UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

CLÉBER GEREMIAS

DIMENSIONAMENTO DE UMA MICROESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UMA MICROCERVEJARIA

Tubarão

2017

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

CLÉBER GEREMIAS

DIMENSIONAMENTO DE UMA MICROESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UMA MICROCERVEJARIA

Relatório Técnico/Científico apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Prof. Alessandro de Oliveira Limas. Msc. (Orientador)

Tubarão

2017

CLÉBER GEREMIAS

DIMENSIONAMENTO DE UMA MICROESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UMA MICROCERVEJARIA

Este relatório técnico/científico foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 29 de novembro de 2017.

Prof. Eng. Alessandro de Oliveira Limas, MSc. (Orientador)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Profª. Eng. Maria Lúcia Soares Cochlar, MSc. (Avaliadora)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Profª. Lic. Suzana Cimara Batista, Dra. (Avaliadora)
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, a minha esposa e meu filho pelo amor incondicional, pela força e compreensão em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a DEUS por ter me dado forças para prosseguir, mesmo diante das dificuldades encontradas pelo caminho, e por aqueles a quem ele colocou em minha vida durante toda esta caminhada.

Ao meu orientador professor MSc. Alessandro de Oliveira Limas pelo conhecimento a mim repassado, e pelas horas dispensadas para que eu conseguisse concretizar o trabalho aqui apresentado.

Ao Engenheiro Químico Diogo Quirino Buss, meu supervisor de estágio, pelo auxílio e tempo disponibilizados, e pela confiança em mim depositada, o que me proporcionou meios para a concretização de meu relatório de estágio.

A Universidade do Sul de Santa Catarina, e a seu corpo docente, sem os quais certamente não teria o conhecimento necessário para a realização deste trabalho.

Aos colegas de curso, pelo apoio e pelos momentos compartilhados, enfrentando e superando os desafios que impostos.

Especialmente a minha esposa pelo apoio e pela compreensão durante toda esta caminhada, e a meu filho pela força que me proporcionou.

“O único lugar aonde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.” (Albert Einstein).

RESUMO

O tratamento de efluentes industrial é exigido através do CONAMA na resolução número 430. De acordo com esta resolução, efluentes de qualquer fonte poluidora somente devem ser lançados no corpo receptor após tratamento prévio, e uma remoção mínima de 60% na BDO. O efluente de cervejaria é altamente poluente devido a altos índices de DBO, com um valor médio de 1668 mgO_2/L. Baseando na legislação e em normas técnicas, identificou-se a necessidade de projetar um sistema de tratamento de efluentes para uma microcervejaria em fase de instalação. Este trabalho teve como objetivo dimensionar o sistema a partir parâmetros de contaminantes característicos do efluente para esta futura cervejaria. Os valores de referência para estimar o volume de efluente a ser gerado, de acordo com o volume de produção da empresa e identificação dos possíveis sistemas de tratamento para o efluente a ser gerado, foram os itens de parametrizaram o dimensionamento do sistema. Foi efetuada uma pesquisa bibliográfica exploratória, para que os dados a ser determinados teoricamente fossem necessários para a escolha do tipo de sistema de tratamento. Os fatores limitantes à instalação de cada sistema, devido à localização do empreendimento e ao espaço disponível para a instalação do sistema de tratamento de efluentes, foram considerados para que melhor se adeque ao problema proposto. O sistema proposto conta com uma peneira para a retenção de materiais particulados, três fossas sépticas cilíndricas com volume útil de 1381,67 L, um filtro aeróbio submerso com volume útil de 1650 L e um decantador com volume útil de 1150 L. Sistema este que supre as necessidades da empresa tanto no espaço que ele ocupa quanto na eficiência quanto a remoção de poluentes do efluente industrial.

Palavras-chave: Microcervejaria, efluente industrial, dimensionamento de tratamento de efluentes.

ABSTRACT

Industrial effluent treatment is required through CONAMA in resolution number 430. According to this resolution, effluent from any polluting source should only be released into the receiving body after pretreatment, and a minimum of 60% removal at the BDO. The brewery effluent is highly polluting due to high BOD indices, with an average value of 1668 mgO_2 / L. Based on legislation and technical standards, it was identified the need to design an effluent treatment system for a microbrewery in the installation phase. This paper had as objective to scale the system from parameters of pollutants characteristic of the effluent to this future brewery. The reference values to estimate the volume of effluent to be generated, according to the company's production and identification of the possible treatment systems for the effluent to be generated, were the items that parameterized the system design. An exploratory bibliographic research was done, so that the data to be determined theoretically were necessary for the choice of the type of treatment system. The factors limiting the installation of each system, due to the location of the project and the space available for the installation of the effluent treatment system, were considered in order to better adapt to the proposed problem. The proposed system has a sieve for the retention of particulate matter, three cylindrical septic tanks with a useful volume of 1381.67 L, a submerged aerobic filter with a useful volume of 1650 L and a decanter with a useful volume of 1150 L. This system supplies the needs of the company both in the space it occupies and in the efficiency as the removal of pollutants from the industrial effluent.

Keywords : Microbrewery, industrial effluent, effluent treatment design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação dos constituintes de aguas residuais.....17
Figura 2 – Peneira estática.....19
Figura 3 – Esquema de um desarenador retangular de fluxo horizontal. 20
Figura 4 – Decantador retangular 20
Figura 5 – Decantador circular. 21
Figura 6 – Caixa de gordura 21
Figura 7 – Degradação de componentes orgânicos em sistemas anaeróbios e aeróbios 24
Figura 8 – Tanque séptico de câmara única. 25
Figura 9: Representação esquemática do funcionamento de um reator UASB.....27
Figura 10: Esquema de tanque de biodiscos.....28
Figura 11: Esquema da unidade de lodos ativados convencional 29
Figura 12: Esquema de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente 30
Figura 13: Filtro biológico.....32
Figura 14: BAS com enchimento granulado 33
Figura 15: Filtro aeróbio submerso 34
Figura 16: Sistema de aeração.....35
Figura 17: Layout da empresa com definição da origem dos efluentes. 39
Figura 18: Layout da configuração da estação de tratamento 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição do efluente de cervejarias 16
Tabela 2: Taxa de aplicação hidráulica de peneiras 19
Tabela 3: Características de projeto e operação dos filtros biológicos..... 31
Tabela 4: Faixas prováveis de remoção dos poluentes (%)..... 44
Tabela 5: Algumas características dos processos de tratamento 45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA 13
1.2 OBJETIVOS 14
1.2.1 Objetivo Geral 14
1.2.1.1 Objetivos Específicos 14
2 REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1 CARACTERISTICAS DO EFLUENTE GERADO POR UMA CERVEJARIA 15
2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO EXISTENTES 18
2.2.1 Processos físicos 18
2.2.1.1 Gradeamento ou peneiramento 18
2.2.1.2 Caixa de areia 20
2.2.1.3 Decantadores 20
2.2.1.4 Caixa de gordura 21
2.2.1.5 Flotadores 21
2.2.1.6 Tanque de equalização 22
2.2.2 Processos químicos 22
2.2.2.1 Coagulação e floculação 22
2.2.2.2 Neutralização do pH 22
2.2.2.3 Cloração 23
2.2.3 Processos biológicos 23
2.2.3.1 Tanque séptico ou fossa séptica 24
2.2.3.2 Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente 25
2.2.3.3 Biodiscos 27
2.2.3.4 Lodos ativados 28
2.2.3.5 Filtro biológico Anaeróbio 30
2.2.3.6 Filtro biológico 31
2.2.3.7 Biofiltro aeróbio submerso 32
2.2.3.8 Filtro aeróbio submerso (FAS) 33
2.2.3.9 Sistema de aeração 34
2.2.3.10 Equivalente populacional 35
2.2.3.11 Desnitrificação 35

3 METODOLOGIA DA PESQUISA 37
3.1 PESQUISA CIENTÍFICA 37
3.2 A INVESTIGAÇÃO REALIZADA 38
3.2.1 A Empresa 38
3.3 O PROCESSO 39
3.3.1 Instrumentos de coleta de dados 40
3.4 SELEÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO 40
3.5 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO 43
3.6 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 43
4 CONCLUSÕES 46
REFERÊNCIAS 47
APÊNDICES 49
APÊNDICE A – CÁLCULOS 50

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é um produto consumido em grandes quantidades no mercado mundial, em se tratando de Brasil, isso não é diferente. Um ramo que tem se desenvolvido substancialmente nos últimos anos é o das cervejas artesanais, e muitas microcervejarias tem surgido aproveitando este espaço. Mas nem tudo são flores, a produção de cerveja demanda uma grande quantidade de água, e com isso, gera uma grande quantidade de efluente, o qual necessita de tratamento prévio, antes de seu descarte na rede coletora ou em corpo receptor, para evitar danos ao meio ambiente. Visando evitar estes danos, e adequar os despejos de uma microcervejaria em fase de instalação aos valores exigidos pela legislação ambiental, fez-se necessário à realização de um estudo prévio para definição das medidas necessárias.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar, através de pesquisa bibliográfica exploratória, a quantidade de água que é gasta para produzir cada litro de cerveja em uma cervejaria artesanal, além de efetuar a possível caracterização do efluente gerado, definindo assim, os parâmetros a serem ajustados pelo tratamento, e apresentando dados que irão auxiliar na escolha do sistema de tratamento a ser adotado.

Com o desejo de minimizar os impactos causados pelo efluente, serão apresentadas alternativas para o tratamento do mesmo, suas características e definição quanto ao tipo de tratamento, se físico, químico ou biológico, bem como algumas das vantagens e desvantagens de cada sistema de tratamento, e a possibilidade de sua utilização na cervejaria foco do estudo.

Com todos os sistemas apresentados, será efetuada a escolha pelo sistema, ou conjunto de sistemas mais adequado para o tratamento do efluente, observando-se para isso a caracterização do efluente, as vantagens e desvantagens de cada sistema e as peculiaridades a serem obedecidas, tendo em vista o espaço e as necessidades da cervejaria para a qual o projeto está sendo efetuado, com foco na obtenção da melhor eficiência possível, assim como a apresentação dos motivos que levaram a escolha do tipo de tratamento em questão.

Será efetuado o dimensionamento do sistema com base no fluxo máximo calculado para a cervejaria, também será definida a ordem em que cada tanque estará disposto, visando a maior remoção de poluentes possível, e obedecendo ao espaço disponível para a instalação do mesmo.

1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

Um problema amplamente discutido no planeta atualmente é a poluição das águas, o que causa grande preocupação, considerando que ela figura entre os principais recursos naturais necessários a sobrevivência humana. Muitos países já convivem com a escassez desse recurso, essencial à higiene humana, produção de alimentos, e utilizado nos mais diversos setores industriais em várias partes do processo.

No Brasil, país de grande extensão territorial, isso não é diferente, apesar de possuir mananciais em abundância, sua distribuição é irregular, fato que justifica a grande preocupação com a poluição das fontes disponíveis para captação. Fontes estas cada vez mais prejudicadas em função do aumento populacional e da ocupação de áreas sem infraestrutura, onde há falta de saneamento básico, de conscientização da população e do descaso do poder público.

Inobstante isso o despejo de lixo e esgoto doméstico nos rios e mananciais sem tratamento, o uso excessivo de defensivos agrícolas na produção de alimentos, são fatores agravantes e responsáveis pela contaminação da água.

Existem ainda os despejos industriais, com uma gama ainda maior de contaminantes. Um dos setores que possuem uma grande taxa de descarte de efluentes é o de bebidas, dentre eles o cervejeiro, onde a água é utilizada nos vários processos de preparação e limpeza de equipamentos e embalagens. Considerando que, para cada litro de cerveja produzido, são gastos entre 2 e 10 litros de água, e com alta carga poluente, sendo que o valor mais significativo refere-se a carga orgânica contida no efluente da cervejaria, com valores de DBO em uma faixa entre 600 e 3671 mg/L, com uma média de 1668 mg/L. (EßLINGER,2009).

Para o descarte deste efluente na rede coletora existe uma legislação a ser seguida, no Brasil, estes valores encontram-se descritos na Resolução do CONAMA Nº 430/2011 que determina os parâmetros máximos de contaminantes que podem ser descartados no meio coletor, e neste ponto encontramos nosso problema: **qual o dimensionamento adequado para uma micro estação de tratamento de efluentes em microcervejaria de Santa Catarina, afim de adequar o efluente aos parâmetros necessários para lançamento no corpo receptor, no ano de 2017.**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Dimensionar uma microestação de tratamento de efluentes em microcervejaria de Santa Catarina, adequando-se aos parâmetros exigidos pela legislação ambiental para lançamento no corpo receptor de efluentes.

1.2.1.1 Objetivos Específicos

a) Identificar as características do efluente a ser gerado, de acordo com a literatura.
b) Selecionar os sistemas de tratamento.
c) Descrever o sistema de tratamento que será utilizado.
d) Determinar os parâmetros de projeto da estação de tratamento proposta.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERISTICAS DO EFLUENTE GERADO POR UMA CERVEJARIA

A água na indústria cervejeira tem duas funções essenciais: ela é utilizada como matéria prima para a produção da cerveja, bem como é utilizada na limpeza de equipamentos e da planta produtiva, é justamente a partir deste ponto que ela deixa de ser um produto auxiliar e transforma-se em um problema. A água utilizada na limpeza carrega consigo todos os resíduos que ficaram depositados nos equipamentos e no chão da fábrica.

Na indústria de bebidas, mais especificamente na indústria cervejeira, o consumo de água situa-se em uma faixa entre 2-10 unidades/unidade produzida. (SPERLING, 2005).

> As cervejarias usam grandes quantidades de água. ... Como as cervejas geralmente têm teor de água compreendido entre 91-98% (ou mesmo 89% nos casos de vinhos de cevada), e as quantidades perdidas por evaporação e com subprodutos são relativamente pequenas, grandes volumes de águas residuais são geradas. Às vezes, grandes volumes são produzidos devido a ineficiências operacionais, mas cervejarias que operam de maneira eficiente, mas diferentes, e com uma gama diferente de produtos, possuem requisitos de água substancialmente diferentes. Além da fabricação da cerveja, pulverização e diluição dos licores, a água é usada para uma variedade de outros propósitos. Estes incluem a limpeza da planta usando sistemas manual ou de limpeza no local (cleaning-in-place) (CIP), refrigeração, aquecimento (como água quente ou após conversão em vapor em caldeira), água para ocupar as linhas antes e depois de correr cerveja através delas, para carregar o filtro de terra diatomácea, para lavagem de fermento e para a suspensão e transporte de resíduos bem como para lavar recipientes de cerveja, como tanques, barris, cascos e garrafas retornáveis. (BRIGGS; et al, 2004, p.72 - nossa tradução).

Mas quais tipos de poluentes encontramos neste efluente? Esse efluente contém restos de cerveja e resíduos do mosto, água residual contendo trub, levedura, oriunda do CIP da planta, resíduo caustico do CIP da planta, ácido do CIP da planta, vermelho caustico da filtragem PVPP, água residual contendo terra diatomácea, água alcalina da limpeza, água residual quente e suja, resíduos cáusticos da limpeza de garrafas, materiais insolúveis como papel, vidro, lodo, substâncias solúveis como adesivo e sais, resíduos das garrafas e barris retornáveis (KUNZE, 2004).

Todos estes pontos de contribuição causam modificações nos parâmetros a serem ajustados, como o pH, sólidos em suspensão, Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO). (BAMFORTH, 2006). “A razão entre estes valores varia amplamente, mas, para a maioria dos efluentes misturados de cervejarias a razão DQO/DBO está entre 1,6-1,8” (BRIGGS; et al, 2004 p.69 - tradução nossa).

Toda essa água necessita de um tratamento adequado para à posterior descarte no corpo receptor com os parâmetros dentro dos limites pré-estabelecidos pela legislação. No

Brasil a legislação que determina os parâmetros de descarte de efluentes é a do Conama na Resolução Nº 357/2005 que sofreu alterações e complementações pelas resoluções 410/2009 e 430/2011, que estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Como consequência da cobrança em relação aos limites máximos permitidos para estes tem-se a elevação dos custos do tratamento, consequentemente, o maior controle deste descarte exige a determinação da carga poluente e de todos os parâmetros envolvidos, e um controle da água residual que deixa o sistema de tratamento. Com o intuito de reduzir estes custos, devem-se esgotar todas as alternativas para a redução do volume de água utilizado. (EßLINGER, 2009).

Esgotadas todas as alternativas para redução no volume de água utilizado na assepsia dos equipamentos e materiais, faz-se necessária a identificação dos parâmetros a serem ajustados, bem como dos contaminantes do efluente.

De acordo com a literatura, os valores referentes à concentração do efluente em cervejarias varia consideravelmente, cargas poluentes totalmente diferentes são obtidas para diferentes fabricas, dependendo dos equipamentos utilizados e do modo de trabalho. Isso deve ser levado em consideração na hora de efetuar o planejamento e construção da estação de tratamento. Parâmetros médios podem ser observados na tabela a seguir:

Tabela 1 – Composição do efluente de cervejarias

Parâmetro	**Unidade**	**Média**	**Mínimo**	**Máximo**
$KMnO_4$	mgO_2/L	2231	869	4840
DQO	mg/L	2628	933	5515
DBO_5	mgO_2/L	1668	600	3671
COD	mg/L	651	190	1620
Material decantável	mg/L	15,8	2,5	61,6
TRS	mg/L	426,1	106,6	1953,7
Resíduo de ignição	mg/L	208,6	45,3	1236,5
NIT	mg/L	12,5	4,2	29,6
TKN	mg/L	58,2	26,6	126,8
TBN	mg/L	70,2	37,1	137,2
NH_4-N	mg/L	2,8	0,3	21,1
NO_2-N	mg/L	1,3	0,1	20,7
NO_{3-N}	mg/L	12,3	0,9	26,2
Ortho-P	mg/L	10,6	0,8	41
Total P	mg/L	11,8	1,0	33,6

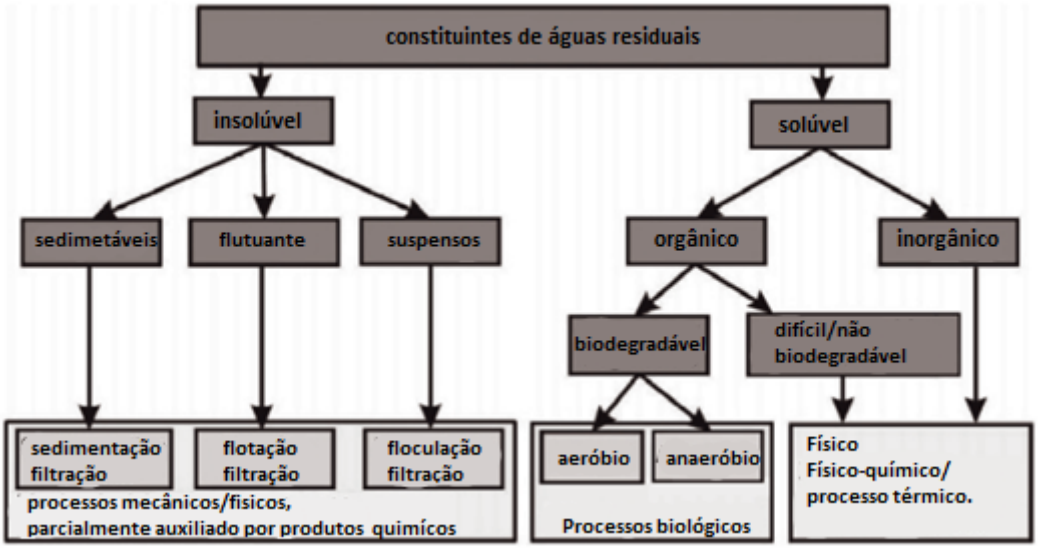
Fonte: Eßlinger (2009, p. 628).

Em algumas cervejarias todos os efluentes são coletados em um esgoto comum. No entanto, não faz sentido que a água da chuva seja coletada e direcionada para o tratamento, assim como a água quente que foi usada no resfriamento deve encontrar um uso na brassagem ou na limpeza, tanto para minimizar as quantidades de água e efluente quanto para conservar o

calor e reduzir os custos com aquecimento. Se os efluentes forem tratados em parte ou totalmente na cervejaria, é recomendável que os mesmos sejam separados de acordo com a carga poluidora e tratados separadamente. Cervejarias tentam minimizar os volumes e principais cargas poluidoras dos efluentes (DBO, DQO, SS). Tratamentos secundários podem permitir que o efluente seja descartado em cursos de água. Em alguns casos, pode ser financeiramente viável purificar ainda mais o efluente através da realização de tratamentos terciários para a reutilização em alguns setores da planta produtiva.

O que irá definir de forma decisiva os processos, ou a combinação de processos a serem empregados é a constituição do efluente a ser tratado, como demonstra a figura a seguir.

Figura 1 – Classificação dos constituintes de águas residuais



Fonte: Eßlinger (2009, p. 623).

Independentemente se os efluentes forem tratados na própria cervejaria ou em qualquer outro lugar, os objetivos serão os mesmos, a redução da temperatura para valores inferiores a 40ºC, o ajuste do pH para um intervalo específico, e a redução nos valores de DBO, DQO e SS, ajustando-os aos parâmetros exigidos para o descarte. Historicamente, após o tratamento preliminar, o efluente era tratado através de processos oxidativos e sistemas biológicos aeróbios. Recentemente, alguns tratamentos biológicos anaeróbios vêm sendo usados. É conveniente dividir os tratamentos em preliminar, primários e secundários (aeróbios, anaeróbios ou uma combinação dos dois) e terciários ou tratamentos de polimento. (BRIGGS; et al, 2004).

2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO EXISTENTES

Efetuar o tratamento de águas residuais demanda uma série de processos e operações unitárias, a necessidade de cada efluente e a capacidade do corpo receptor (seja ele rio, lago, lagoa, etc.) de receber estes efluentes sem sofrer alteração nos parâmetros de qualidade fixados para a região afetada pelo lançamento, determina o grau de condicionamentos ao qual o efluente deverá ser submetido. Estes condicionamentos são denominados processos de tratamento.

Estes processos podem ser classificados de acordo com a natureza dos poluentes contidos no efluente. Os mesmos são classificados em:

- Processos físicos.
- Processos químicos.
- Processos Biológicos.

As transformações ocorridas em cada processo irão influenciar nos fenômenos inerentes do processo subsequente (JORDÂO; PESSOA, 2009).

2.2.1 Processos físicos

São processos onde predominantemente ocorrem fenômenos físicos, caracterizam-se principalmente pela remoção de substâncias fisicamente separáveis ou que não se encontram dissolvidas. Tem como principal finalidade a remoção de substâncias em suspensão no efluente. Por exemplo, a remoção de sólidos grosseiros, a remoção de sólidos sedimentáveis como a areia e a remoção de sólidos flutuantes. (JORDÃO; PESSOA, 2009).

Na grande maioria das vezes, estes processos são denominados como tratamento preliminar, os quais objetivam a remoção dos sólidos grosseiros, de gorduras e de areia. Processos realizados por crivos, grades, peneiras, desintegradores, caixas de areia, centrifugadores, decantadores, caixas de gordura e flotadores por ar dissolvido. (Id, ibid.).

2.2.1.1 Gradeamento ou peneiramento

É utilizado na separação de sólidos grosseiros. As grades podem ser do tipo grossa ou fina, sendo classificadas em função do espaçamento entre elas, e podem ser de limpeza manual ou mecanizada. Já as peneiras podem ser do tipo inclinada ou de tambor rotativo, e podem ter o espaçamento reduzido. (CAVALCANTI, 2009).

"A utilização de peneiras é imprescindível em tratamentos de efluentes de indústrias de refrigerantes, têxtil, pescado, abatedouros e frigoríficos, curtumes, cervejarias, sucos de frutas e outras indústrias de alimentos." (GAUTO; ROSA, 2011, p. 30).

O dimensionamento da peneira deve ser feito observando a seguinte equação:

$$A = \frac{Q_{max}}{I}$$

Onde:

Q_{max} é a vazão máxima do efluente em m³/h;

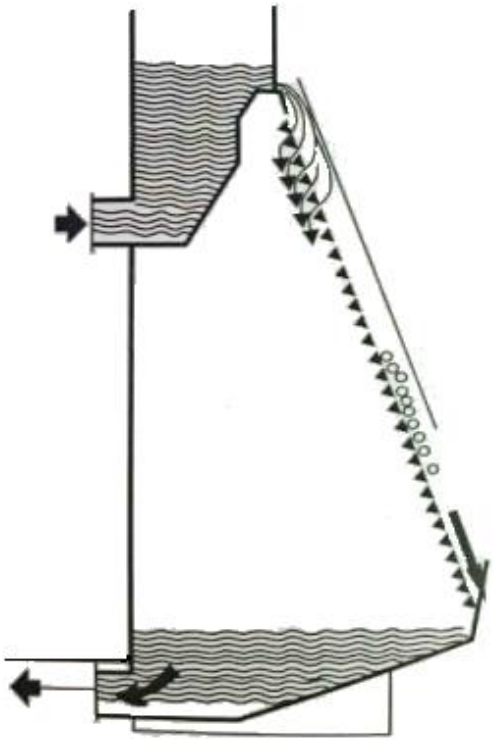
I é a taxa de aplicação hidráulica em m³/m².h; (NUNES, 2001).

Tabela 2: Taxa de aplicação hidráulica de peneiras

Abertura (mm)	Taxa de Aplicação (m³/m².h)	
	Estática ou Hidrodinâmica	Rotativa
0,25	15	25
0,50	20	45
0,75	25	65
1,00	30	80
1,50	35	100

Fonte: Nunes (2001, p. 87).

Figura 2 – Peneira estática



Fonte: Jordão; Pessoa, (2009, p. 176).

2.2.1.2 Caixa de areia

É parte do tratamento preliminar e geralmente projetada para evitar que a areia siga para os decantadores, ou até mesmo para o lodo, provocando desgastes por abrasão nos equipamentos mecânicos dos decantadores primários e nas bombas de lodo. Essa remoção evita também seu acúmulo nas tubulações e nos tanques de armazenamento de lodo e nos digestores. São projetadas para remover partículas equivalentes à areia fina, na faixa de 0,2mm e densidade aproximada de 2,7 g/cm³. (HAMMER, 1979).

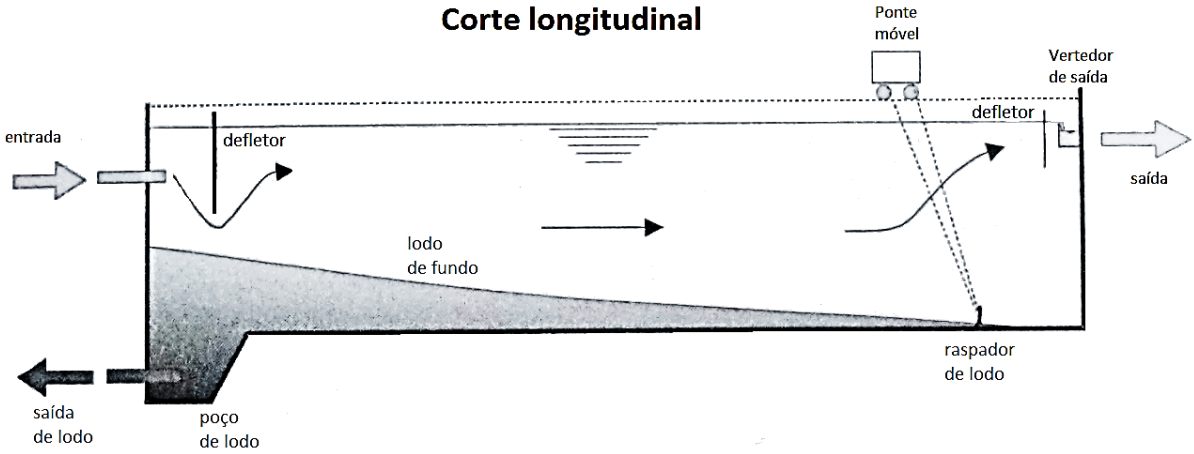
Figura 3 – Esquema de um desarenador retangular de fluxo horizontal.

Fonte: Sperling (2005, p. 266).

2.2.1.3 Decantadores

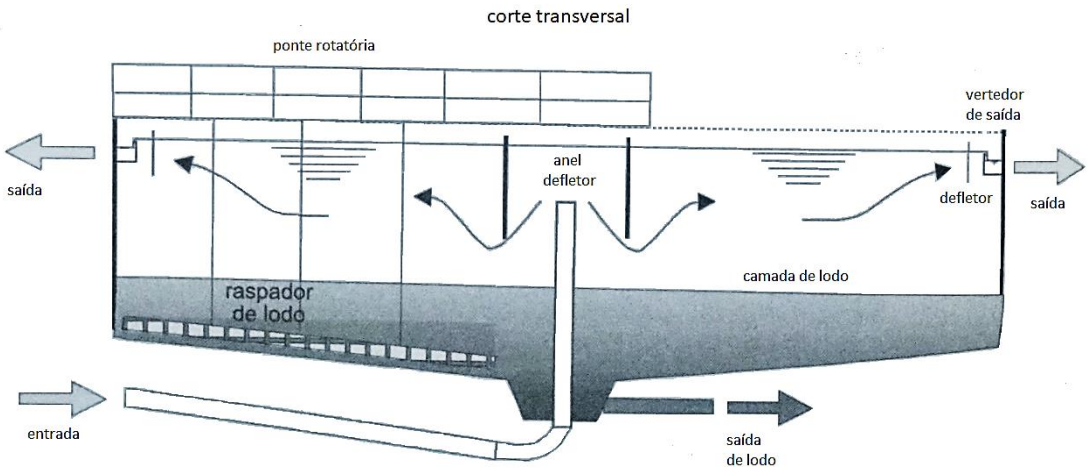
São locais ou equipamentos onde ocorre a sedimentação ou decantação dos materiais com densidade mais elevada por ação da gravidade. (CAVALCANTI, 2009).

Figura 4 – Decantador retangular



Fonte: Sperling (2005, p. 271).

Figura 5 – Decantador circular.

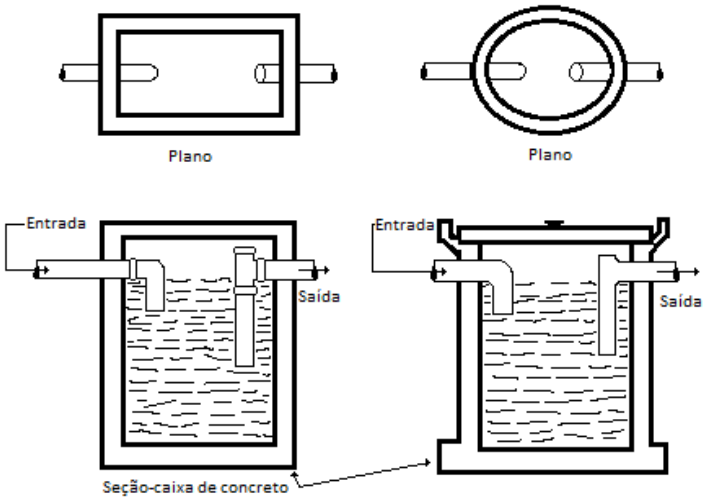


Fonte: Sperling, (2005, p. 270).

2.2.1.4 Caixa de gordura

É responsável pela separação de gorduras e óleos, as quais são separadas devido à diferença de densidade, e as frações oleosas mais leves são recolhidas na superfície. (GAUTO; ROSA, 2011).

Figura 6 – Caixa de gordura



Fonte: Adaptado de Jordão; Pessoa, (2009, p. 217).

2.2.1.5 Flotadores

São utilizados para a remoção de sólidos com densidade aparente menor do que a da água, geralmente utilizando agentes flotantes que podem ser tanto pequenas bolhas de ar como compostos químicos. (JORDÃO; PESSOA, 2009).

2.2.1.6 Tanque de equalização

Tem como principal finalidade regular a vazão que deve ser constante nas unidades subsequentes, tem também a finalidade de homogeneizar o efluente, tornando uniformes: pH, temperatura, turbidez, sólidos, DBO, DQO, cor, etc. Tanques de equalização com níveis constantes só poderão ser utilizados quando o objetivo é exclusivamente o de homogeneizar os efluentes, como no caso da neutralização de águas ácidas ou básicas. (NUNES, 2001).

2.2.2 Processos químicos

São processos onde ocorre a utilização de produtos químicos. São usados, geralmente, quando os processos físicos e biológicos não conseguem atender à necessidade, ou não atuam de forma a reduzir ou remover satisfatoriamente a característica desejada. Este processo pode potencializar, por exemplo, a remoção de sólidos por sedimentação através da utilização de um agente coagulante.

"Os processos químicos comumente adotados em tratamento de esgoto são: coagulação e floculação; precipitação química; elutriação; oxidação química; cloração e neutralização do pH. (JORDÃO; PESSOA, 2009, p. 95-96).

2.2.2.1 Coagulação e floculação

São fenômenos sequenciais, aplicados na remoção por precipitação química de material coloidal através do uso de coagulantes e floculantes, que auxiliam na formação de flocos que decantam ou flotam, gerando lodo que necessita de um descarte adequado. (CAVALCANTI, 2009).

2.2.2.2 Neutralização do pH

É realizada visando uma série de objetivos como: ajustar os despejos para uma faixa adequada ao lançamento nos corpos hídricos ou no sistema público de esgoto sanitário, propiciar um pH ótimo auxiliar na remoção de metais pesados, oxidação de cianeto e remoção de amônia, fósforo, ou garantir um ambiente propício para o tratamento biológico do efluente. Esta correção é feita com a utilização de ácidos (H_2S0_4, HC1) ou gás carbônico, ou bases [$Ca(OH)_2$, NaOH, Na_2CO_3]. (Id, ibid.).

2.2.2.3 Cloração

É uma forma de desinfecção que age pela inativação de organismos patogênicos.

> O cloro, ou agente desinfetante, penetra nas células dos microorganismos e reage com suas enzimas, destruindo-as. As enzimas são um complexo de proteínas funcionando como catalizadores orgânicos em reações químicas dos microorganismos. Como são essenciais aos processos metabólicos das células vivas, estas sem a ação das enzimas, morrem. (JORDÃO; PESSOA, 2009, p. 860-861).

A cloração também pode ser utilizada com outros objetivos, como para controle de odores, redução de carga orgânica inicial na ETE, facilitar a remoção de escuma em decantadores, aumentar a eficiência da decantação, reduzir a carga orgânica ou o número de organismos de efluentes lançados in natura em corpo receptor, promover o controle de organismos patogênicos e como tratamento auxiliar ou corretivo em processos de filtração biológica e de lodos ativados. (Id, Ibid.). As quantidades necessárias para obtenção dos diversos efeitos desejados com a utilização do cloro são: 10 a 30 g/m³ para a desinfecção do esgoto bruto, 4 g/m³ para a eliminação de mau cheiro, 2 g/m³ para desinfecção de efluentes de tratamento biológico, 1 g/m³ para desinfecção de cursos de água, e 0,1 a 0,5 g/m³ para a desinfecção de água tratada. (IMHOFF, 1998).

Mas a cloração também apresenta desvantagens, como quando de sua utilização em águas que contenham compostos orgânicos, é possível que ocorra a formação de compostos organoclorados carcinogênicos, como os trihalometanos (THM), e haloacetonitrilas, além da possibilidade de danos a biota, sendo que, mesmo em baixas concentrações de residuais, o cloro é tóxico a várias espécies aquáticas, sendo em alguns casos necessária uma descloração antes do lançamento do efluente. (SPERLING, 2005). “Por este motivo a cloração está sendo considerada com certa reserva nos tempos recentes.” (IMHOFF, 1998).

2.2.3 Processos biológicos

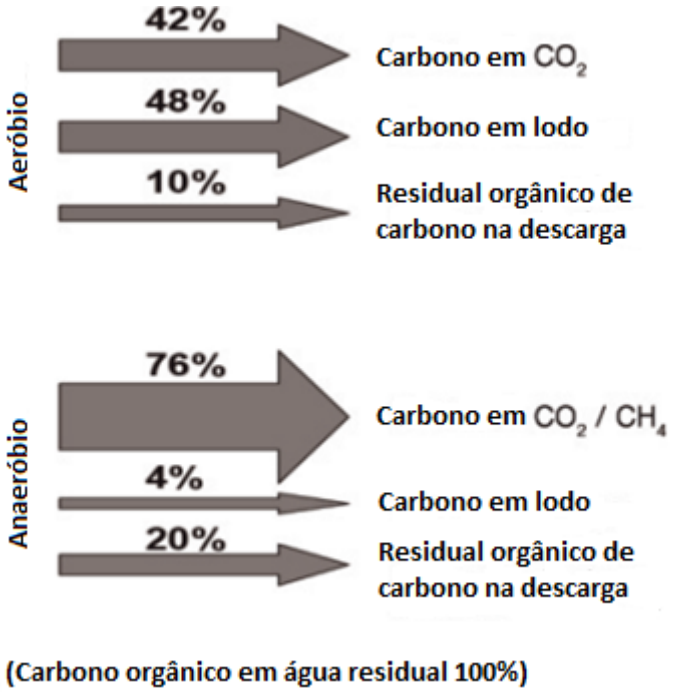
São processos que dependem da ação dos microrganismos presentes no esgoto para seu funcionamento. Ele visa reproduzir dentro dos reatores devidamente projetados, os fenômenos biológicos que ocorrem na natureza, transformando componentes complexos em compostos simples como sais e gás carbônico, condicionando o processo a área e tempo economicamente justificáveis. Dentre os processos biológicos podemos citar: Oxidação biológica (aeróbia, como lodos ativados, filtros biológicos aeróbios, valos de oxidação e lagos de estabilização; e anaeróbia, como reatores anaeróbios de fluxo ascendente, ou de manta de

lodo, lagoas anaeróbias e tanques sépticos); e digestão de lodo (aeróbia e anaeróbia, fossas sépticas). (JORDÃO; PESSOA, 2009).

Uma questão importante quanto aos sistemas de tratamento a serem utilizados é a diferença entre o tratamento aeróbio e o tratamento anaeróbio, e o tipo de decomposição que ocorre em cada tipo de tratamento.

> Reatores anaeróbios possuem uma taxa de degradação e de crescimento de bactérias menor que reatores aeróbios. Apenas 5-10% do carbono disponível é convertido em massa bacteriana. Consequentemente, na ausência de oxigênio, em um reator anaeróbio o material orgânico é convertido em biogás, que pode conter uma proporção de metano de até 80%. (Eßlinger, 2009. p. 640).

Figura 7 – Degradação de componentes orgânicos em sistemas anaeróbios e aeróbios



Fonte: Eßlinger (2009, p. 640).

O fator de escolha entre o sistema de tratamento a ser utilizado, ou o conjunto de sistemas, se dá pelas peculiaridades de cada sistema bem como a eficiência de remoção dos poluentes contidos no efluente exigida para cada caso.

2.2.3.1 Tanque séptico ou fossa séptica

Sua principal função é remover gordura e partículas maiores, que se instalam no fundo e sofrem uma decomposição anaeróbia (DAVIS; CORNWELL, 1998).

> Fossa séptica é um dispositivo de tratamento de esgotos destinado a receber a contribuição de um ou mais domicílios e com capacidade de dar aos esgotos um grau

> de tratamento compatível com a sua simplicidade e custo. Assim pode ser definida como uma câmara convenientemente construída para reter os esgotos sanitários por um período de tempo criteriosamente estabelecido, de modo a permitir a sedimentação dos sólidos e a retenção do material graxo contido nos esgotos, transformando-os bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e estáveis. (JORDÃO; PESSOA, 2009, p. 392).

O volume da fossa séptica pode ser calculado pela seguinte equação:

$$V = 1000 + N(CT + KLf)$$

Onde V é o volume útil em litros;

N é o número de pessoas ou unidades de contribuição;

C é a contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou litro/unidade x dia;

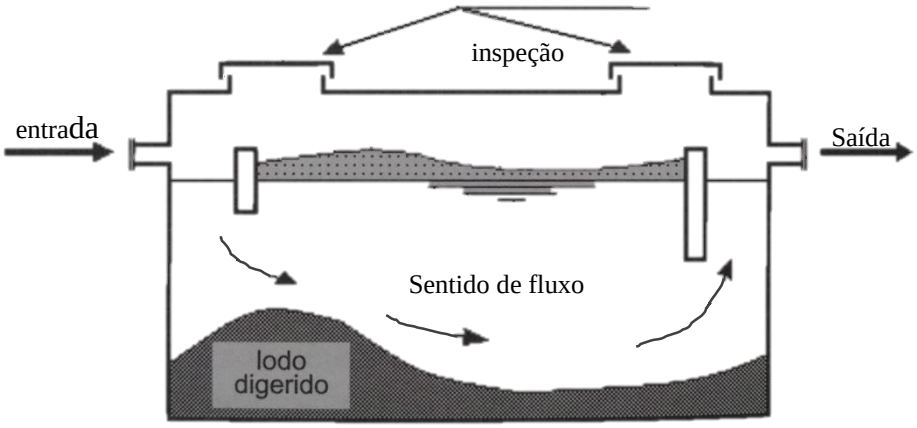
K é a taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco;

Lf é a contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia.

T é o período de detenção, em dias. (ABNT, 1993).

Onde os valores de referência para C, T, K, Lf estão contidos na NBR 7229/1993.

Figura 8 – Tanque séptico de câmara única.



Fonte: Sperling (2005, p. 294).

Em relação ao número de câmaras, é recomendado que para tanques cilíndricos de volume pequeno e médio, servindo até 30 pessoas, a utilização de três câmaras em série, e para tanques prismáticos retangulares de mesmo porte, a utilização de duas câmaras em série. (ABNT, 1993).

2.2.3.2 Reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente

Reator Anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (RAFA) ou sua denominação mais utilizada reator UASB (Upflow anaerobic sludge blanket). “Trata-se de um

reator de leito fluidizado contendo uma biomassa que recebe o despejo sendo imediatamente metabolizado" (CAVALCANTI, 2009, p. 40). É um processo anaeróbio muito utilizado para depuração de despejos com alta carga orgânica, como o despejo de indústrias alimentícias (matadouros, cervejarias, açúcar e álcool, frutas e outras). (Id, ibid.).

Diferente dos filtros biológicos percoladores onde a biomassa cresce aderida a um meio suporte, seja ele de pedras ou plástico, nos reatores UASB a biomassa cresce dispersa no meio, onde seu próprio crescimento pode formar grânulos que servem como meio suporte para o crescimento de outras bactérias. Neste sistema o líquido entra pelo fundo do reator, o fluxo de líquido é ascendente, fazendo com que a biomassa seja em parte adsorvida pelo leito de lodo. (Id, ibid.).

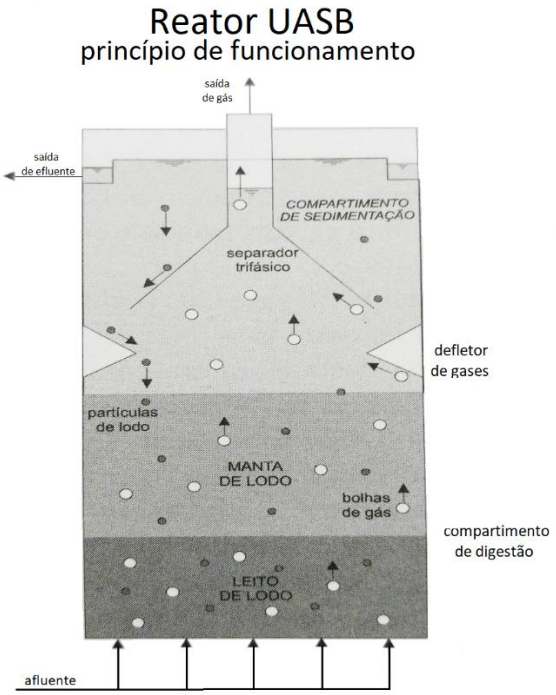
É composto por cinco partes, sendo elas: câmara de digestão, separador de fases, zona de transição, zona de sedimentação e zona de acumulação de gás.

> Câmara de digestão: inferior, onde se localiza o leito de lodo Manta de lodo), e onde se processa a digestão anaeróbia. O esgoto ao penetrar no interior do UASB, entra por esta zona de lodo, atravessando-a no sentido ascendente. Neste trajeto, parte da matéria orgânica permanece na zona de lodo, iniciando o processo de digestão anaeróbia. Separador de fases: dispositivo que fisicamente caracteriza uma zona de sedimentação e uma câmara de coleta de gases, separando as fases sólida (da câmara de digestão), da líquida de gasosa; é na verdade um defletor de gases. Zona de transição: entre a câmara de digestão e a zona de sedimentação superior. Zona de sedimentação: o esgoto penetrando pela abertura da parte inferior, alcança os vertedores de superfície, com uma velocidade ascensional adequada para a sedimentação dos sólidos e flocos, os quais retornam pela abertura das paredes para a área de transição e de digestão. A parte líquida é recolhida com características de efluente clarificado. Zona de acumulação de gás: o gás produzido na fase de digestão é retido em uma zona superior de acumulação, onde é coletado e eventualmente aproveitado. (JORDÂO; PESSOA, 2006, p. 831).

É um sistema onde grande parte da biomassa fica retida em seu interior. Devido a essa elevada retenção de sólidos, a idade do lodo também é bastante elevada, o que pode reduzir o tempo de detenção hidráulica para uma faixa entre 6 e 10 horas. (SPERLING, 2005)

> Têm como desvantagem serem mais sensíveis a distúrbios decorrentes de flutuação de vazão e cargas, bem como exigem maiores cuidados quanto à integridade da biomassa, além dos riscos de odores. Têm como vantagem o fato de não requerer gastos de energia para aeração e ao contrário, produzir energia a partir do metano. (CAVALCANTI, 2009, p. 40).

Figura 9: Representação esquemática do funcionamento de um reator UASB



Fonte: Sperling (2005, p. 298).

O tempo de detenção hidráulica para um reator do tipo UASB é determinado levando em consideração a temperatura do esgoto no mês mais frio do ano e o volume total do UASB. Para temperatura do esgoto superior a 25ºC, o tempo de detenção hidráulica é de 6h; para a temperatura do esgoto entre 22ºC e 25ºC, o tempo de detenção hidráulica é de 7 h; para a temperatura do esgoto entre 18ºC e 21ºC, o tempo de detenção hidráulica é de 8 h, e para temperatura de esgoto entre 15ºC e 17ºC, o tempo de detenção hidráulica é de 10h. Já a altura do reator deve estar compreendida entre 4 m e 6 m e a entrada de esgoto deve se dar entre 0,10 m e 0,20 m do fundo do reator. (ABNT, 2011).

2.2.3.3 Biodiscos

Processo que consiste em discos ligeiramente espaçados, que giram vagarosamente e mantém cerca de metade do disco imerso no esgoto, o restante fica exposto ao ar. Neste processo a biomassa cresce aderida aos discos, formando um biofilme. Diferente dos outros processos de tratamento, onde o esgoto passa pelos microrganismos, neste processo os microrganismos passam pelo esgoto. (SPERLING, 2005).

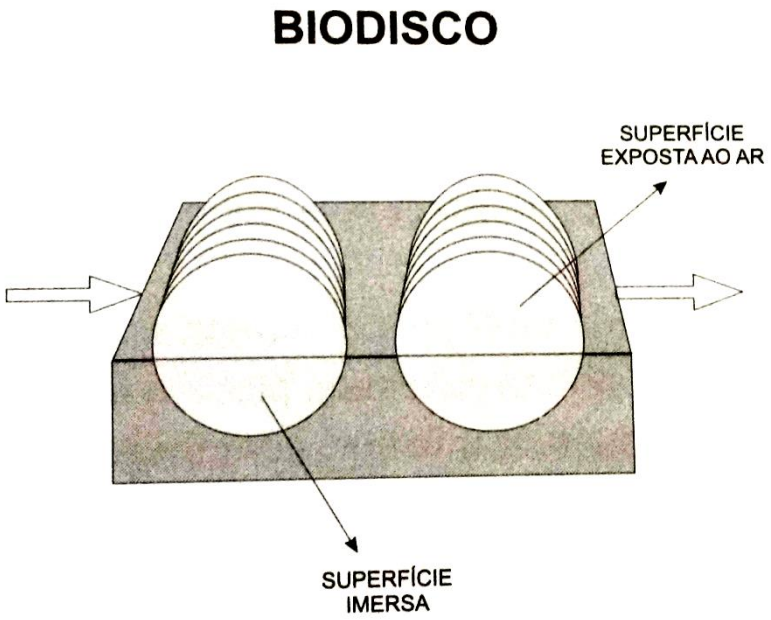
“O meio de suporte para a biomassa deve ser de material plástico (poliestireno, PEAD, PVC, ou similar) com superfície específica adequada. É formado por discos montados sobre um eixo rotativo transversal ou longitudinal à direção do sentido do escoamento.”

(ABNT, 2011). A carga orgânica não pode exceder a 30g DBO/m².d no primeiro estágio e 15g DBO/m².d como média para todos os estágios, e o tempo de detenção hidráulica deve ser igual ou superior a 1 h para a remoção de DBO e superior a 2 h nos casos onde vise a nitrificação. (Id, ibid.).

> São as seguintes as finalidades dos discos: servir de superfície para o crescimento da película microbiana; promover o contato da película microbiana com o esgoto; manter a biomassa desgarrada dos discos em suspensão nos esgotos; promover a aeração do esgoto que se juntou ao disco em cada rotação e do esgoto situado na parte inferior, responsável pela imersão do disco. (SPERLING, 2005, p.320).

O crescimento da película biológica é similar ao que ocorre nos sistemas de filtro biológico. Este é um sistema utilizado principalmente para o tratamento de esgoto em pequenas comunidades, já que seria necessária uma grande quantidade de discos para o tratamento de volumes de esgoto substancialmente maiores, o que torna o sistema impraticável.

Figura 10: Esquema de tanque de biodiscos.



Fonte: Sperling (2005, p. 319).

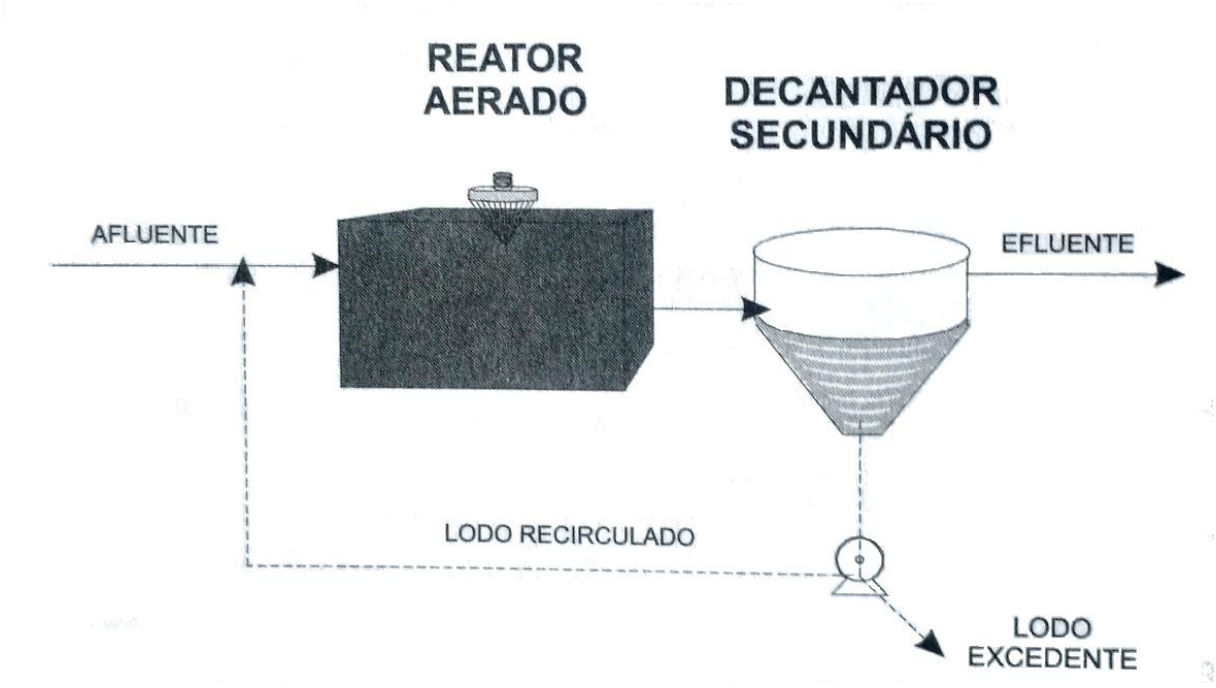
2.2.3.4 Lodos ativados

É um sistema bastante utilizado mundialmente, principalmente em situações onde se demanda uma grande qualidade do efluente e que demande baixos requisitos de área. Mas a complexidade de operação e seu nível de mecanização tornam o consumo energético elevado. (SPERLING, 2005).

> Lodo ativado é um processo de tratamento biológico de efluente destinado a remoção de poluentes orgânicos biodegradáveis. O processo baseia-se na oxidação da matéria orgânica por bactérias aeróbias e facultativas em reatores biológicos, seguida de decantação. O lodo decantado retorna ao reator biológico onde é misturado ao efluente bruto rico em poluentes orgânicos, aumentando, assim a eficiência do processo (GAUTO; ROSA, 2011, p. 36).

O processo de lodos ativados ainda pode ser separado em: lodos ativados convencional, onde o tempo de detenção hidráulica do líquido é da ordem de 6 a 8 horas, e devido a recirculação do lodos, a idade do lodo é da ordem de 4 a 10 dias, o que garante uma maior eficiência no processo. Pode ser também de aeração prolongada, onde o lodo chega a uma idade da ordem de 18 a 30 dias, com esse maior acúmulo de lodo no reator, faz-se necessário um volume maior, o que aumenta também o tempo de detenção hidráulica para uma faixa entre 16 e 24 horas. Nesse sistema, diferente do que acontece no sistema de lodos ativados convencional, onde o lodo é decantado e posteriormente estabilizado, a estabilização do lodo é feita conjuntamente no próprio reator.

Figura 11: Esquema da unidade de lodos ativados convencional



Fonte: Sperling (2005, p. 302).

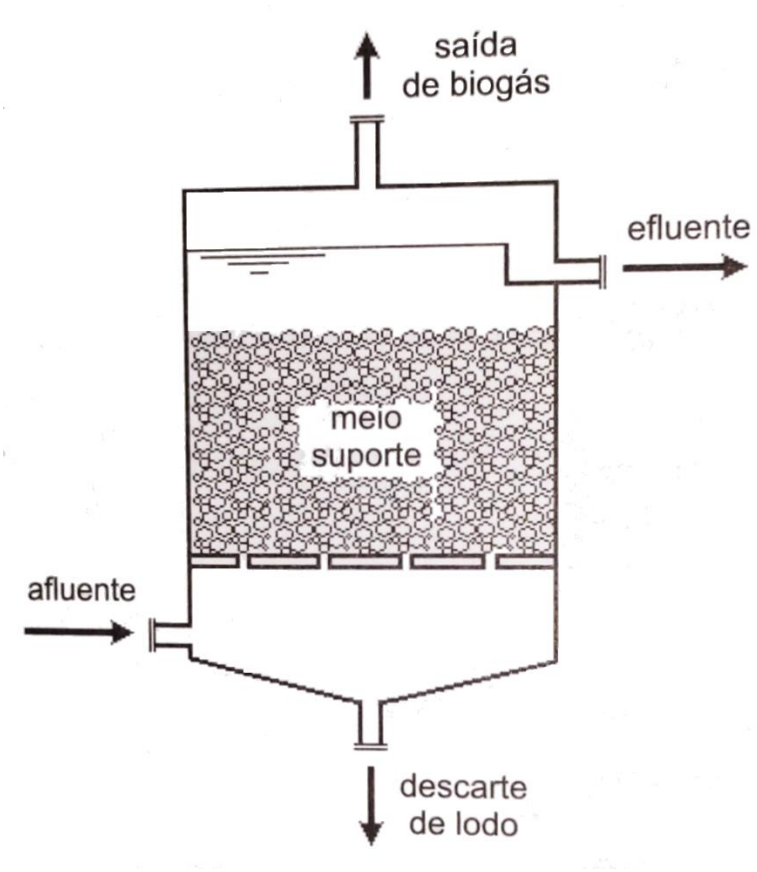
A vazão para dimensionamento para o processo de lodos ativados, deve ser a vazão média afluente à ETE. Em ETE com vazão superior a 100 L/s, recomenda-se mais de uma linha de reatores biológicos operando em paralelo. (ABNT, 2011).

2.2.3.5 Filtro biológico Anaeróbio

Os filtros biológicos anaeróbios são uma forma de melhoria da qualidade do efluente líquido de fossas sépticas. Muito utilizado como forma de tratamento complementar, especialmente em pequenos condomínios e conjuntos habitacionais. (JORDÂO; PESSOA, 2009).

> O filtro anaeróbio é um reator com biofilmes, apresentando alguma similaridade conceitual com os filtros biológicos percoladores aeróbios: em ambos os casos, a biomassa cresce aderida a um meio suporte, usualmente pedras. No entanto, o filtro anaeróbio apresenta algumas importantes características e diferenças: o fluxo do líquido é ascendente, ou seja, a entrada é na parte inferior do filtro, e a saída na parte superior; o filtro trabalha afogado, ou seja, os espaços vazios são preenchidos com líquido; a carga de DBO aplicada por unidade de volume é bastante elevada. (SPERLING, 2005, p. 294-295).

Figura 12: Esquema de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente



Fonte: Sperling (2005, p. 295).

"A produção de lodo nos sistemas anaeróbios é bem baixa. O lodo já sai estabilizado, podendo ser dirigido diretamente para um leito de secagem. Por ser um sistema anaeróbio, sempre há o risco da geração de maus odores." SPERLING, 2005, p. 296).

O volume útil do leito filtrante pode ser obtido através da seguinte equação:

$$V_u = 1{,}6NCT$$

Onde:

N é o número de contribuintes;

C é a contribuição de despejos, em litros x habitantes/dia.

T é o tempo de detenção hidráulica, em dias. (ABNT, 1997).

2.2.3.6 Filtro biológico

"Consistem de um leito drenante de pedras ou de meio plástico que permitem a percolação do despejo. A biomassa presa ao substrato sólido promove a degradação da matéria orgânica." (CAVALCANTI, 2009, p. 40).

Podem ser classificados segundo a carga hidráulica aplicada, que é a razão entre a vazão de esgoto e a superfície útil do reator, sendo expressa usualmente em metros cúbicos por metro quadrado por dia (m^3/m^2.dia), ou milhões de galões por acre por dia (mgad); e quanto a carga orgânica volumétrica, que é a relação entre a massa da DBO (5 dias a 20ºC) contida no esgoto afluente ao filtro biológico durante um dia e o volume do meio suporte. Podendo ser utilizado como unidade o quilo por metro quadrado por dia (Kg/m^2.dia). (JORDÂO; PESSOA, 2009).

> As cargas hidráulicas e orgânicas aplicadas classificam os filtros em grosseiros, de baixa, de intermediária, e de alta capacidade, ou alta taxa. Os filtros grosseiros trabalham com cargas muito elevadas, acima de 40 m^3/m^2.d, e acima de 1, até 6 Kg.DBO/m^3.d. .... Os filtros de baixa capacidade trabalham com carga hidráulica inferior a 5 m^3/m^2.d, e carga orgânica inferior a 0,3 Kg.DBO/m^3.d. ... Os filtros de capacidade ou taxa intermediária recebem carga hidráulica de 4 até 10 m^3/m^2.d, o orgânica de 0,2 até 0,5 Kg.DBO/m^3.d. ... Os filtros de alta capacidade, mais recomendados, recebem carga hidráulica de 10 até 50 m^3/m^2.d, e orgânica inferior a 1,2 Kg.DBO/m^3.d. quando o meio filtrante é de pedra britada, devendo empregar recirculação do efluente. Já os filtros com meio suporte de plástico têm trabalhado com carga hidráulica de 10 até 75 m^3/m^2.d, e carga orgânica de até 3 kg.DBO/m^3.d, sempre com recirculação. (JORDÃO; PESSOA, 2009, p. 482).

A visualização das diferenças entre os filtros pode ser melhor observada na tabela a seguir.

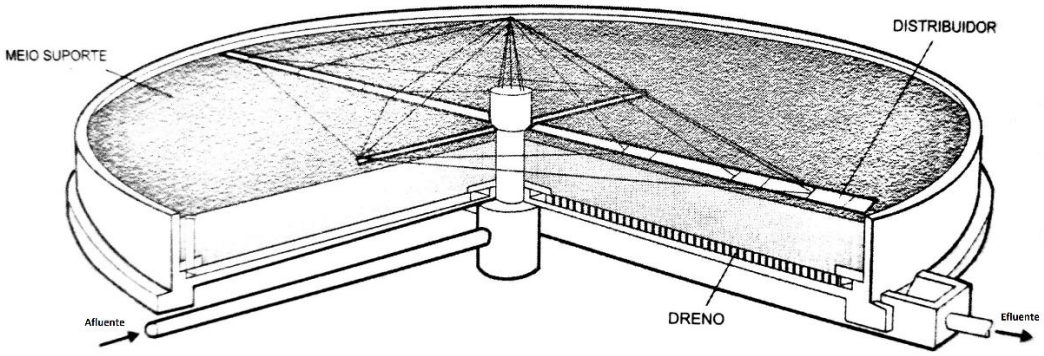
Tabela 3: Características de projeto e operação dos filtros biológicos

Característica do projeto	Baixa capacidade	Intermediária capacidade	Alta capacidade	Alta capacidade
Meio suporte	Pedra	Pedra	Pedra	Plástico
Carga Hidrául. -- m^3/m^2.d	<5	4-10	10-50	10-75

Carga orgânica. – kg.DBO/m³.d	<0,3	0,2-0,5	<1,2	<3,0
Sloughing	Intermitente	Intermitente	Contínuo	Contínuo
Profund. (m)	1,5-3,0	1,5-2,5	1,5-2,5	4,0-12,0
Presença de moscas	Muito	Média	Pouco	Pouco
Razão de recirculação	0	0-1	1-2	1-3
Eficiência rem. DBO %	80-90	80-85	80-90	80-90
Nitrificação	Sim	Possível	Não	Não

Fonte: Jordão; Pessoa (2009, p. 483).

Figura 13: Filtro biológico



Fonte: Sperling (2005, p. 312).

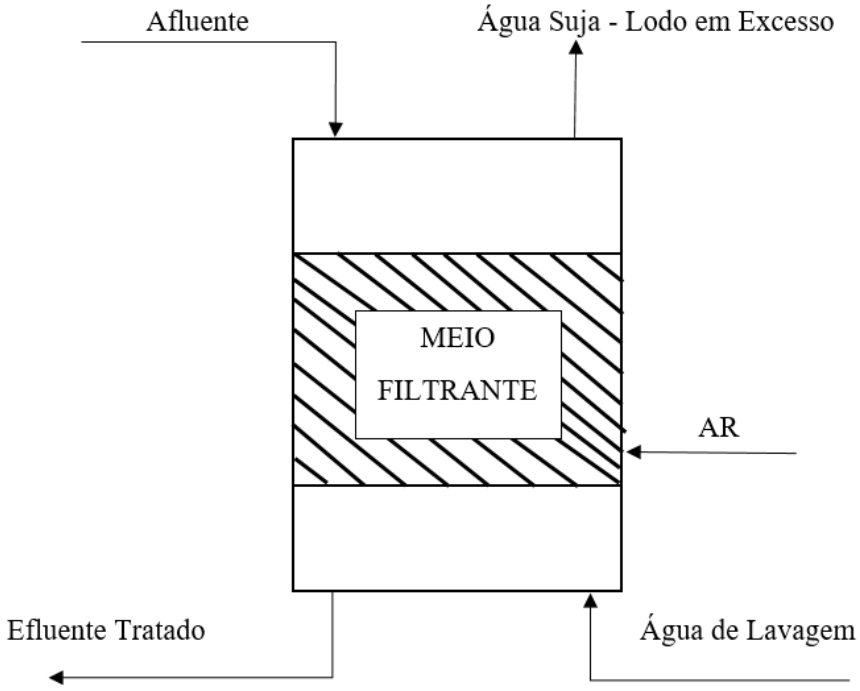
2.2.3.7 Biofiltro aeróbio submerso

É uma unidade de tratamento que se assemelha ao filtro biológico, pois ocorre uma percolação com eliminação biológica dos poluentes além da retenção de sólidos por filtração física. Possui uma elevada superfície específica, fluxo normal descendente ou ascendente, ou um leito granular flutuante com fluxo normal ascendente, onde se fixam as colônias de microrganismos responsáveis pela degradação biológica. (JORDÃO; PESSOA, 2009)

> Os BFs realizam, no mesmo reator, a remoção de compostos orgânicos solúveis e de partículas em suspensão presentes nos esgotos. Além de servir de meio suporte para os microrganismos, o material granular constitui-se num eficaz meio filtrante. Neste tipo de biofiltro, são necessárias lavagens periódicas para eliminar o excesso de biomassa acumulada, reduzindo as perdas de carga hidráulica através do meio. Durante a lavagem, a alimentação com esgoto é interrompida, e são realizadas diversas descargas hidráulicas sequenciais de ar e água de lavagem. (SPERLING, 2005, p.316).

"Durante todo o processo de tratamento se adiciona ar ao meio (bolhas grossas), para garantir a fase aeróbia, a partir do fundo do reator, fornecendo aos organismos o oxig~enio necessário para a estabilização do substrato." (JORDÃO, PESSOA, 2009 p. 508).

Figura 14: BAS com enchimento granulado



Fonte: Adaptado de Jordão; Pessoa (2009, p. 509).

2.2.3.8 Filtro aeróbio submerso (FAS)

É uma alternativa ao biofiltro aerado com meio granulado, com o diferencial que neste sistema não ocorre a retenção física da biomassa pela ação da filtração, e portanto, não se utiliza de contra lavagem, e o filtro é seguido de uma unidade de decantação. Se por um lado se perde pela contrução de mais uma unidade no sistema, por outro se ganha no aspecto operacional. (JORDÃO, PESSOA, 2009).

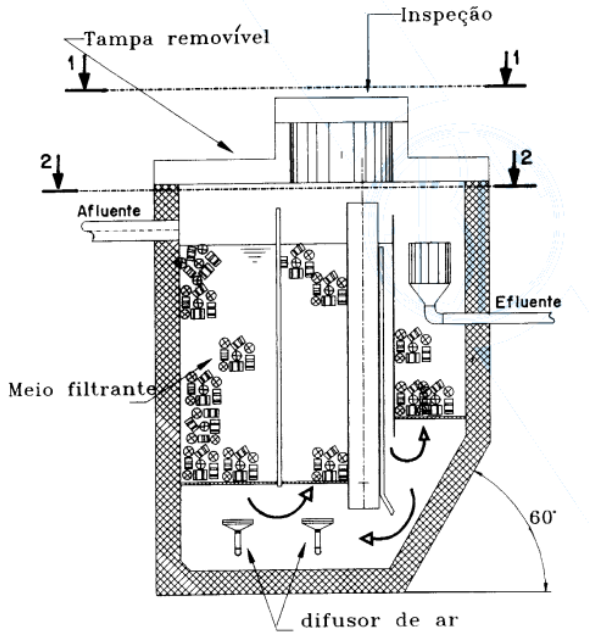
O filtro aerado submerso pode atuar com fluxo ascendente ou descendente, e como necessitam de aeração, esta é geralmente feita por difusores de bolhas , colocados na parte inferior do filtros, e alimentado por sopradores.

O volume das câmaras de reação e de sedimentação para este sistema pode ser calculado pelas seguintes equações:

Câmara de reação: $V_{ur} = 400 + 0{,}25\ NC$

Câmara de sedimentação: $V_{us} = 150 + 0{,}20\ NC$. (ABNT, 1997.).

Figura 15: Filtro aeróbio submerso



Fonte: ABNT (1997, p. 32).

2.2.3.9 Sistema de aeração

O cálculo da vazão de ar a ser utilizada no filtro aeróbio submerso pode ser efetuado pela seguinte equação:

$$Q_{ar} = \frac{30NC}{1440}$$

Onde:

N é o número de contribuintes ao filtro aeróbio submerso;

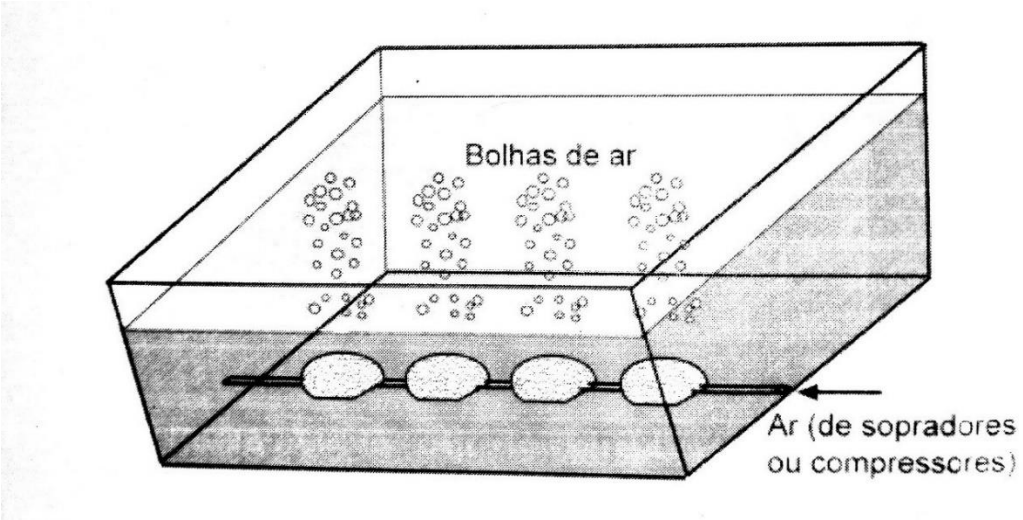
C é a contribuição de esgoto por cada contribuinte em litros/dia.pessoa.

A qual fornece a vazão de ar necessária em litros/minuto.

A difusão de ar deve ser feita através de dispositivos que não permitam sua fácil obstrução como: discos, placas ou tubos de cerâmica, tubos perfurados envoltos por tecidos, discos de bolhas grossas, aeradores mecânicos submersíveis, etc. (ABNT, 1997).

O fornecimento de ar para atender as necessidade de oxigênio do processo aeróbio é de cerca de 35 a 40 m³ ar/KgDBOaplicada. (CHERNICHARO, 2001).

Figura 16: Sistema de aeração



Fonte: Chernichiaro (2001, p. 299).

2.2.3.10 Equivalente populacional

O equivalente populacional é um importante parâmetro caracterizador dos despejos industriais. Ele traduz a equivalência entre o potencial poluidor de uma indústria e uma determinada população, a qual produz a mesma carga poluidora. O valor frequentemente utilizado como parâmetro de comparação na literatura é 0,054g/DBO/hab.d. (SPERLING, 2005).

O equivalente populacional pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$E.P.(equivalente\ populacional) = \frac{carga\ de\ DBO\ da\ indústria(\frac{kg}{d})}{contribuição\ per\ capita\ de\ DBO(\frac{kg}{hab}.d)}$$

O equivalente populacional trata apenas da carga poluidora em termos de matéria orgânica, em alguns casos este dado não é suficiente para mensurar a carga poluidora da indústria, que pode ter grande impacto devido ao lançamento de outros poluentes.

2.2.3.11 Desnitrificação

O Nitrogênio está presente nos esgotos principalmente em forma de amônia e nitrogênio orgânico, uma parcela deste sendo removido no tratamento primário sob forma de material em suspensão, e no tratamento secundário, biológico, a maior parte da forma orgânica é transformada em amônia e em outras formas inorgânicas. É possível, no entanto que ocorra

no tratamento secundário a transformação da amônia em nitritos e nitratos, nitrificação biológica, e a remoção final através da desnitrificação biológica posterior. (JORDÃO; PESSOA, 2009).

> A remoção biológica de nitrogênio é alcançada em condições de ausência de oxigênio, mas na presença de nitratos (denominados condições anóxicas). Nestas condições, um grupo de bactérias utiliza nitratos no seu processo respiratório, convertendo-os a nitrogênio gasoso, que escapa na atmosfera. Este processo é denominado desnitrificação. Para se alcançar a desnitrificação nos sistemas de lodos ativados e em certos reatores aeróbios com biofilmes (ex: biofiltros aerados submersos), são necessárias ainda modificações no processo, incluindo a criação de zonas anóxicas e possíveis recirculações internas. (SPERLING, 2005, p. 324).

Há dois sistemas de remoção de nitrogênio, um com dois conjuntos subsequentes, sendo o primeiro conjunto composto por um reator aeróbio para remoção de DBO e nitrificação, seguido por um decantador, e o segundo conjunto composto por um reator anóxico para desnitrificação e um decantador, neste sistema faz-se necessário a adição de uma fonte de carbono. E um sistema composto por um conjunto único, composto por uma câmara anóxica, seguido por um reator aeróbio e um decantador final, neste processo a fonte de carbono é o próprio esgoto afluente. Sendo este o sistema mais usual atualmente. (JORDÃO; PESSOA, 2009).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 PESQUISA CIENTÍFICA

Toda pesquisa implica na necessidade de um levantamento de dados, independentemente de quais sejam as fontes ou métodos empregados para sua realização. O material pesquisado servirá como base para o embasamento da pesquisa, ou em alguns casos, evitará esforço desnecessário. O levantamento de dados poderá ocorrer de duas maneiras: pesquisa documental ou pesquisa bibliográfica. (MARCONI; LAKATOS, 2003).

> A pesquisa científica é a realização de um estudo planejado, sendo o método de abordagem do problema o que caracteriza o aspecto científico da investigação. Sua finalidade é descobrir respostas para as questões mediante a aplicação do método científico. A pesquisa sempre parte de um problema, de uma interrogação, uma situação para a qual o repertório de conhecimento disponível não gera resposta adequada. Para solucionar esse problema, são levantadas hipóteses que podem ser confirmadas ou refutadas pela pesquisa. Portanto, toda pesquisa se baseia em uma teoria que serve como ponto de partida para a investigação. No entanto, lembre-se de que essa é uma avenida de mão dupla: a pesquisa pode, algumas vezes, gerar insumos para o surgimento de novas teorias, que, para serem válidas, devem se apoiar em fatos observados e provados. Além disso, até mesmo a investigação surgida da necessidade de resolver problemas práticos pode levar à descoberta de princípios básicos. Os critérios para a classificação dos tipos de pesquisa variam de acordo com o enfoque dado, os interesses, os campos, as metodologias, as situações e os objetos de estudo. (PRODANOV; FREITAS, 2013. p. 43).

Para a avaliação dos parâmetros do efluente da microcervejaria foi realizada uma pesquisa bibliográfica exploratória, visando à compreensão das características do efluente, a obtenção do tipo e das quantidades de contaminantes que deverão ser retirados do efluente para posterior despejo na rede coletora.

> Pesquisa exploratória: quando a pesquisa se encontra em fase preliminar, tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que vamos investigar, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitar a delimitação do tema da pesquisa; orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto. Assume, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso. A pesquisa exploratória possui planejamento flexível, o que permite o estudo do tema sob diversos ângulos e aspectos. Em geral, envolve: - levantamento bibliográfico; - entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; - análise de exemplos que estimulem a compreensão... Pesquisa bibliográfica: quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses, material cartográfico, internet, com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa. Em relação aos dados coletados na internet, devemos atentar à confiabilidade e fidelidade das fontes consultadas eletronicamente. Na pesquisa bibliográfica, é importante que o pesquisador verifique a veracidade dos dados obtidos, observando as possíveis incoerências ou contradições que as obras possam apresentar. (PRODANOV; FREITAS, 2013. p. 51-54).

Com a pesquisa realizada foi possível dar prosseguimento ao projeto e dimensionamento da estação de tratamento para a microcervejaria em análise.

3.2 A INVESTIGAÇÃO REALIZADA

3.2.1 A Empresa

A empresa a ser realizado o estágio é uma microcervejaria, com capacidade produtiva diária de até 0,5 metros cúbicos de cerveja, a mesma encontra-se em fase de instalação, e para que ela possa iniciar sua operação é necessário que siga todos os procedimentos relacionados a instalação e funcionamento, dentre eles o registro no MAPA.

A lei N° 8.918, de 14 de julho de 1994 dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, produção e a fiscalização de bebidas. Estando sob competência do MAPA- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento a realização desta fiscalização. (BRASIL, 1994).

Também se faz necessário que, nos casos onde ocorre a utilização de aditivos, sejam observadas e obedecidas o que estabelece a ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, que em suas resoluções estabelece os limites e permissões quanto aos aditivos e conservantes que podem ser utilizados na fabricação de cervejas.

Outro procedimento que é de extrema importância diz respeito ao tratamento dos efluentes gerados durante todo o processo de produção da cerveja. Os parâmetros de lançamento destes despejos devem estar de acordo com a legislação ambiental, para o lançamento de efluentes, os padrões são ditados pela Resolução do CONAMA Nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, e complementa a Resolução do CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005.

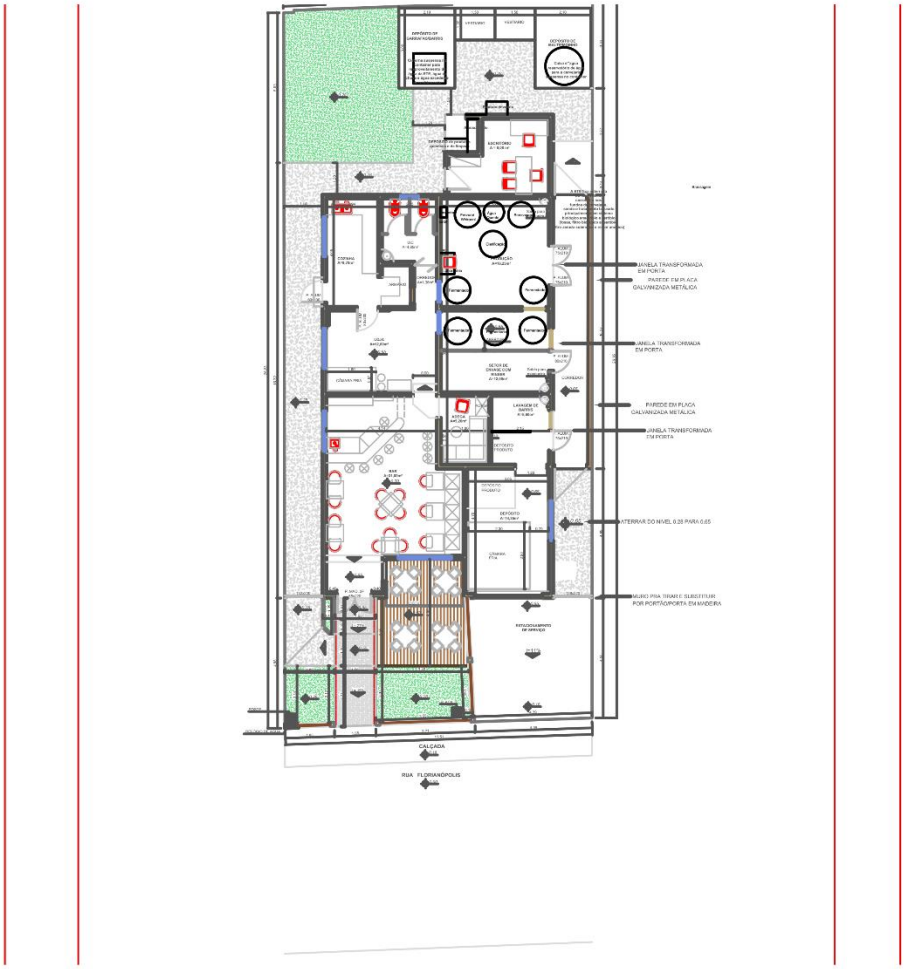
Para tal, faz-se necessário uma pesquisa, com a finalidade de adquirir embasamento teórico suficiente para o dimensionamento e escolha do sistema de tratamento que melhor se adequa a situação em questão, levando-se em consideração a localização do empreendimento, a capacidade produtiva instalada e os parâmetros do efluente adquiridos com base na literatura.

3.3 O PROCESSO

O processo de produção da cerveja consiste no aquecimento de uma mistura de água, cereais e lúpulo, observando-se determinadas rampas de aquecimento, e no processo fermentativo. O processo conta com vários tanques, pelos quais o líquido passa durante as várias etapas que compõe a produção. Para garantir que não haja contaminação do produto, faz-se necessário a assepsia do ambiente e de todos os equipamentos utilizados, utilizando-se de soluções ácidas ou básicas, as quais além de efetuar a assepsia e limpeza dos tanques, transportam consigo uma grande carga de poluentes, oriundos dos resíduos retirados dos tanques e equipamentos. Com isso, uma enorme quantidade de efluente é gerado.

Uma melhor visualização da origem dos efluentes pode ser obtida observando-se a planta da empresa, com a disposição de todos os equipamentos.

Figura 17: Layout da empresa



Fonte: Arquivo interno da empresa, 2017.

3.3.1 Instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados para a investigação foi realizada através de pesquisa bibliográfica, com a qual foi possível obter uma estimativa quantitativa dos poluentes contidos no efluente da microcervejaria, bem como dos parâmetros que necessitam de maior atenção na hora do tratamento.

Através da pesquisa foi possível identificar que o parâmetro de maior relevância no efluente da cervejaria é a DBO, devido à grande quantidade de matéria orgânica. Segundo a Resolução do CONAMA Nº 430/2011, o parâmetro de lançamento em relação a DBO é de 120 mg/L, sendo que este limite só poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento de eficiência de remoção mínima de 60% de DBO. E para questões de projeto, será utilizado o valor médio de DBO de 1800 mg/L, assim como será utilizado a proporção de lançamento de 10 unidades por unidade produzida, desta forma, para a cervejaria em questão, com capacidade máxima projetada de 0,5 metros cúbicos por dia, temos uma vazão de efluente diária de 5 metros cúbicos.

Outro dado importante observado na tomada de dados é a localização do empreendimento, que estará situado em uma área residencial, e o espaço disponível para instalação do sistema de tratamento, visto que a área construída ocupa a maior parte do espaço total do empreendimento, restando um espaço limitado para a instalação da estação de tratamento. Ambos os aspectos serão determinantes e limitantes na escolha e dimensionamento do sistema de tratamento a ser utilizado.

3.4 SELEÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO

A seleção dos sistemas a serem utilizados deu-se por eliminação, evitando-se os sistemas com algum fator limitante que não se adeque ao local. Para tal seleção foram observadas as vantagens, desvantagens e as determinações da legislação, para a obtenção de um sistema de tratamento que satisfaça as necessidades de tratamento do efluente da microcervejaria e os padrões mínimos de lançamento de efluente exigidos pela legislação.

De acordo com o projeto, o efluente será captado por canaletas, as quais contarão com uma grade para retenção dos materiais grosseiros, e adicionando-se a este fato a baixa vazão do efluente, eliminou-se a necessidade da utilização do sistema de gradeamento. O sistema irá captar exclusivamente efluentes oriundos da microcervejaria, como limpeza do local

e dos equipamentos, limpeza dos barris e de garrafas, desta forma, faz-se desnecessária a instalação de uma caixa de gordura.

A peneira deverá ser dimensionada para a retenção de material particulado fino, com abertura de 0,25 mm, para a remoção da maior quantidade possível de material particulado. A caixa de areia é de suma importância para evitar a sobrecarga e acúmulo de material nos reatores subsequentes. Para os dispositivos medidores de vazão, as tabelas encontradas, com os dados eferentes a vazão mínima de trabalho dos medidores apresentaram os valores de 1,217 L/s para vertedor triangular de 90º e 0,263 L/s para medidores Parshall, (CAVALCANTI, 2009), valores muito acima da vazão do efluente em questão que é de 0,174 L/s à vazão máxima. Desta forma, torna-se tecnicamente inviável a utilização de medidores de vazão.

Como o efluente possui grande carga orgânica, e tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios são comumente utilizados para remoção da carga contaminante (KUNZE, 2004). A partir deste ponto faz-se necessária a observação das vantagens e desvantagens de cada sistema de tratamento. O efluente possui diversos pontos de captação dentro da planta produtiva, com isso, pode ocorrer uma variação nos parâmetros de DBO e pH devido as diferentes cargas orgânicas nos diversos processos, e da utilização de soluções ácidas e básicas para a assepsia dos equipamentos, com isso faz-se necessário um tanque de equalização, para efetuar possíveis ajustes nos valores de pH, caso necessário, e evitar choques no sistema de tratamento.

Seguindo para o tratamento biológico, temos como possibilidade de uso o reator do tipo UASB, que possui como vantagens a baixa produção de lodo e o fato de este lodo já sair estabilizado do reator, mas possui como desvantagens geração de gás metano (SPERLING, 2005), o que provocaria odores e possíveis problemas, visto a localização do empreendimento, inviabilizando assim sua utilização.

Ainda visando um sistema anaeróbio de tratamento, a instalação de fossas sépticas cilíndricas mostra-se uma alternativa viável de redução nos parâmetros de DBO, neste sistema o processo anaeróbio ocorre em câmara fechada, evitando assim maus odores, sendo que para esse tipo de configuração, em casos onde o volume dos tanques é pequeno ou médio, a NBR 7229/1993 recomenda o emprego de câmaras múltiplas, e no caso de tanques cilíndricos, é recomendada a utilização de três tanques, o que diminui a dimensão de cada tanque e se adequa as necessidades de espaço. (ABNT, 1993).

O sistema de Reator Biológico de Contato ou Biodiscos necessita de uma área de instalação onde os discos fiquem aparentes, em vista da necessidade de contato dos discos com o ar, com isso, necessita de uma área de instalação não disponível o empreendimento.

O sistema de lodos ativados demanda uma área de instalação média e uma complexidade moderada, além do alto custo operacional (ABNT, 1997), o que, assim como nos casos anteriores onde houve a demanda por uma maior área de instalação, torna sua instalação inviável.

O filtro biológico anaeróbio, assim como todos os processos anaeróbios, pode gerar maus odores decorrentes da decomposição da matéria orgânica. Como citado anteriormente, a localização do empreendimento não nos permite que tenhamos um sistema com emissão de odores.

Os filtros biológicos, além de demandar um espaço considerável para sua instalação, têm outros inconvenientes que impedem a sua instalação, como a presença de moscas. (JORDÃO; PESSOA, 2009).

O biofiltro aeróbio submerso possui características que supririam a necessidade de instalação, mas com um inconveniente, o mesmo efetua a retenção física de material particulado, o que com o tempo gera a obstrução do filtro, fazendo com que a lavagem do material filtrante pela utilização de contra fluxo seja necessária (SPERLING, 2005), demandando a instalação de um leque maior de equipamentos e a manutenção seja mais complexa.

Filtro Aeróbio Submerso possui o mesmo sistema de funcionamento de um biofiltro aeróbio submerso. Seu diferencial é a necessidade de utilização de um decantador após o tratamento, e a não retenção de material em seu leito, evitando a necessidade se contra lavagem (SPERLING, 2005), tornando o processo mais simples e mesmo dispendioso. E com requisitos de espaço que se adequam a necessidade do empreendimento.

Expostos os sistemas, a necessidade e os impedimentos em relação a cada sistema em face da necessidade obteve-se a seguinte configuração:

Peneira estática – caixa de areia – tanque de equalização – fossa séptica – filtro aeróbio submerso – decantador.

Em decorrência da necessidade de uma zona anóxica para a desnitrificação, o decantador funcionará também como um reator anóxico, servindo como fonte de carbono, sendo que o sistema de desnitrificação mais utilizado conta com a configuração anaeróbio – aeróbio – anaeróbio (JORDÃO; PESSOA, 2009), a mesma que está sendo proposta neste trabalho.

3.5 DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

Os cálculos do dimensionamento serão apresentados no ANEXO A.

Peneira Estática, com uma área de 0,0417 m², usando-se como parâmetro de dimensionamento a relação de 1,5 para 1 entre a altura e a largura da mesma, com a qual chega-se a uma peneira com as dimensões de 0,17 m de largura e 0,255 m de altura.

Caixa de areia, com uma vazão de efluente média de 0,174 L/s ou 0,000174 m³/s, o dimensionamento de uma caixa de areia padrão fica prejudicado, assim, a opção mais viável seria a mesma dada para o gradeamento em estações elevatória com vazão menor que 50 L/s na qual desde que não seja prevista grande quantidade de sólidos de porte maior, o processamento poderá se dar por meio de cesta removível por içamento. (JORDÃO; PESSOA, 2009).

Tanque de equalização, a ser utilizado com volume constante, apenas para homogeneizar os efluentes e efetuar os possíveis ajustes que venham a ser necessários em termos de ajuste de pH, portanto, a vazão de entrada e saída é constante, e o tanque necessita somente de um volume mínimo.

Tanque séptico ou fossa séptica, foi dimensionada de acordo com a (ABNT, 1993), para isso foi necessário a utilização do cálculo do equivalente populacional, utilizando-se para os cálculos a produção máxima fornecida pela empresa, que é de 500 L de cerveja diariamente, e uma taxa de geração de efluente de 10unidades/unidade produzida, (SPERLING, 2005), uma taxa de contribuição de 160 L por habitante, que é o maior valor per capita encontrado na tabela de contribuinte residencial na (ABNT, 1993), visto que estamos usando para efeito de projeto o equivalente populacional, e considerando o tempo de limpeza de um ano. Com as devidas observações feitas, temos como resultado um volume útil total de 4145 litros, com a utilização de câmaras múltiplas, temos que o volume útil de cada tanque é de 1381,67 L.

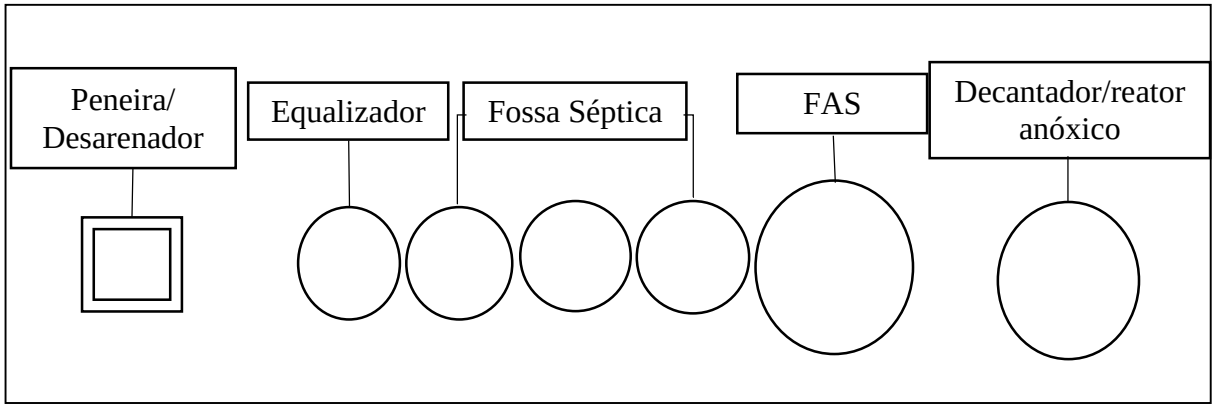
Filtro Aeróbio submerso, calculado de acordo com a (ABNT, 1997), utilizando como base para o cálculo a vazão industrial, obtendo-se o volume útil calculado de 1650 L, e com uma vazão de ar mínima de 104,17 L/min. Seguindo ainda a mesma norma técnica, foi dimensionado o volume do decantador, o qual conta com um volume útil de 1150 L.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a coleta e análise de dados e realização de todas as considerações necessárias relativas à escolha do conjunto de processos a serem utilizados com o intuito de obter-se um

efluente dentro das características mínimas exigidas pela legislação, foi possível a definição da configuração da micro estação de tratamento biológico de efluentes, com a organização de acordo com a figura a seguir.

Figura 18: Layout da configuração da estação de tratamento



Fonte: Do Autor, 2017.

Efetuando-se uma análise da eficiência dos processos envolvidos e selecionados para a estação de tratamento em questão temos: A peneira, nos casos em que a concentração de sólidos orgânicos é muito considerável, poderá ser removida de 15 a 25% da DBO em suspensão grosseira. (NUNES, 2001). A fossa séptica, desde que operada de forma correta, pode obter uma redução de sólidos suspensos da faixa de 50%, e uma remoção de DBO de 30% de eficiência.

No sistema de tratamento composto pela fossa séptica e pelo filtro aeróbio submerso, a taxa de remoção entre 60 e 95% de DBO, uma eficiência de remoção de 90% ou mais quanto a sólidos sedimentáveis e de 30 a 80 % em relação a nitrogênio amoniacal, como pode ser visto na tabela a seguir.

Tabela 4: Faixas prováveis de remoção dos poluentes (%)

Processo / Parâmetro	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio submerso	Filtro de areia	Vala de infiltração	LAB	Lagoa de plantas
$DBO_{5,20}$	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
DQO	40 a 70	50 a 80	40 a 70	40 a 75	60 a 90	70 a 85
SNF	60 a 90	80 a 95	70 a 95	70 a 95	80 a 95	70 a 95
Sólidos sedimentáveis	70 ou mais	90 ou mais	100	100	90 a 100	100
Nitrogênio amoniacal	-	30 a 80	50ª 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90

Nitrato	-	30 a 70	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 80
Fosfato	20 a 50	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 90	70 a 90
Coliformes Fecais	-	-	99 ou mais	99,5 ou mais	-	-

Fonte: ABNT (1997).

Os valores limites inferiores referem-se a temperaturas abaixo de 15ºC, e os valores limites inferiores são referentes a temperaturas acima de 25ºC.

Com isso, a literatura indica que o conjunto de processos escolhido libera um efluente com parâmetros de remoção de DBO dentro da faixa mínima de remoção exigida pela resolução Nº 430 do CONAMA, com uma remoção mínima de 60% de DBO.

Outro parâmetro observado é a exigência de não liberação de odor, devido à localização do empreendimento, além de outras características necessárias ao sistema, como disposto na seguinte tabela:

Tabela 5: Algumas características dos processos de tratamento

Processo / Característica	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio submerso	Filtro de areia	Vala de infiltração	LAB	Lagoa de plantas
Área necessária	Reduzida	Reduzida	Média	Média	Média	Média
Operação	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
Custo operacional	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Alto	Baixo
Manutenção	Simples	Simples	Simples	Simples	Mediana complexidade	Simples
Odor/cor no efluente	Sim	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: ABNT (1997).

Com isso, temos a confirmação de que, se operado de forma correta, o sistema não irá emitir odores, e ainda contará com um efluente sem cor aparente. (ABNT, 1997).

4 CONCLUSÕES

Foi possível dimensionar a microestação de tratamento de efluentes capaz de atender as necessidades da empresa quanto ao espaço ocupado e quanto às exigências da legislação, entregando um efluente com uma remoção mínima de DBO de 60%.

As características do efluente de uma microcervejaria, de acordo com a literatura são a alta carga de material orgânico, e o grande volume de efluente gerado para cada litro de cerveja produzido. Sendo que em relação à carga orgânica a DBO média é de 1668mgO_2/L e quanto ao volume, é gerado até 10 litros de efluente para cada litro de cerveja produzida.

O sistema de tratamento adotado foi o conjunto composto por: peneira, fossa séptica, filtro aeróbio submerso e decantador, devido ao grau de eficiência adequado ao porte da empresa para atender a legislação ambiental.

Quanto ao conjunto adotado para o tratamento, os parâmetros de projeto adotados foram uma peneira com a dimensão de 0,17 m de largura e 0,255 m de altura, um tanque de equalização de 500 litros, três tanques sépticos cilíndricos com volume útil de 1381,67 L, filtro aeróbio submerso com volume útil de 1650 L, decantador com volume útil de 1150 L, projetado para atender uma eficiência mínima de 60% de remoção.

Portanto, o sistema de tratamento descrito conta com as dimensões necessárias para instalação e com a eficiência necessária exigida para a adequação da empresa a legislação, mesmo para os meses mais frios e com o volume máximo de trabalho, observando-se a capacidade máxima de produção projetada, a taxa de remoção mínima deve suprir a necessidade e entregar um efluente com a remoção mínima necessária.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR12209: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

BAMFORTH, C. W. Brewing new tecnologies. 1ª ed. Cambridge UK: CRC Press, 2006. 500 p.

BRASIL. Lei Nº 8.918, de 14 de julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, autoriza a criação da Comissão Intersetorial de Bebidas e dá outras providências. DOU, Brasília 1994.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. DOU, Brasília 2011.

BRIGGS, Dennis E.; BOULTON, Cris A.; BROOKES, Peter A.; STEVENS, Roger. Brewing Science and Practice. 1ª ed. Cambridge UK: CRC Press, 2004. 881p.

CAVALCANTI, José Eduardo W. de A. Manual de tratamento de efluentes industriais. 1ª ed. São Paulo: Abes, 2009. 453 p.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Segrac Editora e Gráfica, 2001. 544 p.

DAVIS, Mackenzie L.; CORNWELL, David A. Introduction to environmental engineering. 3ª ed. Boston: McGraw-Hill, 1998. 919p.

EßLINGER, Hans Michael. Handbook of brewing: process, technology, markets. 1ª ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. 778p.

GAUTO, Marcelo Antunes; ROSA, Gilber Ricardo. Processos e operações unitárias da indústria química. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2011. 417 p.

HAMMER, Mark J. Sistemas de abastecimento de água e esgotos. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 564 p.

IMHOFF, Karl. Manual de tratamento de águas residuárias. 1ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 1986. 301 p.

JORDÂO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. Tratamento de esgotos domésticos. 6ª ed. Rio de Janeiro, 2009. 969p.

KUNZE, Wolfgang. Technology brewing and malting. 3ª ed. Berlin. 2004. 950p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria, Fundamentos de metodologia científica. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.

NUNES, José Alves. Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais. 3ª ed. Aracajú: Editora Triunfo, 2001. 298 p.

PRODANOV, Cleber Cristiano; Freitas, Ernani Cesar de, Metodologia do trabalho cientifico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Freevale, 2013. 276 p.

SPERLING, Marcos Von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 425 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Cálculos

Peneira Estática

Área da peneira

$$S = \frac{Q}{TAH}$$

$$S = \frac{0{,}625\ m^3/h}{15\frac{m^3}{m^2.h}}$$

$$S = 0{,}0417\ m^2$$

Largura da peneira

$$b = \frac{\sqrt{S}}{1{,}5}$$

$$b = \frac{\sqrt{0{,}0417m^2}}{1{,}5}$$

$$b = 0{,}17\ m$$

Altura da peneira

$$h = 1{,}5 * b$$

$$h = 1{,}5 * 0{,}17\ m$$

$$h = 0{,}255\ m$$

Fossa séptica

Equivalente populacional

$$E.P = \frac{carga\ de\ DBO\ da\ indústria(\frac{kg}{d})}{contribuição\ per\ capita\ de\ DBO(\frac{kg}{hab}.d)}$$

$$E.P. = \frac{0{,}9(\frac{kg}{d})}{0{,}054(\frac{kg}{hab}.d)}$$

$$E.P. = 17\ hab$$

Volume útil total

$$V = 1000 + N(CT + KLf)$$

$$V = 1000 + 17(160x0{,}75 + 65x1)$$

$$V = 4145\ L$$

Volume útil de cada tanque

$$V = \frac{V_{total}}{3}$$

$$V = 1381{,}67\ L$$

Vazão de ar

$$Q_{ar} = \frac{30NC}{1400}$$

$$Q_{ar} = \frac{30x5000L}{1400}$$

$$Q_{ar} = 104{,}67\ L/min$$

Volume do Filtro Aeróbio Submerso

$$V_{ur} = 400 + 0{,}25NC$$

$$V_{ur} = 400 + 0{,}25x5000$$

$$V_{ur} = 1650L$$

Volume do decantador

$$V_{us} = 150 + 0{,}20NC$$

$$V_{us} = 150 + 0{,}20x5000L$$

$$V_{us} = 1150L$$