



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA CAMPUS
BALSAS - MA

HERMON DE SOUSA LIMA

**PROPOSTA DE TRATAMENTO PRELIMINAR E PRIMÁRIO PARA
LAVA-JATO DA CIDADE DE BALSAS - MA**

Balsas-MA,
2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CAMPUS BALSAS - MA

HERMON DE SOUSA LIMA

**PROPOSTA DE TRATAMENTO PRELIMINAR E PRIMÁRIO PARA
LAVA-JATO DA CIDADE DE BALSAS - MA**

Trabalho de Contextualização e Integração Curricular II apresentado ao Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof^ª. Me. Ana Paula de Melo e Silva Vaz

Balsas-MA,
2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

de Sousa Lima, Hermon.

Proposta de tratamento preliminar e primário para
lava-jato da cidade de Balsas - MA / Hermon de Sousa Lima.
- 2019.

50 f.

Orientador(a): Ana Paula de Melo e Silva Vaz.

Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do
Maranhão, Balsas - MA, 2019.

1. Água. 2. Lava-jato. 3. Tratamento de efluente. I.
de Melo e Silva Vaz, Ana Paula. II. Título.

HERMON DE SOUSA LIMA

**PROPOSTA DE TRATAMENTO PRELIMINAR E PRIMÁRIO PARA LAVA-JATO
DA CIDADE DE BALSAS - MA**

Trabalho de Contextualização e Integração Curricular apresentado ao Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Aprovada em 09 de janeiro de 2019

Banca Examinadora

Profa. Me. Ana Paula de Melo e Silva Vaz
Universidade Federal do Maranhão
Orientadora

Profa. Me. Débora Batista Pinheiro Sousa
Universidade Federal do Maranhão
1ª Avaliadora

Prof. Me. Daniel Silva Jaques
Universidade Federal do Maranhão
2º Avaliador

A Filomena das Graças Sousa Santos, minha família e meus amigos pelo apoio e incentivo para vencer as dificuldades, que em nenhum momento me deixaram desanimar e perder o foco dos meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida, pelo fortalecimento nos momentos que pensei em desistir e por me encorajar através da fé, me fazendo acreditar que a vida vale a pena ser vivida e que para todos os momentos há um propósito nos planos do Senhor.

A minha avó, Filomena das Graças Sousa Santos, pelas doses diárias de coragem, ânimo pelo incentivo a buscar o conhecimento, uma formação e um futuro melhor, pelas lições de humildade e sabedoria, professor melhor não há, obrigado.

A minha incrível professora Ana Paula de Melo e Silva Vaz, seus ensinamentos vão além da sala de aula, não tenho palavras para descrever a pessoa maravilhosa que você é obrigado, pelo incentivo a buscar novos horizontes, por me “dá asas e mostrar o mundo”, pelo bom humor em todos os momentos que me recebeu, você é uma amiga sem igual.

A minha professora, Giselia Brito dos Santos por me receber sempre com o mesmo entusiasmo, por auxiliar neste processo de aprendizagem e formação, pelas cobranças e por utilizar do seu precioso tempo.

As minhas amigas, Maria Teresa Arrais Soares Nunes, Layla Karolyne Dourado Stragliotto, obrigado pela amizade, pelo companheirismo, por me acolherem e terem se tornado minha segunda família, a caminhada até aqui seria mais árdua se não estivessem do meu lado.

Ao meu amigo Gabriel Henrique Strasser Farias, obrigado pelo apoio, pelas palavras e encorajamento, pelas risadas diárias, o alívio cômico de todos os dias.

A Alex Silva Melo e Jadson Ferreira Machado, obrigado pelo apoio todos os dias e por torcerem por mim, pelo incentivo, pelas palavras de força, por não me deixarem desanimar nem desistir na caminhada até aqui, obrigado vocês foram essenciais.

A Janaílla Ribeiro Moura, por me animar mesmo passando pelos mesmos acontecimentos, pelos muitos minutos de descontração e pelo companheirismo na UFMA, obrigado pelo incentivo e apoio.

Aos meus familiares e amigos, que de alguma forma contribuíram, com uma palavra de apoio, com um ombro amigo, obrigado a todos.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar.

RESUMO

Conciliar o uso da água com a sua manutenção e tratamento diante do grande aumento populacional, vem sendo cada vez mais difícil e se tornou um problema de urgência para a sociedade, devido à má distribuição da água e mau uso. O presente trabalho propõe a implantação de uma estação de tratamento primário e preliminar, para separação de sólidos grosseiros e partículas similares a partículas de areia, seguido do tratamento do efluente, com uso de um sistema contendo grade simples, caixa de areia, separador de óleos e graxas e vertedor para o lava-jato na cidade de Balsas. Visando reunir informações relevantes para a implantação do sistema de tratamento, realizou-se pesquisas utilizando livros, artigos científicos, notas técnicas, dissertações e teses. Para a resolução dos cálculos foram utilizados dimensionamento da grade, área útil da seção transversal da grade, dimensionamento do separador API, utilização de vertedores do tipo triangular para medição de vazão, seguindo as especificações das normas técnicas de acordo com a vazão e características do efluente. Constatou-se após resolução das equações que para máxima eficiência da estação do sistema de tratamento preliminar deve-se adotar o medidor triangular e caixa separadora API, considerando o tamanho das partículas de sedimentos em função do tipo de efluente no lava-jato ser predominantemente água e óleo. A implantação do sistema se faz necessária, já que não há nenhum estabelecimento do mesmo tipo na cidade, que adote alguma medida de sistema de pré-tratamento e destinação adequada do efluente. A implantação nas dependências da prefeitura municipal poderá servir como experiência para solicitar que os demais empreendimentos similares também o faça, além de haver a possibilidade de posterior incremento do sistema para que a água possa ser reutilizada na lavagem.

Palavras-chaves: Tratamento de efluente. Lava jato. Água.

ABSTRACT

R Reconciling water use with its maintenance and treatment in the face of a large population increase has become increasingly difficult and has become a pressing problem for society due to poor water distribution and misuse. The present work proposes the implantation of a primary and preliminary treatment station for the separation of coarse solids and particles similar to sand particles, followed by treatment of the effluent, using a system containing simple grating, sandbox, oil separator and grease and pourer for the washer in the town of Balsas. Aiming to gather information relevant to the implementation of the treatment system, research was carried out using books, scientific articles, technical notes, dissertations and theses. In order to solve the calculations, we used grid sizing, useful grid cross-sectional area, API separator design, use of triangular type spillers for flow measurement, following technical specifications according to flow and effluent characteristics. Verified after solving the equations that for the maximum efficiency of the station of the preliminary treatment system should be adopted the triangular meter and separator box API, considering the size of the sediment particles as a function of the type of effluent in the washer to be predominantly water this is Leo. The implantation of the system is necessary, since there is no establishment of the same type in the city that adopts some measure of system of pretreatment and proper destination of the effluent. The implantation in the dependencies of the city hall can serve as an experience to request that the other similar enterprises also do it, besides the possibility of later increment of the system so that the water can be reused in the wash.

Keywords: Effluent treatment. Car wash. Water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Grade inclinada de limpeza manual	19
Figura 2: Esquema de uma grade inclinada	19
Figura 3: Barra de seções diferentes.	20
Figura 4: Calha Parshall.....	22
Figura 5: Separador API.....	26
Figura 6: Mapa da região de Balsas.....	28
Figura 7: Rampa de lavagem de veículos	29
Figura 8: vista frontal da rampa de lavagem.	29
Figura 9: Caixa d'água de abastecimento do lava-jato.....	30
Figura 10: Estacionamento de veículos no lava-jato.....	30
Figura 11: Planta alta da rampa do lava-jato.....	31
Figura 12: Planta de perfil da rampa do lava-jato.....	31
Figura 13: Esquema do sistema de tratamento preliminar e primário	43

LISTA DE ABREVIATÖES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

ANA – Agência Nacional de Águas;

API – *American Petroleum Institute*

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio;

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

NBR – Norma Brasileira;

OD – Oxigênio Dissolvido;

OMS – Organização Mundial da Saúde;

SAO – Separador de Água e Óleo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVO GERAL	12
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1	Uso de Recursos Hídricos.....	15
2.1.1	Abastecimento Humano	15
2.1.1.1	Abastecimento Industrial	16
2.2	Reuso da Água	17
2.3	Dimensionamento e tratamentos de efluentes de Lava jatos.....	17
2.3.1	Tratamento preliminar e primário.....	18
2.3.1.1	Grade Simples.....	18
2.3.1.2	Caixa de areia	20
2.3.1.3	Separador de óleos e graxas	21
2.3.1.4	Medidores de Vazão.....	21
2.3.2	Separadores de água e óleo	23
2.3.2.1	Separador API:.....	26
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.2	METODOLOGIA DA PESQUISA	31
3.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
3.3.1	Dimensionamento da Grade.....	32
3.3.2	Dimensionamento da Caixa de areia.....	34
3.3.3	Dimensionamento da Calha Parshall.....	37
3.3.4	Dimensionamento do separador API	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

“A água ocupa um lugar específico entre os recursos naturais. É a substância mais abundante no planeta, embora disponível em diferentes quantidades, em diferentes lugares. Possui papel fundamental no ambiente e na vida humana, e nada a substitui, pois sem ela a vida não pode existir” (DONADIO, 2005).

No entanto, um dos maiores desafios enfrentados mundialmente nos últimos anos, tem sido, tentar conciliar o crescente aumento populacional com a oferta e disposição de água de qualidade para a população, de forma que o seu uso não venha a afetar o meio ambiente e a disponibilidade desse recurso natural para a população no futuro.

“Apesar de todos os esforços para armazenar e diminuir o seu consumo, a água está se tornando, cada vez mais, um bem escasso, e sua qualidade se deteriora cada vez mais rápido” (FREITAS et al. 2001). Principalmente devido ao consumo desenfreado, por parte da população, conseqüentemente, o rejeito inadequado do efluente, que é descartado diretamente, muitas vezes em local inapropriado, sem nenhum tipo de tratamento prévio para reuso da água.

Segundo MACHADO, 2006, torna-se indispensável educar a população em torno da importância do uso racional de água, da necessidade de controle de perdas e desperdícios, além de adotar alternativas complementares, dentre as quais pode-se citar o reuso de água.

Para tanto, são necessárias técnicas para melhorar a qualidade dos efluentes permitindo assim a capacidade de reuso da água a partir do efluente líquido que normalmente seria descartado.

O gasto de água para a lavagem dos ônibus urbanos e rodoviários pode ser reduzido de forma expressiva se forem implementadas medidas, como sistemas de reuso e aproveitamento de água da chuva. Sabemos que encontrar meios para economizar esse recurso natural é fundamental em qualquer empreendimento que tenha o desenvolvimento sustentável como premissa de atuação.

Entretanto se faz necessário ainda mais, uma mudança de atitude por parte da população e conscientização bem como a adoção de medidas que visem mudar esse conceito a respeito do uso inadequado da água e a utilização da mesma após seu reuso, para as diversas atividades em geral, desde o seu uso prioritário até as demais utilidades que não levem em consideração sua alta qualidade.

No município de Balsas, a destinação de efluentes de diversos pontos emissores, se dá de maneira direta no meio ambiente sem nenhum tratamento prévio, ocasionando a contaminação do mesmo devido ao descarte imprudente por parte da população local.

1.1 JUSTIFICATIVA

A falta de um sistema de gestão ambiental acaba acarretando o lançamento de águas residuais sem tratamento nos cursos da água e também no solo. Isso acaba ocasionando elevação da DBO da água, diminuição nos valores de OD, alterações na temperatura, aumento do nível das concentrações de sólidos solúveis, e sólidos solúveis totais na água, bem como a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Tendo em vista que a garagem da Secretaria de infraestrutura do município de Balsas – MA, não possui tratamento e destinação adequada dos efluentes da rampa de lavagem de veículos, faz-se necessário a implantação de um sistema preliminar de tratamento de efluente para reuso da água em um lava-jato.

1.2 OBJETIVO GERAL

Elaborar uma proposta para implantação de estação de tratamento primário, para separação de sólidos grosseiros e partículas similares as partículas de areia, seguido da remoção de óleos e graxas do efluente, este último um dos principais componentes desse tipo de efluente.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para possibilitar a elaboração da proposta para implantação de um sistema de tratamento preliminar e primário, os objetivos específicos são:

- Realizar pesquisa bibliográfica sobre as opções de tratamento de efluentes de lavagem de veículos;
- Visitar o local para fazer o levantamento de dados e escolha do local para implantar o sistema de tratamento;
- Determinar as etapas e técnicas a serem utilizadas;
- Calcular o dimensionamento do sistema;
- Apresentar o croqui do sistema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

“Os ambientes aquáticos são utilizados em todo o mundo com distintas finalidades, entre as quais se destacam o abastecimento de água, a geração de energia, a irrigação, a navegação, a aquicultura e a harmonia paisagística[...]” (VON SPERLING, 2005).

A utilização de recursos hídricos está aumentando cada vez mais e gradativamente com o passar dos anos, e devido à crescente demanda as fontes desse recurso estão se tornando escassas e cada vez mais imprópria para utilização.

Segundo dados quantitativos, produzidos por hidrólogos, 97,5% da água disponível na Terra são salgadas e 2,493% estão concentrados em geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso; sobram, portanto, apenas 0,007% de água doce para o uso humano, disponível em rios, lagos e na atmosfera (SHIKLOMANOV, 1998).

Levando em consideração a quantidade total de água existente no nosso planeta, a água para consumo é muito pouca e significativa com relação a outra parcela total existente.

Com o crescimento acelerado da população e o desenvolvimento industrial e tecnológico, essas poucas fontes disponíveis de água doce estão comprometidas ou correndo risco. A poluição dos mananciais, o desmatamento, o assoreamento dos rios, o uso inadequado de irrigação e a impermeabilização do solo, entre tantas outras ações do homem moderno, são responsáveis pela morte e contaminação da água. Atualmente, mais de 1,3 bilhão de pessoas carecem de água doce no mundo, e o consumo humano de água duplica a cada 25 anos, aproximadamente. Com base nesse cenário, a água doce adquire uma escassez progressiva e um valor cada vez maior, tornando-se um bem econômico propriamente dito (MACHADO, 2003).

A problemática relacionada a água se deve principalmente ao mau uso, a má distribuição e conseqüentemente o não tratamento para reutilização da mesma, levando ao lançamento do efluente em local inadequado e de forma inapropriada, podendo causar contaminação do solo, do lençol freático e de uma possível bacia superficial que possa existir no local onde há o lançamento do efluente.

2.1 USO DE RECURSOS HÍDRICOS

“A água representa, sobretudo, o principal constituinte de todos os organismos vivos. No entanto, nas últimas décadas, esse precioso recurso vem sendo ameaçado pelas ações indevidas do homem, o que acaba resultando em prejuízo para a própria humanidade”[...] (MORAES; JORDÃO, 2002).

O homem tem usado a água não só para suprir suas necessidades metabólicas, mas também para outros fins. Existem regiões no planeta com intensa demanda de água, tais como os grandes centros urbanos, os polos industriais e as zonas de irrigação. Essa demanda pode superar a oferta de água, seja em termos quantitativos, seja porque a qualidade da água local está prejudicada em virtude da poluição. Tal degradação da sua qualidade pode afetar a oferta de água e também gerar graves problemas de desequilíbrio ambiental (BRAGA et al. 2005).

A água é nosso recurso natural mais intensamente utilizado, sendo fundamental tanto para a existência quanto para a manutenção da vida na terra, para tal deve se estar presente no meio ambiente em qualidade e quantidade apropriada.

2.1.1 Abastecimento Humano

Segundo Braga, (2005), a água que é utilizada para abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, sendo estas, estar isenta de organismos patogênicos e substâncias tóxicas, para prevenir danos à saúde e ao bem-estar do homem. Organismos do tipo patogênicos são aqueles que transmitem doenças pela ingestão ou contato com a água contaminada, podendo ser, bactérias, vírus, parasitas, protozoários, que podem causar doenças, tipo, disenteria, febre tifoide, cólera, hepatite, dentre outras, causadas por água contaminada. A OMS estima que, das 15.000 pessoas que morrem por dia por causa de doenças transmitidas pela água, mais da metade são crianças menores de 5 anos[...] (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018).

Água potável é aquela que não causa danos à saúde nem prejuízo aos sentidos. Deve haver uma preocupação com a aparência da água porque um consumidor insatisfeito com o aspecto da água oferecida pode utilizar água de outro manancial com melhor aspecto. Todavia, não existe uma relação biunívoca entre aspecto e qualidade da água, de modo que uma água com

melhor aspecto pode ser mais nociva à saúde do que outra com mau aspecto, dependendo das substâncias dissolvidas e dos organismos patogênicos existentes em ambas (BRAGA et al. 2005).

Contudo isso se mostra importante uma análise sobre a qualidade da água, em seus mais diversos usos e destinações, tanto para consumo humano e abastecimento industrial a usos mais triviais dentro da divisão de utilidade da água.

“Dentre os vários usos da água, esse é considerado o mais nobre e prioritário, uma vez que o homem depende de uma oferta adequada de água para sua sobrevivência a qualidade de vida dos seres humanos está diretamente ligada à água”[...] (BRAGA et al. 2005).

2.1.1.1 Abastecimento Industrial

“A água é usada na indústria em seu processo produtivo, como solvente em lavagens e em processos de resfriamento. Não há um requisito de qualidade genérico para todas as indústrias já que cada uso específico apresenta requisitos próprios”[...] (BRAGA et al. 2005).

Indústrias que processam produtos farmacêuticos, alimentícios e de bebidas estão entre aquelas que precisam de qualidade elevada. Indústrias que utilizam a água para resfriamento devem usar água isenta de substâncias que causem o aparecimento de incrustações e corrosão nos condutos. Indústrias envolvidas com processo de tingimento de tecidos e louças devem ter à disposição água isenta de produtos que propiciem o aparecimento de manchas no produto final (BRAGA et al. 2005).

Segundo a ANA o perfil da atividade industrial na região Nordeste é vinculado à produção têxtil e ao setor sucroenergético. Por outro lado, Norte e Centro-Oeste, são regiões de menor concentração industrial, com maior relevância para as agroindústrias. (ANA, 2017) “Os custos elevados da água industrial associados às demandas crescentes, têm levado as indústrias a avaliar as possibilidades internas de reuso e a considerar ofertas para a compra de efluentes tratados a nível de permitir o reuso, a preços inferiores aos da água potável dos sistemas públicos de abastecimento” [...] (MIGALHAS, 2006).

O Quadro 1 mostra o uso da água e a utilização de acordo com a qualidade e a destinação final para seu devido uso.

Quadro 1: Uso da água sob diferentes aspectos.

Aspectos	Utilidades
Elemento ou Componente físico da natureza.	- manutenção da umidade do ar, da relativa estabilidade do clima na Terra e da beleza de algumas paisagens; - geração de energia; - meio para navegação, pesca e lazer; - transporte de resíduos, despejos líquidos e sedimentos.
Ambiente para a vida aquática.	- ambiente para a vida dos organismos aquáticos.
Fator indispensável à manutenção da vida terrestre.	- irrigação de solos, dessedentação de animais e abastecimento público e industrial.

Fonte: IT 179 – Saneamento Básico.

É possível observar a relação existente entre qualidade da água e destinação, onde usos prioritários como abastecimento público requer um nível maior de qualidade do que uso com menor nível de qualidade da água como recreação e paisagismo.

2.2 REUSO DA ÁGUA

O grande desafio que os países enfrentam na gestão dos recursos hídricos é justamente o balanço entre a demanda dos usuários e a disponibilidade de água doce. Embora seja um tema atual, o reuso de água não é um conceito novo. Há relatos da utilização desta prática na Grécia Antiga através do uso de esgotos na irrigação (RAGAZZI, 2011).

“No caso do tratamento visando o reuso da água para a lavagem de veículos, normalmente são empregados tratamentos preliminares e primários, considerando os contaminantes contidos no efluente desse processo” (PINTO, MIRANDA E CASTRO, 2015).

2.3 DIMENSIONAMENTO E TRATAMENTOS DE EFLUENTES DE LAVA JATOS

“Sendo assim, os lava-jatos são fontes de poluição de recursos hídricos em virtude de conter substâncias surfactantes, óleos e graxas, alta concentração de matéria orgânica, metais pesados e sólidos totais suspensos. Para evitar a poluição oriunda desses empreendimentos eles precisam ser implantados em locais adequados, obedecendo a legislação, que visa reduzir e prevenir a poluição (COSTA et al., 2007 *apud* MEDEIROS et al., 2015).

2.3.1 Tratamento preliminar e primário

A Organização Mundial da Saúde – OMS – (OMS, 1989), afirma que na América Latina, em 1985, apenas 10% dos esgotos coletados eram tratados antes da disposição final, o que significa que todo o restante estava sendo lançado sem nem uma forma de tratamento no meio ambiente.

De acordo com Pinto, Miranda e Castro (2015), o tratamento preliminar consiste em gradeamento seguido de desarenador, o primeiro tem a função de remover os sólidos grosseiros e o segundo remove partículas de tamanho similares as partículas da areia. Já o tratamento primário pode ser composto de um separador de óleos e graxas, na sequência é instalada um medidor de vazão e então um decantador.

2.3.1.1 Grade Simples

“A grade simples é constituída por um conjunto de barras metálicas iguais, com espaçamento igual entre as barras. Pode ser instalada na posição vertical ou inclinada, com ângulo de 45° a 60° com a horizontal, no caso da grade de limpeza manual”[...] (ABNT NBR 12.209, 2011).

“A vantagem da grade inclinada com relação a grade vertical, é que a inclinação evita que o material se solte e provavelmente se deposite no fundo do canal de entrada do sistema” [...] (PESSÔA; JORDÃO, 1982). A Figura 1 mostra uma grade inclinada de limpeza manual.

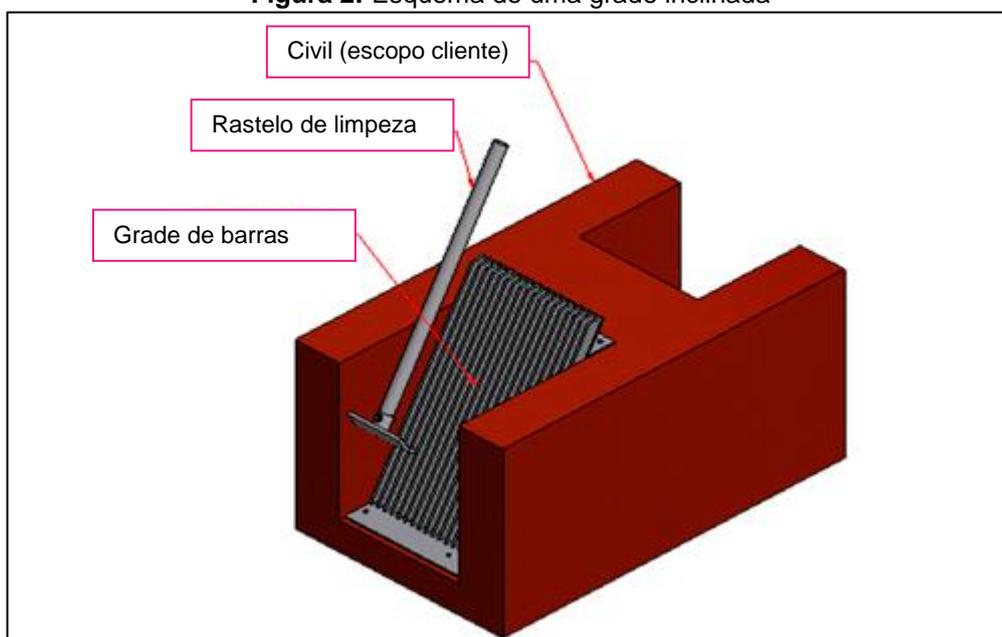
Figura 1: Grade inclinada de limpeza manual



Fonte: (DESPURIFIL, 2018).

“A limpeza manual da grade inclinada é facilitada pela curvatura superior da grade. O material grosseiro é movido para cima, em direção a uma placa horizontal perfurada, e neste local perde umidade, fazendo com que parte do líquido retorne ao efluente “[...] (DACACH, 1991). A Figura 2 apresenta o esquema de uma grade inclinada de limpeza manual.

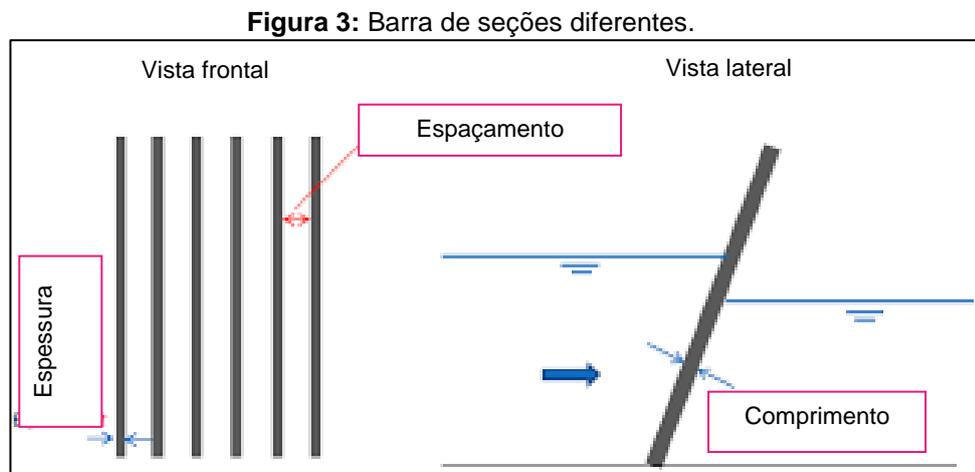
Figura 2: Esquema de uma grade inclinada



Fonte: (DESPURIFIL, 2018).

As grades podem apresentar tamanho de abertura variado, sendo esse valor dependente do material de menor dimensão dentre os que se deseja coletar na grade

[...] (PRADO, 2006). A Figura 3 ilustra as barras de seções diferentes e a vista frontal de uma grade.



Fonte: Modificado de Mendes, 2017.

De acordo com Silveira (2010), o principal objetivo do gradeamento é a separação de materiais mais grossos que estão em suspensão no efluente. Esta separação é uma medida preventiva, uma vez que a maioria dos sistemas de tratamento utilizam bombeamento e ou tubulações. Ainda de acordo com o autor, as grades podem ser fabricadas de diferentes materiais que dependerão do poder corrosivo do efluente, como aço ou ferro. Com relação ao espaçamento entre as barras, em geral, utiliza-se entre 0,5 e 2 cm. As grades podem ser simples ou mecanizadas, o que modifica como as grades são limpas, manual ou automaticamente.

“A remoção de sólidos grosseiros nas fases preliminares de Estações de Tratamento de Esgoto tem finalidades fundamentais como a proteção dos dispositivos de transporte dos esgotos nas suas diferentes fases, líquida e sólida” (ERBIS, et al. 2016).

2.3.1.2 Caixa de areia

Caixas de areia ou desarenadores são utilizados com a finalidade de remoção mínima de 95% em massa de partículas de areia com diâmetro normalmente igual ou

superior a 0,20 mm e densidade de 2,65 g/cm (ABNT NBR 12.209, 1992). Nesse caso, entende-se por areia todo material mineral pesado, por exemplo pedrisco, silte, cascalho e areia (PESSÔA; JORDÃO, 1982).

A remoção da areia tem como objetivos proteger os equipamentos e a tubulação da abrasão, reduzir a deposição de materiais em tubulações, tanques e sifões e, por fim, favorecer o transporte do próprio efluente para os equipamentos seguintes [VON SPERLING, 2005].

Esse tipo de caixa de areia vem sendo mais utilizado hoje em dia em estações de tratamento de médio e grande porte (NUVOLARI, 2011). O funcionamento dessa caixa de areia ocorre com a injeção de ar difuso com fluxo ascendente no efluente em movimento, sendo essa injeção regulável (ABNT NBR 12.209, 1992).

2.3.1.3 Separador de óleos e graxas

O separador de água e graxa é um equipamento que tem como propósito separar misturas de águas oleosas e graxa.

“Os separadores água-óleo empregam métodos físicos e trabalham por densidade, usando a tendência de o óleo flutuar na água. Uma gota de óleo com 100 micra (0,1 mm) sobe na água a uma velocidade de 1,5 cm/min, entretanto, uma gota de 20 micra, demora 2 horas para percorrer a mesma distância. Para evitar que gotas menores sejam arrastadas pelo fluxo sem tratamento, se usam recheios coalescentes que capturam as gotas e as agregam em gotas maiores com maior velocidade de ascensão. Usam-se, para este efeito materiais óleo-fílicos tipo pratos inclinados corrugados e outros recheios às quais as gotinhas de óleo aderem quanto a água contaminada passa” (BOHN, 2014).

“Os separadores API, ou American Petroleum Institute, têm a aparência de um longo tanque séptico com placas paralelas instaladas em distanciamento estabelecido. A sua eficiência está vinculada ao seu desenvolvimento longitudinal. Do mesmo modo que os separadores convencionais, os separadores API possuem um sistema de sifonamento na saída e entrada do separador” (BOHN, 2014).

2.3.1.4 Medidores de Vazão

A calha Parshall é o medidor que vem sendo mais utilizado (NUVOLARI, 2011). Tem-se como principal vantagem a pequena perda de carga causada pelo mesmo. Esse equipamento dispõe de paredes verticais convergentes no primeiro trecho (com fundo plano horizontal), paralelas no segundo (com declive no fundo - garganta) e divergentes no terceiro (com aclave no fundo). A extremidade de montante é mais elevada que a de jusante (DACACH, 1991). A figura 4 mostra o desenho de uma calha Parshall.

Figura 4: Calha Parshall



Fonte: (DESPURIFIL, 2018).

A utilização de calhas Parshall facilitam o monitoramento e a manutenção dos sistemas de tratamento, uma vez que não são necessários maquinários ou bombas.

Vertedores são instrumentos hidráulicos utilizados para medir vazão em cursos d'água naturais e em canais construídos. São definidos como paredes, diques ou aberturas sobre as quais um líquido escoar. O termo aplica-se também aos extravasores de represas. Os vertedores devem ser construídos com forma geométrica definida e seu estudo é feito considerando-os como orifícios sem a parte superior (CARNEIRO, 2017).

Percebe-se que para a utilização dos medidores apresentados dependerão das características do efluente, especialmente a vazão.

2.3.2 Separadores de água e óleo

Segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011 define o padrão de lançamento de 20 mg/L para óleos minerais, e 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais, dentro das especificações da resolução.

De acordo com Teixeira (2003), pode haver a presença significativa de diversos contaminantes no efluente da lavagem de veículos, como substâncias orgânicas, surfactantes, metais pesados, sólidos em suspensão, além de óleos e graxas. O Tabela 2, apresenta a relação entre poluentes e suas fontes poluidoras.

Quadro 2: Poluentes e suas fontes

Poluente	Fonte
Asbesto	Embreagem, freio
Cobre	Mancais, freio
Cromo	Galvanizado, anéis, freio
Chumbo	Óleo do motor, mancais
Níquel	Freio
Zinco	Óleo do motor, pneus
Fósforo	Aditivos para óleo do motor
Graxas	Combustível, óleo lubrificante, fluídos de sistemas hidráulicos
Borrachas	Pneus

Fonte: (Menezes, 2004).

De acordo com Bohn (2014), as misturas de água e óleo presentes no efluente podem ser classificados em cinco formas:

a) óleo livre: consiste em gotículas de óleo com diâmetro igual ou superior a 20 micrômetros. Estas gotículas possuem pouca ou nenhuma água associada e, dessa forma, flutuam na superfície devido ao seu peso específico ser inferior ao da água. Este estado pode ser facilmente separado por um método de separação gravitacional (SAWAMURA, MORITA, 1999);

b) óleo fisicamente emulsionado: consiste na emulsão formada por gotículas de óleo com diâmetro variando entre 5 a 20 micrômetros. Nesse caso, o óleo disperso na água se encontra sob uma forma estável. As emulsões mecânicas são formadas por ações de agitação causadas por bombeamento, operações de abertura e fechamento de válvula ou outras restrições ao fluxo. Também podem ser formadas por incidência direta de chuvas ou jateamento de água diretamente na câmara de separação do SAO. Estas emulsões instáveis podem ser quebradas, mecânica ou quimicamente e, então, separadas da fase oleosa. Entretanto, as emulsões estáveis, requerem um tratamento mais sofisticado para atender a legislação ambiental vigente (SAWAMURA; MORITA, 1999);

c) óleo quimicamente emulsificado: são emulsões formadas por gotículas de óleo com diâmetros inferiores a 5 micrômetros. Normalmente, são formadas através do uso de detergentes, desengraxantes, solventes e produtos afins (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996);

d) óleo dissolvido: são as gotículas de óleo com diâmetros inferiores a 0,01 micrômetro, que solubilizam-se na água (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996);

e) óleo adsorvido em partículas sólidas: consiste no óleo que adere ao material particulado e sedimenta devido à ação da força gravitacional. Nos sistemas separadores água e óleo, este tipo de óleo é removido como borra oleosa (ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY, 1996).

O Tabela 1 mostra as quantidades estimadas de poluentes orgânicos (mg) utilizados em um ciclo de lavagem de veículos antes e depois do tratamento parcial por separadores de óleo.

Tabela 1- Parâmetros estimados por valor com quantidade de poluentes.

Parâmetros Convencionais	Quantidade Afluente (mg)	Quantidade Efluente (mg)
Óleo Total	18400	18800
Óleo Mineral	3600	3400
Hidrocarbonetos Alifáticos		
C8 - C16	1300	1300
C17 – C30	64	58
Naftalenos(ciclo-hexanos substitutos)	5	4,5
Decalins	2,4	2,3
Limoneno	88	90
Hidrocarbonetos Aromáticos		
Tolueno	1	1
Etilbenzeno + Xilenos	4	3,8
Benzenos substitutos		
C-9	70	67
C-10	70	68
C-11	6	6
Benzenos substitutos C16-24	2,8	2,8
Estireno	0,5	0,5
Naftaleno	17	16
Metilnaftaleno	7	8
Tri-metilnaftalenos	2	1
Bifenil	3	3
Fenantreno	1,3	1,1
Fluoranteno	1	0,8
Pireno	0,6	0,6
Benzoantraceno	0,3	0,2
Plastificantes		
Dietil ftalato	2,3	1,9
Dibutil ftalato	15	11
Di (2 etilhexil) ftalato	31	24
Butilbenzil ftalato	2,4	1,5
Di (2 etilhexil) adipato	4,1	3,2
Di (n octil) adipato	1,4	1,2
Tri n butil fosfato	2,9	3,0

Agentes de limpeza		
Nonilfenol	26	24
2 (2 butoxietoxi) etanol	1400	1500
2 Butoxietanol	220	220
Butanol	104	100
Alcóis C12-C16	18600	18600
Um 3 Metil 3 buten 2	6	5
4 Butoxi ácido butanóico	49	47

Fonte: Adaptado de Paxéus (1996).

“Dentre os diversos tipos de separadores água e óleo, os mais usuais são os separadores convencionais, os separadores de placas coalescentes e o separadores API (*American Petroleum Institute*)”[...] (PINTO, 2015).

Coelho (2002) apresenta alguns tipos de separador de água e óleo e considera que:

“Outro equipamento utilizado com a finalidade de separar misturas de águas oleosas é o separador de água e óleo (SAO). Sua função é permitir que as gotas se juntem, aumentem de tamanho e assim, serem separadas da água mais facilmente”[...] (COELHO, 2002).

“Outra consideração importante a ser feita para a mistura água e óleo consiste na polaridade das duas substâncias envolvidas. Como a água é polar e o óleo é apolar, os dois não se misturam” (SOLOMONS, 2001). “O resultado é a separação de fases observada entre as duas substâncias citadas, cujo fenômeno justifica a concepção de dispositivos físicos de tratamento de águas oleosas, denominados separadores água e óleo ou SAO”[...] (SECRON, 2006).

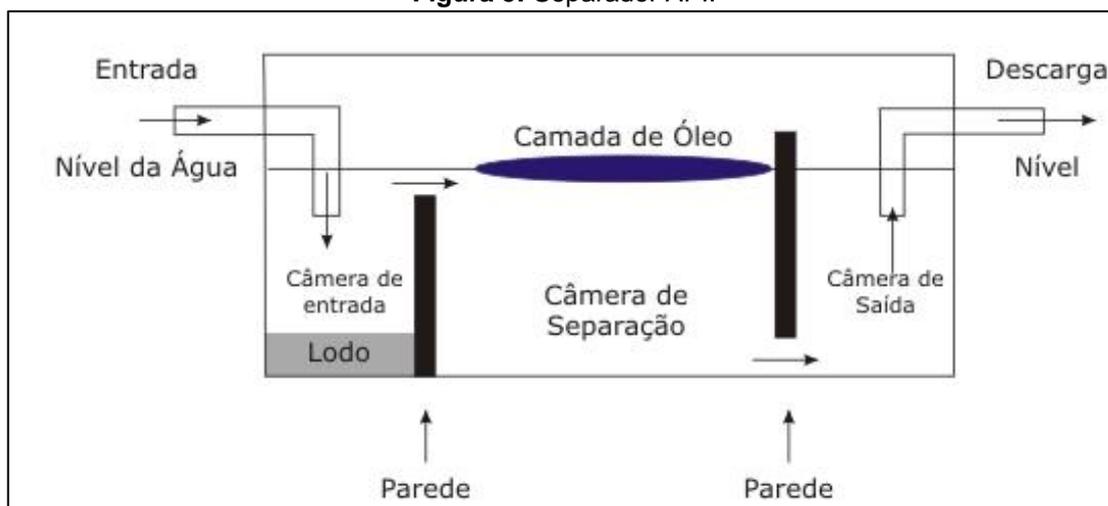
Os separadores de água e óleo vêm sendo utilizados para tratar águas contaminadas com óleos e graxas em áreas de manutenção e lavagem de veículos e máquinas, em oficinas mecânicas, em águas de lavagem de piso de fábrica, aeroportos e ferrovias, estacionamentos e áreas de circulação intensa de veículos, refinaria de petróleo e derivados (INEA, 2014).

Por meio da utilização de separadores de água e óleo é possível obter resultados satisfatórios por meio do uso de um equipamento que possui instalação, funcionamento e manutenção bastante simplificados.

2.3.2.1 Separador API:

“É o mais utilizado, pois apresenta um custo até 3 vezes menor dos demais tipos de separadores” [...] (CARVALHO; KRUK, 2013). A Figura 6 representa o desenho esquemático do separador API.

Figura 5: Separador API.



Fonte: NATURALTEC, 2018.

As caixas de gorduras residenciais utilizam o mesmo princípio do separador API, logo, em alguns casos, dependendo do volume estimado para o separador, é possível utilizar os tanques disponíveis no mercado o que evitaria a necessidade de construção.

“De acordo com TOMAZ 2008, a caixa de separador API remove sólidos e óleos, com relação aos hidrocarbonetos é capaz de remover os que possuem densidade gravimétrica com valores entre[...]” 0,68 e 0,95.

Os separadores API, são equipamentos relativamente simples que consistem de um tanque retangular formado por placas paralelas, que possuem o objetivo de promover uma barreira ao escoamento do óleo, acelerando a formação de gotas maiores de óleo em sua superfície, aumentando a efetividade da separação e diminuindo o tamanho do separador. (BOHN, 2014).

“O separador API foi especificado segundo critérios baseados na remoção de gotas de óleos com diâmetro maior que 150 μm ”. (CARVALHO; KRUK, 2013).

Para a remoção do óleo, o princípio utilizado é a lei de Stokes que evidencia a taxa de separação (CREMASCO, 2012). Segundo (Secron 2006), os principais fatores que afetam a taxa de separação são:

- O tamanho da gota de óleo;
- A densidade do óleo;
- Temperatura do óleo;
- Vazão;
- Turbulência;
- Tamanho das partículas óleo/contaminantes.

“No dimensionamento de um separador água-óleo devem ser considerados: a qualidade da água efluente requerida, a vazão do efluente, a quantidade ou concentração de óleo no efluente, a densidade específica dos produtos e a necessidade e quantidade de estocagem do óleo retido” (BOHN, 2014).

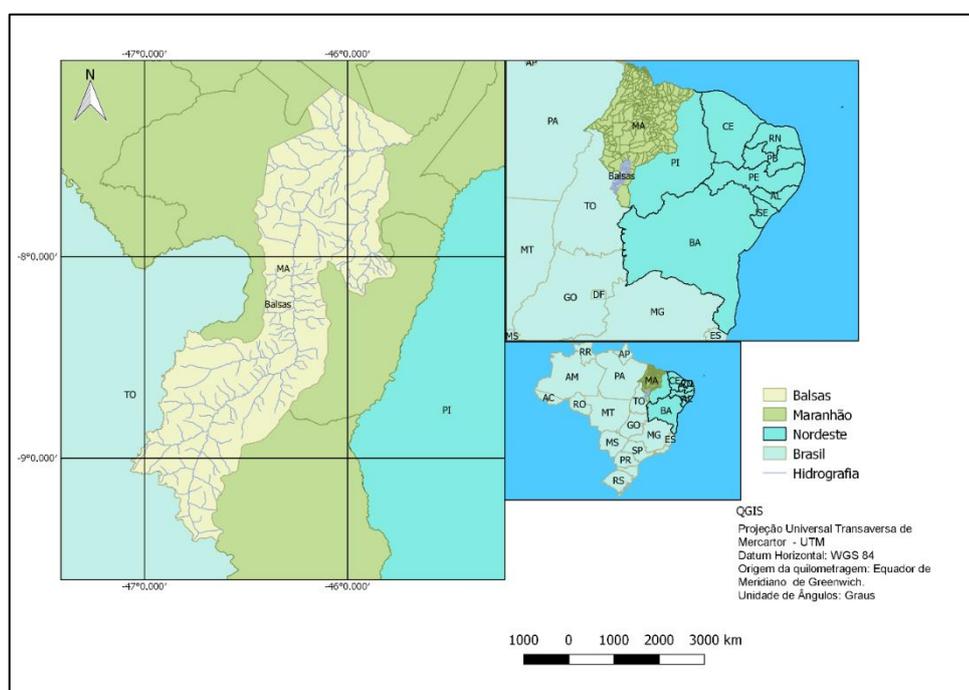
É importante que o separador API atenda as especificações segundo os critérios baseados, garantido a eficiência e aumentando a efetividade da separação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Balsas (FIGURA 6) pertence à mesorregião Sul do Maranhão e a partir de 1991, teve um crescimento expressivo em sua população que foi de 41.648 habitantes para 83.528 habitantes (IBGE, 2010). O município de Balsas tem sua economia baseada principalmente no agronegócio e no comércio. Estas características e atividades afetam potencialmente e negativamente a qualidade do solo e das águas, devido à falta de saneamento básico, que a cidade não dispõe.

Figura 6: Mapa da região de Balsas.



Fonte: O autor (2019).

“O Rio das Balsas é considerado um dos principais afluentes da bacia do Parnaíba no que diz respeito ao volume de água, no entanto vem sofrendo com a ação do homem ao longo dos anos[...]” (JUSBRASIL, 2015).

Em Balsas existem sérios problemas relacionados à contaminação devido ao fato que as fontes de descarga de efluentes como os tanques sépticos e fossa negras descartam efluentes domésticos no próprio solo e no Rio das Balsas, com isso ocorre contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas.

Outra forma também se dá pela descarga de substâncias como consequência de atividades planejadas como a fertilização da lavoura e o uso constante de agrotóxicos que lixiviam para o solo e para os corpos hídricos, além de atingir a atmosfera. O escoamento de efluente se dá por meio direto em contato com solo, em estabelecimentos como lava jato, por isso a importância da implantação de estação de tratamento primário e preliminar.

O lava-jato para implantação do sistema preliminar e primário de tratamento de efluente recebe um fluxo constante de veículos para lavagem, sendo veículos de grande porte (ônibus escolar e ambulância) o que intensifica a necessidade de um sistema de tratamento preliminar e primário.

O lava-jato dispõe de uma rampa para lavagem de veículos, com as seguintes dimensões: 18 m de comprimento, 3,8 m de comprimento e medindo 0,40 m de altura em relação ao solo, representado pela Figura 7.

Figura 7: Rampa de lavagem de veículos



Fonte: O autor (2019).

As rampas possuem comprimento de 1,55 m (esquerda) e 1,60 m (direita), e espaçamento entre elas de 0,60 m de acordo com a Figura 8.

Figura 8: vista frontal da rampa de lavagem.



A distância em relação a parede (a esquerda da Figura 8) é de 3,56 m do lado e 3,14m de distância da base da caixa d'água (direita). A água utilizada no lavajato é de abastecimento público e é armazenada na caixa d'água mostrada na Figura 9.

Figura 9: Caixa d'água de abastecimento do lava-jato.



Fonte: O autor (2019).

Quanto a área de estacionamento, os veículos ficam organizados no local, como mostra a Figura 10. A visita foi realizada em período de férias escolares o que justifica a presença dos ônibus escolares.

Figura 10: Estacionamento de veículos no lava-jato.



Fonte: O autor (2019).

Para melhor entender a disposição da rampa e para auxiliar na posterior instalação do sistema de tratamento proposto, foram feitos croquis da área, como mostram as Figuras 11 e 12, planta baixa e perfil do lava-jato, respectivamente.

Figura 11: Planta alta da rampa do lava-jato.

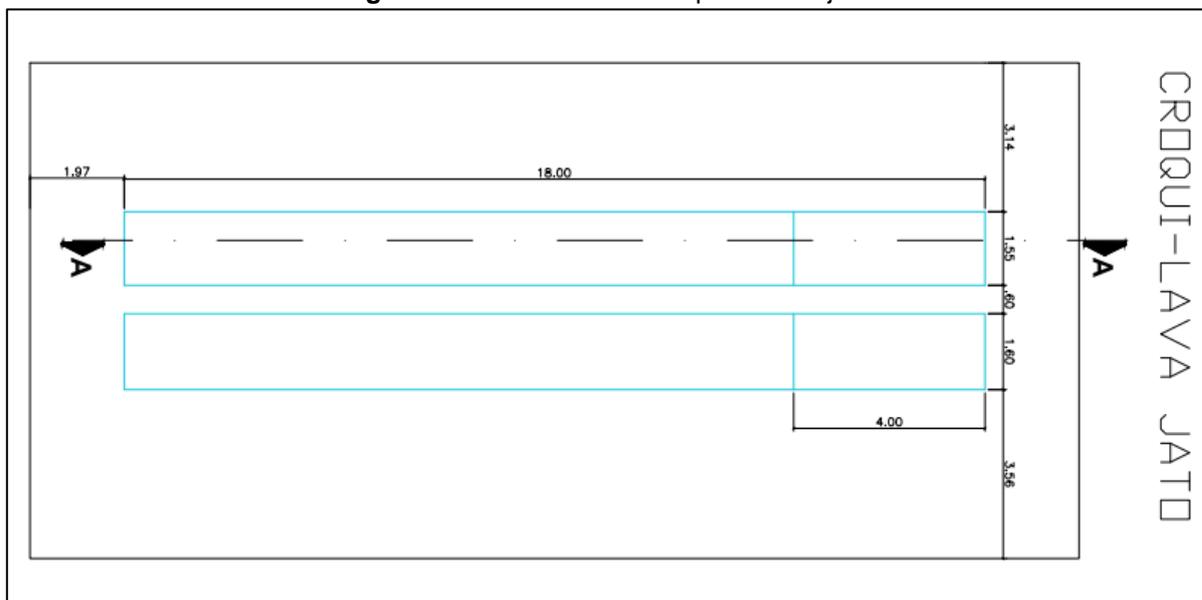
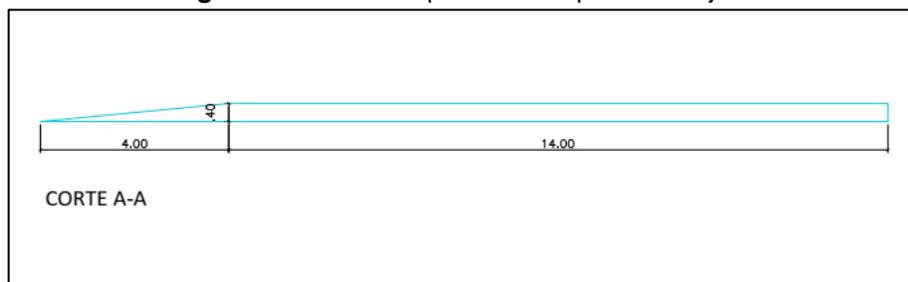


Figura 12: Planta de perfil da rampa do lava-jato.



Fonte: O autor (2019).

De acordo com as informações prestadas pelo responsável, alguns dias não há lavagens no local.

3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Segundo Buschle (2014) o estudo de campo procura um aprofundamento de uma realidade específica, realizado por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas que com informações que captam as explicações e interpretações do que ocorre naquela realidade.

O presente trabalho de estudo de campo foi realizado a partir de pesquisas em artigos nacionais e internacionais, sendo selecionados artigos publicados, notas técnicas, normas, livros, noticiários abordando o tema.

3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para possibilitar o dimensionamento do sistema de tratamento preliminar e primário proposto para a área de estudo, serão utilizadas as equações e técnicas descritas a seguir.

3.3.1 Dimensionamento da Grade

Dimensionamento de uma grade simples:

Eficiência da grade: É calculada pela equação (AZEVEDO NETTO, 1987):

$$E = \frac{a}{a+t} \quad (1)$$

Onde:

E: eficiência da grade (%);
a: espaçamento entre as barras (m);
t: espessura das barras (m).

Área útil da seção transversal da grade: O cálculo da área útil da grade, que é a área livre entre as barras onde o efluente efetivamente escoar, é dado por meio de (DACACH, 1991):

$$Au = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{Vg} \quad (2)$$

Onde:

Au: área útil da seção transversal da grade (m²);
Vg: velocidade do efluente através da grade (m/s);
Qmáx: vazão máxima (m³/s).

Área da seção transversal da grade: Pode ser calculada através da equação (DACACH, 1991):

$$Sg = \frac{Au}{E} \quad (3)$$

Onde:
Sg: área transversal da grade (m²).

Base da grade: Pode ser calculada através da Equação 4:

$$b = \frac{S}{h_j} \quad (4)$$

Onde:
h_j: é a altura da lâmina de água a jusante da grade (m).

Velocidade a jusante da grade (V₀): É encontrada através da Equação 5:

$$V_0 = \frac{Q_{max}}{S} \quad (5)$$

Perda de carga: No cálculo da perda de carga deve ser admitida uma obstrução de até 50%. A perda de carga na grade pode ser verificada através de dois conceitos (DACACH, 1991):

Fórmula de Kirschmer:

$$\Delta H = k \cdot \left(\frac{t}{a}\right)^{4/3} \cdot \text{sen } \alpha \cdot \frac{V_0^2}{2 \cdot g} \quad (6)$$

Onde:
ΔH: perda de carga (m);
k: fator que depende da forma da seção das barras (retangular = 2,42, circular = 1,79, retangular com face de montante semicircular = 1,83, retangular com duas faces semicirculares = 1,67);
α: ângulo de inclinação da grade com a horizontal (grau);
V₀: velocidade a montante da grade (m/s);
g: aceleração da gravidade = 9,8 m/s².

Formula de Metcalf & Eddy:

$$\Delta H = 1,43 \cdot \frac{(Vg^2 - V_0^2)}{2 \cdot g} \quad (7)$$

Sendo a relação entre V₀ e Vg dada por:

$$V_0 = Vg \cdot E \quad (8)$$

“É nítido que, a diferença entre a equação (6) e a equação (7), é que a equação (6) considera o formato da seção das barras e também a inclinação das mesmas, a equação (7) considera a diferença entre a velocidade através das barras e a velocidade a montante da grade, enquanto que a equação (7) depende somente da velocidade a montante da grade”[...] (PINTO et al. 2015).

Largura do canal: Pode ser obtida através da equação (DACACH, 1991):

$$bg = \frac{Sg}{Hg} \quad (9)$$

Onde:

bg: base da grade (m);

Hg: altura da grade (m).

“Sendo a altura da grade calculada pela equação 10, caso o projeto contemple um desarenador a jusante da grade:

$$Hg = Hc + \Delta H \quad (10)$$

Onde:

Hc: altura da caixa de areia (m).

Comprimento das barras: Em relação ao comprimento das barras, pode-se dizer que o mesmo é relacionado à altura e inclinação da grade [DACACH, 1991], sendo assim, é calculado a partir de (AZEVEDO NETTO, 1987):

$$m = \frac{Hg}{\text{sen}\alpha} \quad (11)$$

Onde:

m: comprimento de barras (m)

Número de barras: Pode ser obtido através da relação (DACACH, 1991):

$$nb = \frac{bg}{a+t} \quad (12)$$

Onde:

nb: número de barras

3.3.2 Dimensionamento da Caixa de areia

Área da seção transversal da caixa de areia: é calculada considerando-se a vazão máxima de efluente a tratar e a velocidade de escoamento:

$$A = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{v} \quad (13)$$

Onde:

A: área transversal da caixa de areia (m²);

Q_{máx}: vazão máxima (m³/s);

v: velocidade de escoamento (m/s).

Largura da caixa de areia: calculada, de acordo com o manual Tratamento Preliminar de Esgotos – Gradeamento e Caixa de Areia (USP, 2011), através da fórmula:

$$B = \frac{A}{H_{max} - Z} \quad (14)$$

Onde:

B: largura da caixa de areia (m);

A: área transversal da caixa de areia (m²);

H_{max} – Z: altura máxima do efluente (m).

Comprimento da caixa de areia (H_c): Tendo-se a largura (L) do desarenador pode-se, utilizando-se a taxa de escoamento superficial de 600 m³/m².d, para calcular o comprimento da caixa de areia (USP, 2011):

$$q = \frac{Q}{B \cdot L} \quad (15)$$

Onde:

B: largura da caixa de areia (m);

q: taxa de escoamento superficial (m³/m².d);

L: comprimento da caixa de areia (m).

Velocidade de sedimentação em função do diâmetro da partícula: Calcula-se a velocidade de sedimentação da partícula através da Lei de Stokes:

$$V_s: D^2 \frac{\gamma_s - \gamma}{18 \cdot \mu} \quad (16)$$

Onde:

V_s : velocidade de sedimentação (m/s);

D : diâmetro da partícula.

γ : peso específico da água (N/m³);

γ_s : peso específico da partícula do sólido (N/m³).

Número de Reynolds: Quando o número de Reynolds for menor que 1, então a velocidade de sedimentação será um pouco menor e para resolver o problema precisamos fazer por tentativas a resolução de três equações conforme Stormceptor, (1977):

$$NR = \left(\frac{\rho \cdot V_s \cdot d}{\mu} \right) \quad (17)$$

Onde:

ρ : massa específica (kg/m³);

μ : viscosidade (m²/s).

$$CD = \frac{24}{NR} + \frac{3}{(NR \cdot 0,5)} + 0,34 \quad (18)$$

Onde:

CD : coeficiente de resistência.

Comprimento da caixa de areia: Calcula-se o comprimento da caixa de areia através da seguinte relação (NUVOLARI, 2011):

$$Lc = \frac{Vh}{V_s} \cdot Hc \quad (19)$$

Onde:

Lc : comprimento da caixa de areia (m);

V_s : velocidade de sedimentação da partícula.

Segundo a ABNT NBR 12.213 (1992), o comprimento deve ser multiplicado por um fator de no mínimo 1,50:

$$Lc = 1,50 \cdot \frac{Vh}{V_s} \cdot Hc \quad (20)$$

Taxa de escoamento superficial: Este parâmetro representa a relação entre vazão do efluente e a área horizontal em planta da caixa de areia. Com exceção do equipamento aerado, em todos os desarenadores a taxa de escoamento superficial deve ser entre 600 e 1300 m³/m².d (ABNT NBR 12209, 2011). A taxa de escoamento superficial é calculada através da equação (15) (ECKENFELDER, 1970):

$$q_s = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{bc \cdot L_c} \quad (21)$$

Onde:

qs: taxa de escoamento superficial (m³/m².d).

Altura do depósito de areia: As dimensões da caixa de areia são dependentes da quantidade de areia removida, que está relacionada com o ciclo de limpeza. Por isso, a produção de areia varia com as características do efluente a ser tratado. Assim, a altura do depósito de areia pode ser obtida através da equação (NUVOLARI, 2011):

$$Y = \frac{Pr}{bc \cdot L_c} \quad (22)$$

Onde:

Y: altura do depósito de areia (m);

Pr: produção de areia (L/m³).

3.3.3 Dimensionamento da Calha Parshall

Altura da Calha Parshall: Cada medidor Parshall possui determinadas vazões as quais é possível medi-las precisamente. Caso se objetive calcular a altura da Calha Parshall a partir de determinada vazão, utiliza-se as equações (23).

$$Q = K \cdot H^n \quad (23)$$

Onde:

Q: altura máxima e mínima do efluente;

H: altura da Calha Parshall (m);

n: parâmetro de projeto em função da vazão.

Desta forma, H será, para as vazões mínima e máxima, como descrito na tabela 2.

Tabela 2: vazão e altura do efluente na calha Parshall.

	Vasão (l/s)	H (m)
Mínima	0,005	0,04387521
Máxima	0,39	0,57924976

Calculo do rebaixamento na entrada da calha Pashall: O rebaixo à entrada da calha é calculado a seguir, de acordo com fórmula do manual Tratamento Preliminar de Esgotos (USP, 2011):

$$\frac{Q_{min}}{Q_{max}} = \frac{H_{min}-Z}{H_{max}-Z} \quad (24)$$

Onde:

Z: rebaixamento na entrada da calha (m).

Qmin: vazão mínima (l/s);

Qmax: vazão máxima (l/s);

Hmin: altura mínima (m);

Hmax: altura máxima (m).

3.3.4 Dimensionamento do separador API

Velocidade de ascensão: É calculada através da Lei de Stokes (TOMAZ, 2008):

Comprimento da caixa separadora API: Pode ser calculado pela equação (TOMAZ, 2008):

$$L_s = F \cdot d \left(\frac{v_h}{v_t} \right) \quad (25)$$

Onde:

Ls: comprimento do separador (m);

d: altura do canal (m);

Vh: velocidade horizontal (m/s);

Vt: velocidade ascensional (m/s);

F: fator de turbulência.

Comprimento da caixa de sedimentação: A área para sedimentação é dada em função da área impermeável, sendo usado como dado empírico 20m²/ ha de área

impermeável. Portanto, a área da caixa de comprimento L_f não poderá ter área inferior ao valor calculado (TOMAZ, 2008).

$$L_f = \frac{\text{Área da caixa de sedimentação}}{W} \quad (26)$$

Onde:

L_f : comprimento da caixa de sedimentação (m²);

W : largura (m²).

Comprimento total da caixa de captação do óleo: Pode se obter segundo (TOMAZ, 2008).

$$L = L_f + L_s + L_a \quad (27)$$

O comprimento total do separador é a soma de três componentes das câmaras de: sedimentação; separação do óleo da água e regularização.

É calculada com o uso da Tabela 3 que correlaciona o fator de turbulência (F) com a relação V_h/V_l (TOMAZ, 2008). De acordo com a ABNT NBR 14.063 (1998), para separadores do tipo API, a velocidade horizontal através do separador deve ser maior que 15 vezes a velocidade de ascensão do glóbulo de óleo crítico, com limite superior de 1 m/min.

Tabela 3: Fator de turbulência conforme V_h/V_l .

F	V_h/V_l
1,74	20
1,64	15
1,52	10
1,37	6
1,28	3

Fonte: (TOMAZ, 2008).

Onde:

V_h : velocidade horizontal (m/s).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da utilização das equações e conceitos descritos na literatura consultada, foi possível realizar os cálculos necessários para o dimensionamento de um sistema de tratamento primário e preliminar para ser instalado no pátio da secretaria de infraestrutura da cidade de Balsas.

Para determinar a quantidade de água utilizada para a lavagem dos veículos, pela falta de dados específicos sobre as quantidades consumidas na lavagem de cada tipo de veículo, como ônibus escolares e ambulâncias, foram utilizados os valores descritos na pesquisa da Confederação Nacional do Transporte, Sondagem CNT de Gestão Hídrica (CNT, 2017).

De acordo com a pesquisa da CNT, as quantidades variaram entre as empresas entrevistadas, tanto para lavagem interna quanto para lavagem externa. A variação de volume para lavagem externa foi de 100 a 500 litros por veículo, o que tem relação direta com o método de lavagem, manual ou com pressurizador, já para lavagem interna, a variação foi de 50 a 200 litros. No presente trabalho, utilizou-se a soma das médias informadas pela CNT, ou seja, 425 litros por ônibus, então este valor foi adotado como média tanto para ônibus quanto para ambulâncias.

Os valores utilizados para realização dos cálculos estão expressos na Tabela 3.

Tabela 4: Características assumidas para o memorial de cálculo da grade.

Características assumidas nos cálculos	
Vazão máxima (m ³ /s) - Q _{máx}	3,935 x 10 ⁻⁵
Vazão mínima (m ³ /s) - Q _{mín}	4,919 x 10 ⁻⁶
Espessura das barras (mm) -	5,00
Espaçamento entre as barras (mm) -	15,00
Velocidade do efluente através da grade (m/s) – v _g	0,3
Ângulo de inclinação da grade com a horizontal (grau) – α	45
Tipo de grade	Fina

Tendo em vista as características esperadas para o efluente, que no caso deverá conter areia e óleos, além de algum material grosseiro (proveniente da lavagem interna do ônibus escolares), determinou-se que o gradeamento seria

utilizado para características de material mais fino, pela possibilidade de conter fragmentos de papel e outros resíduos pequenos.

Para determinar a vazão máxima, foi utilizado o pico da vazão como sendo o equivalente para lavar oito veículos por dia. Neste estudo, adotou-se a mesma quantidade de água necessárias para lavagem de ônibus e ambulâncias. Com isso foi possível obter a vazão máxima de $3,935 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, os demais valores foram adotados, conforme recomendando por Tomaz (2008).

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos nos cálculos do dimensionamento da grade:

Tabela 5: Valores de dimensionamento de grade.

Resultado dos Cálculos	
Eficiência da grade (%) – E	75
Área útil da seção transversal da grade (m ²) – Au	0,867
Área transversal da grade (m ²) – Sg	1,155
Perda de carga (m) – ΔH	0,15
Velocidade a montante da grade (m/s) – V_0	0,337
Base da grade (m) – bg	1,156
Altura da grade (m) – Hg	1
Comprimento das barras (m)	1,414
Número de barras – nb	7

O gradeamento proposto pressupõe limpeza manual, por meio do uso do rastelo que deverá ocorrer de modo que no máximo 50% da grade fique obstruída, caso contrário, as características de velocidade e vazão do efluente serão comprometidas. Tendo em vista que o acúmulo de material grosseiro na grade dependerá da demanda de lavagens e também do tipo de veículo, é recomendável que os funcionários façam observações diárias, para que o funcionamento da grade seja garantido.

Para determinar o dimensionamento da caixa de areia foi calculado o valor de 1 m para a altura da grade, e 1,3 m para a altura da caixa de areia devido adoção do medidor em função da vazão do efluente, a taxa de escoamento superficial recomendada é de $600 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ a $1.300 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$

A Tabela 6 apresenta os valores obtidos nos cálculos do dimensionamento da caixa de areia.

Tabela 6: Valores de dimensionamento da caixa de areia.

Resultado do Cálculos	
Altura da grade (m) - Hg	1,414
Área da seção transversal da caixa de areia – (m ²) – Sc	1,3
Largura da caixa de areia – (m)	2,396
Taxa de escoamento superficial – m ³ /m ² .d	600
Comprimento da caixa de areia – (m)	12,207
Rebaixamento da areia z (m)	0,037

Para determinar o dimensionamento do separador API, foram adotados nas equações valores conforme recomendando por Tomaz (2008). A Tabela 7 apresenta os valores obtidos no dimensionamento do separador API.

Tabela 7: Valores do dimensionamento do separador API.

Resultado do Cálculos		
Área mínima transversal (m) – Ac	2,623 x 10 ⁻³	
Profundidade da camada de água dentro do separador de óleos e graxas – (m) – d	2,805 x 10 ⁻² (calculado)	1,8 (mínimo recomendado)
Largura da caixa – (m) – (W)	3, 0	
Comprimento da caixa separadora API – (m) – (Ls)	22,14	
Comprimento da caixa de regularização – (m) – La	2,4	
Comprimento da caixa de sedimentação – (m) – (Lf)	0,137	
Comprimento total da caixa de captação de óleo – (m) – L	24,677	

Para o diâmetro de óleo 150 µm, com a área mínima da seção transversal de 2,623 x 10⁻³, para profundidade da camada de água dentro do separador de óleos e graxas foi adotado 1,8m na resolução da equação, para o comprimento da caixa separadora API (Ls) foi adotado 0,690 como fator de turbulência (F), para comprimento da caixa de regularização da vazão (La), conforme determinado, o valor mínimo é de 2,4, por último para o comprimento da caixa de sedimentação (Lf) foi utilizado 4,396, proporcional a uma área de sedimentação igual a 20 m² de área impermeabilizada para cada 1 ha, logo o equivalente é 208,68 m². O comprimento total da caixa de sedimentação se deu pela soma das três equações segundo Tomaz (2008).

Tendo em vista que a Lei de Stokes se aplica a partículas com diâmetro até 0,10 mm quando o número de Reynolds é menor do que 1. Para partículas > 0,1 mm calculamos conforme a equação para velocidade de sedimentação da partícula, uma observação importante sobre a Lei de Stokes é a verificação do número de Reynolds que deverá sempre ser menor que 1 para validação da Lei de Stokes, que só se aplica a partículas com diâmetro ≤ 0,10 mm.

Quando o número de Reynolds for maior que 1, haverá uma resistência no fluido que diminuirá a velocidade de sedimentação das partículas.

Então a velocidade de sedimentação será um pouco menor e para resolver o problema precisamos fazer por tentativas a resolução de três equações conforme (STORMCEPTOR, 1977). Por tentativas entramos com o valor da velocidade de sedimentação, calculamos o número de Reynolds, depois CD e novamente achamos o novo valor de Vs que contém o valor do coeficiente de resistência CD.

A última etapa do tratamento proposto é a utilização da calha Parshall que tem como objetivo regularizar e medir a vazão do sistema. A instalação da calha Parshall possibilitará a implantação posterior de outras etapas de tratamento para que a água possa inclusive ser reutilizada. A Tabela 8 mostra as medidas padronizadas para a calha Parshall.

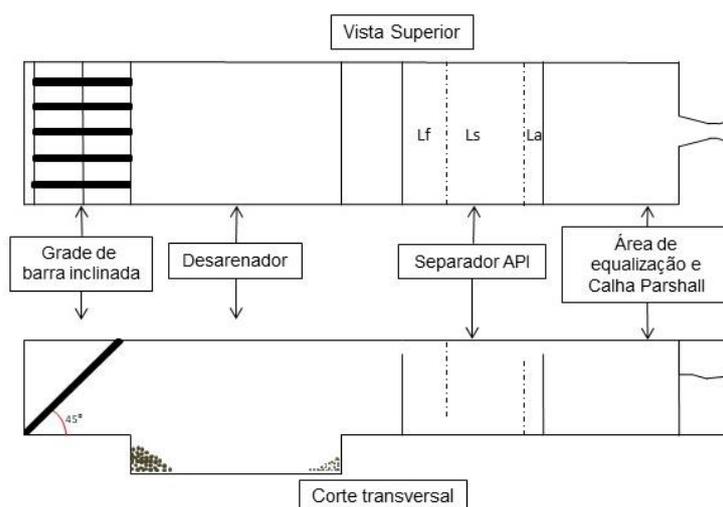
Tabela 8: Valores adotados para o dimensionamento da Calha Parshall.

Dimensões padronizadas da Calha Parshall 1"													
W	A	A1	B	C	D	E	T	G	K	N	M	X	V
1'	36,3	24,2	35,6	9,3	16,7	22,9	7,6	20,3	1,9	2,9	-	0,8	1,3

Fonte: Digiflow, 2018.

A Figura mostra o esquema do dimensionamento calculado para o sistema de tratamento primário e preliminar para o lava-jato.

Figura 13: Esquema do sistema de tratamento preliminar e primário



Fonte: O autor (2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de um sistema preliminar e primário é extremamente necessário, dado a possibilidade de reuso da água, e o próprio sistema para tratar do efluente no lava-jato se faz importante sua implantação tendo em vista que o mesmo não dispõe de qualquer tipo de sistema ou medida preliminar para tratamento do seu efluente.

Os serviços executados no pátio da secretaria de infraestrutura do município são de extrema importância para a população, especialmente tendo em vista que a maioria dos serviços de lavagens são executados em ônibus escolares e ambulâncias, no entanto, não há no presente momento, destinação e/ou tratamento dos efluentes gerados no local o que além de dificultar o trabalho dos funcionários, pode facilitar a proliferação de vetores, além de representar um passivo ambiental para o governo municipal.

Por meio da instalação do sistema proposto no presente estudo, será possível melhorar os serviços prestados no local, bem como reduzir o consumo de água, uma vez que há possibilidade de futura instalação de um sistema complementar que possibilite o reuso da água tratada, além de reduzir o processo erosivo que é possível observar no local.

Há ainda a possibilidade de que a implantação do sistema de tratamento nas dependências da prefeitura possa fornecer dados e *know-how* para subsidiar a criação de legislação específica para que os demais empreendimentos similares da cidade também realizem o tratamento de seus efluentes.

Em pesquisas futuras, pode-se dimensionar outras etapas de tratamento como tratamento secundário e tratamento do lodo da estação, além de monitoramentos constantes para possíveis futuras necessidades de adequação caso haja aumento na geração de efluentes no local.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Elaboração de projetos hidráulicosanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários, NBR 12.209. Rio de Janeiro, 2011. 53 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Óleos e Graxas - Processos de tratamento em efluentes de mineração, NBR 14.063. Rio de Janeiro, 1998. 10 p

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público, NBR 12.213. Rio de Janeiro, 1992. 5 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário, NBR 12.209. Rio de Janeiro, 1992. 12 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário, NBR 12.209. Rio de Janeiro, 1992. 12 p

ANA (Agência Nacional de Águas). **Água na Indústria Uso e Coeficientes Técnicos.** Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/aceso-tematico/usos-da-agua/aguanaindustria_usoecoefficientestecnicos.pdf>. Acesso em: 03 de Janeiro de 2019.

AZEVEDO NETTO, J. M. Técnica de abastecimento e tratamento de água. 3 ed. São Paulo: Cetesb, 1987. 253 p.

BOHN, F. P. **Tratamento do efluente gerado na lavagem de veículos.** 48f. Trabalho Graduação (Bacharelado em Eng. Mecânica) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2014.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental.** 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BUSCHLE, C. A. **Unidade 3: Pesquisa científica.** Notas de aula. Udesc, 2014. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/cristala/materiais/Unidade3aPesquisaCientifica.pdf>>. Acesso em 28 dez 2018.

CARNEIRO, T. C. Medição de vazão vertedores e calhas. Universidade Federal do Maranhão, Disciplina de Hidrologia, 52 slides, 2017.

CARVALHO, R. G.; KRUK, N. S. Critérios de dimensionamento para sistemas de separação água/óleo em aeroportos. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

CNT de gestão hídrica: transporte rodoviário coletivo de passageiros 2017. Brasília: CNT, 2017. Disponível em: < http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Sondagem%20de%20Gest%C3%A3o%20H%C3%ADdrica/Sondagem_CNT_de_Gest%C3%A3o_H%C3%ADdrica_Transporte_Rodovi%C3%A1rio_Coletivo_de_Passageiros.pdf>. Acesso em 07 dez 2018.

COELHO, E. B. A. P. Curso de formação de operadores de refinaria: aspectos ambientais de uma refinaria e respectivas formas de controle. Curitiba: PETROBRAS, 2002. 46 p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União de 16 de maio de 2011, Brasília, DF.

COSTA, M. J. C.; SOUSA, J. T.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SANTOS, K. D. Impactos socioambientais dos lava-jatos em uma cidade de médio porte. Revista Saúde e Ambiente / Health and Environment Journal, v. 8, n. 1, jun. 07.

CREMASCO, M. A. Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos. São Paulo: Blucher, 2012. 423 p.

DACACH, N. G. Tratamento primário de esgoto. Rio de Janeiro: Didática e Científica LTDA, 106 p., 1991.

DESPURIFIL. **Calha Parshal**. Disponível em: < <http://despurifil.com.br/produto-page9db1.html?id=15&menu=7?menu=8&uri=calha-parshall>>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2019.

DESPURIFIL. **Grade barra tipo fixa, fabricação e comercialização**. Disponível em: <<https://www.despurifil.com.br/pagina923c.html?id=69&uri=grade-barra-tipo-fixa>>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2019.

DESPURIFIL. **Grade de barra fixa com limpeza**. Disponível em: <<http://despurifil.com.br/produto-gee58c.html?id=17&menu=7?menu=8&uri=grade-de-barras-fixa-com-limpeza>>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2019.

DONADIO, N. M.M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C.; **QUALIDADE DA ÁGUA DE NASCENTES COM DIFERENTES USOS DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO RICO, SÃO PAULO, BRASIL**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005.

ECKENFELDER, W. W. Water quality engineering for practicing engineers. New York: Barnes & Noble, 1970. 355 p.

ERBIS, P.; FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; GIL, A. S.; SCORTEGAGNA, V.; FERREIRA, M.; ADAMES, D. Qualificação e quantificação de resíduos removidos do gradeamento de estações de tratamento de esgoto doméstico. *In*: XVI ENTAC2016 - São Paulo, 2016, p. 4474-4488.

FREITAS, M. B. et al. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2001.

INEA - Instituto Estadual Do Ambiente. Oficinas mecânicas e lava a jato - Orientações para o controle ambiental. Rio de Janeiro, 2014. 52 p.

IT 179 – Saneamento Básico. Agosto de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama do município de Balsas – MA.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas/panorama>>. Acesso em: 24 de Novembro de 2018.

MACHADO, B. C.; **Avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da estação de tratamento de esgoto de Samambaia – DF para o cultivo de tilápia (Oreochromis niloticus).** 143f. Brasília. Setembro, 2006.

MACHADO, C. J.S. **Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios.** Ambiente & Sociedade – Vol. VI nº. 2 jul./dez. 2003.

MENDES, P. R. A. **Tratamento de águas residuárias (lob1225).** 2017. 60 slides. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4121887/mod_resource/content/0/Aula%207%20-%20Tratamento%20preliminar%20de%20esgotos.pdf>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2019.

MIGALHAS. **Recursos Naturais: Abastecimento de Água, Tratamento e Reuso de Efluentes.** São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/Quentes/17,MI28187,61044-Abastecimento+de+Agua+Tratamento+e+Reuso+de+Efluentes>>. Acesso em: 03 de Janeiro de 2019.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 1, p. 370, mar. 2002.

NATURALTEC. **Separador água óleo.** Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/separadores-agua-oleo-2/separador-agua-oleo/>>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2019.

NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2011. 565p.

OMS (1989). "Directrices sanitárias sobre el uso de aguas residuales en la agricultura y acuicultura – Informe de um Grupo Científico de la OMS". Organización Mundial de La Salud – Série de Informes Tecnicos Nº 778, Ginebra, Suiza, 90 p.

PAXÉUS, N.(1996). *Vehicle washing as a source of organic pollutants in municipal wastewater.* Wat. Sci. Tech., 33: 1-8.

PESSÔA, C. A.; JORDÃO, E. P. Tratamento de esgotos domésticos: concepções clássicas de tratamento de esgoto. 2 ed. Rio de Janeiro: ABES/BNH, 1982. 536 p.

PINTO, D. G.; MIRANDA, L. P.; CASTRO, T. H. M. **Projeto de uma estação de tratamento de água em empresa de lavagem de veículos visando o reuso – um estudo de caso.** 104f. Trabalho Graduação (Bacharelado em Eng. Química) - Departamento de Engenharia Química e do Petróleo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

PRADO, G. S do. Concepção e estudo de uma unidade para tratamento preliminar de esgoto sanitário composta por separador hidrodinâmico por vórtice e grade fina de fluxo tangencial. 246 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

ROSSI, Bruno Leonel et al. Técnica de Medição de Vazão por Vertedor Triangular de Parede Delgada, Instalado na UFMT. **E&S Engineering and Science**, v. 3, n. 1, p. 18-25, 2015.

SECRON, M. B. Avaliação de sistemas separadores água -óleo do tratamento de efluentes de lavagem, abastecimento e manutenção de veículos automotores. 329 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SHIKLOMANOV, I., “World fresh water resources”, GLEICK, P. H. (Editor), Water in Crisis. A Guide to the World's Fresh Water Resources. Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security, Stockholm Environmental Institute, p. 13-24, 1998.

SILVEIRA, Gustavo Echenique. **Sistemas de tratamento de efluentes industriais.** 42f. Trabalho Graduação (Bacharelado em Eng. Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SOLOMONS, T. W. G.; FRUHLE, C. B., Química Orgânica, 7 ed, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro, p. 76-77, 2001.

STORMCEPTOR. *Technology Assessment Report*. Dezembro de 1997. Preparado pelo dr. Eric Winkler da University of Massachusetts Amherst. CNT – Sondagem

TEIXEIRA, P. C. Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água. 171 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

TOMAZ, P. Caixa de retenção de óleo e sedimento. In: TOMAZ, Plínio. Manejo de águas pluviais. São Paulo: Navegar, p. 1-51, 2008.

VON SPERLING, M. Considerações sobre a saúde de ambientes aquáticos. *Bio* 1993;2(3):53-6.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World Health Statistics: Monitoring Health For The SDGs Sustainable Development Goals 2018**. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272596/9789241565585-eng.pdf?ua=1&ua=1>>. Acesso em: 03 de Janeiro de 2019.