento sem prévio tratamento.

Figura 23: Valores obtidos de materiais sedimentáveis (MS)



Fonte: Autor, 2018.

Desta forma o critério 1 indica a necessidade da construção de uma ETE podendo ser este tratamento aeróbico, anaeróbico ou misto desde que atenda o critério de espaço disponível.

5.4 SELEÇÃO DO TRATAMENTO ADEQUADO PARA O EFLUENTE ESTUDADO

Levando em consideração as análises realizadas no efluente bruto e diluído dessa microcervejaria, pode-se indicar quatro opções de tecnologias de tratabilidade do efluente:

- sistemas anaeróbicos;
- sistemas aeróbicos;
- sistema misto com polimento obtido por *Wetlands*;
- sistema misto composto por ETE Compacta.

O método selecionado deve atender a legislação vigente com relação a biodegradabilidade, o pH e material sedimentável. Também deve ser considerado a área disponível para implantação da ETE.

5.4.1 Análise de Tratabilidade

Através da caracterização dos efluentes realizada, observou-se que o efluente deve ser submetido a um tratamento misto, com a correção do pH e remoção de sólidos sedimentáveis antes da aplicação de um tratamento biológico.

Levando em consideração que a área disponível na empresa estudada é de 6,0m x 25,0m (150,0m²), há necessidade de um equipamento que se adeque a esse espaço. Com isso devem-se descartar os métodos de sistemas anaeróbicos, sistemas aeróbicos e sistemas mistos com polimento por *Wetland*, pois ocupariam áreas superiores.

De acordo com o critério 3, a tecnologia que atende o espaço reduzido é a ETE Compacta. Esta tecnologia se caracteriza por tanques de equalização com correção do pH, tanque de tratamento anaeróbico/aeróbio, tanque de filtragem e tanque de polimento.

Assim sendo a tecnologia sugerida que atende os três critérios de tratabilidade aqui proposto, será a ETE Compacta. Tal tecnologia, disponível está no mercado, porem deverá ser estudada com mais profundidade para otimizar seus benefícios.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

Após análise e perfeito entendimento do conceito de efluentes, os objetivos foram alcançados de acordo com o que foi pensado. A conclusão foi realizada seguindo os objetivos, e apresentadas de maneira separada, sendo elas:

- A microcervejaria estudada tem capacidade de produção de 80.000 litros de cerveja mensal. Durante o estudo a produção era de 30.000 litros por mês de cerveja gerando em média 300.000 litros de efluentes mensais; A empresa possui área total de 1750 m² sendo que 150 m² são disponíveis para implantação de uma ETE.
- O efluente gerado é descartado diretamente na rede de esgoto exceto o bagaço de malte que é destinado para alimentação animal e restos de rótulos e vasilhames que são destinados para coleta seletiva.
- O efluente analisado apresentou carga orgânica com DBO₅ entre 22.000 e 85.000 mgL⁻¹, DQO entre 43.000 e 126.500 mgL⁻¹, pH variando entre 4,0 e 6,0 e temperatura variando entre 33,0 e 62,0°C. Estes valores não atendem completamente a resolução Conama n°430 e Decreto 8468/1976 para lançamento em sistema de coleta pública ou corpos de água.
- Avaliando as características do efluente e a área disponível na empresa, a tecnologia mais indicada seria um tratamento misto em uma ETE Compacta que contem tanque de equalização, correção do pH , tanques de tratamento anaeróbico e aeróbico seguido de um polimento por filtro multimídia para o descarte o correto descarte de acordo com a legislação.

Com base nos resultados apresentados no presente trabalho é recomendado para trabalhos futuros a ampliação do tratamento deste estudo prevendo o aumento da escala de produção consequentemente o aumento de efluente e até mesmo o incremento nesta ETE Compacta para reuso destas águas residuárias.

REFERÊNCIAS

ANDRADE NETO, C, O de. **Filtro Anaeróbio Aplicado ao Tratamento de Esgoto Sanitário**. 2004. 100p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

ANGENENT, L. T.; KARIM K.; AL-DAHMAN, M. H.; WRENN, B. A; DOMIGUEZ-ESPINOSA, R.. Production of bioenergy and biochemicals from industrial and agricultural wastewater. **Trends in Biotechnology**, v.22, p. 477-485, 2004.

ASSALIN, M. R.; DURÁN, N.. Novas Tendências para Aplicação de Ozônio no Tratamento de Resíduos: Ozonização Catalítica. **Analytica**. n. 26, p.76-86, dez/jan. 2007.

BARBOSA, J.N.. **Estudo da Aplicação de Estações de Tratamento de Esgoto Compactas em Pequenos Municípios de Minas Gerais**. 2009. 40p. Monografia (Especialização em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

BARCELLOS, C. H., CARVALHO, A. R. P.. **Tratamento Biológico de Efluentes**. Disponível em: <http://www.kurita.com.br/adm/download/Tratamento_Biologico_de_Efluentes.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2012.

BOF, V.S.; SANTANA, T.D.C.; WANKE, R.; SILVA, G.M.; SALIM, F.P.C; NARDOTTO, J.I.O.; NETTO, E.S.; PEGORETTE, J.M. ETE Compactas Associando Reatores Anaeróbios e Aeróbios Ampliam a Cobertura do Saneamento no Estado do Espírito Santo. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001. João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES. 2001. p.1-8.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 58 – 63, 2005.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Decreto nº 6.871/2009. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/decreto-no-6-871-de-04-de-junho-de-2009.pdf/view>> Acesso em: 17 nov. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **INSTRUÇÃO NORMATIVA nº 54, 05 de novembro de 2001**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/vigilancia-agropecuaria/ivegetal/bebidas-arquivos/in-no-54-de-5-de-novembro-de-2001.doc/view>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Cerveja e Refrigerantes**. São Paulo. 2005. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/downloads/cervejas_refrigerantes.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2018.

CARVALHO, K. Q.. **Resposta Dinâmica dos Reatores UASB (UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET) Submetidos a Cargas Orgânicas e Hidráulicas Cíclicas -**

Modelação Matemática Simplificada. 2002. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002.

CERVESIA – Tecnologia Cervejeira. Disponível em: <<https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/tecnicos/receitas-de-cerveja/50-artigos-t%C3%A9cnicos/tecnologiacerveja.html>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

COELHO, V. M. T.; DUARTE, U.. Tratamento de esgotos domiciliares pelo processo misto lagoa primária/fossa séptica e infiltração. São Paulo. **ABAS.** 14p, 2010. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22962/15093>>. Acesso em: 31 mai 2019.

CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. O.. **Tratamento de efluentes da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação.** Disponível em: <<http://submission.quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2004/vol27n3/04-AR03146.pdf>>. Acesso em 15 out. 2018.

DANTAS, V. N.. **A trajetória da cultura cervejeira e sua Introdução no Brasil.** 2016. 12p. Artigo (Bacharelado Interdisciplinar em Ciências Humanas) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2016.

DIAS, L. H. M.; STIPP, V.; SOUZA, J. B.. **Processos Empregados na Desinfecção de Esgotos Sanitários.** Disponível em: <http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_08/PROCESSOS%20EMPREGADOS%20NA%20DESINFEC%C7%C3O%20DE%20ESGOTOS%20SANIT%C1RIO S.pdf> Acesso em: 05 mar. 2019.

FERNANDES, C.. **Digestão Anaeróbia.** Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/DigeAnae.html>>. Acesso em: 25 fev. 2019.

FERRARI, V.. **O mercado de Cervejas no Brasil.** 2008. 115p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

FERRAZ, D. L. M.. **Eficiência de uma ETE em escala real composta por reator UASB seguido de lodo ativado.** 2014. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal de do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

FERREIRA, G. S.. **Análise da estrutura de mercado da cerveja:** A competitividade e Estratégia de Mercado da Indústria Cervejeira do Brasil e Microcervejarias. 2016. 56p. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2016.

FRANCO, B. F. J.; MOURA, M. J. S.. **Emprego de WETLANDS para reuso de águas cinzas em um condomínio residencial.** 2017. 130p. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2017.

FREIRE, V. H.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L.. Avaliação do desempenho de um sistema combinando UASB – Lodos Ativados no tratamento de efluentes sanitários. In:

XX Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1999, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 905-912.

FREIRE, R. S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L.T.; DURÁN, N.. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. São Paulo. **Química Nova**, v. 23, n. 4, jul/ago. 2000.

GONÇALVES, R. F. Estágio atual de desenvolvimento da tecnologia dos biofiltros aerados submersos para o tratamento de águas residuárias. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1995, Salvador. *Anais...* Salvador: ABES, 1995.

HUGHES, G.. **Cerveja Feita em Casa: Tudo sobre os ingredientes, os equipamentos e as técnicas para produzir a bebida em vários estilos**. 1ª edição, São Paulo: Publifolha, 2014.

JANHOM, T.; WATTANACHIRA, S.; PAVASANT, P.. Characterization of brewery wastewater with spectrofluorometry analysis. **Journal of Environmental Management**, n.90, p.1184–1190, 2009.

JORDÃO, E. P.. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6ª edição. Rio de Janeiro, 2011. 1050p.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S.. **Treatment wetlands** – 2ª edição. Estados Unidos, 2009.

KONRAD, O.; LUMI, M.; SECCHI, F.J.; BRIETZKE, D.T.; SALVIATO, L.F.. Eficiência no polimento do efluente de vinícola utilizando o sistema de “*Wetland*” construído. Espírito Santo do Pinhal. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 178 – 187, maio/jun. 2013.

LIMBERGER, S. C.. O Setor Cervejeiro no Brasil: Gênese e Evolução. Rio Grande, Brasil. **Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas**. v.6, n.1, p.1-17, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/cnau/article/view/4769>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

MACAGNAN, D. C.. **Tecnologia no tratamento de águas residuárias**. 2011. 29p. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, Paraná, 2011.

MASSI, L.; SOUSA, S. R.; LALUCE, C.; JUNIOR, M. J.. Fundamentos e Aplicações da Flotação com Técnica de Separação de Misturas. **Química Nova**, n.28, p.20-24, mai.2008.

MATOS, T. A.; SILVA, H. P. M.; GONÇALVES, R. F.. Uso Simultâneo do Biofiltro como Tratamento Secundário de Esgoto e como Reator de Desodorização de Correntes Gasosas contendo Sulfeto de Hidrogênio. In: 21º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: ABES, 2001.

METCALF; EDDY. Inc. **Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse**. 4 edição. New York, McGraw - Hill Book, 2003. 1815p.

METCALF, L.; EDDY, H.; tradução: Hespanhol, I.; Mierzwa, J.C.. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MIZUMO TOWER. **Manual de Manutenção e Operação**. Disponível em: <<https://www.iffarroupilha.edu.br/component/k2/attachments/download/1496/2ed398617fd9618f03116c7d5375ef0e>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

MORADO, R.. **Larousse da Cerveja**. 1ª edição, São Paulo: Larousse, 2011.

MÜLLER, C.V.; MARCUSSO, E.F.. **MAPA Informa: As Cervejarias Continuam a Crescer**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/Anuario-dacervejanoBrasil09.01.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2019.

PORTES, A. C.. **Pré-tratamento de efluente e microcervejaria por adsorção empregando adsorventes alternativos**. 2016. 89p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2016.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C.. A química da cerveja. São Paulo. **Química Nova**, v. 37 n. 2. p. 98-105, mai. 2015. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_2/05-QS-155-12.pdf>. Acesso em: 02 set. 2018.

SANT'ANNA JR, G. L.. **Tratamento biológico de efluentes**. 1º edição. Interciência. Rio de Janeiro, 2010. 418p.

SILVA, C.E. **Caracterização Qualitativa dos Esgotos**. UFM/CT/DHS, 2004. Disponível em: <[shttp://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A1.pdf](http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A1.pdf)>. Acesso em: 30 mai. 2019.

SILVA, H. A.; LEITE, M. A.; PAULA, A. R. V.. **Cerveja e sociedade**. São Paulo, v. 4, n. 2, p. 85-91, mar. 2016. Disponível em: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistacontextos/wpcontent/uploads/2016/03/73_CA_artigo_revisado.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2018.

SIMATE, G.S.; CLUETT, J.; IYUKE, S.E.; MUSAPATIKA, E.T.; NDLOVU, S.; WALUBITA, L.F.; ALVAREZ, A.E.. The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. **Desalination**, n.273, p.235-247, 2011.

TELLES, D. D. A.; COSTA, R. P.. **Reúso da Água: conceitos, teorias e práticas**. 2º edição, São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2010.

TONETTO, J. F.. **Avaliação sazonal do potencial de biodegradabilidade e remoção de cargas em efluente industrial via WETLAND Construído**. 2015. 63p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) - Centro Universitário Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul, 2015.

VASCONCELO, D. V.; GOMES, A.. Tratamento de efluentes de postos de combustíveis para o reuso usando processos oxidativos avançados. **Cadernos Unifoa**, n.11, p. 35-46, dez. 2009.

VON SPERLING. M. **Urban Wastewater Treatment in Brazil**. Inter-American Development Bank. Department of Sanitary and Environmental Engineering Federal University of Minas Gerais Brazil, 2016. Disponível em: <<https://publications.iadb.org/en/urban-wastewater-treatment-brazil>>. Acesso em: 08 mai. 2019.

VYMAZAL, J.. Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review. **Ecological Engineering**. v.73 , p.724-751, 2014.

WETLANDS CONSTRUÍDOS. **Novidades e Artigos sobre Wetland Construídos e Saneamento**. Disponível em: <<https://www.wetlands.com.br/single-post/2018/01/26/COMO-FUNCIONA-UMA-ETE-COMPACTA>>. Acesso em: 08 mai. 2019.

WHATELY, M.. **Programa Municípios Verdes: lições aprendidas e desafios para 2013/2014/** Coordenação de Marussia Whately; Maura Campanili. – Belém, PA: Pará. Governo do Estado. Programa Municípios Verdes, 2013.

WILKIE, A. C.; RIEDESEL, K. J.; OWENS, J. M.. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. **Biomass and Bioenergy**. 19, 63-102, 2000.