

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**FELIPE LOBO DE PAIVA
JOÃO VICENTE MALLMANN MONTEIRO**

**ESTUDO ANALÍTICO SOBRE A EFICIÊNCIA DE CAIXAS DE
GORDURA: desenvolvimento de protótipo em concreto e análise da
influência do tempo de detenção hidráulica na sua eficiência**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2021

**FELIPE LOBO DE PAIVA
JOÃO VICENTE MALLMANN MONTEIRO**

**ESTUDO ANALÍTICO SOBRE A EFICIÊNCIA DE CAIXAS DE GORDURA:
desenvolvimento de protótipo em concreto e análise da influência do tempo de
detenção hidráulica na sua eficiência**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil, do
Departamento Acadêmico de Construção Civil, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Bentes Freire

CURITIBA

2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

**ESTUDO ANALÍTICO SOBRE A EFICIÊNCIA DE CAIXAS DE
GORDURA: desenvolvimento de protótipo em concreto e análise da
influência do tempo de detenção hidráulica na sua eficiência**

Por

FELIPE LOBO DE PAIVA
JOÃO VICENTE MALLMANN MONTEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado no segundo semestre de 2020, pela seguinte banca de avaliação presente:

Prof. Orientador – Flávio Bentes Freire, Dr.
UTFPR

Prof. Fernando Oliveira de Andrade, Dr.
UTFPR

Prof. Thomaz Aurélio Pagioro, Dr.
UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

Com certeza faltaram palavras para descrever e agradecer todo o apoio e auxílio que recebemos para a realização deste trabalho, mas gostaríamos de prestar homenagem a todos que contribuíram fortemente para sua conclusão.

Agradecemos ao orientador, Prof. Dr. Flavio Bentes Freire, por todo o apoio, persistência, sabedoria e ensejo ao longo de todo o trabalho.

Ao Vitor Reinaldo Bordignon pelo apoio no laboratório e auxílio na construção do protótipo de caixa de gordura.

Agradecemos também às nossas famílias, principalmente aos nossos pais, Paulo, Juliana, Fábio e Ivania e por todo o apoio e auxílio direto na realização deste estudo.

Agradecimento à Amanda B. Gonzalez pelo apoio, contribuição e participação nos ensaios.

RESUMO

PAIVA, Felipe L; MONTEIRO, João V. M. **Estudo analítico sobre a eficiência de caixas de gordura:** desenvolvimento de protótipo em concreto e análise da influência do tempo de detenção hidráulica na sua eficiência. 2021, 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

Caixas de gordura são dispositivos utilizados para a retenção de gorduras em efluentes de cozinhas, copas, indústrias e outros ambientes. Os materiais graxos provenientes desses ambientes não devem ser despejados nas redes coletoras, pois podem entupir as tubulações públicas, dificultar o tratamento dos efluentes e causar danos aos corpos receptores. Não há normas brasileiras que obriguem a instalação destes aparelhos, porém alguns municípios já regulamentaram e impõem sua utilização. Diversos estudos apontam que os modelos de caixa de gordura apresentados na NBR 8160 de 1999 não apresentam eficiência adequada para a função. O presente trabalho consiste no desenvolvimento e montagem de um protótipo de caixa de gordura (PCG) em concreto armado com chicanas para realização de ensaios de eficiência. Estes experimentos tiveram como objetivo verificar a influência do tempo de detenção hidráulico (TDH) na eficiência do equipamento e obter relação numérica que relacionasse estes dois indicadores. Para mudança do TDH do mesmo protótipo, foram feitas alterações das vazões de entrada por meio da variação do nível de mistura no reservatório afluente. Nas baterias de testes foram utilizadas misturas sintéticas de óleo de soja alimentício na proporção de 150 g/L, simulando efluentes domésticos gordurosos. Foram ensaiados TDHs de 4, 7,6 e 11,8 minutos, verificando a concentração de óleo em mistura efluente para verificar o percentual de retenção do PCG. Como resultados foram obtidas as eficiências de 64,0% para o ensaio 1 (TDH de 4 minutos), 83,8% para o ensaio 2 (TDH de 7,6 minutos) e 89,2% para o ensaio 3 (TDH de 11,8 minutos), sendo todos estes valores superiores à eficiência de caixas de gordura pré-fabricadas ensaiadas em outras bibliografias. Com estes resultados, foi encontrada equação que representa a relação numérica entre cada TDH e eficiência analisadas nos ensaios. Verificou-se um tempo ótimo de 10 minutos para detenção hidráulica do PCG, obtendo-se a relação TDH x eficiência mais vantajosa.

Palavras-chave: Caixa de Gordura. Eficiência. Protótipo. Tempo de Detenção Hidráulica. TDH.

ABSTRACT

PAIVA, Felipe L; MONTEIRO, João V. M. **Analytical study about grease trap efficiency:** development of concrete prototype and analysis of the influence of hydraulic retention time in its efficiency. 2021, 57 p. Term Paper (Bachelor of Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2021.

Grease traps are devices used for the retention of fatty effluents from kitchens, industries and other environments. Greases from these environments should not be discharged into the sewerage connection, as they can clog public pipes, hinder the treatment of effluents and cause damage to the receiving bodies. There are no Brazilian standards that require the installation of these devices, although some municipalities have already regulated and imposed its use. Several studies indicate that the grease trap models presented in the NBR 8160 from 1999 does not exhibit appropriate efficiencies for the function. The present study consists in the development and construction of a grease trap prototype (GTP) in reinforced concrete with baffles to carry out efficiency tests. These experiments' objective was to verify the influence of the hydraulic retention time (HRT) in the efficiency of the equipment and to obtain numerical relation between these two indicators. To change HRTs for the same prototype, adjustments were made to the entry flows by varying the mixing level inside the affluent reservoir. The tests used synthetic blends of edible soybean oil in the proportion of 150 g/L (grams per liter), simulating common fatty domestic effluents. HRTs of 4, 7.6 and 11.8 minutes were tested, checking the concentration of oil in each effluent mixture to verify the percentage of soybean oil retained by the GTP. As results, efficiencies of 64.0% were obtained for test 1 (HRT of 4 minutes), 83.8% for test 2 (HRT of 7.6 minutes) and 89.2% for test 3 (HRT of 11.8 minutes), all of which are higher than the efficiency of prefabricated grease traps tested in other bibliographies. With these results, an equation that represents the numerical relationship between each HRT and efficiency analyzed in the tests was found. It was observed an optimum time of 10 minutes for hydraulic detention of the GTP, obtaining the prototype's most advantageous TDH x efficiency ratio.

Keywords: Grease Trap. Efficiency. Prototype. Hydraulic Retention Time. HRT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coletor obstruído por gordura	16
Figura 2 - Escuma em estação de tratamento de esgoto	17
Figura 3 - Representação de tanque de retenção de gordura.....	21
Figura 4 - Esquema de funcionamento de um tanque de flotação por ar dissolvido .	22
Figura 5 - Esquema do funcionamento de uma caixa separadora de água e óleo....	23
Figura 6 - Caixa separadora API de água e óleo	24
Figura 7 - Representação de uma caixa de gordura	26
Figura 8 – Croqui da caixa de gordura desenvolvida	32
Figura 9 - Detalhes internos da caixa de gordura desenvolvida.....	32
Figura 10 – Corte esquemático com detalhes da caixa de gordura desenvolvida	33
Figura 11 - Esquema da bancada utilizada para execução dos ensaios.....	40
Figura 12 - Gráfico da concentração de óleo nas misturas efluentes e eficiência do sistema para cada TDH ensaiado	49
Figura 13 - Curva não linear gerada pelo software SciDAVis.....	50

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Chapas de compensado 18 mm cortadas para montagem da forma do PCG	34
Imagem 2 - Formas das faces interna e externa montadas	34
Imagem 3 - Montagem da armadura do PCG e adição de espaçadores	35
Imagem 4 - Montagem final da forma com armaduras e espaçadores para concretagem.....	35
Imagem 5 - Forma de madeira finalizada do PCG	36
Imagem 6 - Concretagem do PCG	36
Imagem 7 - PCG após a retirada das formas	37
Imagem 8 - Instalação das chicanas	38
Imagem 9 - PCG finalizado e com chicanas e septo instalados.....	39
Imagem 10 - Bancada utilizada para execução dos ensaios	41
Imagem 11 - Tambor utilizado para execução dos ensaios. Representação das marcações utilizadas para controle do nível de mistura afluenta	42
Imagem 12 - Becker utilizado na coleta e decantação das amostras ensaiadas	43
Imagem 13 - Seringa utilizada na extração do óleo na superfície da mistura para posterior pesagem.....	44
Imagem 14 - Visualização da mistura no interior da caixa de gordura	46
Imagem 15 – (A) Visualização da amostra de afluenta. (B) Visualização da amostra de efluenta.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de óleos presentes no esgoto.....	14
Tabela 2 - Detalhes das caixas de gordura apresentadas na NBR 8160.....	27
Tabela 3 – Concentração da mistura efluente.....	47
Tabela 4 - Dados e resultados obtidos.....	48

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

API – *American Petroleum Institute*

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

INCT – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em ETEs Sustentáveis

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

WEF – *Water Environment Federation*

LISTA DE ABREVIATURAS

DBO – Demanda Biológica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

PCG – Protótipo de Caixa de Gordura Prismática

TDH – Tempo de Detenção Hidráulica

LISTA DE ACRÔNIMOS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1. OBJETIVOS.....	12
1.2. JUSTIFICATIVA.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS A RESPEITO DO ESGOTO.....	13
2.2. PRESENÇA DE ÓLEOS E GORDURAS NO ESGOTO DOMÉSTICO.....	14
2.3. IMPACTO DA PRESENÇA DE MATERIAIS GRAXOS NO ESGOTO.....	15
2.4. FORMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	18
2.4.1. Tratamentos Usuais de Esgoto Sanitário.....	18
2.4.2. Dispositivos Utilizados Na Remoção de Óleos e Graxas de Efluentes.....	20
2.5. CAIXAS DE GORDURA	25
2.5.1. Dimensionamento de Caixas De Gordura	27
2.5.2. Manutenção de Caixas de Gordura	29
2.6. PESQUISAS SOBRE A EFICIÊNCIA DE CAIXAS DE GORDURA.....	29
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 PROTÓTIPO DE CAIXA DE GORDURA.....	31
3.2 MISTURA AFLUENTE	39
3.3 ENSAIOS.....	40
3.3.1 Ensaios com Variação das Vazões	41
3.4 ANÁLISE DA AMOSTRA EFLUENTE	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

O esgotamento sanitário é estabelecido pela Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), como parte integrante do saneamento básico em conjunto com o abastecimento de água potável, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Essa legislação ainda o define como “disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final”. Os serviços citados na lei ficam sob a responsabilidade dos estados ou municípios, que devem gerenciar e estruturar os sistemas.

O esgoto doméstico apresenta em sua composição diversos elementos nocivos ao meio ambiente, tais como: matéria orgânica em excesso, nitrogênio, fósforo, microrganismos, materiais gordurosos entre outros (LOPES, 2015). Esses componentes, se não devidamente tratados, podem causar inúmeros problemas, dentre os quais: eutrofização dos corpos receptores, turbidez e mau cheiro em rios e lagos, deterioração da fauna e flora e comprometimento da capacidade desses corpos hídricos como fonte de abastecimento de água (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Visando a padronização e determinação dos parâmetros a serem utilizados pelas empresas de saneamento das diversas localidades do Brasil foi elaborada a NBR 9649 (ABNT, 1986), norma que determina a maneira de projetar e dimensionar as redes coletoras de esgoto sanitário. Ainda, as empresas encarregadas da execução e manutenção desses sistemas devem fiscalizar e se certificar de que as normas pertinentes ao projeto e execução dos sistemas de abastecimento de águas e esgotamento sanitário das edificações sejam seguidas.

Uma destas é a NBR 8160 (ABNT, 1999) que determina como projetar e executar as instalações prediais de esgoto sanitário. Essa diretriz apresenta especificações, métodos de dimensionamento e execução de ramais de descarga de esgoto, tubos de queda, coletores de esgoto predial e de seus dispositivos complementares, como as caixas de gordura. Estas caixas têm como objetivo reter e possibilitar posterior remoção da gordura proveniente de pias de cozinhas e restos de alimentos, evitando que estes materiais se dirijam as redes públicas. De toda forma, a norma apenas recomenda este equipamento e indica que, se não houver exigência de sua utilização por autoridade pública competente, sua instalação é opcional.

Com sua utilização não sendo obrigatória por norma ou por legislações federais, a exigência ou não da instalação de caixas de gordura nos esgotamentos prediais fica, portanto, a cargo dos estados e municípios. Para exemplificar, em Curitiba, no Paraná, a sua utilização é regulamentada desde 1953, por meio do antigo Código de Posturas do Município (CURITIBA, 1953). Contudo, somente obteve caráter de lei específica em 2010, por determinação da Lei Municipal 13.634 (CURITIBA, 2010).

Apesar da regulamentação, a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), responsável por administrar o saneamento básico no estado, indica que, somente no ano de 2013 em Curitiba aconteceram 1730 obstruções da rede pública de esgotamento por mês em função da gordura presente na tubulação. A Sanepar informa que nesse ano o custo para cada desobstrução realizada era de R\$ 230,20 e que, no total, eram gastos cerca de R\$ 4,8 milhões por ano com desobstruções de tubulações apenas na capital do estado, sendo este preço repassado ao consumidor final pela tarifa de saneamento cobrada pela concessionária (SANEPAR, 2013).

Além dos danos às tubulações públicas e prejuízos financeiros, óleos e gorduras não removidos do esgoto antes do despejo na rede pública geram diversos transtornos às estações de tratamento de esgoto, vez que a grande maioria das estações brasileiras não está preparada para receber esgoto com este tipo de material. No caso da ineficiência destas estações em remover gorduras ou, ainda, sua inexistência, há a possibilidade destes resíduos atingirem corpos receptores, impactando negativamente na fauna e flora e gerando futuros problemas ambientais e de saúde pública (Martinelli et al, 2002). Assim, a resolução 430 (CONAMA, 2011) indica quais são os limites para lançamento de cada tipo de material em efluentes, sendo que o valor máximo para óleos minerais é de 20 mg/L e para óleos vegetais e gorduras animais é de 50 mg/L.

Existem ainda estudos que evidenciam que as dimensões e volumes propostos para caixas de gordura por normas brasileiras não oferecem a eficiência necessária para proteger as tubulações públicas e a natureza dos óleos e gorduras presentes no esgoto (FREITAS et al, 2014; GNIPER, 2008; IENKE; SCHWAB, 2016).

Sendo assim, este trabalho propôs o desenvolvimento, montagem e avaliação de uma caixa de gordura em concreto que ofereça maior eficiência quando comparada a caixas de gordura convencionais.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver e avaliar um protótipo de caixa de gordura no que diz respeito a remoção de óleo de um efluente sintético e analisar a influência do tempo de detenção hidráulica (TDH) na eficiência dessa remoção.

- Objetivos Específicos:
 - Propor e construir um modelo de caixa de gordura com material resistente e que possa ser utilizado em modelos funcionais;
 - Verificar a influência do tempo de detenção hidráulica do efluente na eficiência de retenção de material graxo da caixa de gordura;
 - Obter uma relação numérica entre o tempo de detenção hidráulica da mistura e eficiência do sistema na retenção de óleos e gorduras.

1.2. JUSTIFICATIVA

Vistos os diversos riscos ambientais e sanitários e os altos custos para manutenção das redes públicas coletoras de esgoto, faz-se necessária rigorosa fiscalização de todas as edificações para se certificar de que todas possuam caixas de gordura de dimensões apropriadas e que estas passem por suas devidas manutenções. Ainda, importante continuar a busca por equipamentos mais eficientes, ou seja, que retenham maior quantidade das gorduras e óleos que por eles passam.

Desta forma, o estudo se mostra relevante uma vez que caixas de gordura com maior grau de eficiência e que possam servir de modelo de fabricação, proporcionam diversos benefícios como: redução de riscos ambientais e à saúde da população, possível redução das tarifas pelas empresas responsáveis pelo saneamento por meio da redução de custos com desentupimento e maior facilidade no tratamento do esgoto, em virtude do menor percentual de óleos e gorduras nos efluentes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O tratamento e remoção de óleos e graxas do esgoto abrange diferentes áreas do conhecimento e da gestão de águas residuais urbanas. Nesse tópico serão apresentados estudos e pesquisas sobre o esgoto em si, a presença de óleos e gorduras no efluente urbano e seu impacto, noções sobre métodos de tratamento de esgoto, caixas de gordura e estudos sobre a eficiência desses aparelhos.

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS A RESPEITO DO ESGOTO

De acordo com Jordão e Pessoa (2011), o termo esgoto concerne tanto à estrutura de captação e transporte quanto ao efluente em si, que também pode ser referido como efluente urbano ou água residual. Esses efluentes ainda podem ser classificados em duas subcategorias: esgotos industriais e esgotos sanitários.

Os esgotos industriais são os efluentes derivados de atividades de usinas, indústrias e outras atividades de transformação. Esse material contém partículas líquidas e sólidas residuais características da atividade em que ele é derivado, que podem incluir materiais tóxicos, não biodegradáveis e resíduos de matérias-primas dos processos dessas atividades e, portanto, possuem composições altamente variáveis e complexas.

Os esgotos sanitários são constituídos principalmente por efluentes domésticos, que contemplam o esgotamento proveniente de edificações residenciais, comerciais e institucionais, assim como parcelas inconstantes e menos expressivas de águas pluviais, águas de infiltração e esgotos industriais. Essa conceituação concorda com a definição presente na NBR 9648 (ABNT, 1986), que delimita esgoto sanitário como “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. Em sua composição, apresenta principalmente águas e resíduos provenientes de banheiros, lavanderias e cozinhas como água, excrementos humanos, restos orgânicos, sabões e detergentes (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

2.2. PRESENÇA DE ÓLEOS E GORDURAS NO ESGOTO DOMÉSTICO

Entre as diversas substâncias presentes no esgoto doméstico são destacados os restos de óleos vegetais, graxas e gorduras animais. Para Jordão e Pessôa (2011), todos estes materiais são conhecidos como gorduras, sólidos flutuantes ou escumas. Assim, estas gorduras estão presentes na totalidade do esgoto doméstico oriundo da preparação e manuseio de alimentos, seja nas residências ou em restaurantes.

Há ainda, presença de outros materiais como óleos minerais derivados de petróleo (lubrificantes, querosene etc.), comumente efluentes de ambientes industriais e oficinas mecânicas.

Metcalf e Eddy (2003) descrevem que o teor de óleos e graxas presentes nos efluentes pode ser determinado pelo ensaio de uma amostra daquele esgoto com triclorotrifluoroetano (substância em que óleos e gorduras são solúveis).

Ainda para aqueles autores, óleos e gorduras (ou graxas) são quimicamente bastante semelhantes, entretanto um modo fácil de distinguir estes materiais é pelo seu estado físico em temperatura ambiente. Enquanto óleos são líquidos, gorduras e graxas permanecem em estado sólido (METCALF; EDDY, 2004).

Segundo o instituto americano *Water Environment Federation* (WEF, 2008), há cinco formas de óleos presentes no esgoto, descritos na Tabela 1:

Tabela 1 - Tipos de óleos presentes no esgoto

Tipo	Definição
Óleo livre	Óleo presente na água com pouca ou nenhuma associação com água. Se separa por gravidade.
Emulsões físicas	Óleo disperso em água em forma de gotículas estáveis com dimensões entre 5 e 20 μm . Formado por mistura através de bombeamento, tubulações e válvulas
Emulsões químicas	Óleo disperso em água em forma de gotículas < 5 μm . Formada por detergentes, fluidos alcalinos, agentes quelantes ou proteínas.
Óleo dissolvido	Óleo solubilizado em líquido. Detectado por análise infravermelha ou outros métodos.
Sólido molhado com óleo	Óleo que fica aderido à superfície de materiais sólidos do esgoto.

Fonte: *Water Environment Federation* (WEF, 2008), adaptado de *Arizona Department of Environmental Quality*, 1996.

Jordão e Pessôa (2011) também abordam amostras de esgotos brasileiras, as quais têm cerca de 50 a 150 mg de gorduras para cada litro de esgoto. Como exemplos, os mesmos autores trazem alguns dados de estações de tratamento de esgoto nacionais:

- Esgoto da ETE Ipiranga, SP: 45 mg/L;
- Esgoto da ETE Penha, RJ: 70 mg/L;
- Esgoto da ETE Infraero-Apoio, RJ: 60 mg/L;
- Esgoto da ETE Infraero-TECA, RJ: 30 mg/L.

2.3. IMPACTO DA PRESENÇA DE MATERIAIS GRAXOS NO ESGOTO

As gorduras e óleos presentes nos esgotos urbanos, quando não devidamente retidas nos pontos de geração, escoam junto ao esgoto doméstico nas redes públicas de coleta de esgoto. Estando presentes no sistema de esgotamento dos centros urbanos, esse componente pode se acumular nas canalizações e peças especiais da rede de coleta (JORDÃO; PESSÔA, 2011). Na Figura 1 é possível observar um coletor obstruído por gordura que precisou de intervenção para desobstrução da rede.

Figura 1 - Coletor obstruído por gordura



Fonte: SANEPAR (2013)¹.

De acordo com a Sanepar, companhia responsável pelo saneamento básico no estado do Paraná, somente na região de Curitiba em 2013 ocorreram 1730 intervenções para desobstrução de coletores de esgoto. Cada ocorrência teve um custo médio de R\$ 230,30 para correção, o que totaliza R\$ 4,8 milhões gastos somente em função de entupimentos por excesso de óleos e gorduras nos efluentes urbanos (SANEPAR, 2013).

Segundo levantamento da agência governamental americana *Environmental Protection Agency*, 47% de toda a gordura presente na rede coletora tem origem em edificações residenciais, restaurantes e indústrias (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2007).

A presença destas substâncias também prejudica o tratamento de efluentes. As gorduras também podem causar mau cheiro e prejudicar o desempenho dos

¹ SANEPAR (2013). Disponível em < <http://site.sanepar.com.br/noticias/lei-obriga-instalacao-da-caixa-de-gordura#:~:text=As%20caixas%20de%20gordura%20devem,de%20vidro%2C%20concreto%20o%20alvenaria> > Acesso em 22 de agosto de 2020.

dispositivos presentes em estações de tratamento de esgoto (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Efluentes com grandes concentrações de materiais gordurosos favorecem a formação de espuma nos reatores e decantadores das estações de tratamento. A espuma prejudica as trocas de oxigênio em sistemas aeróbios e em sistemas anaeróbios a evaporação do biogás gerado. Pode também prejudicar a sedimentação do lodo nos decantadores (SOUZA, 2006).

Ainda é exposto que a espuma, se não removida durante o processo, pode escoar junto ao efluente final, prejudicando a qualidade do mesmo (SOUZA, 2006). Na Figura 2 pode ser observada a formação de espuma em uma estação de tratamento de esgoto.

Figura 2 - Espuma em estação de tratamento de esgoto



Fonte: Acemax (2015)².

² ACEMAX LTDA. (2017). Disponível em: <<https://acemax.com.br/index.php/2017/03/01/problemas-com-espuma-na-ete-conheca-as-causas-e-medidas-corretivas/>>. Acesso em 26 de setembro de 2020.

Sperling (1996) indica que as gorduras e óleos são danosos também aos corpos receptores pois ao se acumularem na superfície da água, prejudicam as trocas gasosas e impedem a passagem de luz, perturbando a subsistência dos seres fotossintetizantes e o equilíbrio natural do biótopo. Orssatto et al. (2010) relatam que “os óleos e graxas em seu processo de decomposição reduzem o oxigênio dissolvido elevando a demanda biológica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO), causando alteração no ecossistema aquático”. Esses materiais gordurosos que atingem os corpos receptores também podem, em conjunto com outros compostos gerados em estações de tratamento, gerar produtos tóxicos e substâncias que inibem microrganismos da fauna aquática (YANG et al., 2012 apud JUNQUEIRA et al., 2017).

2.4. FORMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Existem vários métodos para tratar o esgoto comum. Faz-se necessária essa compreensão para o entendimento completo dos inconvenientes relacionados à presença de gordura nas águas residuais. Portanto, apesar de não ser o tema principal deste trabalho, entendeu-se como necessária uma breve análise dos mais comuns métodos de tratamento de esgoto utilizados no Brasil.

2.4.1. Tratamentos Usuais de Esgoto Sanitário

Para HAANDEL e LETTINGA (1994) apud CAMARGO (2000), a principal razão de se tratar o esgoto é de se corrigir características indesejáveis do material, para que sua disposição final possa ser feita de acordo com critérios e legislações impostas pelas autoridades pertinentes. O tratamento do esgoto tem como objetivo reduzir a concentração de sólidos em suspensão, matérias orgânicas biodegradáveis, nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) e demais organismos patogênicos.

Para o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em ETEs Sustentáveis (INCT, 2019), há três principais métodos adotados para tratamento de esgoto, sendo eles: por meio de lodos ativados, lagoas de estabilização e tratamentos anaeróbios de esgoto.

SPERLING (2016) relata que o primeiro método é amplamente utilizado em nível mundial, inclusive utilizado em algumas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) do Brasil, principalmente quando é necessária alta qualidade do efluente e há limitações quanto aos espaços físicos. Entretanto, o autor alerta a necessidade de alta mecanização, com operação mais sofisticada e maiores consumos de energia elétrica neste sistema.

O lodo utilizado neste processo de tratamento consiste na parte sólida do esgoto que chega à estação de tratamento, em conjunto com materiais gerados no processo. Portanto, este material é caracterizado como massa composta de microrganismos (bactérias, algas, fungos e protozoários) desenvolvidos pela própria matéria orgânica a ser tratada, por meio do oxigênio lá dissolvido (INCT, 2019).

Diferentemente do tratamento por lodos ativados, o tratamento por lagoas de estabilização demanda grandes áreas e é amplamente utilizado em regiões de maior disponibilidade de espaço tendo em vista sua simplicidade e custo relativamente baixo (INCT, 2019).

O INCT ainda elenca diversas variantes de lagoas de estabilização utilizadas, entre elas: lagoas facultativas, lagoas aeradas, lagoas anaeróbias, lagoas de maturação, lagoas de polimento e ainda há a possibilidade de combinações entre estas lagoas (INCT, 2019).

Por fim, o tratamento anaeróbio de esgoto é uma espécie de adaptação do processo de tratamento por lodos ativados. Este processo não exige injeção de oxigênio na mistura, portanto, depende de menos processos mecânicos de aeração, que por sua vez acarreta um consumo reduzido de energia elétrica. Como nos demais, neste tratamento são os próprios microrganismos do esgoto que fazem o consumo da matéria orgânica e limpeza do material. Neste tipo de tratamento são utilizados reatores fechados para degradação da matéria orgânica (INCT, 2019).

Ainda, este método apresenta algumas vantagens frente aos demais, como possibilidade de captar biogases liberados para posterior utilização na geração de energia, menor demanda de área e conseqüente menor custo de implantação, menores custos de operação e baixa produção de lodos, mantendo padrões satisfatórios de remoção de sólidos e matérias orgânicas (INCT, 2019).

Cada um dos métodos abordados contém diferentes etapas de tratamento do esgoto. De toda forma, nenhuma destas fases tem como objetivo remover as gorduras que chegam a ETE junto com o esgoto (geralmente descartadas incorretamente por

edificações atendidas pela estação). Ressalta-se que, no Brasil, é muito raro se encontrar ETEs que tenham unidades exclusivas de remoção de óleos e gorduras.

Assim, se faz necessária a implementação de dispositivos específicos para captação de gorduras diretamente nas instalações de esgoto internas das edificações que contribuem com esgoto para redes públicas.

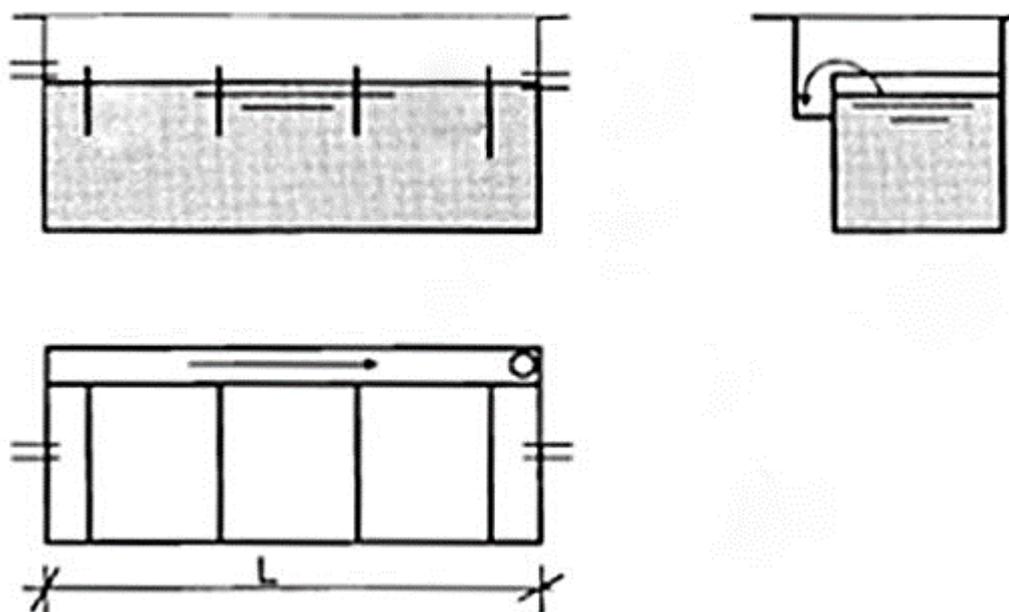
2.4.2. Dispositivos Utilizados na Remoção de Óleos e Graxas de Efluentes

Como dispositivos para remover materiais graxos de efluentes podem ser exemplificados: caixas de retenção de gorduras, tanques de flotação por ar dissolvido, caixas separadoras de água e óleo e caixas separadoras API de água e óleo.

Nas ETEs podem ser utilizadas caixas de gordura de grande escala. O funcionamento desses dispositivos é baseado na flotação natural do material graxo, que possui menor densidade que o afluente do tratamento (JORDÃO E PESSÔA, 2011). São instaladas previamente aos dispositivos de tratamento do esgoto, pertencendo ao tratamento preliminar do esgoto. Necessitam de manutenção contínua, observando a capacidade de retenção da caixa.

Também são amplamente utilizados para retenção de resíduos de produção da indústria alimentícia como em frigoríficos, matadouros, laticínios entre outras (DIELLE, 2014). Na figura 3 é possível observar a representação destes tanques de retenção de gordura.

Figura 3 - Representação de tanque de retenção de gordura

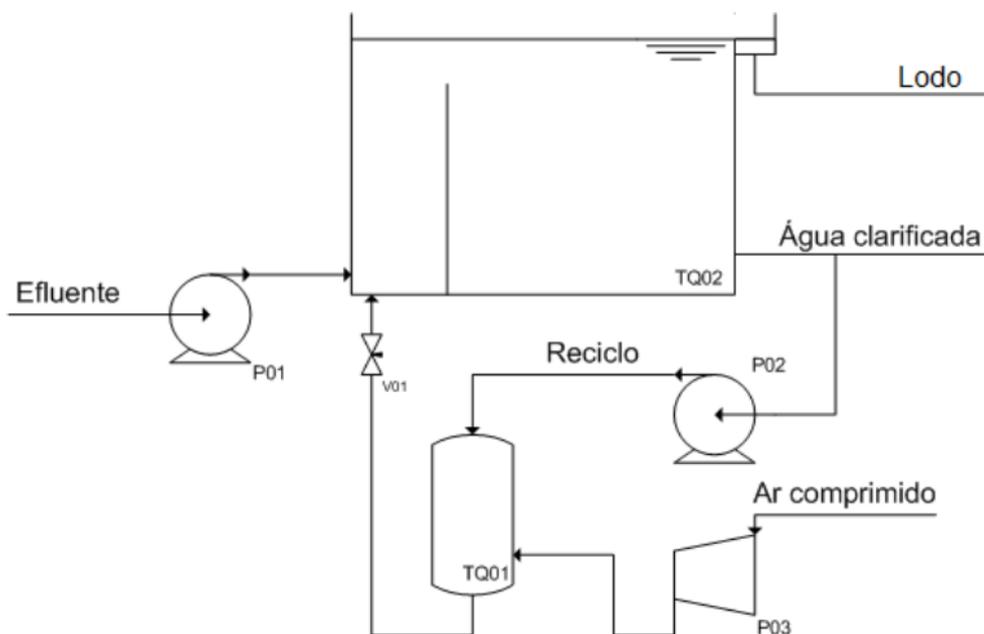


Fonte: os Autores (2021), adaptado de Nunes (2001).

De outro lado, há métodos mais sofisticados para remoção de óleos e gorduras do esgoto, como o tanque de flotação por ar dissolvido. Este dispositivo tem como objetivo separar partículas em suspensão através de adesão destas à microbolhas (de diâmetros entre 30 e 100 μm). Estas microbolhas geram aglomerados de partículas a serem removidas do material. Para fazer estas microbolhas, partículas de ar dissolvido sob pressão são inseridas em água por meio de um vaso saturador e antes de serem injetadas no tanque de flotação. Neste equipamento é necessária regulagem da pressão visando manter as dimensões e qualidade das microbolhas e evitar sobre-pressão do sistema, garantindo assim a eficiência do sistema na separação do material suspenso (FONSECA, 2017).

Na figura 4 a seguir verifica-se o modelo esquemático de como funcionam os tanques de flotação por ar dissolvido:

Figura 4 - Esquema de funcionamento de um tanque de flotação por ar dissolvido

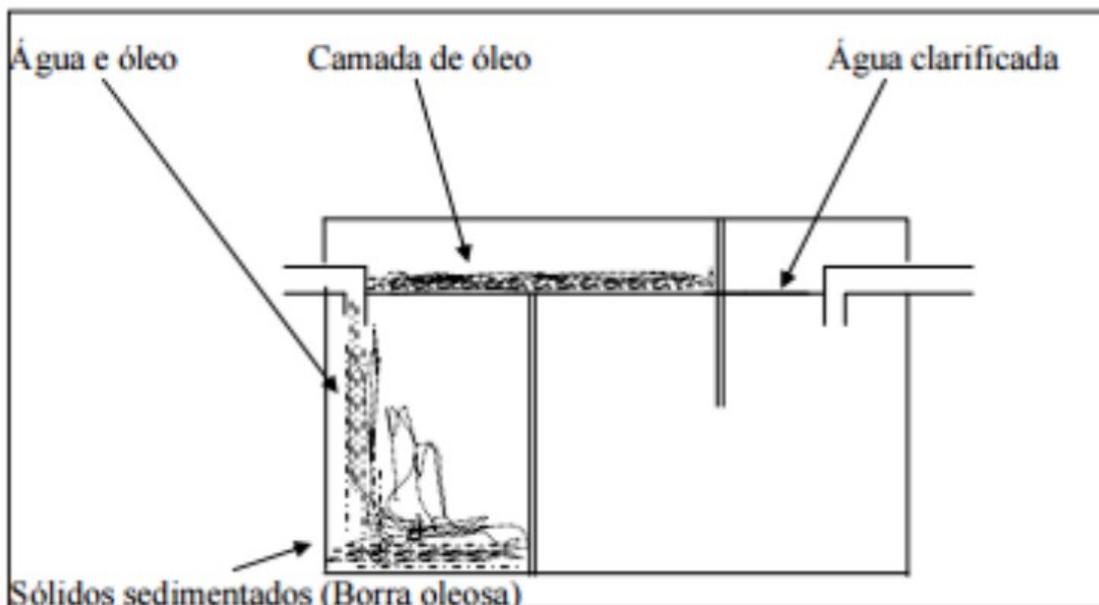


Fonte: FONSECA (2017).

Semelhantes às caixas de retenção de gorduras, há a possibilidade de se utilizar caixas separadoras de água e óleo. Estes equipamentos têm como objetivo separar a água de materiais graxos. Entretanto, este dispositivo é principalmente voltado a separação de óleos gerados em oficinas mecânicas e postos de combustíveis.

De acordo com Leppa (2015) apud Black (2016), esta caixa é composta de três repartições internas denominadas: caixa retentora de areia, caixa separadora de óleo e caixa de inspeção. A primeira parte tem como objetivo reter areia e demais sedimentos contidos no efluente, a segunda retém óleos e, por fim, o efluente alcança a terceira repartição já clarificado. Na figura 5, verifica-se o esquema de funcionamento deste aparelho:

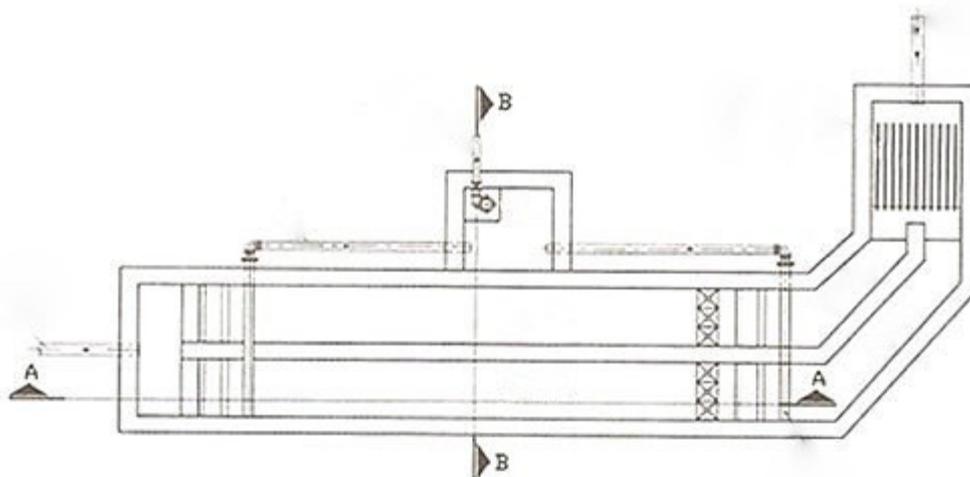
Figura 5 - Esquema do funcionamento de uma caixa separadora de água e óleo



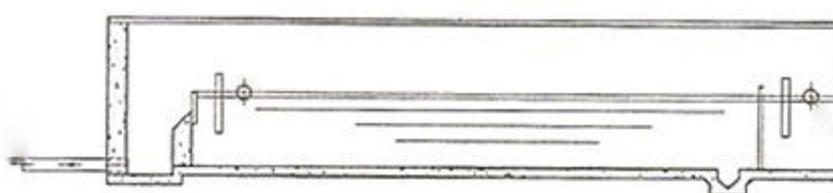
Fonte: SECRON et al. (2010) apud BLACK (2016).

Por fim, podem ser empregadas caixas separadoras API de água e óleo. Trata-se de equipamento semelhante aos descritos anteriormente, entretanto, utilizados em estabelecimentos industriais de grande porte e contam com bombas para extração de óleos e gorduras retidas. Neste caso, são equipamentos projetados dentro das normas estabelecidas pelo *American Petroleum Institute* (API – Instituto Americano de Petróleo). Este dispositivo foi originalmente desenvolvido para utilização na indústria do petróleo, mas pode ser utilizado para qualquer efluente industrial que contenha óleos. Abaixo, figura 6, com exemplo deste equipamento:

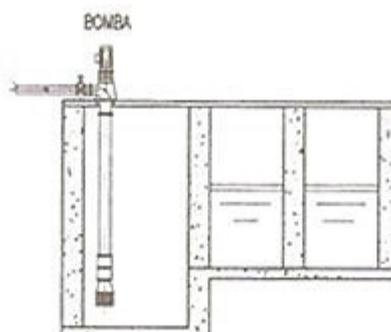
Figura 6 - Caixa separadora API de água e óleo



Separador de Água e Óleo – Corte A-A



Separador de Água e Óleo – Corte B-B



Fonte: os Autores (2021), adaptado de CAVALCANTI (2009)³.

³ CAVALCANTI, J. E. **Manual de tratamento de efluentes industriais**. São Paulo, Engenho Editora Técnica Ltda., 2009.

2.5. CAIXAS DE GORDURA

As caixas de gordura são dispositivos instalados anteriormente às ligações prediais com a rede de coleta de esgoto com o objetivo de reter os resíduos gordurosos provenientes de cozinhas residenciais, industriais, copas, oficinas mecânicas e outros pontos de coleta que podem descartar altas concentrações de gorduras e óleos. Seu funcionamento ocorre por meio de flotação, tendo em vista a diferença da massa específica dos materiais gordurosos em relação a da água (GASPERI, 2012).

De acordo com Imhoff (1986 apud GNIPPER, 2008), qualquer recipiente que suscita redução de velocidade de escoamento e que possibilitem uma superfície sem perturbações pode funcionar como retentor de óleos e gorduras, desde que haja espaço para retenção desses materiais.

A norma brasileira que discorre sobre os sistemas prediais de esgoto, a NBR 8160 (ABNT, 1999) entende caixa de gordura como:

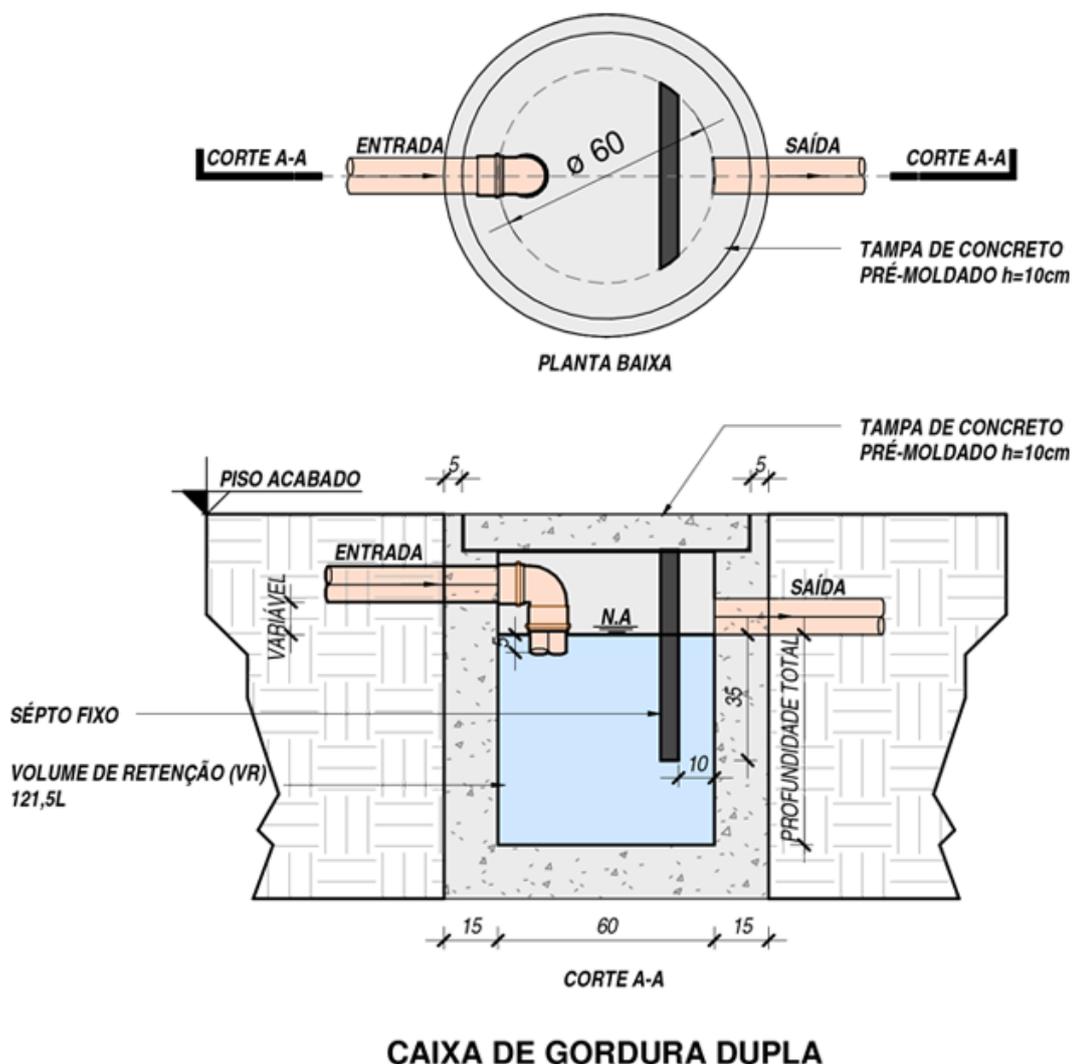
Caixa destinada a reter, na sua parte superior, as gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto, formando camadas que devem ser removidas periodicamente, evitando que estes componentes escoem livremente pela rede, obstruindo a mesma.

As características inerentes as caixas de gordura de acordo com a referida norma são:

- a) capacidade de acumulação da gordura entre cada operação de limpeza;
- b) dispositivos de entrada e de saída convenientemente projetados para possibilitar que o afluente e o efluente escoem normalmente;
- c) altura entre a entrada e a saída suficiente para reter a gordura, evitando-se o arraste do material juntamente com o efluente;
- d) vedação adequada para evitar a penetração de insetos, pequenos animais, águas de lavagem de pisos ou de águas pluviais etc.

Também fica definido que as caixas de gordura devem obrigatoriamente possuir septo não removível em seu interior e que o aparelho fica dividido em duas câmaras: a receptora e a vertedora (ABNT, 1999). Na Figura 7 é representada uma caixa de gordura de acordo com a NBR 8160.

Figura 7 - Representação de uma caixa de gordura



Fonte: VALLS (2020)⁴.

A seção referente ao dispositivo, no entanto, explicita que “quando o uso de caixa de gordura não for exigido pela autoridade pública competente, a sua adoção fica a critério do projetista” (ABNT, 1999).

Na cidade de Curitiba, seu uso é obrigatório desde a criação do Código de Posturas e Obras da cidade, sancionado em 1953. O referido documento aponta que

⁴ VALLS LTDA. (2020). Disponível em: <<https://www.facebook.com/valls.cc/photos/a.381482335367347/1407440362771534/>>. Acesso em 27 de setembro de 2020.

todos os efluentes provenientes de copas e cozinhas deveriam passar por caixas de gordura antes de seguirem para sumidouros ou rede coletora (CURITIBA, 1953).

Entretanto, esse código foi revogado em 2004 pela Lei Municipal 11.095, cuja redação não abordava as caixas de gordura e nenhuma outra especificidade sobre a retenção de materiais graxos domiciliares (CURITIBA, 2004). A instalação desses componentes somente retornou à obrigatoriedade com a adoção de parágrafo específico pela Lei Municipal 13.634 de 2010, que abrangia novamente esgotos provenientes de copas e cozinhas (CURITIBA, 2010).

2.5.1. Dimensionamento de Caixas de Gordura

A norma NBR 8160 (ABNT, 1999) especifica como deve ser feito o dimensionamento de caixas de gordura de acordo com o número de cozinhas que o aparelho atenderá. Ficam definidos três modelos de caixas de gordura com dimensões fixas: a pequena, a simples e a dupla. Também é apresentado um modelo com volume de retenção variável, aplicável para cozinhas industriais, de restaurantes ou para o atendimento de mais de 12 cozinhas domiciliares. Seu dimensionamento é feito com base no número de pessoas atendidas pela caixa em questão (N). Os modelos e os detalhes apresentados na referida norma estão descritos na tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Detalhes das caixas de gordura apresentadas na NBR 8160

Tipos	Número de Cozinhas	Formato da caixa	Diâmetro interno (m)	Capacidade de Retenção (L)	Parte Submersa do Septo (m)	Diâmetro da Tubulação de Saída (mm)
Pequena (CGP)	1	Cilíndrica	0,30	18	0,20	75
Simplex (CGS)	2	Cilíndrica	0,40	31	0,20	75
Dupla (CGD)	Até 12	Cilíndrica	0,60	120	0,35	100
Especial (CGE)	Mais que 12	Prismática	-	2N+20	0,40	100

Fonte: Adaptado da NBR 8160 (1999).

O dimensionamento pode ser realizado também em função da velocidade de ascensão das partículas gordurosas. Jordão e Pessôa (2011) esclarecem que deve ser utilizada como referência a velocidade de elevação da menor partícula que se deseja reter a fim de atingir o grau de retenção desejado. O dimensionamento da seção transversal da caixa pode ser feito de acordo com a equação (1):

$$A = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

Sendo:

A: área da seção transversal da caixa (m²);

Q: vazão do esgoto em (m³/h);

V: velocidade de escoamento da menor partícula (m/h).

A primeira câmara da caixa, definida como receptora é a que acumula o material graxo e desse modo deve ocupar o maior volume da caixa. Segundo Souza (2003) esse compartimento deve ocupar 2/3 do volume total da caixa de gordura. Já a câmara vertedora deve ocupar, portanto, 1/3 do volume do dispositivo.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) das caixas de gordura tem grande influência na sua eficiência. Segundo Gnipper (2008), é compreendido como “o tempo teórico de permanência do líquido dentro do tanque de flotação natural” e pode ser obtido por meio da equação (2):

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad (2)$$

Sendo:

TDH: tempo de detenção hidráulico (min);

V: volume de retenção do tanque (L);

Q: vazão de contribuição de esgoto (L/min).

O tempo ideal de detenção deve ser previamente estipulado para o dimensionamento ideal das caixas de gordura. De acordo com Jordão e Pessôa (2011), o tempo de detenção ideal varia de 1 a 3 minutos. De outro lado, a *American Society of Plumbing Engineers* recomenda tempo de detenção de 5 minutos para

caixas de gordura domésticas (AMERICAN SOCIETY OF PLUMBING ENGINEERS, 1986 apud GNIPPER, 2008).

2.5.2. Manutenção de Caixas de Gordura

O volume de óleos e gorduras suspensos no dispositivo varia em função da frequência de utilização e do volume de material despejado e aumenta conforme o tempo de funcionamento da instalação. A manutenção de uma caixa de gordura consiste basicamente na retirada dos óleos e gorduras acumuladas evitando que o material supere a capacidade da caixa e prejudique a eficiência do sistema. O material acumulado deve ser retirado antes de atingir 75% do volume de retenção. Para tanto, devem ser realizadas vistorias frequentes na caixa para verificar a quantidade retida e entender quais são os intervalos ideais entre a limpeza das caixas (JORDÃO; PESSOA, 2011).

A *Sydney Water Corporation* recomenda a limpeza antes que algum dos fatores a seguir se concretize (SYDNEY WATER CORPORATION, 2004 apud DELATORRE E MORITA, 2007):

- a) a espessura da camada superficial, composta de óleos, graxas e materiais flutuantes, seja maior ou igual a 10% da profundidade total da caixa;
- b) a espessura da camada de sólidos no fundo da caixa seja maior ou igual a 20% da profundidade total da caixa;
- c) o fundo da caixa apresente uma camada de sólidos maior que 400mm;
- d) a somatória das espessuras das camadas superficial e de fundo seja maior que 25% da profundidade da caixa.

De outro lado, a prefeitura de Santos, no estado de São Paulo, estabelece pela Lei Municipal 220 de 1996 que a limpeza deve ser realizada no máximo a cada 6 meses. São emitidos também certificados que atestam a manutenção conforme a legislação municipal com intuito de permitir fiscalização (SANTOS, 1996).

2.6. PESQUISAS SOBRE A EFICIÊNCIA DE CAIXAS DE GORDURA

Os modelos de caixa de gordura comerciais, que seguem as características definidas pela NBR 8160, foram testados por Gnipper (2008). Foi notada a ausência

de uma câmara de entrada, destinada a retardar os fluxos e inibir perturbações no regime interno da caixa, prejudicando a flotação. O autor também observou que o período de detenção da caixa estudada era muito inferior ao recomendado para a retenção eficiente do material. Assim, sua conclusão foi que os critérios normativos não promovem o dimensionamento de uma caixa eficiente na remoção das graxas.

Freitas et al. (2014) também avaliaram o desempenho de caixas de gordura comerciais, neste caso para verificar a eficiência na retenção de efluentes industriais. Neste estudo foram testadas caixas com dois padrões diferentes, de 19 e 54 Litros. Como resultado, observou-se que ambas as caixas não proporcionavam eficiência significativa no pré-tratamento desses resíduos. Os autores também constataram que quanto maior a área superficial, maior era a eficiência de retenção de materiais gordurosos.

Há, ainda, estudo comparativo feito por Lenke e Schwab (2016) em que foi construído um protótipo de caixa de gordura com chicanas removíveis incorporadas a caixa, com objetivo de aumentar o tempo de detenção do modelo. Os autores realizaram testes comparativos da caixa com e sem as chicanas e a compararam a uma caixa pré-fabricada de 19 litros. Observou-se uma eficiência muito superior do protótipo frente ao modelo pré-fabricado, principalmente em baixas concentrações de materiais gordurosos. Verificou-se que o formato prismático e as chicanas proporcionaram maior tempo de detenção e melhor eficiência na retenção desses materiais, com menor concentração de óleo em sua mistura efluente. Para uma concentração inicial de 150 g/L e TDH de 8,3 min, enquanto a caixa de gordura pré-fabricada apresentou efluente com concentração de $106,3 \pm 8,4$ g/L, o protótipo com chicanas elaborado pelos autores apresentou efluente com concentração de $12,9 \pm 6,3$ g/L.

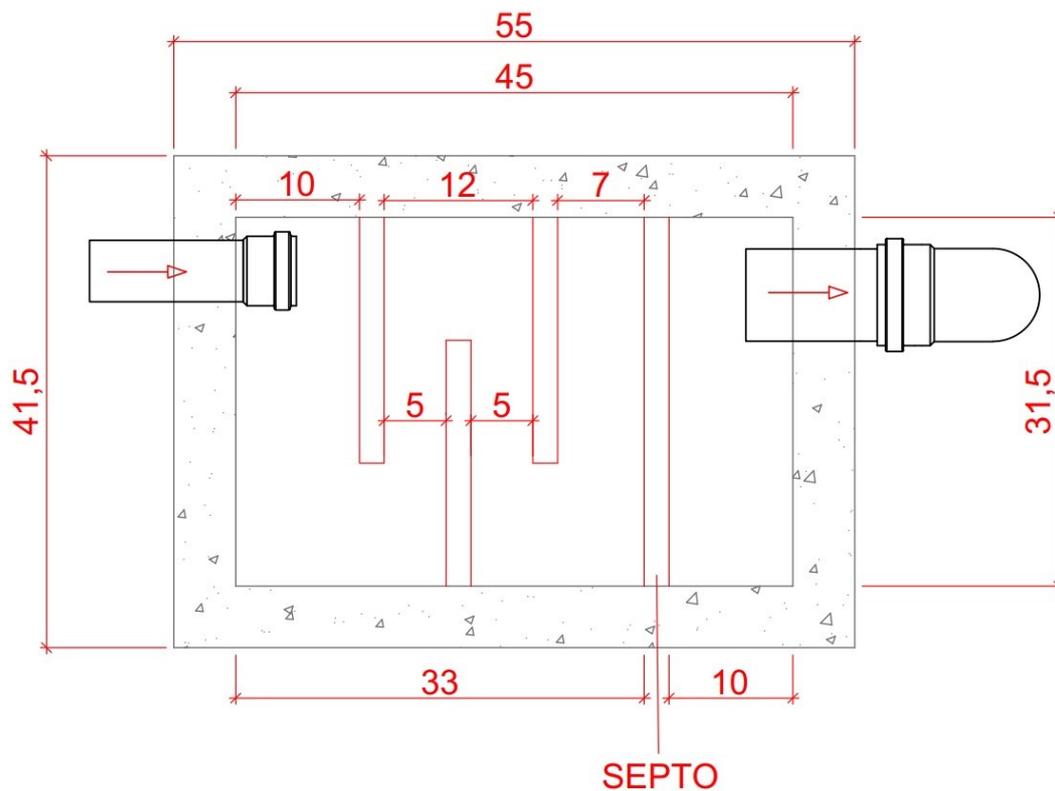
3 METODOLOGIA

Neste trabalho foi desenvolvido um protótipo de caixa de gordura prismática com chicanas (PCG). Esse protótipo foi utilizado para realização de ensaios cujas análises da eficiência e do TDH são seus objetivos. As etapas, atividades e metodologias utilizadas estão descritas a seguir.

3.1 PROTÓTIPO DE CAIXA DE GORDURA

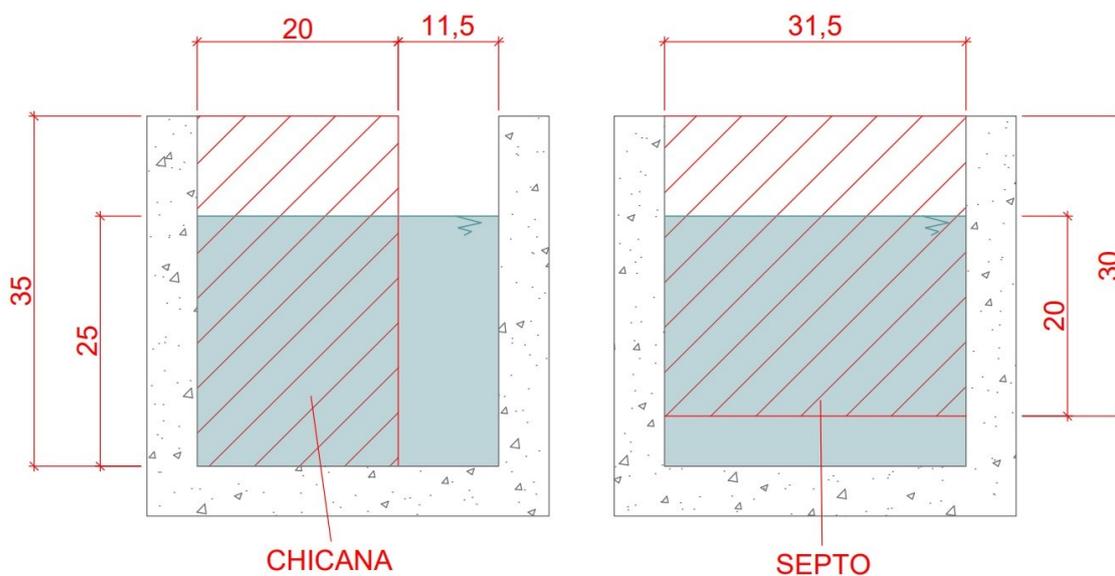
Para fins comparativos, o protótipo desenvolvido foi dimensionado com base no volume da caixa de gordura simples da NBR 8160 (ABNT, 1999), com capacidade de retenção de 31 Litros. Considerado o volume ideal de utilização de $2/3$ do volume total (SOUZA, 2003), o volume interno da caixa ficou estabelecido em 48 litros, com as seguintes dimensões internas: 35 cm de altura, 31,5 cm de largura e 45 cm de comprimento. A altura útil, que define o volume máximo de retenção, foi de 25 cm. O protótipo foi desenvolvido com formato prismático, contrariamente à definição normativa para caixas de gordura simples, a fim de se obter melhores resultados. Abaixo, figuras do croqui elaborado para execução do PCG (figuras 8, 9 e 10):

Figura 8 – Croqui da caixa de gordura desenvolvida



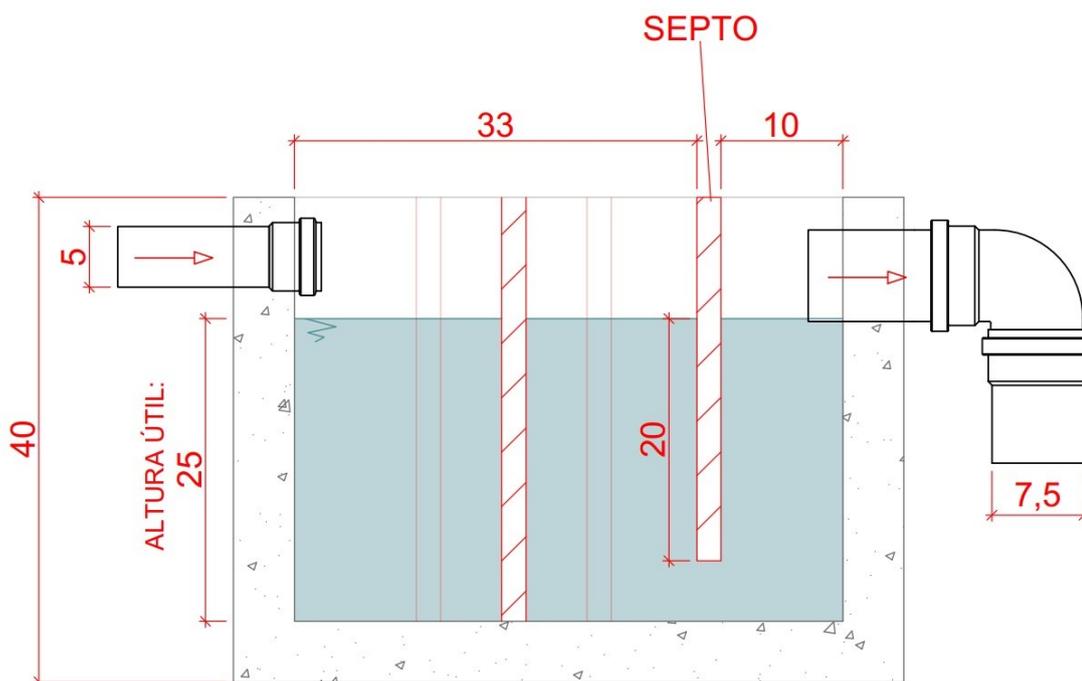
Fonte: os Autores (2021).

Figura 9 - Detalhes internos da caixa de gordura desenvolvida



Fonte: os Autores (2021).

Figura 10 – Corte esquemático com detalhes da caixa de gordura desenvolvida



Fonte: os Autores (2021).

O diâmetro da tubulação de entrada foi definido em 50 mm, diâmetro mínimo para ramais de cozinha pelos parâmetros da NBR 8160 (ABNT, 1999). Já o diâmetro da saída dos efluentes, também seguiu os critérios da referida norma, que indica diâmetro de 75 mm para saídas de caixas de gordura simples.

O protótipo foi construído em concreto armado, como uma peça pré-fabricada de concreto. Esse material foi escolhido em função da sua resistência e comportamento frente à água. Ainda, considerou-se o fato de que este material pode ser utilizado para efetiva construção de caixas de gordura funcionais. Para a concretagem, utilizou-se matéria-prima ensacada e betoneira de 320 L para a mistura do concreto. As tubulações de entrada e saída e conexões utilizadas são de PVC próprio para esgoto. Abaixo encontram-se imagens capturadas durante a execução e do protótipo finalizado:

Imagem 1 - Chapas de compensado 18 mm cortadas para montagem da forma do PCG



Fonte: os Autores (2021).

Imagem 2 - Formas das faces interna e externa montadas



Fonte: os Autores (2021).

Imagem 3 - Montagem da armadura do PCG e adição de espaçadores



Fonte: os Autores (2021).

Imagem 4 - Montagem final da forma com armaduras e espaçadores para concretagem



Fonte: os Autores (2021).

Imagem 5 - Forma de madeira finalizada do PCG



Fonte: os Autores (2021).

Imagem 6 - Concretagem do PCG



Fonte: os Autores (2021).

Imagem 7 - PCG após a retirada das formas



Fonte: os Autores (2021).

Na região interna da caixa foram instaladas três chicanas fixas em madeira compensada plastificada de 18 mm e travadas com auxílio de silicone e tábuas de madeira. Esses materiais foram utilizados com objetivo de facilitar a sua construção e fixação. Tais barreiras internas são retangulares com 35 cm de altura e base de 20 cm, conforme indicado no croqui anteriormente apresentado. O espaçamento entre as chicanas fixadas foi de 5 cm. Na imagem 8 é possível observar como estes itens foram instalados.

Imagem 8 - Instalação das chicanas



Fonte: os Autores (2021).

Também foi instalado o septo em madeira compensada plastificada 18 mm e travamento semelhante ao das chicanas. O septo possui 30 cm de altura e 31,5 cm de largura e foi instalado conforme o croqui apresentado anteriormente. Na imagem 9 é possível observar a caixa finalizada para os ensaios e com as chicanas e septo instalados.

Imagem 9 - PCG finalizado e com chicanas e septo instalados



Fonte: os Autores (2021).

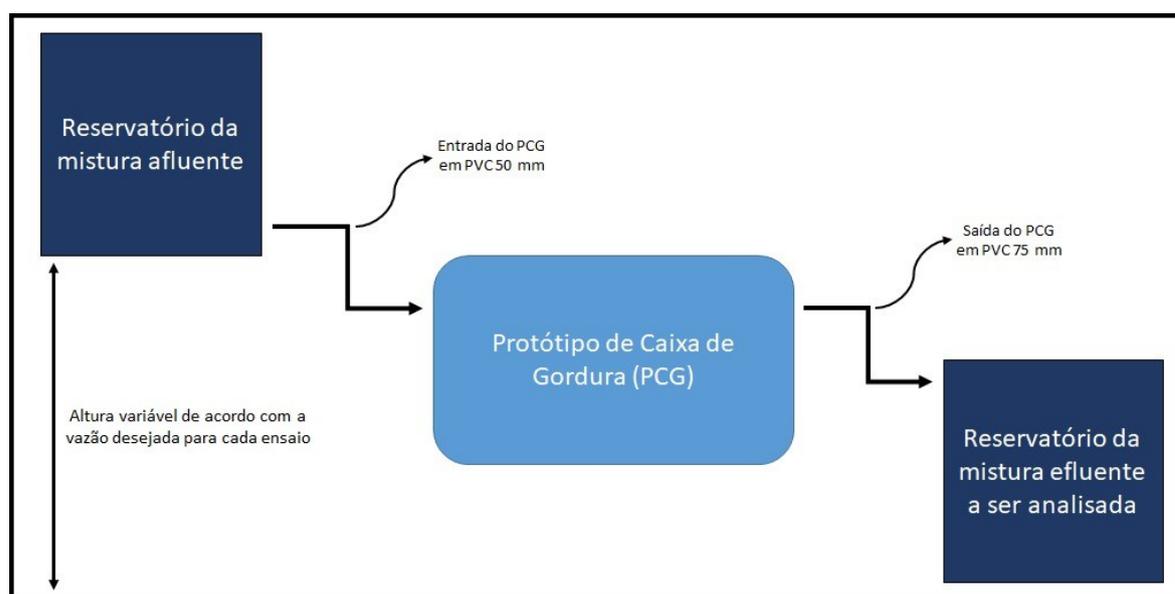
3.2 MISTURA AFLUENTE

Foi utilizada mistura artificial para simular efluentes de uma cozinha comum. Este material foi composto pela associação de água potável e óleo de soja alimentício comum na concentração de 150 g/L. Na constituição da mistura foram utilizados recipientes graduados e balanças de precisão. O volume planejado para utilização em cada ensaio foi de 101 litros, sendo 31 litros para abastecimento da caixa (inicialmente vazia), 10 litros para passagem completa do ciclo e posterior coleta de amostras e 60 litros remanescentes no reservatório de afluentes, visando manter o mesmo nível da mistura aproximadamente constante por todo o período de ensaio e, conseqüentemente, vazão aproximadamente constante.

3.3 ENSAIOS

Para a realização dos testes foi montada uma bancada de ensaio com tanque de armazenamento de afluente, o PCG no centro e recipiente de armazenamento do efluente. O primeiro é o reservatório alimentador do sistema, que reservava a mistura de água e óleo a ser utilizada no ensaio. Este reservatório alimentou o PCG com a mistura constantemente agitada que simula o esgoto de cozinha. A mistura, após percorrer o protótipo, flui para o último reservatório, que armazenou o efluente até que fosse novamente agitada para a coleta das amostras que foram utilizadas nas análises finais. A figura 11 abaixo ilustra o esquema da bancada montada para realização dos ensaios:

Figura 11 - Esquema da bancada utilizada para execução dos ensaios



Fonte: os Autores (2021).

A imagem 10 mostra como ficou a montagem da bancada montada para realização dos ensaios:

Imagem 10 - Bancada utilizada para execução dos ensaios



Fonte: os Autores (2021).

3.3.1 Ensaios com Variação das Vazões

Os ensaios com vazões diferentes visaram estabelecer diferentes tempos de detenção hidráulica (TDH) nas caixas para verificar a relação entre essa variável e a eficiência na retenção de óleos e gorduras. Para tanto, foram realizados diferentes testes com diferentes vazões controladas a fim de se verificar a influência dos diferentes TDH. Foram despejados os 41 litros da mistura no PCG, que inicialmente estava vazio.

Foram realizados três ensaios com vazões de entrada diferentes, instauradas pela variação da altura do tanque de armazenamento de afluente em relação ao PCG. Para estimar a vazão média e o TDH de cada ensaio, inicialmente foram medidas vazões em dois níveis com 5 cm de diferença entre si no primeiro tanque, conforme marcações ilustradas na imagem 11. Para obter essas vazões foi utilizado o método volumétrico, com auxílio de cronômetro e recipiente graduado.

Imagem 11 - Tambor utilizado para execução dos ensaios. Representação das marcações utilizadas para controle do nível de mistura afluyente



Fonte: os Autores (2021).

Durante a execução dos ensaios, o nível de mistura no tanque de armazenamento de afluyente foi mantido entre as duas marcações ilustradas acima. Visando menor variância da vazão, foi considerada a vazão média calculada entre aqueles dois níveis. Para obtenção destas vazões médias ($Q_{méd}$), foi utilizada a equação (3):

$$Q_{méd} = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (3)$$

Sendo:

$Q_{méd}$: média das vazões medidas (L/min);

Q_1 : vazão medida no nível superior do intervalo (L/min);

Q_2 : vazão medida no nível inferior do intervalo (L/min).

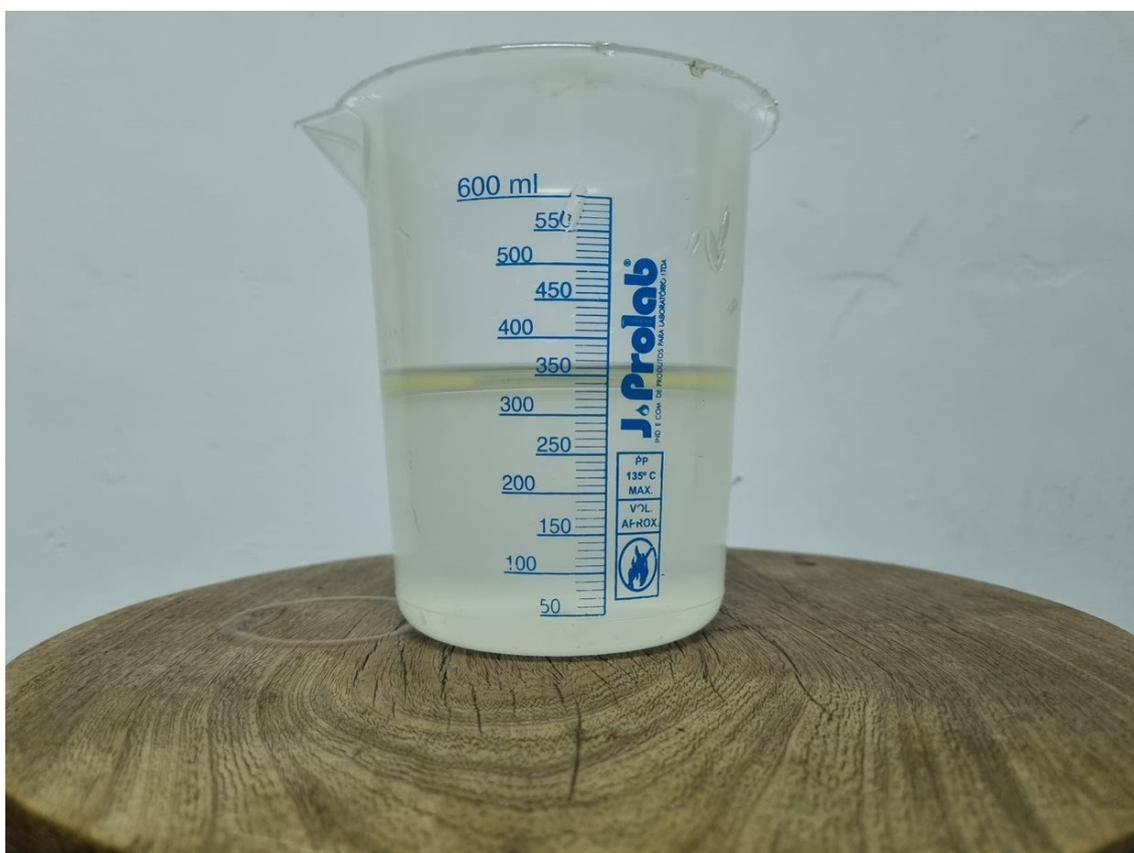
As vazões médias ($Q_{méd}$) utilizadas para cada um dos ensaios foram de: 7,7; 4,1 e 2,6 L/min. Para obtenção dos TDHs, foi utilizada a equação (2), apresentada anteriormente, alcançando-se tempos de: 4,0, 7,6 e 11,8 minutos, respectivamente.

3.4 ANÁLISE DA AMOSTRA EFLUENTE

Após a execução de cada ensaio, foram recolhidas e analisadas três amostras do efluente coletado. Antes da obtenção de cada amostra, o efluente foi novamente agitado para que houvesse uniformidade da mistura e maior confiabilidade da apuração dos resultados.

Para tal, foram coletadas amostras por meio de um Becker graduado e deixou-se a mistura repousando para que o óleo se separasse da água por diferença de densidade, conforme ilustrado na imagem 12:

Imagem 12 - Becker utilizado na coleta e decantação das amostras ensaiadas



Fonte: os Autores (2021).

Após o descanso da mistura por cerca de 30 minutos, extraiu-se todo o óleo em sua superfície por meio de uma seringa, a qual foi posteriormente pesada para obtenção da massa de óleo na amostra analisada, situação ilustrada na imagem 13:

Imagem 13 - Seringa utilizada na extração do óleo na superfície da mistura para posterior pesagem



Fonte: os Autores (2021).

Desta massa de óleo obtida para cada amostra analisada foi possível verificar a concentração de óleo existente no efluente do PCG e conseqüentemente a eficiência do sistema para cada um dos TDHs ensaiados.

Para verificação concentração do óleo na mistura efluente foi utilizada a seguinte equação (4):

$$C = \frac{m_o}{V_e} \quad (4)$$

Sendo:

C: concentração de óleo no efluente ensaiado (g/L);

m_o : massa do óleo extraído da mistura com a seringa (g);

V_e : volume de efluente sendo ensaiado (L).

Já para verificação da eficiência (percentual de retenção de gorduras) em cada um dos ensaios realizados foi utilizada a equação (5), a seguir:

$$E = 100 * \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} \quad (4)$$

Sendo:

E: Eficiência de retenção de gorduras (%);

C_1 : Concentração de óleo no aflúente (g/L);

C_2 : Concentração de óleo no efluente (g/L).

Essas concentrações possibilitaram a análise comparativa entre os resultados obtidos para cada um dos TDHs ensaiados a fim de verificar a relação entre o tempo de detenção hidráulica e a eficiência do sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio do protótipo de caixa de gordura dimensionado e construído foram realizadas três baterias de ensaios visando atingir o objetivo do trabalho: verificar a influência do TDH na eficiência de retenção de óleos e graxas do protótipo. Os ensaios foram realizados por meio da bancada de testes e mistura afluyente conforme descrito anteriormente.

Ainda durante a realização dos testes foi possível observar visualmente a diferença entre as concentrações iniciais e finais no interior do PCG. Em todos os ensaios o fluido antes do septo era amarelado escuro, turvo e muito similar ao aspecto do afluyente no primeiro tanque. Já o aspecto da mistura após o septo era visualmente mais claro e translucido, conforme pode ser observado na imagem 14:

Imagem 14 - Visualização da mistura no interior da caixa de gordura

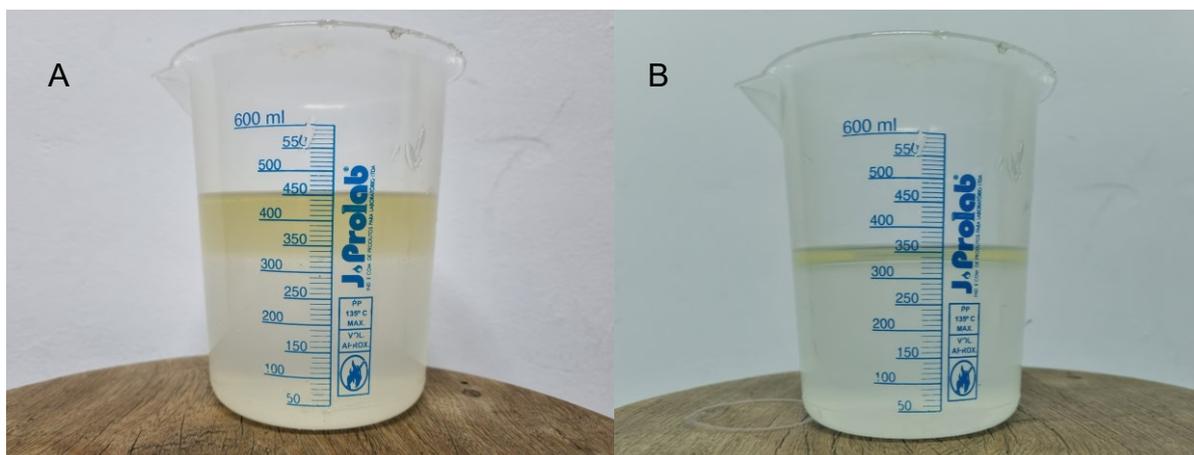


Fonte: os Autores (2021).

Também pode ser percebida diferença entre o aspecto dos tanques de armazenamento de afluyente e efluyente. Portanto, uma análise visual das amostras

retiradas de ambos os tanques também manifestava a menor concentração de óleo na saída do protótipo. Essa diferença é claramente perceptível nas imagens 15 (A) e 15 (B) abaixo:

Imagem 15 – (A) Visualização da amostra de afluente. (B) Visualização da amostra de efluente



Fonte: os Autores (2021).

Para obtenção das concentrações nos efluentes de cada um dos testes realizados foram coletadas amostras para serem ensaiadas. Nestes experimentos, volumes conhecidos de cada mistura foram coletados e colocados em repouso para que o óleo e a água se separassem. Posteriormente, o óleo na superfície do Becker foi extraído com uma seringa e pesado.

A partir das medidas da massa de óleo e do volume da amostra ensaiada, utilizou-se a equação (4) para cálculo da concentração de óleo na mistura efluente. A tabela 3 abaixo apresenta os resultados obtidos para cada TDH ensaiado:

Tabela 3 – Concentração da mistura efluente

Ensaio	Vazão Média (L/min)	Volume de amostra analisada (L)	Peso de óleo extraído da amostra (g)	Concentração da mistura efluente (g/L)
1	7,7	0,370	20	54,1
2	4,1	0,370	9	24,3
3	2,6	0,350	6	16,2

Fonte: os Autores (2021).

As vazões médias, TDHs, concentrações do afluente, concentrações das mostras coletadas do efluente e os respectivos resultados obtidos para cada ensaio foram compilados por meio da tabela 4:

Tabela 4 - Dados e resultados obtidos

Ensaio	Vazão Média (L/min)	TDH (min)	Concentração da mistura afluente (g/L)	Concentração da mistura efluente (g/L)	Eficiência do PCG (%)
1	7,7	4,0	150	54,1	64,0
2	4,1	7,6	150	24,3	83,8
3	2,6	11,8	150	16,2	89,2

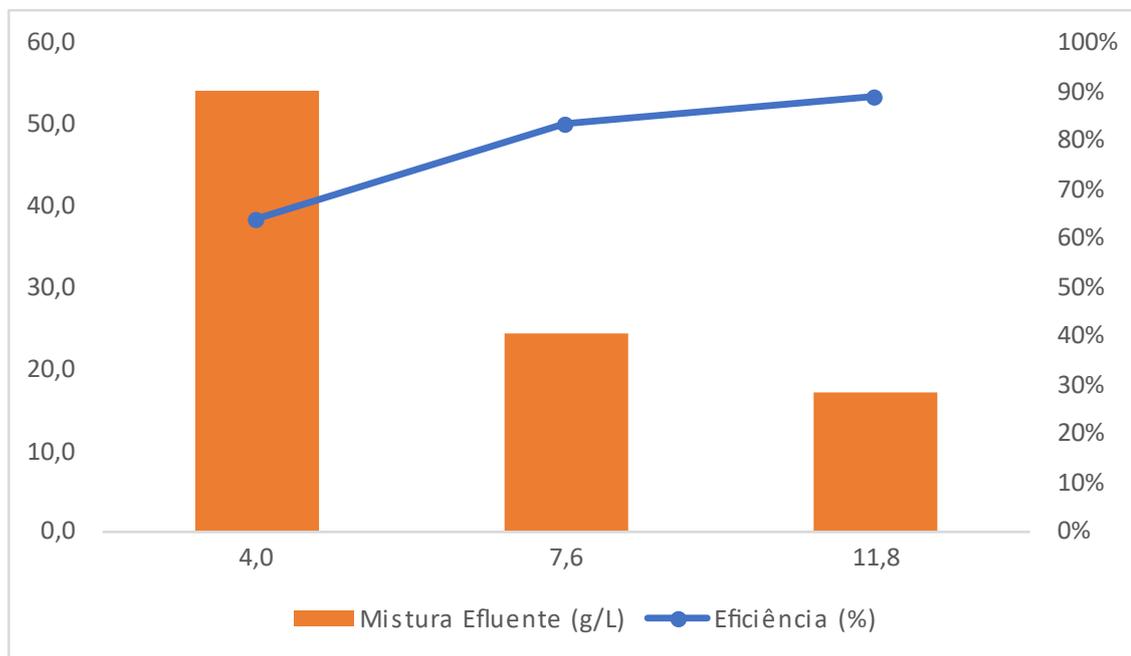
Fonte: os Autores (2021).

Analisando os resultados obtidos em cada um dos testes é possível observar a variabilidade dos valores da concentração final principalmente em função do TDH analisado em cada ensaio. O ensaio com o TDH mais baixo gerou efluente com concentração de 54,1 g/L. Conquanto, no ensaio com o TDH de 11,8 min (mais elevado) foi alcançada concentração de óleo do efluente de 16,2 g/L. A diferença entre as concentrações de óleo nos ensaios com o maior e o menor TDH ficou em aproximadamente 70%. Consequentemente, a eficiência do protótipo também teve variação considerável entre os ensaios. No teste com TDH de 4,0 min, a eficiência da remoção de óleos e graxas foi de 64,0%. Já no ensaio com o maior TDH, a eficiência do PCG obtida foi de 89,2%.

Considerando a eficiência da retenção de material graxo no ensaio com TDH intermediário de 7,6 min, é possível estimar que a variação dessa eficiência apresenta comportamento não-linear, o que também se verificou em análise gráfica posterior. A eficiência da remoção nesse ensaio foi de 83,8%, ou seja, 19,8 pontos percentuais maior que no ensaio 1, de menor TDH, mas somente de 5,4 pontos percentuais menor que a eficiência do ensaio 3, de maior tempo de detenção.

Na figura 12 estão representados os valores das concentrações dos efluentes e das eficiências para cada TDH analisado:

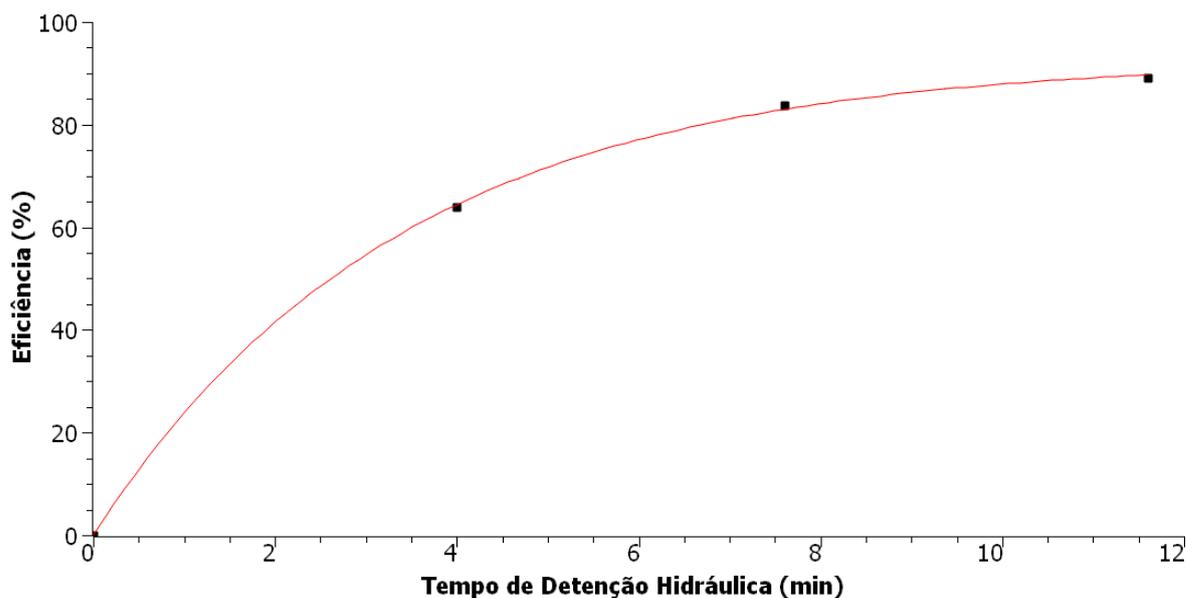
Figura 12 - Gráfico da concentração de óleo nas misturas efluente e eficiência do sistema para cada TDH ensaiado



Fonte: os Autores (2021).

Para possibilitar a avaliação mais precisa da influência do TDH na eficiência da retenção de óleos e graxas foi utilizado o *software* de análise estatística SciDAVis. Foi utilizada a ferramenta de regressão não-linear desse utilitário para obter a curva que melhor representa a relação observada entre os ensaios. A curva está na figura 13:

Figura 13 - Curva não linear gerada pelo software SciDAVis



Fonte: os Autores (2021).

Por meio da curva é possível observar a relação exponencial entre o TDH e a Eficiência da retenção. A equação (6) apurada pelo software para essa relação foi:

$$E = 92,64715 - 92,69683 \times e^{\frac{-TDH}{3,36588}} \quad (6)$$

Sendo:

E = Eficiência do protótipo (%);

TDH = Tempo de detenção hidráulica (min).

A curva e a equação apresentadas são válidas até o maior TDH ensaiado (11,8 minutos) e são baseadas na análise não-linear dos dados experimentais apresentados na tabela 4. O coeficiente de determinação (R^2) da curva é de 0,99978.

Com estas informações, concluiu-se que, a partir de um tempo de detenção próximo de 10 minutos, não são mais encontrados grandes benefícios ao se aumentar o TDH, sendo este um “valor ótimo” para o PCG projetado e construído. A partir deste tempo, o crescimento da eficiência se torna inferior a 1 ponto percentual para cada minuto de acréscimo no TDH.

Tal valor contrasta com as referências analisadas. A American Society of Plumbing Engineers (1986, apud Gnipper, 2008) indica 5 minutos como tempo ideal

para a permanência do afluyente no interior das caixas de gordura. Já Jordão e Pessôa (2011) especificaram tempo de detenção hidráulica de 1 a 3 minutos como ideal para retenção eficiente. Como pode ser constatado na figura 13, os TDHs apresentados por estas referências ainda se encontram em trecho da curva com crescimento de eficiência acentuado.

Verificou-se que, mesmo para o menor TDH ensaiado (4,0 minutos), a concentração de óleo na mistura efluente foi de 54,1 g/L, frente a concentração de 106,3 g/L para a caixa de gordura pré-fabricada ensaiada por lenke e Schwab (2016) com a mesma concentração inicial (150 g/L). Deste valor, conclui-se que a eficiência da caixa de gordura pré-fabricada naquele estudo foi, portanto, próxima de 29,1%. Ou seja, muito inferior ao pior desempenho obtido pelo presente estudo, de 64,0%. Empregando a equação 6 para o TDH utilizado nos ensaios de lenke e Schwab (8,3 min), é possível estimar que o protótipo de caixa de gordura construído apresentaria eficiência de 84,7%, sendo expressivamente superior ao valor obtido para a caixa de gordura pré-fabricada ensaiada por aqueles autores.

Ainda, conforme apresentado por Gnipper (2008), as caixas de gordura cilíndricas de dimensões indicadas na NBR 8160 (ABNT, 1999) não proporcionam características ideais para garantir a eficiência da flotação e, portanto, a eficiência destes equipamentos. É reiterada a afirmação do autor sobre a necessidade de revisão dos critérios para adequação à eficiência mínima desejada das caixas de gordura.

5 CONCLUSÃO

Da construção do protótipo, metodologia aplicada, ensaios executados e resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho foram obtidas diversas informações as quais podem levar a diversas conclusões sobre eficiência de caixas de gordura.

Dos resultados de cada ensaio, foram estudadas as concentrações nas misturas efluentes para verificar a relação entre a vazão de mistura que entrava no PCG e a eficiência deste protótipo. Desses ensaios obteve-se a diferença de 37,8 g/L entre o maior e menor TDH analisado, o que demonstra a forte influência dessa variável na eficiência de caixas de gordura.

Pode-se analisar a relação entre o TDH ensaiado e a eficiência do sistema montado. Desta análise, verificou-se a relação exponencial entre as duas variáveis, onde inicialmente pequenos crescimentos de tempo de detenção implicam em maiores crescimentos de eficiência versus menor variação de eficiência para variações em maiores TDHs.

Ainda, obteve-se a equação 6, que possibilita obtenção de eficiências teóricas em função do TDH, para o intervalo ensaiado neste trabalho. Esta equação tem como base os valores obtidos nos ensaios realizados e apresenta uma forte representatividade da relação entre o tempo de detenção ensaiado e a eficiência da caixa, tendo em vista seu elevado coeficiente de determinação. Dela pode ser extraído o tempo ótimo de TDH para o protótipo ensaiado.

A partir da comparação com a caixa de gordura padrão comercial analisada por Lenke e Schwab (2016) é possível afirmar que a eficiência da mesma é severamente insatisfatória. Por estar conforme os padrões e definições da NBR 8160 (ABNT, 1999) pode-se atribuir esse resultado negativo aos padrões apresentados na referida norma, que prejudica o funcionamento e a gestão das redes de coleta e tratamento de esgoto.

Para avanço destes estudos em trabalhos futuros sugerem-se as seguintes análises:

- Estudo da influência da variação da geometria interna de caixas de gordura (por meio da alteração de quantidades e posicionamento de chicanas) na eficiência na retenção de óleos e gorduras;

- Estudos com caixas de gordura produzidas em diferentes materiais para avaliar sua influência na eficiência e durabilidade das caixas de gordura;
- Estudos com utilização de efluentes de cozinhas reais para avaliar o desempenho de protótipos de caixas de gordura em situações mais aproximadas do real funcionamento destes equipamentos;
- Estudos com posicionamento alternado horizontal de chicanas, provocando fluxo ascendente e descendente da mistura a ser separada, visando avaliar sua influência na retenção de óleos e gorduras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução. Rio de Janeiro (RJ), 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - procedimento. Rio de Janeiro (RJ), 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro (RJ), 1986.

BLACK, H. F. **Sistema de separação de água e óleo**: reajuste de caixa separadora. 2016. 18 p. Artigo (Conclusão de Estágio) – Centro de Educação Profissional, Centro Universitário CEP/UNIVATES. Lajeado (RS), 2016. Disponível em: <https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/Henrique_Black.pdf>. Acesso em: 01 out. 2020.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm>. Acesso em: 22 ago. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 13 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

CAMARGO, S. A. R. **Filtro Anaeróbio com enchimento de bambu para tratamento de esgotos sanitários**: avaliação da partida e operação. 2000. 168 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas (SP), 2000. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258317>>. Acesso em: 26 set. 2020.

CURITIBA. **Lei nº 11.095, de 21 de julho de 2004**. Dispõe sobre as normas que regulam a aprovação de projetos, o licenciamento de obras e atividades, a execução, manutenção e conservação de obras no município. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/nefpa>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

CURITIBA. **Lei nº 13.634, de 5 de novembro de 2010**. Acresce o § 3º ao art. 144 da Lei 11.095, de 21 de julho de 2004. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/ndpah4>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

CURITIBA. **Lei nº 699/53**. Dispõe sobre o código de posturas e obras do município de Curitiba. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/imdpb>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

DELATORRE JUNIOR, I; MORITA, D. M. Avaliação da eficácia dos critérios de recebimento de efluentes não domésticos em sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários em São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro (RJ), v. 12, n. 1, p. 62-70, jan./mar. 2007. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/esa/v12n1/a08v12n1.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2020.

DIELLE, E. F. **Estudo da nova norma brasileira de projeto de estação de tratamento de esgotos – NBR 12.209/2011**. 2014. Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2014. Disponível em: < <https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-Eduardo-FINAL.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2020.

FONSECA, R. R. **Monitoramento e controle avançado aplicados à flotação por ar dissolvido**. 2017. 159 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas. Campinas (SP), 2017. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/322486/1/Fonseca_RodolphoRodrigues_D.pdf>. Acesso em: 01 out. 2020.

FREITAS, E; MULLER, G. L; LIMA, R. B. **Eficiência de caixas separadoras de gordura utilizando efluentes industriais**. 2014, 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014. Disponível em: < http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3148/1/CT_EPC_2014_1_01.PDF >. Acesso em: 23 ago. 2020.

GASPERI, R. L. P. **Caracterização de resíduos de caixas de gordura e avaliação da flotação como alternativa para o pré-tratamento**. 2012. 97 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012. Disponível em: < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-12062013-145456/en.php> >. Acesso em: 22 ago. 2020.

GNIPPER, S. F. Avaliação da eficiência das caixas retentoras de gordura prescritas pela NBR 8160:1999 como tanques de flotação natural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre (RS), v. 8, n. 2, p. 119-132, abr./jun. 2008. Disponível em: < <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5362/3287>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

IENKE, E. F; SCHWAB, G. S. D. V. S. **Análise comparativa entre protótipo de caixa de gordura e caixa de gordura pré-fabricada comercial**. 2016. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016. Disponível em: < <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9132>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM ETES SUSTENTÁVEIS. Principais métodos de tratamento de esgoto. **Notícias INCT ETES Sustentáveis**, 2019. Disponível em: <<https://etes-sustentaveis.org/metodos-tratamento-de-esgoto/>>. Acesso em: 26 set. 2020.

JORDÃO, E. P; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro (RJ): Abes, 2011.

JUNQUEIRA, W. B. C; CAMPOS, C. M. M; FIA, R; FIA, F. R. L; AMORIM, F. Estudos hidrodinâmicos do escoamento em caixa de gordura empregada no tratamento preliminar dos efluentes de cozinha industrial. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro (RJ), v. 22, n. 5, p. 911-919, set./out. 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/esa/v22n5/1809-4457-esa-22-05-00911.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2020.

LOPES, T. R. **Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbio e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes**. 2015. 123 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1285/1/MD_PPGTAMB_M_Lopes%2C%20Thiara%20Reis_2015.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2020.

MARTINELLI, L. A; SILVA, A. M; CAMARGO, P. B; MORETTI, L. R; TOMAZELLI, A. C; SILVA, D. M. L; FISCHER, E. G; SONODA, K. C; SOLOMÃO, M. S. B. Levantamento das cargas orgânicas lançadas nos rios do estado de São Paulo. **Biota Neotrópica**, Campinas (SP), v. 2, n. 2, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/bn/v2n2/a06v2n2.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2020.

METCALF, L; EDDY, H. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4. ed. International edition. Mc Graw Hill, 2004.

ORSSATTO, F; HERMES, E; VILAS BOAS, M. A. Eficiência de remoção de óleos e graxas de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel - Paraná. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal (SP), v. 7, n. 4, p. 249-256, out./dez. 2010. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=1357&article=572&mode=pdf>>. Acesso em: 02 out. 2020.

SANEPAR. Lei obriga a instalação de caixa de gordura. **Sanepar**, 2013. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/noticias/lei-obriga-instalacao-da-caixa-de-gordura#:~:text=As%20caixas%20de%20gordura%20devem,de%20vidro%2C%20concreto%20ou%20alvenaria>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

SANTOS. **Lei Complementar nº 220, de 10 de junho de 1996**. Institui a obrigatoriedade de limpeza e esgotamento das caixas coletoras de gordura, fossas

sépticas e filtros anaeróbicos no Município de Santos, e dá outras providências. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/ilexw>>. Acesso em 27 set. 2020.

SOUZA, C. L. **Estudo quantitativo e qualitativo de espuma acumulada e, reatores UASB tratando esgotos domésticos**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ENGD-6UYJ75>>. Acesso em: 26 set. 2020.

SOUZA, M. A. **Desemulificação e purificação de resíduos gordurosos provenientes de esgotos domésticos**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2003. Disponível em: <https://btdt.ibict.br/vufind/Record/FURB_0f512b44a57dd420e72bd86264fb80ce>. Acesso em: 27 set. 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Controlling Fats, Oils, and Grease Discharges from Food Service Establishments**. EPA-833-F-12-003, Office of Water, Washington, Estados Unidos da América 2007. Disponível em: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/pretreatment_foodservice_fs.pdf>. Acesso em: 26 set. 2020. Acesso em: 26 set. 2020.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte (MG): Editora UFMG, 1996.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 4. ed. Belo Horizonte (MG): Editora UFMG, 2016.

WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION (WEF). **Industrial Wastewater Management, Treatment, and Disposal**: WEF Manual of Practice No. FD-3. 3. ed. Alexandria, Virginia, Estados Unidos da América: Mc Graw Hill, 2008.