

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS
METALÚRGICA E DE MATERIAIS**

TACIANA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE RAMPAS DE LAVAGENS DE ORGANIZAÇÕES
MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO LOCALIZADAS NO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL**

**Porto Alegre
2018**

TACIANA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE RAMPAS DE LAVAGENS DE ORGANIZAÇÕES
MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO LOCALIZADAS NO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia, modalidade Acadêmica, na área de concentração Tecnologia Mineral, Ambiental e Metalurgia Extrativa.

Orientador: Prof. Dr. Ivo André Homrich Schneider

Porto Alegre

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitor: Jane Fraga Tutikian

ESCOLA DE ENGENHARIA

Diretor: Luiz Carlos Pinto da Silva filho

Vice-Diretor: Carla Schwengberten Caten

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,
METALURGICA E MATERIAIS

Coordenação: Carlos Pérez Bergmann

Vice-Coordenação: Afonso Reguly

Rodrigues de Oliveira, Taciana
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE RAMPAS DE LAVAGENS DE
ORGANIZAÇÕES MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO
LOCALIZADAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL / Taciana
Rodrigues de Oliveira. -- 2018.
99 f.
Orientador: Ivo André Homrich Schneider.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de
Materiais, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Exército Brasileiro. 2. Tratamento de efluentes.
3. Lavagens de veículos. I. Homrich Schneider, Ivo
André, orient. II. Título.

TACIANA RODRIGUES DE OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE RAMPAS DE LAVAGENS DE ORGANIZAÇÕES
MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO LOCALIZADAS NO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL**

Esta dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia na área de concentração Tecnologia Mineral, Ambiental e Metalurgia Extrativa e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ivo André Homrich Schneider

Prof.Coord Dr. Carlos Pérez Bergmann

Aprovado em: 18/12/2018

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcelo Oliveira Caetano – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Prof. Dr. Ramiro Gonçalves Etchepare – Universidade Federal do Paraná

Prof. Dra. Rejane Maria Candiota Tubino – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico à minha família, pelo apoio constante.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela realização desta etapa da minha vida.

À minha família, pelo apoio e carinho.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M, pela oportunidade de realização deste trabalho em minha área de pesquisa.

Ao Prof. Dr. Ivo André Homrich Schneider, pela paciência e compreensão das minhas dificuldades, além da orientação e conhecimento ao trabalho realizado.

Aos colegas do PPGE3M, pelo auxílio nas tarefas desenvolvidas; e aos colegas de profissão, pelo apoio.

RESUMO

O lançamento de efluentes feito de forma inadequada pode provocar impactos adversos, dentre os quais a contaminação dos solos e cursos hídricos. A lavagem de veículos é considerada uma atividade com potencial poluidor em decorrência do efluente gerado que pode conter óleos, graxas, sólidos suspensos, matéria orgânica, surfactantes e outros. No âmbito do Exército, a atividade de lavagem de veículos é uma prática comum a quase todos os aquartelamentos. Existem diversas normativas internas que orientam os cuidados ambientais a serem adotados nas rampas de lavagem. No entanto, as Organizações Militares (OM) do Estado do Rio Grande do Sul possuem instalações antigas, geralmente com mais de 50 anos, demandando grande quantidade de obras e serviços de engenharia para as quais se faz necessário o estabelecimento de prioridades. Assim, neste trabalho, as seguintes atividades foram realizadas: (a) aplicação de um questionário às OM com rampas de lavagens do Estado do Rio Grande do Sul para avaliar a situação ambiental das rampas de lavagens nas OM do Estado do Rio Grande do Sul; (b) realização de coletas do efluente bruto e tratado de rampas de lavagens de alguns quartéis selecionados aleatoriamente; e (c) aplicação da metodologia GUT (Gravidade, Urgência, Tendência) para a priorização dos quartéis para a adequação ambiental das rampas de lavagens. A partir do questionário, verificou-se 60% das 70 OM do Estado possuem Sistemas de Separação Água Óleo (SAO), que é o sistema de tratamento exigido em norma para esse tipo de atividade. Uma série de outros detalhes e condutas também foi elencada, como o número de rampas, tipos de veículos, tamanho dos veículos, frequência de lavagens, estado de conservação das rampas, origem da água, destinação do efluente, frequência de análises para o monitoramento e destinação do lodo. As análises físico-químicas, realizadas no fluxo de entrada e saída nos sistemas de SAO de 6 OM, indicaram que destas, 3 OM apresentaram efluente com parâmetros de descarte acima do permitido pelas Resoluções CONAMA nº 430/2011 e CONSEMA nº 355/2017. A aplicação dos resultados do questionário na matriz de priorização GUT permitiu elencar, em grau de prioridade, da mais crítica para a menos crítica, as OM que possuem alguma demanda de adequação da rampa de lavagem.

Palavras-chave: Exército Brasileiro, tratamento de efluentes, lavagens de veículos.

ABSTRACT

Inadequate disposal of effluents can lead to adverse impacts, including contamination of soils and watercourses. Vehicle washing is an activity with potential to pollution due to the generation of water contaminated with oils, greases, and suspended solids. Within the Brazilian Army, the activity of vehicle washing is a common practice in almost all quarters. There are several internal regulations that guide the environmental care to be adopted for the practice of the activity. However, the Military Organizations (MO) of the state of Rio Grande do Sul have old facilities, most over 50 years old, demanding many engineering works and services, for which it is necessary to establish priorities. Thus, this work included: (a) application of a questionnaire to evaluate the environmental aspects regarding the washing procedures of MO of Rio Grande do Sul state; (b) analysis of the raw and treated effluent from 6 OMs randomly selected; and (c) application of the GUT (Gravity, Urgency, Tendency) Matrix to establish a list of quarters, in order of priority, to proceed the necessary repairs. The results indicated that 60% of the 70 MO with ramp washes facilities are equipped with Oil/Water Separation (OAS) systems, the treatment required for such activity. Several other information was listed, such as the number of ramps, kind, and size of vehicle, washing frequency, state of conservation, water supply source, wastewater disposition, frequency of water analysis for monitoring, and sludge destination. From the results of the physical-chemical analysis carried out in the inflow and the outflow of OAS systems of 6 MO, half of them presented effluent with parameters above that allowed by CONAMA nº 430/2011 and CONSEMA nº 355/2017. The application of the results of the questionnaire in the GUT matrix allowed classifying, in a list of priorities, the quarters from the most critical to the least critical for adequacy of the washing ramp.

Keywords: Brazilian Army, effluent treatment, vehicle washes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de um sistema separador gravimétrico convencional proposto pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Paraná. A – caixa de retenção de areia; B e C – caixas de retenção de óleo; D – caixa de inspeção; E – caixa coletora de óleo.	26
Figura 2 – Soldados no Forte Riley lavando um veículo sujo após retornar dos exercícios.	27
Figura 3 – Sistema fechado da rampa de lavagem do Exército Americano na Alemanha	27
Figura 4 – SAO convencional em alvenaria.	34
Figura 5 – Separador convencional de Polipropileno	35
Figura 6 – Separador convencional de Fibra de Vidro.	35
Figura 7 – Separador com placa coalescente comercial.....	36
Figura 8 - Sedimentador experimental	37
Figura 9 – Problemas de instalação de SAO com placas coalescentes em um sarcófago.....	39
Figura 10 – Leopard. Vtr Bld sobre lagartas.....	45
Figura 11 – Guarani. Vtr Bld sobre rodas.....	45
Figura 12 – Marruá. Vtr operacional leve.	45
Figura 13 – Caminhão 5 ton. Vtr operacional pesada.	45
Figura 14 – Planta baixa de uma central de lavagem padrão sem pré-lavagem.....	46
Figura 15 – Central de lavagem padrão com pré lavagem, para veículos muito sujos.	47
Figura 16 – Modelo de estudo de caso apresentado na norma americana.....	49
Figura 17 – Ponto de amostragem do antes do SAO	52
Figura 18 – Ponto de amostragem do na saída do SAO	52
Figura 19 – Rampas de lavagens próximas	57
Figura 20 – Rampas de lavagens próximas no Estado do RS.	57
Figura 21 – Consumo médio de água por veículo nas frotas de OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	59
Figura 22 – Piso considerado não impermeável	62
Figura 23 – Piso considerado não impermeável	62
Figura 24 -- Rampa sem drenagem total dos efluentes.....	62

Figura 25 – Drenagem parcial.....	62
Figura 26 – Estrutura do piso com rachaduras.....	63
Figura 27 – Estrutura do piso com rachaduras.....	63
Figura 28 – Imagens da rampa adequada com tratamento de efluentes para o reuso	64
Figura 29 – SAO em alvenaria	66
Figura 30 – SAO em fibra de vidro em sarcófago	66
Figura 31 – SAO de Fibra de vidro com proteção	67
Figura 32 – SAO em polietileno.....	67
Figura 33 – Estrutura da rampa da OM 1	70
Figura 34 – SAO da OM 1	70
Figura 35 – Estrutura da rampa da OM 2	71
Figura 36 – SAO da OM 2	71
Figura 37 – Estrutura da rampa da OM 3	72
Figura 38 – Caixa de sedimentação da OM 3	72
Figura 39 – Estrutura da rampa da OM 4	72
Figura 40 – SAO da OM 4	72
Figura 41 – Estrutura da rampa da OM 5	73
Figura 42 – Canaletas de drenagem da OM 5	73
Figura 43 – Estrutura da rampa da OM 6	73
Figura 44 – SAO da OM 6	73
Figura 45 – Comparação da pontuação na Matriz de Priorização de obras com os parâmetros em desacordo das OM que tiveram seus efluentes analisados.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de atividades para licenciamento da FEPAM-RS.....	18
Tabela 2 – Padrões de lançamento de efluentes, resoluções CONAMA nº 430/2011 e CONSEMA nº 355/2017	22
Tabela 3 – Valores de parâmetros para a lavagem manual de veículos identificados em estudo da EPA	28
Tabela 1 – Resultados de análises de águas residuárias de lavagem de veículos (efluente bruto).	29
Tabela 5 – Valores de parâmetros para a lavagem convencional de veículos em Campina Grande – PB	37
Tabela 6 – Consumo médio de água por veículo nos Estados Unidos.	40
Tabela 7 – Resumo das principais técnicas e tecnologias reportadas na literatura para o tratamento e reuso de efluentes de lavagem de veículos.	42
Tabela 8 – Análise do efluente bruto e tratado no estudo de caso do Exército Americano.	50
Tabela 9 – Parâmetros analisados nos efluentes das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	53
Tabela 10 – Pontuação para aplicação na GUT.....	54
Tabela 11 – Definição dos itens problemas das rampas de lavagens do Exército Brasileiro a serem considerados na matriz GUT.	54
Tabela 12 – Critérios de priorização para obras de adequação de rampas de lavagens do Exército Brasileiro com pontuação estabelecida.....	55
Tabela 13 – Quantidade de rampas de lavagens por OM do Exército Brasileiro no Estado do RS	56
Tabela 14 – Quantidade e distribuição de veículos nas frotas de OM do Exército Brasileiro no Estado do RS	57
Tabela 15 – Tipos de veículos existentes nas frotas de OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	58
Tabela 16 – Frequência de lavagem por mês nas frotas de OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	58
Tabela 17 – Fonte de abastecimento de água para a lavagem de veículos nas OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	60
Tabela 18 – Estrutura das rampas de lavagens nas OM do Exército Brasileiro no	

Estado do RS.	62
Tabela 19 – Problemas estruturais das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	63
Tabela 20 – Frequência de manutenção na rampa das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	64
Tabela 21 – Tratamento do efluente das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	66
Tabela 22 – Destino dos efluente das rampas de lavagem das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	67
Tabela 23 – Vulnerabilidade ambiental nas proximidades das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	68
Tabela 24 – Frequência de análises nas OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	68
Tabela 25 – Frequência de recolhimento dos resíduos oleosos dos SAO das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.	70
Tabela 26 – Resultado das análises físico-químicas das rampas de lavagens em 6 OM do Exército no Estado do Rio Grande do Sul.	74
Tabela 27 – Resultado da análise de DQO para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.	75
Tabela 28 – Resultado da análise de TOG para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.	76
Tabela 29 – Resultado da análise de Sólidos Sedimentáveis para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.	77
Tabela 30 – Resultado da análise de Sólidos Suspensos para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.	78
Tabela 31 – Resultado da análise de Turbidez para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.	79
Tabela 32 – Tabela de priorização de necessidade de obras de adequação	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANA - Agência Nacional de Águas

API – *American Petroleum Institute*

APP – Área de Preservação Permanente

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONSEMA – Conselho Estadual de Meio Ambiente - RS

COT – Carbono orgânico total

CVWF - *Central Vehicle Wash Facilities*

DEC – Departamento de Engenharia e Construção

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

DQO – Demanda química de oxigênio

DRH - Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual do Meio Ambiente - RS

EB – Exército Brasileiro

EPA – *Environmental Protection Agency*

ETE – Estação de tratamento de efluentes

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – RS

FT – Fenóis Totais

GUT – Gravidade, Urgência e Tendência

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

pH - potencial de hidrogênio

NMP – Número mais provável

OD – Oxigênio Dissolvido

OM – Organização Militar

OPUS -

SAO – Separador água e óleo

SDT – Sólidos dissolvidos totais

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SIGAEB – Sistema de Gestão Ambiental no âmbito do Exército Brasileiro

SST – Sólidos suspensos totais

ST – Sólidos totais

TOG – Teor de Óleos e Graxas

uT – Unidade de Turbidez

US Army – *United States Army*

UFC – *Unified Facilities Criteria*

Vtr – Viatura

Vtr Bld – Viatura Blindada

Vtr Adm – Viatura Administrativa

SNIRH – Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos.

SIGPIMA – Sistema de Informação e Gestão de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 REQUISITOS LEGAIS E NORMATIVOS	18
2.2 LAVAGENS DE VEÍCULOS	23
2.3 CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES DE LAVAGENS DE VEÍCULOS E ...	27
2.4 PARÂMETROS DE ANÁLISE DE EFLUENTES DE LAVAGENS DE VEÍCULOS	29
2.4.1 Temperatura	30
2.4.2 Potencial de hidrogênio (pH)	30
2.4.3 Fenóis totais (FT)	30
2.4.4 Teor de óleos e graxas (TOG)	31
2.4.5 Sólidos sedimentáveis	32
2.4.6 Demanda química de oxigênio (DQO)	32
2.4.7 Sólidos suspensos (SST)	32
2.4.8 Turbidez (uT)	33
2.5 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVAGENS DE VEÍCULOS	33
2.5.1 Sistema separador de água e óleo (SAO)	34
2.5.2 Manutenção do sistema separador água e óleo e destinação dos resíduos	38
2.5.3 Consumo de água para a lavagem de veículos	40
2.5.4 Tratamento de água de lavagem de veículos para reuso	42
2.6 RAMPAS DE LAVAGENS EM QUARTÉIS EM ORGANIZAÇÕES MILITARES	44
2.6.1 Viaturas militares	44
2.6.2 Rampas de lavagens	45
3 MATERIAIS E MÉTODOS	51
3.1 QUESTIONÁRIOS	51
3.2 COLETA E AMOSTRAGEM.....	51
3.3 ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES DE ATENDIMENTO DE OBRAS	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	56
4.2 RESULTADOS DA ANÁLISE DO EFLUENTE	70

4.3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO.....	80
5 CONCLUSÕES	86
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS...	88
REFERÊNCIAS.....	89
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....	97

1 INTRODUÇÃO

A atividade de lavagem de veículos é realizada por diferentes empreendimentos nos setores urbano e industrial, por empresas de transporte de passageiros e cargas, lava-rápidos comerciais (lavagens de carro em postos de combustível) e terminais de transporte intermodais (ETCHEPARE, 2012). Neste contexto, podem-se incluir também as organizações militares. O potencial poluidor destes efluentes resulta da presença de surfactantes, óleos e graxas, microrganismos, outros componentes orgânicos, areias e sólidos suspensos (HAMADA; MIYAZAKI, 2004).

No Brasil, os tratamentos geralmente utilizados neste tipo de empreendimento são a instalação de caixas de areia e caixas separadoras de água e óleo. Estas se destinam a remover óleo livre dos efluentes proveniente de lavagem ou lubrificação de veículo. O processo dá-se pela retenção do óleo devido à diferença de densidade do óleo com a água, tendendo a flutuar, permitindo a separação do óleo (CAMPOS *et al.*, 2017). Entretanto, o separador água e óleo não é suficiente para remoção das emulsões oleosas; tratamentos complementares fazem-se necessários quando se opta pela reutilização da água da lavagem (ARAÚJO, 2017).

A problemática acerca das empresas de lavagem de veículos demonstra a importância de avaliar-se a composição desses efluentes e proporcionar investimentos em tecnologias de baixo custo e fácil operação, de modo que possam ser incorporados instrumentos adequados ao gerenciamento ambiental nesse setor. Em um estudo realizado na Paraíba, esses autores verificaram que a maioria das empresas de lavagens apresentou a caixa de areia como tratamento dessas águas residuárias para a qual se faz necessária a constante manutenção, principalmente em dias de maior movimento e em dias de chuvas, evitando o processo de ressuspensão e carregamento de sólidos e a saturação da areia na remoção do óleo. Além disso, existe a preocupação do destino dessa areia impregnada de óleo, retida na caixa, cujo descarte impróprio, como em terrenos baldios, valas e corpos hídricos, tende a transformar-se em um passivo ambiental (ROSA *et al.*, 2011).

A adequação legal das empresas de lavagens de veículos, quanto ao tratamento dos efluentes gerados, foi observada por Queiroz (2014) como ocorrendo apenas estruturalmente, não sendo comum a adoção de métodos de controles dos padrões estabelecidos na legislação vigente para lançamento de efluentes no

ambiente. Em contrapartida, no Estado do Rio Grande do Sul, o órgão ambiental estadual determina, através da Portaria FEPAM nº 43/2009, que sejam analisados semestralmente para fins de licenciamento ambiental os efluentes de postos de combustível e de serviços, incluindo efluentes de lavagens de veículos (QUEIROZ, 2014).

Ainda ressalta a necessidade de monitoramento e divulgação dos estudos sobre a racionalização da utilização da água de lavagem de veículos, considerando que está sendo utilizada água potável para fins que não necessitam deste nível de qualidade de água.

Os quartéis militares, devido à quantidade de veículos operacionais e administrativos, também possuem em suas instalações as rampas de lavagem, locais destinados à lavagem dos veículos militares, necessária à manutenção e limpeza dos seus veículos militares. No Estado do Rio Grande Sul existe 114 Organizações Militares (OM) do Exército Brasileiro (EB) (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2018). Em geral são organizações antigas, com mais de 50 anos de existência. Assim como as demais instalações dos quartelamentos, as rampas de lavagens são instalações que necessitam de obras de manutenção e modernização ao longo do tempo.

O estabelecimento de critérios para auxiliar na definição das obras prioritárias é importante para o atendimento das necessidades do EB, levando em consideração a disponibilidade de recursos e o cumprimento das exigências legais e ambientais. Neste contexto, a definição de uma matriz de priorização de obras de rampas de lavagens pode auxiliar na execução de obras visando à minimização dos impactos ambientais inerente à atividade.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a situação da adequação ambiental, considerando o aspecto estrutural e a qualidade do efluente, das rampas de lavagem de organizações militares do Exército Brasileiro, localizadas no Estado do Rio Grande do Sul. Para tanto os objetivos específicos foram:

- Identificar os sistemas de estruturais e de tratamento das rampas de lavagem nas organizações militares do Exército localizadas no Estado do Rio Grande do Sul;
- Avaliar a qualidade do afluente e efluente oriundo das rampas de lavagem de alguns quartéis, selecionados de forma aleatória, para análise da

concentração dos parâmetros exigidos para o lançamento do efluente conforme legislação; e

- Determinar prioridades de intervenção nas OM estudadas pela aplicação de uma matriz de priorização de obras para a adequação ambiental das rampas de lavagem.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta parte do trabalho, são apresentadas as principais normas existentes relacionadas à lavagem de veículos e ao descarte de águas oriundas dessas operações. Na sequência serão abordados os principais procedimentos empregados na lavagem de veículos, bem como os sistemas de tratamento comumente adotados. Por fim, descrevem-se os principais parâmetros de qualidade da água a serem monitorados.

2.1 REQUISITOS LEGAIS E NORMATIVOS

A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades usuárias de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependem de prévio licenciamento por órgão ambiental competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.

Em decorrência do potencial poluidor do efluente das rampas de lavagem, a atividade poderá estar sujeita ao processo de licenciamento ambiental, conforme as resoluções CONAMA nº 237/1997, que dispõe sobre licenciamento ambiental; e CONAMA nº 273/2000, que estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e sobre a prevenção e controle da poluição.

Em geral, a atividade de lavagem de veículos é considerada de baixo impacto, sendo licenciada por órgãos ambientais municipais ou até mesmo dispensada de licenciamento, neste último caso, quando para lavagem de veículos de passeio. No Rio Grande do Sul, a Resolução FEPAM nº 4 (Tabela 1), de 28/03/2014, classifica o empreendimento de lavagens de veículos como de baixo potencial poluidor, sendo usualmente licenciada pelo órgão ambiental municipal.

Tabela 1 - Classificação de atividades para licenciamento da FEPAM-RS

Código	Ramo	Potencial Poluidor	Unidade de medida	Mínimo	Pequeno	Porte Médio	Grande	Excepcional
3421.00	Lavagem de Veículos	Baixo	Área útil em m ²	-	de 0 a 99999999	-	-	-

Fonte: Rio Grande do Sul (2014)

No âmbito do Exército existem normativas próprias, podendo-se considerar que a preocupação ambiental é inerente à cultura militar, conforme exemplifica o Decreto nº 14.273, de 28 de julho de 1920, que “aprova o regulamento para o campo de instrução de Gericinó”. Esse documento já previa medidas de proteção ambiental nos níveis de prevenção, mitigação, controle e compensação que só foram incorporadas ao ordenamento jurídico federal por meio da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, a qual estabelece a política nacional de meio ambiente (BRASIL, 2016a).

Em 2001, foi aprovada a Diretriz Estratégica de Gestão Ambiental do EB, por meio da Portaria nº 571, do Comandante do Exército. Essa norma também criou o Sistema de Gestão Ambiental do Exército Brasileiro (SIGAEB), o qual foi atualizado pela Portaria nº 934, do Comandante do Exército, de 20 de dezembro de 2007.

Em 2008, pela Portaria nº 386, do Comando do Exército, as Instruções Gerais para o Sistema de Gestão Ambiental no âmbito do EB (IG 20- 10) foram aprovadas. A função das IG 20-10 é orientar as ações da Política Militar Terrestre para o gerenciamento ambiental efetivo dos empreendimentos e atividades de caráter militar, assegurando o cumprimento da legislação ambiental aplicável e promovendo a convivência harmônica da Força Terrestre com o ecossistema. Após a IG 20-10, ainda foram aprovadas, em 26 de setembro de 2011, as Instruções Reguladoras para o Sistema de Gestão Ambiental no Âmbito do Exército (IR 50 – 20) (BRASIL, 2016a).

As Instruções Reguladoras IR 50-20 norteiam a prática da Gestão Ambiental no EB, a qual prevê em seu art. 113º a proibição da disposição dos efluentes no solo que possam provocar a poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas e, em seu art. 115º, determina que os lançamentos de efluentes nos corpos hídricos das atividades do aquartelamento atendam aos parâmetros previstos na Resolução CONAMA nº 357/2005 ou pelo dispositivo legal vigente.

Especificamente sobre as rampas de lavagens, a IR 50-20, constante da Portaria nº 001-DEC, de 26 de setembro de 2011, estabelece os dispositivos mínimos necessários para o tratamento do efluente da atividade, conforme segue:

Art. 110. Todas as OM que possuem Posto de Abastecimento, Lavagem e Lubrificação (PALL), Posto de Lavagem e Lubrificação (PLL) ou Posto de Abastecimento (PA) deverão manter dispositivos separadores água-óleo para o recebimento dos efluentes e águas contaminadas com graxas e óleos derivados das áreas de manutenção, lubrificação, abastecimento,

lavagem de viaturas e máquinas, além das oficinas mecânicas.

Parágrafo único. Os dispositivos separadores água-óleo devem ser compostos por, no mínimo, caixa desarenadora, sistema separador água-óleo e caixa coleta de óleo.

Art. 112. São proibidos quaisquer descartes de óleo ou resíduos oleosos em solos, nas águas superficiais, nas águas subterrâneas e nos sistemas de esgoto ou de drenagem de águas pluviais.

No que se referem às obras militares, as Instruções Reguladoras 50-16 (BRASIL, 2004), que tratam da elaboração, apresentação e aprovação de projetos de obras militares no Comando do Exército, prevêm em seu art. 7º a necessidade de serem observadas as políticas de meio ambiente e normas ambientais. No Caderno de Orientação Técnica para Instalação, Operação e Remoção de Tanques Subterrâneos de Combustíveis no âmbito do Exército Brasileiro Posto de Distribuição Classe III, da Diretoria de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente (DPIMA), publicado em 2016, orienta-se (BRASIL, 2016b):

De forma a impedir a contaminação do solo pelo material residual da lavagem das viaturas, um sistema de tratamento deve ser previsto adequado a uma boa rede de drenagem, contendo canaletas, caixas, drenos e meia canas de forma a direcionar toda a água utilizada para o conjunto composto da caixa de areia e a caixa separadora de água e óleo. Também podem ser adotadas as Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) para o tratamento dos resíduos.

[...]

Além disso, existe o sistema de ETE que serve para tratar efluentes provenientes da lavagem dos veículos, por meio de sistema contínuo de tratamento físico-químico, separador de água e óleo (água cinza) e do lodo. Este tratamento, além de ajudar a preservar o meio ambiente, pode reduzir os custos com o consumo de água se for projetado para reuso.

A água de reuso pode ser apropriada para processos de lavagem de peças, motores, veículos, descarte e outros fins, com exceção de consumo humano e animal.

A ETE pode ser executada para funcionar automaticamente pelos processos de oxidação química, aeração, coagulação, floculação, decantação e filtração, eliminando metais, cor, odor, matéria orgânica, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e outras substâncias que possam comprometer a qualidade da água.

Os processos de tratamento são executados em fluxo contínuo, ou modulares, à medida que o efluente a ser tratado entra no sistema.

De acordo com a alínea “f”, inciso XIV, art. 7º da Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades de caráter militar é uma ação administrativa da União. Porém, essa mesma alínea excetua do controle ambiental prévio da União os empreendimentos e atividades previstas no preparo e emprego das Forças Armadas (BRASIL, 2011).

As OM e seus imóveis, empreendimentos e atividades, por serem essenciais ao cumprimento da destinação constitucional e atribuições subsidiárias do EB e estarem sob a responsabilidade de comando, direção, coordenação, supervisão, orientação, planejamento, controle, gestão ou administração de autoridade militar do Exército, ou por terceiros contratados por ela, têm caráter militar previsto no preparo e emprego do EB, nos termos da Portaria Normativa MD nº 15/2016 (BRASIL, 2016a).

Desta maneira, os empreendimentos e atividades de caráter militar previstos para o preparo e emprego da Força Terrestre¹, normalmente desenvolvidos nas áreas destinadas ao Exército, tal como as lavagens de veículos, estão dispensadas de proceder ao licenciamento ambiental pelo órgão ambiental.

Entretanto, a dispensa do processo de licenciamento não exime o EB de promover todos os procedimentos adequados à manutenção e à segurança dos militares e dos civis, das instalações e do meio ambiente, de acordo com os preceitos em vigor aplicáveis aos empreendimentos e atividades de caráter militar, observados os prejuízos para a capacidade operacional da Força Terrestre (BRASIL, 2016a).

A resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos, a qual é atualizada pela resolução CONAMA nº 430/2011, que prevê no seu art. 2º que o lançamento de efluentes não pode causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas. No Estado do Rio Grande do Sul, os padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos devem atender também os padrões previstos na resolução CONSEMA nº 355/2017.

No Estado do Rio Grande do Sul, o órgão ambiental estadual determina, através da Portaria FEPAM nº 43/2009, que sejam analisados semestralmente para fins de licenciamento ambiental de postos de combustível e de serviços, incluindo efluentes de lavagens de veículos, os parâmetros: Potencial de Hidrogênio (pH), Temperatura do Efluente (em °C), Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg L⁻¹), Óleos e Graxas (Minerais), Fenóis (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) (mg L⁻¹), Sólidos sedimentáveis (mL L⁻¹) e Vazão (m³ h⁻¹).

¹ Força Terrestre: instrumento de ação do Exército, estruturada e preparada para o cumprimento de missões operacionais terrestres.

Os padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos, de acordo com as resoluções CONAMA nº 430/2011 e CONSEMA nº 355/2017, para os parâmetros estabelecidos pelo órgão ambiental do Rio Grande do Sul, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Padrões de lançamento de efluentes, resoluções CONAMA nº 430/2011 e CONSEMA nº 355/2017

Parâmetros	CONSEMA nº 355/2017	CONAMA nº 430/2011
Potencial de Hidrogênio (pH)	entre 6,0 e 9,0	entre 5 a 9
Temperatura do Efluente (em °C)	< 40	< 40
DQO (mg L ⁻¹)	330 (Q < 100 m ³ d ⁻¹)	-
Óleos e Graxas (Minerais) (mg L ⁻¹)	≤ 10	< 20
Fenóis (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) (mg L ⁻¹)	< 0,1	< 0,5 mg L ⁻¹ C ₆ H ₅ OH
Sólidos Sedimentáveis (mL L ⁻¹)	≤ 1,0 em teste de 1 (uma) hora em Cone Imhoff	≤ 1 em teste de 1 hora em cone Imhoff
Sólidos Suspensos (mg L ⁻¹)	< 140 (Q < 100m ³ d ⁻¹)	-

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, prevê que estão sujeitos ao regime de outorga de recursos hídricos as pessoas físicas e jurídicas de direito público ou privado usuárias de recursos hídricos em todo o país que realizam intervenções diretas como a captação de água ou lançamento de efluentes em corpos hídricos de domínio federal ou estadual. Estes usuários, conforme a Resolução ANA (Agência Nacional de Águas) nº 317, de 26 de agosto de 2003, devem obrigatoriamente se registrar no Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Caso a água seja fornecida pelo sistema de abastecimento e os efluentes sejam lançados na rede pública de esgoto, não existe necessidade de outorga.

A legislação de alguns Estados e municípios brasileiros, tais com o Paraná (Lei Estadual nº 10.624/2017), Espírito Santo (Lei Estadual nº 10.624/2017), Recife – PE (Lei Municipal nº 17.606/2010), Canoas-RS (Lei nº 5980/2015), exige a captação de águas pluviais para o uso em estabelecimentos com atividade de lavagem de veículos – lava a jatos, postos de combustível, garagens de ônibus, entre outros.

A norma da ABNT NBR 13969:1997, que trata sobre Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação, traz as possibilidades de disposição final dos efluentes de tanque séptico, dentre as quais se enquadra o reuso nas lavagens de veículos.

No caso de reuso para lavagem de veículos, a norma determina valores de parâmetros a serem atendidos para reutilização da água após a passagem pelo tanque séptico e a necessidade de tratamentos complementares, levando em consideração que é um uso que requer o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador:

- Turbidez – inferior a 5 uT
- Coliformes fecais – inferior a 200 NMP/100 mg L⁻¹
- Sólidos dissolvidos totais - inferior a 200 mg L⁻¹
- pH entre 6,0 e 8,0
- Cloro residual entre 0,5 mg L⁻¹ e 1,5 mg L⁻¹

2.2 LAVAGENS DE VEÍCULOS

Teixeira (2003) e Magalhães (2005) descrevem que os processos de lavagem de veículos evoluíram de operações de enxágue manuais para operações de lavagem comerciais mais sofisticadas, destacando três principais tipos de lavagem de carros:

- Lavagem tipo a jato manual, em que se lava o veículo com uma mangueira com jatos de alta pressão de ar e água, aplicação manual de xampus, desengraxantes e enxágue. É o tipo de lavagem mais comum no Brasil, adotada também nos quartéis.
- Lavagem tipo túnel, em que o veículo segue pelo interior de um equipamento em formato de túnel, passando por áreas de lavagem (com detergente), enxágue, enceramento e secagem, respectivamente. O detergente diluído em água é aplicado e a sujeira é mecanicamente removida por escovas e/ou jatos de alta pressão. Na sequência, o automóvel é enxaguado com água e seco com jatos de ar. O efluente é coletado por canaletas e valas localizadas abaixo do túnel. É o tipo mais comum utilizado nas lavagens comerciais dos Estados Unidos, onde é comum a prática de reciclagem da água de lavagem e de enxágue.

- Lavagem tipo “rollover” onde o automóvel permanece parado enquanto a máquina de lavagem movimentada-se em seu entorno. O equipamento é dotado de escovas em formas cilíndricas que giram em torno de seu próprio eixo. O efluente gerado é coletado em uma vala situada abaixo do sistema.

Independentemente da forma de lavagem propriamente dita, faz-se necessário que os locais de lavagem possuam estrutura física adequada: revestimento do piso da área de lavagem de veículos (tipo cimentado com acabamento liso) e sistema de drenagem para águas de lavagem (no mínimo proporcionar declividade adequada para o piso) que deverão ser destinadas para caixa separadora de água e óleo, a qual deverá ser inspecionada periodicamente para verificação de suas condições de manutenção. Ainda, deve-se buscar obtenção de outorga junto ao órgão competente e o enquadramento legal do empreendimento (MORAIS, 2009).

Segundo Tubino *et al.* (2014), os avanços obtidos nos últimos anos relacionados à preservação ambiental podem ser creditados à regulação estatal. A regulação, com instituições capazes de dar conta de fiscalizar, incentivar e informar o mercado norteiam o desenvolvimento ambientalmente sustentável que se deseja. No Brasil, o estudo e a prática das políticas de desenvolvimento sustentável permitem identificar diversos entraves ao progresso limpo, dentre os quais: a cultura empresarial, a natureza conservadora das instituições públicas e privadas, o problema de informação, a falta de mecanismos de incentivo e o elevado custo do desenvolvimento tecnológico. Portanto, entende-se ser de extrema importância a regulação estatal para a adequação ambiental de rampas de lavagens.

Em Porto Alegre – RS, a atividade de lavagem de veículos é licenciável, sendo exigido que a mesma deva ser realizada em local adequado com piso impermeável e de forma que as águas contaminadas, provenientes desta operação, sejam totalmente drenadas para caixa separadora de óleo e lama, construída conforme Decreto Municipal nº 9.750/90. Caso não seja, deverá apresentar projeto e Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do responsável técnico atestando a sua adequação em atender ao Decreto Municipal nº 12.961/00.

Os resíduos líquidos contaminados com hidrocarbonetos provenientes de lavagem de veículos, oficinas mecânicas e atividades similares deverão escoar através de caixa separadora de óleo e lama para a rede pluvial ou através de

dispositivos que atendam aos padrões de emissão do município (PORTO ALEGRE, 2014).

O município de Novo Hamburgo – RS enquadra a atividade de lavagem de veículos como sujeita ao licenciamento ambiental no qual torna obrigatória a instalação de sistema de pré-tratamento composto de gradeamento e caixa de sedimentação de areia. A caixa de areia deverá ser instalada dentro do box de lavagem, ou área de geração dos efluentes, sendo o entorno da área de lavagem provida de canaletas com grelhas, segregando as águas servidas das pluviais. Após o pré-tratamento, os efluentes deverão ser destinados ao tratamento preliminar com caixa separadora de água e óleo (NOVO HAMBURGO, 2018).

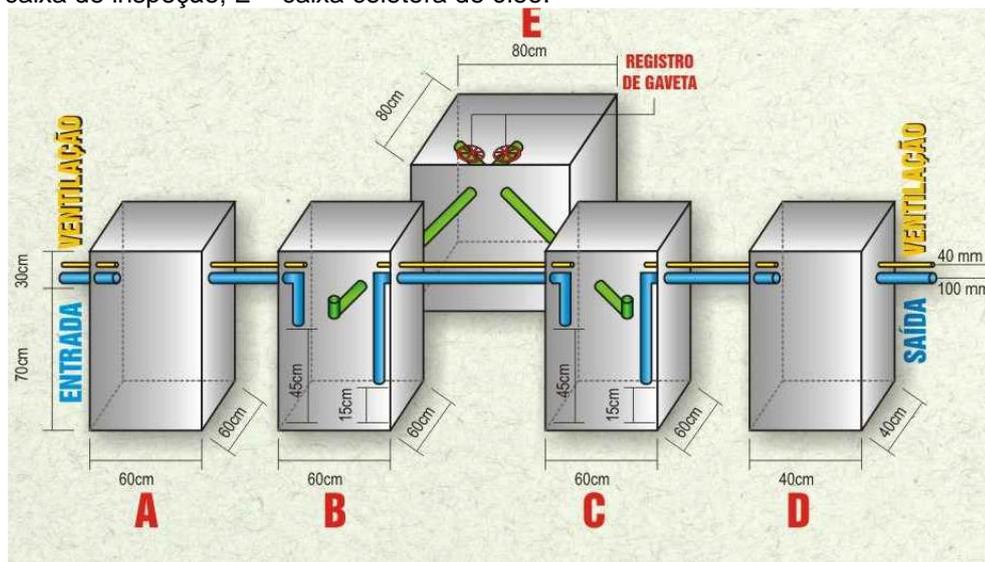
A norma técnica da ABNT NBR 14605:2010, que trata do sistema de drenagem oleosa de Posto de Serviço, prevê que tal drenagem seja constituída de componentes para executar as seguintes funções: captação, condução e retenção seletiva. A captação e condução devem ser feitas através de canaletas e/ou dutos. A retenção seletiva deve ser feita para sólidos grosseiros por meio de grelha para separação da porção oleosa livre por meio de separador água e óleo (SAO) para sedimentação de sólidos pesados através de caixa de areia ou no próprio SAO. De acordo com a norma, o SAO deve atender às seguintes exigências:

- Ser projetada, confeccionada e instalada por responsável técnico;
 - Ser constituída de material rigorosamente estanque e com permeabilidade máxima de 10⁻⁶cm/s;
 - Ser enterrado ou simplesmente apoiado no solo;
 - Possuir tampa que resista ao peso de pedestres - quando instaladas em áreas ajardinadas ou protegidas - e de automóveis e caminhões de até 5 T por roda para o caso de instalação da caixa sob a pista;
 - Ter fácil acesso às suas partes internas, viabilizando uma rápida manutenção (limpeza) e operação, onde e quando necessário;
 - Possuir reservatório para armazenamento temporário do óleo, constituído de material estanque, com volume mínimo de armazenamento temporário para uma semana. Pode ser parte integrante do SAO ou ser acoplado a ele;
- e

- Possuir caixa de amostragem dos efluentes de diâmetro mínimo de 30 cm e altura mínima de 15 cm ou pode ser instalada uma conexão “Tê” com registro na saída da tubulação do SAO.

Na Figura 1 estão expostos o esquema de caixas de areia e caixa separadora e as conexões com os boxes de lavagem dos veículos proposto pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Paraná (PARANÁ, 2005). Neste esquema, é proposta a instalação de duas SAO para aumentar a eficiência de remoção do óleo. No entanto, geralmente as empresas de lavagem de veículos optam por apenas uma caixa separadora de água e óleo (ROSA *et al.*, 2014).

Figura 1 – Esquema de um sistema separador gravimétrico convencional proposto pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Paraná. A – caixa de retenção de areia; B e C – caixas de retenção de óleo; D – caixa de inspeção; E – caixa coletora de óleo.



Fonte: PARANÁ (2005).

O Exército Americano também possui normativas próprias que tratam das instalações de lavagens de veículos e tratamento de seus efluentes. As normativas norteiam a adequação das instalações de lavagem realizada nos quartéis militares, os quais têm adotado sistemas de tratamento e reciclagem da água de lavagem dos veículos. É o caso do Forte Riley (Figura 2), onde os veículos militares, ao retornarem dos exercícios de treinamento, são limpos em rampas de lavagens, por jatos de água de alta pressão. Toda a água de lavagem é captada e tratada, visando a sua reutilização para fins não potáveis (SZABO, 2013).

Nas instalações do Exército Americano, USAG Bavaria, localizada em Grafenwoehr na Alemanha, o sistema de rampa de lavagem (Figura 3) opera com sistema fechado em todas as suas instalações para minimizar o uso de água potável e a geração de águas residuais (USAG BAVARIA, 2018).

Figura 2 – Soldados no Forte Riley lavando um veículo sujo após retornar dos exercícios.



Fonte: Szabo (2013)

Figura 3 – Sistema fechado da rampa de lavagem do Exército Americano na Alemanha.



Fonte: USAG Bavaria (2018)

2.3 CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES DE LAVAGENS DE VEÍCULOS E

A atividade de lavagem de veículos, além do consumo de água, adiciona componentes indesejáveis ao meio líquido. Podem-se mencionar surfactantes de vários tipos, biodegradáveis ou não, restos de poeira, fuligem, graxa, gasolina e todo tipo de resíduo produzido pelos automotores (ASEVEDO; JERÔNIMO, 2012).

De acordo com Stumpf (2016), os efluentes provenientes de lavagens apresentam grandes concentrações de matéria orgânica, presença de materiais sólidos e óleos e graxas. Araújo (2017) complementa que o efluente da lavagem de veículos também pode apresentar amônia, ferro e alta turbidez. Uma vez descartado sem tratamento em redes públicas, em cursos de águas superficiais e/ou no solo, o efluente pode ocasionar problemas de toxicidade, aumentar a cor e turbidez das águas receptoras, gerar espumas e maus odores, entre outros inconvenientes (RUBIO et al., 2007; RUBIO, ZANETI, 2009).

As características destes efluentes estão associadas aos seguintes fatores: poluentes impregnados na superfície dos veículos; produtos químicos utilizados na lavagem; quantidade de água utilizada na lavagem; tipo (carro, ônibus, caminhão, locomotiva) e parte do veículo (lataria, motor, chassi, rodas) enxaguada; e efeitos sazonais climáticos (ETCHEPARE, 2012). Segundo Dorigon e Tessaro (2010), no

Brasil são escassos os postos de lavagem que possuem um sistema de tratamento e de reutilização desses recursos.

De acordo com Martins (1998 apud SOARES, 2014), os sabões e detergentes sintéticos praticamente não sofrem modificações químicas nos processos de lavagem com água (salvo formações de sais de cálcio, magnésio e outros, quando se usam as chamadas águas duras) e encontram-se, portanto, presentes nas águas residuais de escoamento das operações de lavagem.

Segundo Stumpf (2016), a introdução de concentrações elevadas de matéria orgânica em um corpo hídrico resulta indiretamente no consumo de oxigênio dissolvido. Isso ocorre devido aos processos de estabilização da matéria orgânica realizada pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível na água para sua respiração. A diminuição da concentração de oxigênio dissolvido resulta em diversas alterações do ponto de vista ambiental, constituindo-se em um dos principais problemas de poluição das águas. Já a contaminação por óleo resulta em perdas na entrada de luz e aeração naturais nos corpos hídricos, pois forma um filme insolúvel na superfície da água que produz efeitos nocivos sobre a fauna e flora aquática.

Magalhães (2005) descreveu que, em 1980, a agência americana “Environmental Protection Agency” - EPA indicou as faixas de valores de alguns parâmetros de efluente de tipologias lavagens de veículos, dentre as quais se encontrava a lavagem manual, a mais adotada no Brasil (Tabela 3). O estudo apontou que as concentrações médias de DBO, COT e fósforo foram inferiores aos valores típicos para esgoto sanitário; e as concentrações de DQO, SST e óleos e graxas foram equivalentes ou menores que os encontrados no esgoto sanitário. Chumbo e zinco estiveram presentes em todas as amostras. Os únicos metais, além destes, com presenças significativas foram o cobre e o níquel.

Tabela 3 – Valores de parâmetros para a lavagem manual de veículos identificados em estudo da EPA

Parâmetro	Lavagem manual	
	Min	Máx
pH	7,4	8,3
DBO (mg L ⁻¹)	69	220
DQO (mg L ⁻¹)	238	1120
COT (mg L ⁻¹)	79	160
SST (mg L ⁻¹)	659	2970
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	90	404
Fósforo (mg L ⁻¹)	2,8	3,2

Fonte: U.S.EPA (1980 apud MAGALHÃES, 2005)

Queiroz (2016) compilou diversos resultados de análises de caracterização de efluentes brutos de lavagem de veículos de autores que realizaram análises em diversos Estados do Brasil, e em outros países como Kwait e Estados Unidos (Washington), conforme Tabela 4.

Tabela 2 – Resultados de análises de águas residuárias de lavagem de veículos (efluente bruto).

Parâmetro	São Paulo	Kwait	Washinton	Rio Grande do Sul	Paraíba	Rio Grande do Sul	Rio Grande do Norte
	Morelli (2005)	Al-Odami <i>et al.</i> (2006)	Smith (2009)	Zaneti <i>et al.</i> (2011)	Rosa <i>et al.</i> (2011)	Etchepare (2012)	Soeiro (2014)
Gasolina (mg L ⁻¹)	-	-	0,091	-	-	-	-
Óleo de motor (mg L ⁻¹)	-	-	8,5	-	-	-	-
Diesel (mg L ⁻¹)	-	-	5,9	-	-	-	-
Cádmio (mg L ⁻¹)	-	-	-	-	0,04	-	0,01
Cromo (mg L ⁻¹)	-	-	0,028	-	0,50	-	0,05
Cobre (mg L ⁻¹)	-	-	0,532	-	1,12	-	0,38
Chumbo (mg L ⁻¹)	-	-	0,051	-	0,56	-	0,20
Níquel (mg L ⁻¹)	-	-	0,089	-	0,30	-	0,10
Zinco (mg L ⁻¹)	-	-	0,502	-	2,82	-	0,31
Ferro (mg L ⁻¹)	-	0,6	-	-	-	-	4,13
Alumínio (mg L ⁻¹)	-	0,9	-	-	-	-	6,40
Manganês (mg L ⁻¹)	-	17	-	-	-	-	0,23
Prata (mg L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	0,10
Sódio (mg L ⁻¹)	-	128	-	-	-	-	-
Nitrato + nitrito (mg L ⁻¹)	-	-	0,082	-	-	-	-
pH	6,4	7,16	6,75	7,55	8,30	7,40	6,98
Dureza (mg L ⁻¹)	-	-	65	-	-	-	-
Sólidos dissolvidos T. (mg L ⁻¹)	-	620	214	423,5	-	334	-
Sólidos suspensos T. (mg L ⁻¹)	-	-	198	78,5	1.729	91	-
Sólidos sedimentáveis (mg L ⁻¹)	1,2	-	-	-	-	-	-
Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	356	-	-	-	3.225	-	-
Óleo e graxa (mg L ⁻¹)	783	-	21,5	8,3	152,8	14	282,35
A turbidez (uT)	27	-	159	96	360	107	-
Fósforo T. (mg L ⁻¹)	-	-	3,94	1,00	4,36	1,0	-
Surfactantes MBAS (mg L ⁻¹)	-	-	27	16,35	-	23	-
Nitrogênio T. (mg L ⁻¹)	-	-	-	7	18,8	9,6	-
Amônia (mg L ⁻¹)	-	-	0,72	-	-	-	1,02
DBO (mg L ⁻¹)	25	-	-	100,5	-	72	89,55
DQO (mg L ⁻¹)	-	-	-	-	1.696	189	846,46
<i>E. Coli</i> (N.M.P.100 mL ⁻¹)	-	-	-	325E+05	-	3,44E+05	-
Coliformes T. (N.M.P.100 mL ⁻¹)	-	-	-	1,53E+05	-	2,1E+04	-
SiO (mg L ⁻¹)	-	9	-	-	-	-	-
SO4 (mg L ⁻¹)	-	188	-	-	-	-	-
Sulfeto (mg L ⁻¹)	-	-	-	-	-	0,18	-
Cloreto (mg L ⁻¹)	-	-	-	-	-	30	-

Adaptado de Queiroz (2016)

Diante da presença de tais poluentes na lavagem de veículos, faz-se necessário o tratamento para evitar que ocorram lançamentos de efluentes em desacordo com os parâmetros previstos na legislação.

2.4 PARÂMETROS DE ANÁLISE DE EFLUENTES DE LAVAGENS DE VEÍCULOS

Existe uma série de análises que podem ser realizadas para averiguar a qualidade dos efluentes. Estão discutidas neste referencial algumas delas, sendo a

maioria as determinadas como obrigatórias pelo órgão ambiental do Rio Grande Sul para obtenção e manutenção do licenciamento ambiental.

2.4.1 Temperatura

Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água. A temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Fora de seus limites de tolerância térmica, os organismos aquáticos têm alterações no seu crescimento e reprodução, podendo inclusive vir a óbito (QUEIROZ, 2014).

2.4.2 Potencial de hidrogênio (pH)

O pH (potencial de hidrogênio) indica o caráter básico ou ácido de uma dada solução, representado pela atividade do íon hidrogênio. A escala de pH é logarítmica e graduada de 1 a 14, tomando como referência o produto de ionização da água (VON SPERLING, 2005). A alteração no pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas, podendo também aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados (QUEIROZ, 2014). É um parâmetro importante também para a eficácia de operações de tratamento de efluentes, principalmente nas etapas de coagulação, filtração, desinfecção e controle de corrosão (VASCONCELOS, 2009).

2.4.3 Fenóis totais (FT)

Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos e aos microrganismos que tomam parte nos sistemas de tratamento biológico de efluentes. São reconhecidos como contaminantes prioritários, ou seja, são substâncias tóxicas que podem ser introduzidas nas águas dos rios através das emissões de efluentes industriais como os de papel e celulose, refino de petróleo, petroquímica, siderúrgica e plástica. Devido à sua alta volatilidade e solubilidade em água, os fenóis conferem

problemas de gosto e odor em águas potáveis, mesmo em concentrações de uma parte por bilhão (SOUZA, 2009).

2.4.4 Teor de óleos e graxas (TOG)

Os óleos encontrados nas atividades automotivas podem ser de origem mineral, vegetal, animal e sintéticos. Os óleos minerais e sintéticos são utilizados para lubrificação de motores de combustão de veículos leves e pesados, no sentido de reduzir o atrito e o desgaste de engrenagens e peças. Há os óleos combustíveis, utilizados no processo de combustão como, por exemplo, o diesel. Existem ainda os óleos utilizados para o acabamento de lavagem veicular, como é o caso do silicone.

Os óleos lubrificantes e combustíveis também podem ser empregados para limpeza de peças, atuando como solventes na dissolução do resíduo oleoso impregnado nas superfícies das peças e veículos. Os óleos vegetais, assim como os óleos animais, também podem fazer parte de composições em óleos lubrificantes e combustíveis, como o caso do óleo de rícino (mamona), amêndoas e sementes em geral, empregados na fabricação de lubrificantes e biodiesel. Estes óleos também ocorrem nas operações de lavagem e polimento de motores e carroceria, exemplificado pelo óleo de rícino (SECRON *et al.*, 2010).

As graxas são utilizadas para lubrificação de peças em serviços de manutenção de veículos. Compreendem compostos semisólidos, constituídos por uma mistura de óleo mineral ou sintético, aditivos e agentes engrossadores, chamados sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, lítio e bário (SECRON *et al.*, 2010).

A pequena solubilidade dos óleos e graxas constitui um fator negativo no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento da água. A presença de material graxo nos corpos d'água, além de acarretar problemas de origem estética, diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo, dessa maneira, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água. Os óleos e graxas, em seu processo de decomposição, reduzem o oxigênio dissolvido, elevando a DBO e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático (VASCONCELOS, 2009).

2.4.5 Sólidos sedimentáveis

Os sólidos sedimentáveis são partículas orgânicas e inorgânicas que, por processos mecânicos e físico-químicos, podem ficar em suspensão; porém, apresentam a capacidade de sedimentarem quando a fase líquida entra em repouso (QUEIROZ, 2014).

2.4.6 Demanda química de oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) indica a quantidade de oxigênio que é consumida por meio de reações químicas de oxidação de diversos compostos orgânicos presentes. O resultado é expresso em mg de O₂ por litro de efluente, indicando de maneira indireta a quantidade de matéria orgânica presente no líquido (VON SPERLING, 2005).

A DQO é um parâmetro importante na caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, sendo muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Sabe-se que o poder de oxidação do dicromato de potássio é maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos, exceto raríssimos casos como hidrocarbonetos aromáticos e piridina. Dessa forma, os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais esse valor aproximar-se da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente (VASCONCELOS, 2009).

2.4.7 Sólidos suspensos (SST)

Os sólidos suspensos constituem um parâmetro de importância ambiental, sendo utilizado para valorar o potencial poluidor de uma água residuária e para avaliar a eficiência de tratamento de uma Estação de Tratamento de efluentes. No caso das atividades automotivas, partículas de poeiras, argilas, emulsões oleosas, espuma de detergentes e partículas orgânicas com diâmetro até 45 µm, todas podem fazer parte dos sólidos em suspensão (VASCONCELOS, 2009).

Os sólidos em suspensão são subdivididos em sólidos coloidais e sedimentáveis/flutuantes. Os coloidais são aqueles mantidos em suspensão devido

ao pequeno diâmetro e pela ação da camada de solvatação que impede a agregação dessas partículas. Os sólidos sedimentáveis e os flutuantes são aqueles que se separam da fase líquida por ação da gravidade (SECRON *et al.*, 2010). Assim, os sólidos em suspensão, ou SST (Sólidos em Suspensão Totais), consistem um grupo de sólidos retidos em um procedimento específico de filtração, seguido de um processo de evaporação e secagem da amostra.

2.4.8 Turbidez (uT)

A turbidez representa o grau de interferência pela passagem da luz através da água, dando uma aparência turva à mesma, medida em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT) ou Unidade de Turbidez (uT). É causada pela presença de materiais em suspensão, ou seja, de materiais que não estão dissolvidos no fluido, que podem ser partículas de areia fina, silte, argila e microrganismos. A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, dando à água uma aparência nebulosa (VON SPERLING, 2005).

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos, como, por exemplo, os coagulantes, seja utilizada nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação (QUEIROZ, 2014).

2.5 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVAGENS DE VEÍCULOS

O tratamento das águas residuárias da lavagem de veículos envolve três etapas: tratamento preliminar, tratamento primário, secundário e pós-tratamento (BROWN; KOELLER, 2006). No Brasil, o tratamento convencional exigido pela CONAMA nº 273/2000 e legislações municipais, para as empresas de lavagem de veículos, consiste no tratamento preliminar das águas residuárias, que compreende o processo de decantação e separação, através do separador gravimétrico, incluindo basicamente a caixa de areia e o sistema separador de água e óleo (SAO) (ROSA *et al.*, 2014).

Segundo Vasconcelos (2009), o tratamento que é utilizado por postos de lavagens é somente o gradeamento, passando pela caixa de areia e, por último, no

separador água/óleo, lançando o efluente na rede pública de água pluviais e/ou de esgoto.

2.5.1 Sistema separador de água e óleo (SAO)

O sistema separador de água e óleo (SAO) tem a função de reduzir a velocidade do fluxo e reter a maior parte do óleo livre proveniente da área de geração de efluentes, além de pequena parcela de óleo emulsionado, especialmente as emulsões instáveis. Os SAO podem receber grande quantidade de areia e outros materiais inertes de modo que é conveniente a desarenação como tratamento preliminar da água (SECRON *et al.*, 2010).

Existem três tipos básicos de separador água e óleo: convencional, de placas coalescentes e API ou *American Petroleum Institute Separator* (SECRON *et al.*, 2010). No Brasil, os mais utilizados são os separadores convencionais e com placa coalescente, podendo ser construídos de alvenaria, polietileno ou outros materiais estanques, impermeáveis e resistentes aos resíduos oleosos presentes na água afluyente.

De acordo com o SECRON (2006), as empresas automotivas do Brasil utilizam com mais frequência os separadores convencionais (Figura 4), sendo em geral projetados e construídos em concreto e, em muitos casos, sem critérios técnicos adequados, de forma empírica (SECRON, 2006).

Figura 4 – SAO convencional em alvenaria.



Fonte: Miguel (2008).

A concepção básica de um SAO convencional (Figuras 5 e 6) é um tanque simples que reduz a velocidade do efluente oleoso de forma a permitir que a

gravidade separe o óleo da água. Como o óleo tem uma densidade menor que a da água, ele flutua naturalmente, se tiver tempo, para então se separar fisicamente. A lei de *Stokes* evidencia a taxa de separação. Os principais fatores que afetam a taxa de separação são: o tamanho da gota de óleo, a densidade do óleo e a temperatura do óleo. Os outros fatores também importantes são vazão, turbulência e o tamanho das partículas óleo/contaminantes (DIAS, 2012).

Figura 5 – Separador convencional de Polipropileno

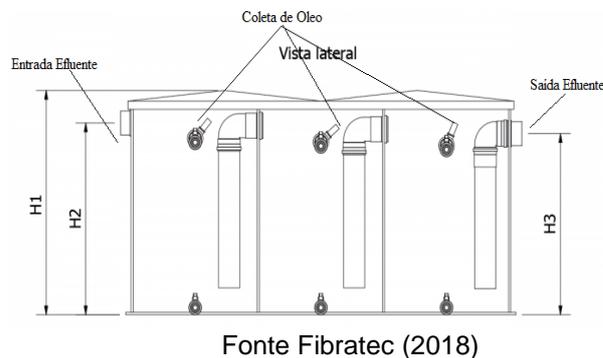


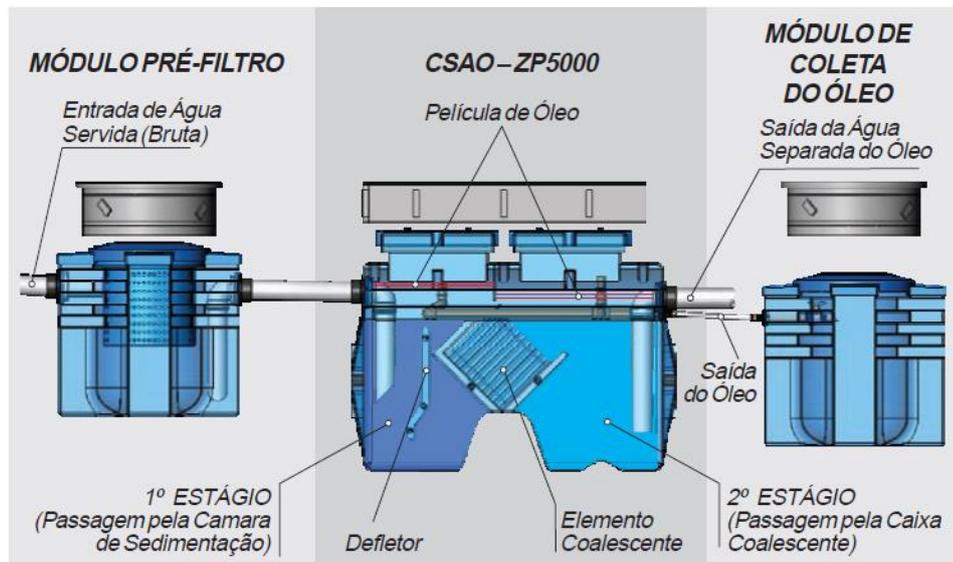
Figura 6 – Separador convencional de Fibra de Vidro.



Já os separadores de placas coalescentes (Figura 7) diferenciam-se dos demais pela presença da placa coalescente, sendo geralmente utilizados em atividades onde o fluxo de óleo é mais intenso, assim como a frequência de vazamentos. Esta técnica utiliza um meio coalescente oleofílico, isto é, facilidade em reter ou aderir ao óleo. Geralmente, o meio coalescente é colocado inclinado aumentando o tempo de subida e, portanto, permitindo que mais gotas juntem-se formando uma gota muito maior. Em contrapartida, os sólidos também sedimentam com maior facilidade, pois, aumentando o tempo de retenção, estes se separam da água nas placas (BOHN 2014).

Segundo Costa (2014), são necessários 11 segundos para uma partícula de 0,1 mm decantar em um separador convencional com 1 metro de profundidade. Adicionando-se placas inclinadas de 60°, reduz-se o tempo de decantação em 72 vezes. Usam-se, para este efeito, materiais oleofílicos tipo pratos inclinados corrugados e outros recheios às quais as gotículas de óleo aderem-se enquanto a água contaminada passa.

Figura 7 – Separador com placa coalescente comercial.



Fonte Zeppini (2018)

Miguel (2008) realizou um estudo em Florianópolis – SC de análise de toxicidade do efluente de três postos de abastecimento e serviços, após a passagem pelas caixas separadoras água e óleo, utilizando o microcrustáceo *Daphnia magna*. Concluiu que tanto os sistemas convencionais como os sistemas compostos por caixas pré-fabricadas com placas coalescentes apresentaram resultados que satisfaziam integralmente as exigências determinadas pelo órgão ambiental estadual.

Para testar a eficiência de um separador convencional, Rosa *et al.* (2014) confeccionaram um sedimentador experimental de câmara única (Figura 8). Realizaram coletas de água residual de cinco lavagens convencionais de veículos da cidade de Campina Grande – PB, com capacidade de lavagem de 40 veículos por semana. O sedimentador circular constituiu-se de um recipiente com capacidade de 30 litros, no qual as águas residuárias foram inicialmente armazenadas, permanecendo duas horas, garantindo a sedimentação completa do material.

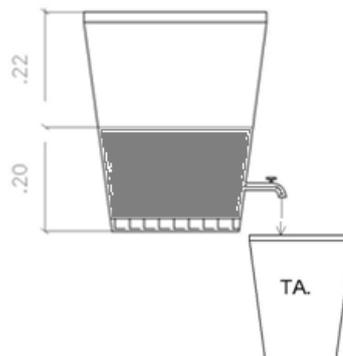
A decantação ocorreu em uma zona morta do sedimentador, com capacidade equivalente a 1,2 L, com altura de 15 cm de base interior da caixa. Foram realizadas 12 amostragens dos efluentes brutos e, após, a passagem pelo sedimentador de cada ponto de coleta, realizadas durante a lavagem dos veículos, de forma a obterem-se as águas residuárias com características que contemplassem as diversas etapas do processo de lavagem, nas quais utilizavam diferentes tipos de insumos (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores de parâmetros para a lavagem convencional de veículos em Campina Grande - PB

Parâmetro	Efluente Bruto	Efluente após sedimentador
	Média	Média
pH	8,56	8,44
DQO (mg L ⁻¹)	1.687	1.301
SST (mg L ⁻¹)	2.736	1.584
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	371	226
ST (mg L ⁻¹)	12.377	3.522

Adaptado de Rosa *et al.* (2014)

Figura 8 - Sedimentador experimental

Fonte: Rosa *et al.* (2014)

Rosa *et al.* (2014) concluíram que o sedimentador experimental apresentou eficiência na remoção de ST, SST, óleos e graxas, e DQO de 71%, 42%, 41% e 23%, respectivamente, demonstrando o desempenho dessa tecnologia na retenção dos sólidos e óleo livre (resíduos oleosos). No entanto, verificaram que a emulsão água e óleo não foi retida nesse processo de tratamento, ressaltando a necessidade de outros tratamentos ou associações de tratamentos para que se possa cumprir com as exigências da legislação ambiental vigente.

Queiroz (2014) realizou um diagnóstico ambiental de 3 lavagens de veículos do tipo a jato manual, em Mossoró – RN, que adotavam sistema de SAO. Realizou entrevistas com os proprietários das instalações e analisou a água das lavagens em relação aos parâmetros turbidez, temperatura, sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos, pH, OD, óleos e graxas, DBO, DQO, nitrogênio total e fósforo total. Foram coletadas amostras do efluente bruto e, após, o tratamento.

Concluiu que a adequação legal das empresas de lavagem de veículos, quanto ao tratamento dos efluentes gerados, ocorria apenas estruturalmente. Os proprietários não estavam atingindo em suas unidades os padrões estabelecidos na

legislação vigente para lançamento do efluente ao ambiente. Apenas as características pH e temperatura contemplaram os limites estabelecidos pela legislação.

Stumpf (2016) avaliou a eficiência do sistema, composto por caixas de separação água e óleo, de duas estações de tratamento de efluentes de lavagens de veículos leves e pesados, de Irati- PR. Para tanto, fez várias análises em dias distintos em ambas as estações, de DQO, DBO, pH e teor de óleo. Concluiu que, mesmo após o tratamento, as amostras apresentaram valores acima dos previstos pela legislação estadual para DQO, DBO e TOG, comprovando ser necessária a adoção de tratamento secundário.

Em São Carlos - SP, Neves (2010) realizou análises de DBO, pH e óleos e graxas de efluentes de lavagens de veículos, após a passagem pelo SAO, constatando que somente os valores de DBO não atingiram os padrões mínimo de descarte, conforme exigências estaduais.

2.5.2 Manutenção do sistema separador água e óleo e destinação dos resíduos

A manutenção nos SAO é essencial para o seu correto funcionamento. O emprego de pessoal qualificado também é fundamental, fato que nem sempre é observado na prática. De acordo com Zeppini (2018), para um SAO possuir eficiência adequada, é preciso de um dreno de retenção hidráulica, a limpeza da caixa e a manutenção constante da vazão do efluente para não corromper o sistema.

Paxéus (1996) ressalta que o SAO não apresenta eficiência na remoção de poluentes orgânicos, provavelmente pela formação de emulsões estáveis no efluente, não sendo também eficientes na clarificação da água. O acúmulo de óleo em presença de detergentes e solventes no efluente automotivo pode formar emulsões que irão gerar a presença de óleos na saída do efluente dos SAO (SECRON *et al.*, 2010).

Rosa *et al.* (2014) enfatizam que as manutenções periódicas são fundamentais para evitar o processo de ressuspensão e carregamento de sólidos. O acúmulo de óleo livre, borras oleosas e sólidos depositados, por efeito de arraste e turbulências, pode gerar problemas nos efluentes, principalmente devido à presença de óleos e sólidos em suspensão, conforme observado por Secron *et al.* (2010). A

secagem (STUMPF, 2016). O dimensionamento de qualquer modalidade de leito de secagem é baseado na NBR 12.209 (ABNT, 2011). Silva e Alchon (2017) propuseram um leito de secagem de lodo com piso de blocos drenantes que se mostrou eficiente no desaguamento reduzindo o volume de lodo após 24h em torno de 70%, independente da taxa de aplicação de sólidos.

Para Costa (2006), o descarte dos resíduos oleosos envolve outra problemática: o descarte em qualquer terreno baldio, que pode resultar em danos ambientais por causar a poluição dos solos e das águas subterrâneas. Os solos poluídos podem apresentar risco à saúde pública de várias formas: por contato direto com a pele, por ingestão ou inalação de gases tóxicos. Esses poluentes também podem ser transferidos às águas subterrâneas, contaminando redes de água potável e cursos de água superficiais; ou ainda apresentar toxicidade para as várias espécies nos ecossistemas edáficos e aquáticos (SÁNCHEZ, 2001).

2.5.3 Consumo de água para a lavagem de veículos

A atividade de lavagem de veículos pode consumir grandes volumes de água; no entanto, o volume de água consumido por veículo apresentado por diversos autores varia bastante, pois depende da tecnologia empregada, da tipologia e tamanho do veículo e da sujidade do mesmo.

De acordo com os métodos de lavagens, Teixeira (2003) apresenta o consumo médio de água por veículo, nos Estados Unidos, apontado pela agência americana “*Environmental Protection Agency*” – EPA em um estudo de 1980, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Consumo médio de água por veículo nos Estados Unidos.

Tipo	Capacidade (veículos dia ⁻¹)	Volume consumido por unidade (L veículo ⁻¹)	Descarga (m ³ dia ⁻¹)	Perdas (evaporação e outras) (L veículo ⁻¹)
Túnel	100-600 média: 250	262	75,7	7-30
Rollover	10-150 média: 75	112-168	11,4	7-30
Jato manual	40-96 média: 64	75	19,9	*

Fonte: Teixeira (2003)

*valores variáveis. O sistema suporta de 5 a 12 carros por hora e, por não ser automático, o volume utilizado depende do operador.

Segundo Morelli (2005), o consumo de água para lavagem varia de 400 a 600 litros para veículos pesados e de 150 a 250 litros para veículos leves. Tal dado, segundo autor, influencia no tempo de retorno do investimento em um sistema de reuso da água que pode variar entre 3 e 10 meses. Esse tempo varia de acordo com o custo do metro cúbico da água potável fornecida pela companhia de saneamento onde está instalado o sistema. O retorno do investimento será mais demorado em cidades ou Estado onde o custo da água for menor. Outro fator que influencia no cálculo do tempo de retorno é o custo do tratamento da água para reuso, dependendo das características do efluente.

De acordo com um estudo realizado por Costa (2006) na Paraíba, a grande maioria das empresas de lavagens utiliza água subterrânea para as suas atividades. Os demais se dividem entre carros-pipas, água da chuva e água da companhia de água e esgotos do Estado. Poucas empresas de lavagens adotavam a reutilização da água da lavagem. Segundo a autora, no Brasil, cerca de 32.700 postos de lavagem consomem 3,7 milhões de $m^3 \text{ mês}^{-1}$, o equivalente ao consumo mensal de uma cidade de 600 mil habitantes.

Segundo Rubio e Zanetti (2009), o consumo de água nesta atividade varia com o tipo de veículo (carro, caminhão, ônibus), o tipo de lavagem, a atividade do veículo (urbana ou rural) e a quantidade de sujidades presentes no veículo. Para o autor, no Brasil, o consumo médio destinado à lavagem para veículos de passeio é de 130 litros/veículo, de 300 a 500 litros por ônibus e 500 litros por caminhão.

Denti *et al.* (2013) realizaram um estudo de diagnóstico das condições de gestão ambiental, saúde e segurança do trabalho de 14 empresas de lavagens de veículos, do Estado do Rio Grande do Sul, tendo identificado que, dentre os estabelecimentos estudados, apenas 01 possuía o reuso da água e cerca de 03 adotavam a água da chuva como alternativa de abastecimento.

Em decorrência do relevante consumo de água para a atividade é comum o uso de sistema de reuso do efluente tratado ou até o uso de água pluvial em lavagens, inclusive, já exigido por alguns Estados e municípios. Nestes casos, o tratamento com SAO não é suficiente para atender aos parâmetros previstos em regulamentação para fins não potáveis, as lavagens de veículos. O reuso de água é uma técnica que visa reduzir o consumo de água potável para fins que não necessitem de tal qualidade (QUEIROZ, 2014).

2.5.4 Tratamento de água de lavagem de veículos para reuso

De acordo com Brown (2000), o tratamento exigido para o reuso de água na lavagem de veículos requer a separação de areias, óleos e graxas antes do processo de separação dos outros poluentes, etapas estas que constituiriam um tratamento preliminar. Após esta etapa, processos de tratamento adicionais devem ser empregados para melhorar a qualidade da água a ser utilizada nos diferentes estágios de lavagem (pré-enxágue, lavagem, primeiro enxágue e enxágue final).

Etchepare (2012) relacionou alguns processos/tecnologias que têm sido propostos e testados. O autor afirma que a maioria deles são bastante onerosos em termos de investimento, operação e manutenção. Frequentemente requerem uma grande área e/ou demonstram baixa eficiência. Neste contexto, a floculação-flotação tem mostrado vantagens e parece apresentar maior potencial de aplicação entre estas tecnologias, apresentando uma elevada eficiência em termos de qualidade da água tratada, de área ocupada, de baixo consumo energético e de velocidade de separação sólido/líquido, possuindo grande potencial para aplicação em sistemas de reciclagem/reuso de água.

Na Tabela 7 são apresentadas as principais tecnologias para o tratamento e reuso da água de lavagem de veículos, reportadas por Etchepare (2012) e complementadas por esta autora.

Tabela 7 – Resumo das principais técnicas e tecnologias reportadas na literatura para o tratamento e reuso de efluentes de lavagem de veículos.

Referência	Pesquisa desenvolvida
Stumpf (2016)	<p>Escala: real Tecnologia: avaliação de estação de tratamentos para lavagens de veículos leves e pesados. A estação 1 composta por coagulação, floculação, decantação, filtro biológico anaeróbio, filtro recheado com areia e filtro recheado com carvão ativado; e a estação 2, flotação com eletrocoagulação, filtro biológico anaeróbio, filtro recheado com areia e filtro recheado com carvão ativado.</p> <p>Principais resultados: a estação 1 atingiu nível de remoção de 93,26% de DBO e 95,28% de DQO e a estação 2 atingindo nível de remoção de 96,44% de DBO e 97,71% de DQO, os demais parâmetros analisados (sólidos sedimentáveis, TOG e pH) ficaram abaixo dos limites estipulados para reuso.</p>
Soeiro (2014)	<p>Escala: bancada Tecnologia/efluente: Processo Oxidativo Avançado com H₂O₂/TiO₂/UV, para tratamento de efluentes de lavagem de carros.</p> <p>Principais resultados: redução de 65,83% para a DBO, 90,1% para a DQO e 85,14% para o TOG.</p>
Etchepare (2012)	<p>Escala: bancada e piloto; Estudo: Floculação-flotação em coluna, seguida de filtração em areia (FFCA) e polimento com hipoclorito de sódio e adsorção em carvão ativado para o tratamento e reuso de água de uma lava rápido comercial (LRC) e de efluentes de um posto de manutenção de locomotivas (PML);</p> <p>Principais resultados: o processo no LRC apresentou baixa turbidez (8uT),</p>

Referência	Pesquisa desenvolvida
	entretanto, a mesma água apresentou uma alta contagem de coliformes totais e <i>E. coli</i> . Com a inclusão de etapa de cloração com hipoclorito de sódio o efluente apresentou alta clarificação, foi inodora e os coliformes totais e <i>E. coli</i> foram (92 a 96%); para o PML houve redução dos principais parâmetros: turbidez (97%), SST (91%), DQO (76%), DBO (70%), óleos e graxas (51%).
Panizza e Cerisola (2010)	Escala: bancada Tecnologia/efluente: Oxidação eletroquímica para tratamento de efluentes de lavagem de carros Resultados principais: Remoção de 75% de DQO com 0,14kW.h.m ⁻³ de consumo energético
Rubio e Zaneti (2009)	Escala: piloto Tecnologia/efluente: floculação-flotação em coluna (FFC) para tratamento de efluente de lavagem de ônibus Resultados principais: Desenvolvimento de processo de floculação-flotação em coluna (FFC) para o tratamento e reuso de efluentes de lavagem de ônibus; alta taxa de aplicação (até 25 m.h ⁻¹) do sistema; alto potencial da tecnologia para reciclagem de água na lavagem de veículos.
Al-Odwani <i>et al.</i> (2007)	Escala: piloto Tecnologia/efluente: tanque de sedimentação, separador água/óleo e filtro multimídia (camadas de cascalho, areia e carbono) Resultados principais: 75% de reciclagem de água e os outros 25% de água nova para os enxágues finais dos veículos.
Boussu <i>et al.</i> (2007)	Escala: piloto Tecnologia/efluente: tratamento de efluente de uma lavagem de carros automática com nanofiltração em membranas Resultados principais: melhor eficiência de tratamento com membranas hidrofílicas (pressão de 8 atm e temperatura mantida em 293K) necessidade de limpeza das membranas após a filtração.
Carissimi (2007) e Carissimi e Rubio (2005)	Escala: piloto e bancada Tecnologia/efluente: unidade de floculação associada a um flotor ou sedimentador para o tratamento de águas e efluentes Resultados principais: concepção, desenvolvimento e aplicações de uma nova unidade de floculação helicoidal, denominada Reator Gerador de Flocos (RGF); redução de turbidez (95%), cor (80%) e sólidos suspensos (95%) no tratamento de efluentes de lavagem de ônibus (RGF + flotor), possibilitando o reaproveitamento da água tratada na lavagem dos veículos.
Da Rosa e Rubio (2005) e Da Rosa (2002)	Escala: piloto Tecnologia/efluente: tratamento de efluente de refinaria de petróleo com floculação-flotação (FF) Resultados principais: baixos períodos de residência do processo, elevadas eficiências de remoção de óleos emulsificados e sólidos (> 90%) com altas taxas de aplicação (> 130 m.h ⁻¹).
Magalhães (2005)	Escala: piloto Tecnologia/efluente: sistema com biofiltros aerados submersos seguidos por flotação por ar dissolvido para o tratamento de efluentes de lavagem de caminhão Resultados principais: remoções próximas a 50% para a turbidez e DQO, mesmo sem o uso de coagulantes na entrada do FAD; maior compacidade da unidade de FAD pela incorporação da câmara de saturação internamente ao corpo do flotor.
Hamada e Miyazaki (2004)	Escala: real Tecnologia/efluente: recuperação de água de lavagem de carros com ultrafiltração em membrana e auxílio de floculação e filtração em carvão ativado Principais resultados: DBO e DQO do efluente tratado entre 2,5 – 14 mg L ⁻¹ e 4 – 16 mg L ⁻¹ ; valores de pH, concentrações de Na ⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ³⁻ , condutividade elétrica e dureza similares a água potável; <i>E. coli</i> < 5 CFU mL ⁻¹ no efluente e na água de reuso.
Teixeira (2003)	Escala: bancada Tecnologia/efluente: flotação por ar dissolvido (FAD) na remoção dos principais poluentes em águas residuárias de instalações de lavagem automática de veículos Principais resultados: condições de tratamento otimizadas com PAC (50-70 mg L ⁻¹ ; pH 7,3-8,5) e polieletrólito catiônico (gradiente de 50 s ⁻¹ e tr de 13 min); efluente tratado com baixa turbidez, cor e DQO, indicando o potencial desta tecnologia para reciclagem de água.

2.6 RAMPAS DE LAVAGENS EM QUARTÉIS EM ORGANIZAÇÕES MILITARES

2.6.1 Viaturas militares

As viaturas militares (Vtr) dividem-se em duas categorias: administrativas e operacionais. As viaturas administrativas (Vtr Adm) são utilizadas nas atividades de rotina, nos serviços de natureza sigilosa, no apoio logístico a exercícios de instrução e nas operações militares, transportando material, suprimento e pessoal militar. Dividem-se em veículos leves (automóveis de passeio, vans e ambulâncias) e veículos pesados (ônibus e micro-ônibus).

As viaturas operacionais (Figuras 10 a 13) são destinadas a atividades táticas ou logísticas diretamente ligadas a exercícios de instrução e a operações militares. Também incluem veículos leves e pesados. São dotadas de equipamentos e/ou acessórios que possibilitam a sua utilização em condições especiais.

As viaturas operacionais podem ser de reconhecimento ou de combate. Esta última, quando dotadas de poder de fogo, podem ser sob rodas, meio lagartas e lagartas. Possuem várias tipologias, como, por exemplo, veículos leves como caminhonetes e Marruá e pesados como caminhões e blindados (Guarani, Leopard, Cascavel), dentre outros (BRASIL, 1998).

Podem ser classificadas em categorias conforme o grau de aptidão ao emprego em operações militares. Segundo o grau de proteção face ao fogo inimigo que a sua estrutura possa oferecer aos seus ocupantes e aos componentes mecânicos, dividem-se em Blindadas (Bld) ou não Blindadas (BRASIL, 1998).

Ainda existe uma classificação relacionada à capacidade de carga, que pode variar de $\frac{1}{4}$ de tonelada até 7 toneladas. Existem também as viaturas especiais que são as possuidoras de características muito peculiares exigidas no cumprimento de missões específicas, normalmente técnicas (BRASIL, 1998).

Figura 10 – Leopard. Vtr Bld sobre lagartas.



Figura 11 – Guarani. Vtr Bld sobre rodas.



Figura 12 – Marruá. Vtr operacional leve.



Figura 13 – Caminhão 5 ton. Vtr operacional pesada.



2.6.2 Rampas de lavagens

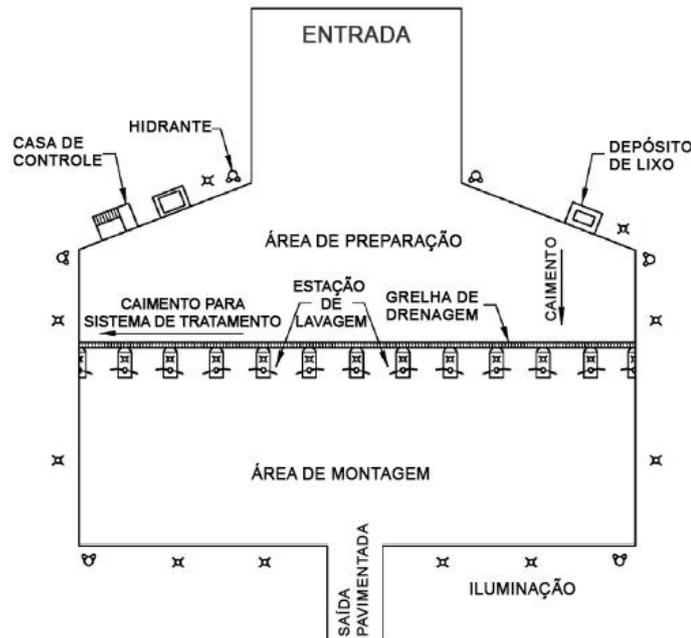
A normativa técnica UFC 4-214-03, de 17 de março de 2018, do Departamento de Defesa do Exército Americano, trata das orientações normativas de concepção de instalações de centrais de lavagens de veículos, denominadas *Central Vehicle Wash Facilities (CVWF)*. Estas centrais possuem como objetivo possibilitar lavagens rápidas e econômicas para os veículos táticos. Além disso, a norma trata do controle da poluição da água, disposição de resíduos sólidos e economia de mão de obra e água (US ARMY, 2018).

A norma vem sendo atualizada desde 1992, sendo que a sua última atualização ocorreu em 2018, incorporando os conceitos do Programa Net Zero, que visa à adoção de soluções sustentáveis para realizar o gerenciamento bem-sucedido de água, energia e resíduos nas instalações militares (US ARMY, 2018).

A norma estipula requisitos específicos para as lavagens dos veículos de acordo com o número de veículos, tipos de veículos, tempo de lavagem e grau de criticidade da lavagem. Além disso, a norma não recomenda a adoção de técnicas civis de lavagem e tratamento de efluentes para veículos táticos *off-roads* (US ARMY, 2018).

Uma central de lavagem padrão consiste de uma área de preparação de veículos, estações de lavagem e área de montagem do veículo, conforme a Figura 14. No entanto, o layout de uma instalação é específico do local, da missão e das necessidades da instalação (US ARMY, 2018).

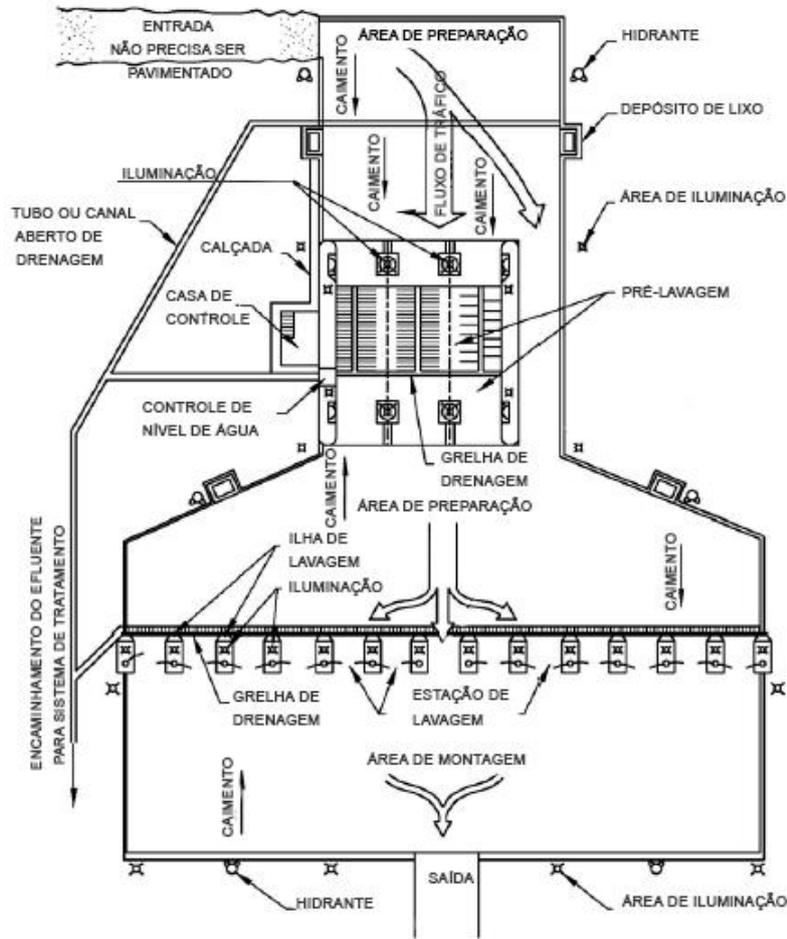
Figura 14 – Planta baixa de uma central de lavagem padrão sem pré-lavagem.



Fonte: Adaptado de US Army (2018)

Em instalações com veículos que apresentem condições de sujeira pesada, alta demanda de lavagem e/ou tempos de lavagem limitados, recomenda-se um sistema de pré-lavagem. Existem várias opções para sistemas de pré-lavagem para uso na lavagem de veículos táticos: banho, *spray* de ar, suporte de *spray* de água e lavador automático. O banho do veículo é o sistema de pré-lavagem mais eficaz para veículos táticos. A Figura 15 mostra um esquema de CVWF típico com o sistema de pré-lavagem de banho para veículos táticos (US ARMY, 2018).

Figura 15 – Central de lavagem padrão com pré lavagem, para veículos muito sujos.



Fonte: Adaptado de US Army (2018)

A estação de lavagem é a característica central de lavagem, permitindo a lavagem manual de veículos com lagartas e rodas. As estações consistem em ilhas de concreto com torres colocadas em ambos os lados das pistas. Os veículos entram na pista e param para lavar. As mangueiras de água são penduradas em torres para que elas não atravessem a área de movimento do veículo. As estações devem ser projetadas de modo que duas pessoas possam usar as mangueiras de duas torres adjacentes para lavar um único veículo, economizando tempo. Nenhum solvente ou detergente é usado para lavar o veículo na instalação (US ARMY, 2018).

Todas as especificações dos aspectos estruturais, de base de solo, pavimento, caimento do piso, gradeamento, drenagem, equipamentos de lavagens, incluindo o dimensionamento e *layout* são previstas na norma. Um sistema de drenagem e tratamento de águas residuais está incluído no projeto do CVWF, já que a água usada para lavar os veículos (US ARMY, 2018) contamina-se com sujeira,

detritos e produtos relacionados à operação do veículo, como óleo, combustível, fluido hidráulico e graxa.

Todas as águas residuais devem receber tratamento primário para remover materiais sedimentáveis e flutuantes. Após o tratamento primário, as águas residuais são liberadas para um sistema de coleta ou posteriormente tratadas no local e armazenadas para reutilização durante as futuras operações de lavagem. A água usada para lavar os veículos deve ser reciclada sempre que possível e viável.

No entanto, mesmo em um sistema de reciclagem total, algumas das águas residuais podem precisar ser liberadas para um sistema de descarga antes ou depois de receber tratamento secundário. Esta descarga é feita para garantir que a qualidade da água e o balanço hídrico sejam mantidos. A água de reposição é adicionada ao sistema de reciclagem para compensar o volume de água transportada nos veículos molhados, liberados e a perda devido à evaporação (US ARMY, 2018).

O tratamento consiste em uma bacia, que permite a desestabilização da maioria dos sólidos suspensos e a separação dos óleos, graxas e outros poluentes. O tratamento pode ser complementado por filtros de areia intermitentes, lagoas ou descargas em sistemas de esgoto sanitário, este último caso, indicado caso o reaproveitamento de água seja econômico ou tecnicamente inviável (US ARMY, 2018).

Na norma é apresentado um estudo de caso de um local que possuía duas estações de lavagem pequenas, em áreas distintas, ambas com camada simples de concreto, drenagem de efluentes oleosos, que eram encaminhados para uma caixa de separação água e óleo e na sequência encaminhado para a rede de esgoto, sem aproveitamento da chuva ou reuso (US ARMY, 2018).

Para atender ao Projeto Net Zero, a instalação foi adequada tendo sido desmanchadas as antigas estruturas e construída uma central de lavagem única (Figura 16), com cobertura para captação da água de chuva para o reaproveitamento, estrutura de concreto com nivelamento para drenagem e espessura adequada, sala de equipamentos e toda a parte estrutural concebida de modo a atender às exigências do Projeto (US ARMY, 2018).

Figura 16 – Modelo de estudo de caso apresentado na norma americana.



Fonte: US Army (2018)

O efluente é encaminhado para o tratamento para um sistema de eletro-coagulação. O sistema trata a água de lavagem, removendo metais pesados, sólidos em suspensão e óleo e graxas emulsificados e envia a água ao purificador para o tratamento final. O sistema controla automaticamente todo o fluxo de água na instalação de lavagem, incluindo todas as bombas, flutuadores e válvulas (US ARMY, 2018).

Um sistema microbiológico de purificação de água foi instalado para polir a água tratada pelo sistema de eletro-coagulação. A água é purificada, removendo patógenos, partículas e turbidez. Depois é usada para fornecer água de reposição ao sistema devido à perda de água por evaporação e transporte. O lodo é encaminhado para um funil desaguador, que possui um filtro específico. Os sólidos permanecem no depósito e a água é drenada de volta para o poço de coleta (US ARMY, 2018).

O desempenho do sistema foi comprovado após a realização de um exercício de treinamento. No seu retorno foram lavados 98 veículos com carga de sólidos de leve a moderada. A lavagem de todos os veículos durou 6 horas e foram gastos menos de 4.550 litros de água. A qualidade da água pré e pós-tratamento foi analisada, e os resultados estão na Tabela 8 (US ARMY, 2018).

Tabela 8 – Análise do efluente bruto e tratado no estudo de caso do Exército Americano.

Parâmetro	Efluente Bruto	Após o tratamento e purificação
DBO (mg L ⁻¹)	4,73	Não detectado
SDT (mg L ⁻¹)	2.225	630
SST (mg L ⁻¹)	1.220	Não detectado
TOG (mg L ⁻¹)*	12	Não detectado

*TOG: Teor de Óleos e Graxas

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho abrangeu os quartéis militares do Exército Brasileiro localizados no Estado do Rio Grande do Sul o qual possui 114 Organizações Militares (OM), das quais a sua maioria possui as rampas de lavagem. Para realizar um diagnóstico da situação da adequação das rampas de lavagem à legislação ambiental, foram realizadas as seguintes etapas: (a) elaboração e envio às OM de questionário para obtenção de dados mais detalhados das rampas de lavagens; (b) amostragem de efluente, antes e após o tratamento, de seis rampas de lavagens para averiguar a eficiência do tratamento; (c) elaboração de uma matriz de priorização de obras de adequação; e (d) apresentação dos resultados e discussão do atendimento à legislação prevista, que serão descritas a seguir.

3.1 QUESTIONÁRIOS

Um questionário para obtenção de informações da situação das rampas de lavagem foi encaminhado para todas as OM que possuíam rampas, que totalizam 78 OM. Contudo, 08 delas não responderam aos questionários; portanto, referem-se a 70 OM com rampas de lavagem. A amostragem dos questionários é de 88% da totalidade das OM com rampas existentes.

O questionário incluía perguntas abertas e de múltipla escolha, conforme Apêndice "A". O envio de fotos da estrutura da rampa e do tratamento existente foi solicitado para comparar as respostas às imagens. Os questionários consideraram itens referentes ao consumo, frequência de lavagem, estrutura da rampa, tratamento do efluente, manutenção das rampas de lavagens, análises laboratoriais para verificar a eficiência do tratamento e a destinação dos resíduos gerados. Na sequência, as respostas foram tabuladas e analisadas.

3.2 COLETA E AMOSTRAGEM

As amostras foram coletadas, em uma única campanha, em seis OM com rampas de lavagem de veículos (Figuras 17 e 18), totalizando seis campanhas. A amostragem foi realizada em OM da região metropolitana de Porto Alegre, em que pudesse ser coletado o efluente. Foram analisados os parâmetros previstos na

legislação estadual, a Portaria FEPAM nº 43/2009, sendo incluída a análise de turbidez e sólidos suspensos.

As rampas em que foram realizadas as coletas possuíam apenas o tratamento com SAO, composto por separador gravitacional de sedimentos e de água e óleo, sendo que uma delas possuía somente uma caixa de sedimentação. Foram feitas análises dos parâmetros: pH, temperatura, Fenóis Totais (FT), Teor de Óleos e Graxas (TOG) Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos (SST) e Turbidez (uT).

Figura 17 – Ponto de amostragem do antes do SAO



Figura 18 – Ponto de amostragem do na saída do SAO



No local foram feitas análises de temperatura. Em cada OM foram realizadas duas amostragens. A primeira coleta do efluente foi realizada no momento da lavagem, efluente bruto, antes de percorrer o sistema de caixas de separação; e a segunda na saída da caixa de separação água e óleo, com intervalo de 30 minutos entre elas. As lavagens são realizadas diariamente nas OM, não sendo utilizados produtos na lavagem de veículos pesados, com exceção do detergente automotivo, empregado nas lavagens de veículos de passeio.

As amostras foram coletadas com um recipiente amostra de aço inox, homogêneas num frasco maior e transferidas para os frascos fornecidos pelo laboratório. Os frascos foram armazenados em caixa de isopor e encaminhadas no mesmo dia para análise em laboratório contratado, acreditado pela Coordenação Geral de Creditação (Cgcre), CRL nº 0940, o qual utiliza os métodos preconizados no *Standard Methods for Water and Wastewater Analysis* (2012), conforme a Tabela 9.

Tabela 9 – Parâmetros analisados nos efluentes das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Parâmetro	Ensaio				Frasco
	Método 1.1 - Determinações	Un	LQ		
DQO	SMWW, 22ª Ed. 2012, Method 5220 D.	mg L ⁻¹	13		Polietileno Tarja Azul 1000 mL 2mL H2SO4 conc
Fenóis	SMWW, 22ª Ed. 2012, Method 5530 C.	mg L ⁻¹	0,04		Polietileno Tarja Azul 1000 mL 2mL H2SO4 conc
Teor de óleos e graxas	SMWW 22ª Ed.2012. Method 5520-C	mg L ⁻¹	10		Âmbar 1L H2SO4 1000 mL
pH	NBR 14339/ Junho 1999/SMWW 22A Ed. Método 4500 H+	-	-		Polietileno Sem Preservante 1000 mL Sem Preservante
Sólidos sedimentáveis	SMWW, 22ª Ed. 2012., Method 2540 F.	mL L ⁻¹	0,1		Polietileno Sem Preservante 1000 mL Sem Preservante
Sólidos suspensos	SMWW 22ª Ed. 2012. Method 2540 D e E.	mg L ⁻¹	10		Polietileno Sem Preservante 1000 mL Sem Preservante
Turbidez	SMWW 22º Ed. 2012, Method 2130 B	uT	1		Polietileno Sem Preservante 1000 mL Sem Preservante

3.3 ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES DE ATENDIMENTO DE OBRAS

Elaborou-se uma matriz de priorização tendo por base os principais itens a serem avaliados para definição de prioridades de adequação das rampas de lavagem. A confecção da matriz objetivou auxiliar na definição sobre quais obras de rampas de lavagem devem ser priorizadas, tendo sido proposta a aplicação da metodologia GUT (Gravidade, Urgência e Tendência).

Com o resultado dos questionários, foram estabelecidos os critérios para a pontuação dos problemas das instalações. A metodologia GUT é uma ferramenta que busca avaliar e atribuir valores aos aspectos segundo os parâmetros de gravidade, urgência e tendência, priorizando a resolução dos problemas que apresentarem maior pontuação. É uma ferramenta desenvolvida por Charles H. Kepner e Benjamin B. Trego para definir prioridades de forma racional (MARTINS, 2017).

Consiste em analisar a gravidade ou o impacto do problema nas operações e pessoas envolvidas, a urgência ou a brevidade necessária para a resolução dos problemas e a tendência ou apresentação de melhora ou piora do problema. A metodologia se utiliza de três escalas (colunas de decisão) para definir uma prioridade, e através da combinação delas é possível fazer uma priorização eficaz, orientando a tomada de decisão e a resolução de problemas (MARTINS, 2017). A Tabela 10 apresenta as escalas empregadas pelo método.

Tabela 10 – Pontuação para aplicação na GUT.

Pontos	Gravidade	Urgência	Tendência
	Consequência se nada for feito	Prazo para tomada de decisão	Proporção do problema no futuro
5	Prejuízos extremamente graves	É necessária ação imediata	Se nada for feito, agravamento imediato
4	Muito graves	Com alguma urgência	Vai piorar a curto prazo
3	Graves	O mais cedo possível	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco graves	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar

Fonte: Martins (2017)

Foram definidos os problemas relacionados às estruturas e tratamentos das instalações das rampas de lavagens e aplicados na matriz GUT, conforme descrição da Tabela 11. Em relação à Gravidade, foram considerados os impactos possíveis de serem causados ao meio ambiente, tais como processos erosivos, assoreamentos, contaminação do solo e cursos hídricos, sendo atribuído numa escala de 1 a 5, da ausência de impactos ambientais (sem gravidade) até impactos ambientais diretos e significativos (prejuízos extremamente graves).

Em relação à urgência, avaliou-se a necessidade de intervenção na rampa, numa escala de 1 a 5, da não necessidade de intervenção (não tem pressa) até a necessidade de ação imediata para sanar os problemas da rampa (necessária intervenção imediata). Sobre a tendência, avaliou-se a gravidade das consequências da não intervenção da situação problema das rampas, considerando principalmente o agravamento dos impactos ambientais, numa escala de 1 a 5, de não vai piorar até irá agravar imediatamente.

Tabela 11 – Definição dos itens problemas das rampas de lavagens do Exército Brasileiro a serem considerados na matriz GUT.

Critério de pontuação	G	U	T	Total
2 Sistema incompleto de drenagem de todo o efluente (DO)	4	5	4	80
3 Inexistência de tratamento dos efluentes (T)	5	5	5	125
4 Sistema de Tratamento danificado (TD)	4	4	4	64
5 Patologias na estrutura física da rampa (rachaduras, fissuras, etc)(PE)	4	4	4	64
6 Canaletas não conseguem atender a vazão (CN)	2	2	2	8
7 Não atende a todos os tamanhos de veículos (TN)	3	3	3	27

Na sequência foram definidos critérios considerados importantes para a priorização das obras e atribuída uma pontuação. Todos os critérios foram então elencados em uma única planilha, apresentados na Tabela 12, em que foram somados os pontos atribuídos para cada critério julgado como aplicável à situação da rampa de cada OM. Quanto maior a pontuação da OM, maior a hierarquia de priorização para o atendimento da obra.

A Tabela 12 apresenta todos os critérios que devem ser pontuados. Os itens de 1 a 7 apresentam as situações problemas. Caso a OM não pontue dos itens 1 ao 7, entende-se que a rampa é adequada e não necessita de adequação. Os itens de 08 a 11 apresentam os itens relevantes à priorização da obra, para os quais foram estabelecidas pontuações indicadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Critérios de priorização para obras de adequação de rampas de lavagens do Exército Brasileiro com pontuação estabelecida.

Item a ser pontuado		Total
1	Inexistência de piso impermeável (PI)	125
2	Sistema incompleto de drenagem de todo o efluente (DO)	80
3	Inexistência de tratamento dos efluentes (T)	125
4	Tratamento danificado (TD)	64
5	Patologias na estrutura física da rampa (rachaduras, fissuras, etc) (PE)	64
6	Canaletas não consegue atender a vazão (CN)	8
7	Não atende todos os tamanhos de veículos (TN)	27
	Menos de 10 veículos	10
	Entre 11 e 30 veículos	20
8	Frota de veículos (FV)	
	Entre 31 e 50 veículos	30
	Entre 51 e 100 veículos	40
	Acima de 100 veículos	50
	Menos de 15 veículos/mês	15
	Entre 15 e 30 veículos/mês	30
9	Frequência de lavagem (FL)	
	Entre 31 e 50 veículos/mês	45
	Entre 51 e 100 veículos/mês	60
	Entre 100 e 200 veículos/mês	75
	Acima de 200 veículos/mês	100
10	Existência de vulnerabilidade ambiental no local (VA)	25
11	Inexistência de aquartelamentos vizinhos com rampa de lavagem adequada (OV)	25
Pontuação máxima		693

A pontuação máxima poderá resultar em 693 pontos. Quanto maior a pontuação de uma OM, maior será sua prioridade para realização de obras de adequação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As rampas de lavagens dos quartéis destinam-se à lavagem das viaturas militares. A quantidade e tipo de veículos dependem do tipo de Organização Militar. Os veículos de uso privativo do Exército Brasileiro são empregados tanto em atividades de rotina como em exercícios de instrução e em operações militares.

No total, no Rio Grande do Sul, existem 114 OM, sendo que o questionário foi encaminhado a todas as OM com rampas de lavagens, que totalizam 78 OM. Contudo, 08 delas não responderam aos questionários; portanto, os resultados apresentados na sequência referem-se a 70 OM com rampas de lavagens.

4.1 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Uma OM pode possuir mais de uma rampa de lavagem em seu aquartelamento - a quantidade depende da frota e tipologia dos veículos existentes. No Rio Grande do Sul, pouco mais da metade (53%) das OM possuem apenas uma rampa; a outra metade possui 2 ou mais rampas (Tabela 13). Verificou-se também que, da totalidade, 4 organizações possuem rampas inoperantes devido ao seu estado de conservação. Quanto à disposição das rampas na OM, eles podem estar lado a lado, o que facilita a utilização de um sistema de tratamento único, ou em locais distintos (Figuras 19 e 20).

Tabela 13 – Quantidade de rampas de lavagens por OM do Exército Brasileiro no Estado do RS

Qtd rampas existentes na OM	Qtd OM	Qtd de OM com rampas inoperantes	Percentual de OM com rampa em operação
1	37	3	95%
2	22	1	
3 ou mais	11	0	
Total	70	4	

Figura 19 – Rampas de lavagens próximas



Figura 20 – Rampas de lavagens próximas



A frota e a tipologia de veículos existentes variam de acordo com a especialização de cada quartel. Em relação à frota de veículos, conforme resultados da Tabela 14, um percentual de 8% das OM possui menos do que 10 veículos, 73% entre 11 e 100 veículos e 19% acima de 100 veículos. O tamanho da frota e o número de operações militares afetam a frequência e o consumo de água nas operações de lavagem.

Tabela 14 – Quantidade e distribuição de veículos nas frotas de OM do Exército Brasileiro no Estado do RS

Frota de veículos existentes na OM	Qtd OM	%
Menos de 10 veículos	6	8%
Entre 11 e 30 veículos	16	23%
Entre 31 e 50 veículos	18	26%
Entre 51 e 100 veículos	17	24%
Acima de 100 veículos	13	19%
Total	70	100%

De acordo com os resultados da Tabela 15, as viaturas administrativas, que empregam veículos leves e pesados, assemelhando-se à tipologia de veículos encontrados nas lavagens comerciais, estão presentes na totalidade das OM. As viaturas operacionais leves com capacidade de carga de até 3/4 t métricas estão presentes em 91% das OM. As viaturas operacionais pesadas, que consistem nas viaturas de 2 ½ a 7 t, viaturas blindadas sobre rodas e viaturas blindadas sobre lagartas estão presentes em 96%, 30% e 20%, respectivamente.

Viaturas blindadas sobre lagartas são veículos que exigem grande quantidade de água durante a lavagem, pois o material do solo impregna nas lagartas, dificultando a sua remoção. A normativa do Exército Americano UFC 4-214-03 (US ARMY, 2018) prevê que veículos com grau de sujeidade elevado passem por uma

pré-lavagem, sendo o mais usual os banhos em tanques, tipo de pré-lavagem existente também no Brasil.

As viaturas especiais que podem ser leves ou até extremamente pesadas e possuem dimensões variadas, cujas características as rampas tradicionais podem não as comportar, estão presentes em 7% das unidades. Esse é um problema que foi identificado e relatado até em uma proporção maior, pois 23 OM afirmaram que as rampas de lavagem não comportavam o tamanho dos veículos, sendo que 18 delas relataram não comportar viaturas de porte maior, geralmente blindados, que acabam sendo lavadas em área que não possui sistema de drenagem de todo o efluente.

Tabela 15 – Tipos de veículos existentes nas frotas de OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Tipo de veículos existentes na OM	Quantidade de OM	%
Vtr Adm	70	100%
Vtr de ¼ a ¾ Ton	64	91%
Vtr de 2 ½ a 7 Ton	67	96%
Vtr Bld sobre rodas	21	30%
Vtr Bld sobre lagartas	14	20%
Vtr especiais	5	7%

Em relação à frequência de lavagens mensais, conforme Tabela 16, 80% das OM realizam até 100 lavagens por mês. Para fins de comparação, se considerado 22 dias úteis, a média de lavagem diária seria de até 5 veículos por dia. Esse valor está abaixo do praticado em lavagens comerciais, apontadas com uma média de 8 veículos por dia por Costa (2006).

Os 20% restantes das OM realizam lavagens que vão de 100 até mais de 200 veículos por mês, aproximando-se mais da quantidade de lavagens de um perfil de lavagem comercial. Nas OM com o número de lavagens maior, considera-se que haverá um consumo de água mais significativo, justificando a implantação de um sistema de reaproveitamento da água.

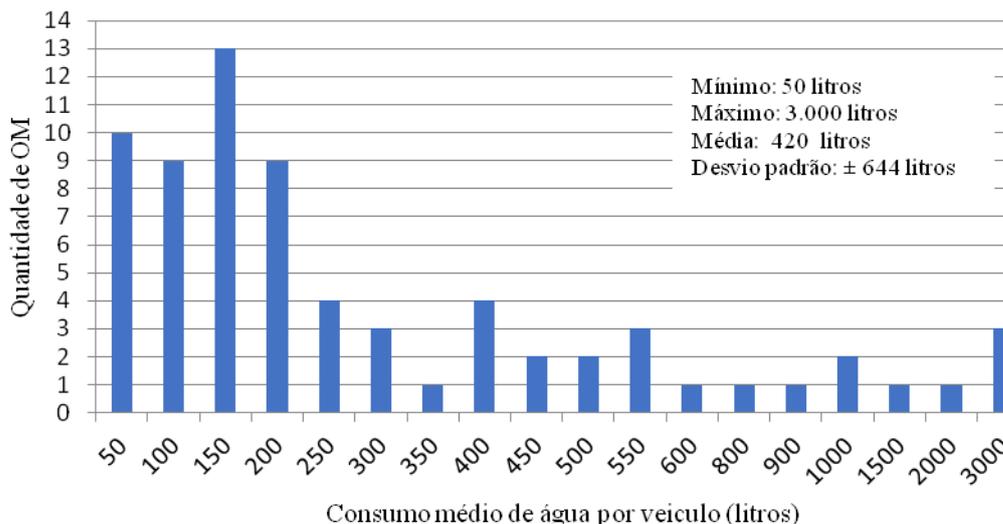
Tabela 16 – Frequência de lavagem por mês nas frotas de OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Número de lavagem por mês	Qtd OM	%
Menos de 15 veículos	4	6%
Entre 16 e 30 veículos	15	21%
Entre 31 e 50 veículos	18	26%
Entre 51 e 100 veículos	19	27%
Entre 101 e 200 veículos	9	13%
Acima de 200 veículos	5	7%
Total	70	100%

O consumo médio de água para a lavagem de um veículo é apresentado na Figura 21. O consumo varia de acordo com o tipo de veículo e grau de sujeira dele. O menor consumo médio de água por veículo reportado foi 50 litros e o maior 3.000 litros. Os maiores volumes de água estão relacionados a viaturas blindadas pesadas. Os questionários indicaram que 70% das OM consomem água na faixa de 50 a 350 litros, similar ao praticado nas lavagens do Brasil, que são de 150 a 250 litros para veículos leves e de 400 a 600 litros para veículos pesados (MORELLI, 2005).

A média geral do volume de água consumido para a lavagem de um veículo resultou em 420 litros, considerando os veículos leves e pesados. Se considerada uma frequência de lavagem de 100 veículos por mês com um consumo médio de 420 litros, o consumo de água mensal resultaria em 4,2 m³.

Figura 21 – Consumo médio de água por veículo de OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.



Em relação à fonte de abastecimento de água, pode-se observar na Tabela 17 que quase a metade das OM (49%) utiliza a água de poço artesiano para a lavagem dos veículos. No Rio Grande do Norte, o valor de uso de poço artesiano indicado por Costa (2006) nas lavagens comerciais de veículos na esfera civil é de 72,5%. A exigência legal para utilização de água do poço é a regularização do poço junto ao órgão estadual competente.

No Estado do Rio Grande do Sul, é regulado pelo Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (DRH), conforme Lei Estadual nº

10.350/1994. Outras 30% das OM alegaram utilizar água de concessionárias de abastecimento público, 8% disseram aproveitar a água da chuva para a lavagem e 7% utilizam água de barragem, açude ou lago. Apenas 1,5% usam água de reuso, com uso eventual de água de concessionária para reposição e 4,5% realizam o uso misto da água.

Tabela 17 – Fonte de abastecimento de água para a lavagem de veículos nas OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Fonte de Abastecimento	Qtd OM	%
Poço Artesiano	34	49
Abastecimento Público	21	30
Água da Chuva	6	8
Barragem/Açude/Lago	5	7
Reuso	1	1,5
Uso misto (Poço raso/ Água da chuva)	1	1,5
Uso misto (Reuso/ Poço Artesiano/Água da Chuva)	1	1,5
Uso misto (Açude/Água da Chuva/Reuso)	1	1,5
Total	70	100

No Brasil, a obrigatoriedade do reaproveitamento da água de lavagem ou da água de chuva é regulamentada em somente alguns municípios e Estados, sendo mais comum a regulamentação do aproveitamento das águas pluviais. Nos Estados Unidos, de acordo com normativa UFC 4-214-03 do Exército Americano, a adoção da reutilização da água, citada como exemplo na Figura 16, é indicada caso seja econômica ou tecnicamente viável e desde que operacionalmente prática. A praticidade da operação de um sistema de tratamento é um fator importante a ser analisado pelo Exército Brasileiro, tendo em vista que as OM geralmente não dispõem de pessoal capacitado para lidar com esses sistemas rotineiramente.

No âmbito do exército existem normativas que orientam as exigências básicas de uma rampa; no entanto, não detalham os padrões técnicos de dimensionamento, como ocorre na normativa americana UFC 4-214-03. As demais normativas brasileiras também não detalham os aspectos estruturais necessários para a construção de rampas de lavagem, com exceção do sistema de drenagem oleosa e caixa separadora água e óleo previstos na ABNT NBR 14605 (2010), que determina que tal drenagem seja constituída de componentes para executar as seguintes funções: captação, condução e retenção seletiva.

A captação e condução devem ser feitas através de canaletas e/ou dutos. A retenção seletiva deve ser feita para sólidos grosseiros por meio de grelha e para

separação da porção oleosa livre por meio de separador água e óleo (SAO). A partir das imagens encaminhadas pelas OM, observaram-se poucas rampas de lavagem dotadas com grelhas para retenção dos sólidos mais grosseiros. A presença de material na tubulação pode provocar entupimento, aumentando a necessidade de manutenção.

Analisando-se as normativas internas do Exército, entende-se que os projetos considerados como adequados são aqueles construídos de material de alvenaria com capacidade de suporte dos veículos, dotados de canaletas com grade no seu entorno que conduzam todo o efluente para o tratamento, que consiste basicamente em uma caixa de areia (para retenção dos sedimentos) e uma caixa separadora de água e óleo (que realiza a separação física do óleo da água), e tratamentos complementares. Os quartéis que possuem grande quantidade de viaturas dotadas de meia lagarta ou lagarta possuem também tanques contendo água que antecedem as rampas de lavagens com a finalidade de amolecer o material incrustado (terra) nos veículos durante as operações/instruções.

A Tabela 18 apresenta o percentual de organizações militares em função da estrutura das rampas de lavagens. Grande parte das rampas do Exército possui uma estrutura elevada construída de alvenaria/concreto, considerada impermeável; no entanto, na base dessas estruturas, no local onde a água da lavagem cai, nem todas possuem piso de alvenaria/concreto; estas foram consideradas como não contendo piso impermeável.

De acordo com os resultados, 54,3% das OM possuem piso impermeável (Figuras 22 e 23) e as demais possuem piso parcialmente permeável (Figuras 24 e 25) ou com problemas que comprometem a impermeabilidade, como grandes rachaduras. As rampas devem possuir piso com caimento e canaletas para drenar o efluente para um tratamento ou outra destinação. 44,3% das OM enquadram-se nesta situação, possuindo drenagem total. Quanto à existência de um sistema de tratamento, 60% afirmam possuir um sistema de tratamento. Apenas 11,4% das OM possuem cobertura nas rampas e 17% das OM afirmam não possuir nenhuma das estruturas citadas.

Dos estudos realizados em lavagens de veículos referenciados, pouco se discutiu quanto à adequação da estrutura física das lavagens. A discussão é voltada para o tratamento realizado e sua respectiva eficiência de remoção de poluentes. As normativas brasileiras também não detalham os aspectos estruturais necessários

para a construção de rampas de lavagens, com exceção do sistema de drenagem oleosa e caixa separadora de água e óleo previstos na ABNT NBR 14605 (2010), como já mencionado. Ressalta-se que a estrutura de coleta de efluentes é importante, já que é ela que garante que todo o efluente será conduzido para o tratamento. O efluente que não é conduzido para o tratamento pode seguir *in natura* para o solo e cursos hídricos e provocar impactos ambientais.

Tabela 18 – Estrutura das rampas de lavagens nas OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Estrutura da Rampa	Qtd OM	%
Piso impermeável	38	54,3
Drenagem total	31	44,3
Tratamento	42	60
Cobertura	11	11,4
Nenhuma das citadas	12	17

Figura 22 – Piso considerado não impermeável



Figura 23 – Piso considerado não impermeável



Figura 24 – Rampa sem drenagem total dos efluentes



Figura 25 – Drenagem parcial



De acordo com a Tabela 19, foram também reportadas a existência de problemas estruturais da alvenaria das rampas em 61% das OM, sendo que 55% delas relataram problemas com trincas, rachaduras ou permeabilidade do piso (Figuras 26 e 27). Estes problemas comprometem a impermeabilidade do piso e a drenagem de todo o efluente para encaminhá-lo para um posterior tratamento. Os

problemas estruturais são reflexos do tempo de uso das rampas de lavagens, que em sua maioria são antigas.

Tabela 19 – Problemas estruturais das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Problemas na Estrutura da Rampa	Qtd OM	%
Nenhum	27	39
Trincas	8	11
Rachaduras	6	8
Rachaduras, trincas	21	30
Rachaduras, trincas, segmentação das canaletas	1	1,5
Rachaduras, trincas, piso não impermeável, SAO com mau funcionamento	1	1,5
Canaletas e piso não são impermeáveis	1	1,5
Trincas, mangueiras em mau estado	1	1,5
Outros não especificados	4	6
Total	70	100

Figura 26 – Estrutura do piso com rachaduras



Figura 27 – Estrutura do piso com rachaduras



Quanto à solicitação de obras de adequação para sanar os problemas estruturais existentes, 23 OM informaram ter realizado pedido de obras ou recursos para adequação. Destas, 19 incluíram o pedido no sistema de obras e pedido de recursos do EB e 16 já possuem projeto com orçamento. Os valores variam de R\$ 3.000,00 a R\$ 300.000,00, sendo que os valores mais baixos envolvem pequenos reparos; e os mais altos, construção de novas rampas.

A Figura 28 apresenta as imagens da OM que passou por obras recentemente de adequação das rampas de lavagens, orçada em aproximadamente R\$ 500.000,00, que envolveu a construção de 2 rampas de lavagens, 1 tanque (baia) de sedimentos, pátio de manobras e a implantação de um sistema de tratamento físico-químico para reuso com capacidade de 5.000 litros/hora. As bases das rampas são de concreto armado, impermeáveis, reforçadas com fundações para

suportar as viaturas blindadas e possuem canaletas com grelhas. Tal projeto de rampa tem sido adotado como modelo pelo EB no Estado.

Figura 28 – Imagens da rampa adequada com tratamento de efluentes para o reuso



A frequência de realização de manutenção nas rampas é apresentada na Tabela 20. A manutenção envolve operações de limpeza, pintura, desobstrução de tubulação e pequenos reparos. Ela varia de diária a nenhuma, sendo que a mais comum é a manutenção mensal, presente em 34% das OM. A manutenção da rampa como um todo é essencial para garantir a drenagem de todo efluente e sua condução para o tratamento e posterior destinação adequada. Além disso, 27 OM disseram ter uma OM vizinha com rampa de lavagem em boas condições, podendo ser uma opção temporária para aqueles que possuem rampas inadequadas.

Tabela 20 – Frequência de manutenção na rampa das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Manutenção	Qtd OM	%
Diária	1	1,5
Semanal	3	4
2 por mês	1	1,5
1 por mês	24	34
2 por semestre	2	3
1 por semestre	13	19
1 por ano	12	17
A cada dois anos ou mais	4	6
Nenhuma	10	14
Total	70	100

Em relação ao tratamento existente nas OM (Tabela 21), 40% relataram não possuir tratamento para o efluente. Das que possuem tratamento, o mesmo é constituído basicamente pelo SAO, 60% das OM informaram possuir o sistema, que é o exigido pela legislação atual. Somente 3 OM possuem sistema tratamento além do SAO, sendo que estas reutilizam a água tratada. Uma informou ter problemas referentes à aquisição de produtos químicos para compor o processo de tratamento.

Existem ainda 3 OM que possuem o tanque baia, uma espécie de piscina para reduzir a quantidade de sólidos incrustados no blindado.

Considerando que as exigências normativas solicitam apenas o tratamento composto por SAO na lavagem de veículos, pode-se dizer que 60% das rampas de lavagem estão adequadas. A normativa do exército americano UFC 4-214-03 também considera suficiente o tratamento com SÃO; tratamentos complementares são necessários nos casos de reaproveitamento da água.

No entanto, alguns autores que realizaram análise da eficiência do sistema, como Neves (2010), Rosa *et al.* (2014), Queiroz (2014) e Stumpf (2016). Estes verificaram que o tratamento somente com SAO pode não ser eficiente para atender a todos os parâmetros de descarte, em especial na redução de matéria orgânica, avaliados através de DBO, DQO e surfactantes.

As caixas separadoras de água e óleo (Figuras 29 a 32) possuem tipologias variadas ao serem confeccionadas de materiais distintos, como de alvenaria, polietileno, polipropileno, fibra de vidro, com ou sem placas coalescentes. De acordo com a ABNT NBR 14605:2010, os SAO devem ser de material rigorosamente estanque; possuir tampa que resista ao peso de pedestres ou veículos, dependendo de onde forem instaladas; possuir reservatório próprio para armazenamento do óleo e possuir caixa de amostragem ou conexão em “t” com registro na saída para amostragem do efluente tratado.

Observam-se nas imagens encaminhadas pelas OM das caixas separadoras a ausência da caixa de inspeção na saída e do reservatório próprio para armazenamento do óleo, principalmente nas caixas mais antigas, estando em desacordo com a NBR 14605 (2010). Observa-se em algumas imagens, dentre elas a Figura 29, indícios de manutenção inadequada dos SAO. Da totalidade das OM, 14 delas disseram possuir seus sistemas de tratamento danificados. A falta de manutenção pode comprometer a funcionamento dos SAO conforme apontado por Rosa *et al.* (2014).

As capacidades de tratamento dos SAO relatadas são de 100 L/hora a 6.500 litros/hora, sendo que a maioria dos SAO possui capacidade de 1.000 a 3.000 L/hora. Uma das 3 OM que possui sistema de reuso informou que faz tratamento composto por floculação, decantação, filtro biológico anaeróbio, filtro recheado com areia e filtro recheado com carvão ativado e desinfecção com hipoclorito de sódio.

Etchepare (2012) apontou a técnica de floculação-flotação como a mais vantajosa e com maior potencial de aplicação entre estas tecnologias para reuso da água de lavagem, apresentando uma elevada eficiência em termos de qualidade da água tratada, de área ocupada, de baixo consumo energético e de velocidade de separação sólido/líquido, possuindo grande potencial para aplicação em sistemas de reciclagem/reuso de água.

Além da eficiência e baixo custo de operação, a praticidade da operação de um sistema de tratamento é importante fator a ser considerado. Deve-se considerar que as OM que utilizam água de poço artesiano não pagam pelo consumo da água, mas sim pelo consumo de energia da bomba do poço, que deve ser considerado no cálculo da viabilidade da aplicação de um sistema de reuso.

Tabela 21 – Tratamento do efluente das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Tipo de Tratamento	Qtd OM	%
SAO ¹	31	44
Caixa de areia e SAO	7	10
Tanque baia ² e SAO	1	1,5
SAO e ETE ³	1	1,5
Tanque baia, caixa de areia, SAO e ETE	1	1,5
Tanque baia, caixa de areia, SAO, ETE e desinfecção	1	1,5
Nenhum	28	40
Total	70	100

¹ Caixa com Separador Água e Óleo

² Tanque com água para remoção do excesso de sólidos incrustados nos Carros de Combate.

³ Tratamento Complementar (físico-químico ou biológico) / Estação de tratamento de efluentes.

Figura 29 – SAO em alvenaria



Figura 30 – SAO em fibra de vidro em sarcófago



Figura 31 – SAO de Fibra de vidro com proteção



Figura 32 – SAO em polietileno



Em relação à destinação final do efluente (Tabela 22), 31% das OM encaminham seu efluente para redes de esgoto, 24% destinam no solo, 18% desembocam em sistemas de fossa/filtro/sumidouro/vala de infiltração, 16% destinam à rede pluvial e 6% é encaminhado para curso hídrico. As destinações nos recursos hídricos e no solo são as mais preocupantes do ponto de vista ambiental, tendo em vista que, se o efluente não for tratado adequadamente, poderá provocar impactos diretos no meio.

O descarte de efluentes no solo e em recursos hídricos não deve ser realizado sem o prévio tratamento. E mesmo após o tratamento, quando descartado no curso hídrico, o efluente deve atender no mínimo aos parâmetros previstos na Resolução CONAMA nº 430/2011.

Tabela 22 – Destino dos efluente das rampas de lavagem das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Destino do Efluente	Qtd OM	%
Rede de Esgoto	22	31
Solo	17	24
Fossa séptica/Filtro/Sumidouro/Vala de Infiltração	13	19
Rede Pluvial	11	16
Curso hídrico	4	6
Reuso	3	4
Total	70	100

Em decorrência dos riscos existentes do descarte inadequado dos efluentes gerados, questionou-se quanto à existência de áreas com vulnerabilidade ambiental no entorno da rampa de lavagem. Conforme listado na Tabela 23, 24% das OM afirmaram possuir a menos de 50 metros alguma vulnerabilidade, das quais 14% informaram possuir poço artesiano nas proximidades da rampa e 8,5% possuir cursos hídricos no entorno. Foram ainda relatadas nas proximidades das rampas áreas de preservação permanente e processos erosivos.

Tabela 23 – Vulnerabilidade ambiental nas proximidades das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Próximo a menos de 50 metros de:	Qtd OM	%
Poço Artesiano	8	11
Curso hídrico	3	4
Poço Artesiano e Curso hídrico	1	1,5
Área de Preservação Permanente	1	1,5
Área de Preservação Permanente e Curso hídrico	1	1,5
Área de Preservação Permanente, Poço Artesiano, e Curso hídrico	1	1,5
Processos Erosivos	1	1,5
Valeta de drenagem natural	1	1,5
Nenhuma vulnerabilidade ambiental	53	76
Total	70	100

A frequência de análises realizadas nos efluentes das rampas de lavagens está apresentada na Tabela 24. As análises laboratoriais fazem-se necessárias para avaliar a eficiência do sistema e verificar o atendimento dos padrões de lançamento de efluentes (Resolução CONAMA nº 430/2011 e CONSEMA nº 355/2017).

No âmbito do Estado do Rio Grande do Sul, considerando as características do efluente da lavagem, a Portaria FEPAM nº 43/2009 determina análises semestrais. Nos questionários, somente 7 OM relataram realizar análises físico-químicas. Apenas a OM 6 realiza todas as análises previstas na frequência estipulada pela Portaria. A OM 7 realiza todas as análises para averiguar a eficiência do sistema; porém, não realiza na frequência estipulada.

Tabela 24 – Frequência de análises nas OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

OM	Tipo de Análise	Frequência de Análise
1	pH, sólidos sedimentáveis	Semanal
2	pH, TOG e DQO	Semestral
3	TOG	Anual
4	pH e TOG	Anual
5	pH, TOG e DQO	Renovação Licenciamento/4 anos
6	pH, TOG, fenóis, sólidos sedimentáveis e temperatura	Semestral
7	pH, TOG, fenóis, sólidos sedimentáveis, temperatura, DQO e sólidos suspensos	Anual

A Tabela 25 apresenta os dados referentes ao recolhimento do lodo (resíduos oleosos). Durante o funcionamento, os SAO acumulam o óleo que antes estava misturado com a água e outros resíduos sólidos como areia, lama e outros, que também contêm óleo. É fundamental que as caixas passem por limpeza e manutenção periódica completa, possibilitando a drenagem total do óleo retido e a retirada do lodo oleoso. Tais resíduos são considerados perigosos, Classe I,

segundo a ABNT NBR 10.004; portanto, devem ser destinados a empresas licenciadas para tal finalidade, usualmente destinados para empresas que realizam o tratamento do lodo e destinam o resíduo sólido perigoso remanescente para o coprocessamento.

Assim, quanto ao recolhimento dos resíduos, 40% não recolhem pela inexistência de um sistema de tratamento, 22% recolhem semestralmente, 11% recolhem mensalmente, 9% alegam nunca terem recolhido. Apesar de 51% alegarem recolher os resíduos, apenas 20% (14) possuem contrato de destinação dos resíduos oleosos para empresas licenciadas, ou seja, 31% possuem destinação desconhecida.

As OM não souberam precisar a quantidade de resíduos oleosos gerados. Os valores informados variaram de 0,03 m³/ano a 200 m³/ano. As OM com menor geração de resíduos alegam possuir dificuldades para destinar pequena quantidade de resíduos. Em orçamento apresentado por OM, o valor cobrado para o recolhimento de 1 m³ de resíduo de areia contaminada com óleo variou de R\$ 900,00 a R\$ 1.800/m³, não estando incluída neste valor a limpeza dos SAO e da tubulação com hidrojateamento, com custo aproximado de R\$ 3.000,00 por caixa.

A destinação de resíduos perigosos é mais cara do que um resíduo comum; portanto, é economicamente interessante reduzir o volume de resíduos destinados. Para tanto, existem técnicas de desidratação e desaguamento do lodo, cuja finalidade é reduzir o volume dos sólidos a serem destinados, sendo que o leito de secagem é a técnica comumente adotada.

De todas as OM analisadas, somente 1 possui leito de secagem com saco *bag*. Esta OM implantou um sistema compacto de tratamento físico-químico para reutilização da água na lavagem e o leito de secagem faz parte do escopo do tratamento. Deve-se pensar ainda na utilização de um sistema adequado para o armazenamento temporário dos resíduos oleosos nas OM com pouca geração de resíduos, de forma que seja acumulado em quantidade suficiente para a destinação.

Tabela 25 – Frequência de recolhimento dos resíduos oleosos dos SAO das rampas de lavagens das OM do Exército Brasileiro no Estado do RS.

Tipo de Tratamento	Qtd OM	%
1 por mês	8	11
2 por semestre	2	3
1 por semestre	16	22
1 por ano	6	9
A cada 2 anos ou mais	2	3
Por demanda	2	3
Nenhuma	6	9
Não aplicável (não possuem tratamento)	28	40
Total	70	100

4.2 RESULTADOS DA ANÁLISE DO EFLUENTE

Na sequência são descritas a situação das rampas de lavagem que tiveram seus efluentes analisados. Foram realizadas análises do efluente bruto e efluente tratado em 06 OM distintas. A OM 1 (Figuras 33 e 34) possui uma rampa coberta com SAO confeccionado em alvenaria, dividida em 3 compartimentos: uma caixa para retenção da areia, uma caixa para separar o óleo e outra com água “limpa”. Possui reservatório separado para acúmulo do óleo segregado. O SAO está na área de circulação dos veículos e possui tampa de concreto pesada, o que dificulta sua retirada, mas ainda assim tem sido realizada a sua manutenção. A OM realiza mais de 200 lavagens por mês, sendo a sua maioria em veículos leves.

Figura 33 – Estrutura da rampa da OM 1



Figura 34 – SAO da OM 1



A OM 2 (Figuras 35 e 36) possui uma rampa de lavagem descoberta. As canaletas com grade auxiliam na retenção dos sólidos grosseiros. O SAO é confeccionado em polietileno enterrado diretamente no solo, sem sarcófago, e possui 3 compartimentos: há uma caixa para retenção da areia, uma caixa para

separar o óleo e outra com água limpa. Ainda possui uma caixa própria para acúmulo temporário do óleo separado.

Observa-se a falta de manutenção da caixa devido à presença de óleo e sedimentos em todos os compartimentos da caixa. Foi também observado que a tampa não veda a entrada da água da chuva na caixa, que acaba carreando sedimentos do solo para dentro da caixa, facilitando o transbordamento.

Figura 35 – Estrutura da rampa da OM 2



Figura 36 – SAO da OM 2



A OM 3 (Figuras 37 e 38) possui uma rampa de lavagem descoberta com drenagem do efluente somente na parte central da rampa. O entorno da rampa é permeável e existe somente uma caixa de sedimentos na saída do efluente. No dia da coleta estavam sendo lavadas viaturas que continham óleo lubrificante e era visível a presença de óleo no efluente bruto. Observa-se que grande parte do efluente acaba infiltrando no solo. Apesar da existência da drenagem central e de uma caixa para retenção de sedimentos, na aplicação dos questionários, a rampa dessa OM foi considerada como inadequada, sem piso impermeável, sem drenagem total e sem tratamento.

Figura 37 – Estrutura da rampa da OM 3



Figura 38 – Caixa de sedimentação da OM 3



A OM 4 (Figuras 39 e 40) possui rampa de lavagem coberta com piso de concreto com caimento para área central da rampa. Nas laterais da rampa também existem canaletas de contenção do efluente. O SAO é confeccionado de alvenaria, com 2 compartimentos, com tampas circulares de concreto que não permitem a visualização de toda caixa. A grossa camada de alvenaria localizada no poço de inspeção dificulta a manutenção do sistema. Não existe caixa de inspeção na saída do SAO, o que dificultou a coleta do efluente. Foi ainda informado que na semana da coleta ocorreram lavagens de grande quantidade de viaturas que retornaram de exercício no campo, com presença de bastante matéria orgânica e sedimentos.

Figura 39 – Estrutura da rampa da OM 4



Figura 40 – SAO da OM 4



A OM 5 (Figuras 41 e 42) possui rampa descoberta com piso de alvenaria. O efluente é drenado e conduzido através de canaletas para um SAO de fibra de vidro, dividida em 3 compartimentos, onde todos os compartimentos possuem na parte superior uma tubulação de coleta de óleo. No entanto, não existe uma caixa de

acúmulo de óleo separado. No dia da coleta foi informado que naquele mês tinha sido realizada a limpeza da caixa.

Figura 41 – Estrutura da rampa da OM 5



Figura 42 – Canaletas de drenagem da OM 5



A OM 6 (Figuras 43 e 44) possui rampa de lavagem descoberta com canaleta de contenção no entorno da rampa. Possui um SAO de polietileno dentro de um sarcófago, com 3 compartimentos, sendo que nos 2 primeiros existe uma tubulação na parte superior que coleta o óleo e encaminha para um reservatório de acúmulo temporário.

Figura 43 – Estrutura da rampa da OM 6



Figura 44 – SAO da OM 6



Os resultados das análises realizadas nas 6 rampas de lavagens, tanto do efluente bruto quanto após o tratamento, estão apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Resultado das análises físico-químicas das rampas de lavagens em 6 OM do Exército no Estado do Rio Grande do Sul.

Parâmetro	OM 1		OM 2		OM 3		OM 4		OM 5		OM 6		CONSEMA 355/2017	CONAMA 430/2011
	EBr	ET	EBr	ET	EBr	ET	EBr	ET	EBr	ET	EBr	ET		
T (°C)	15	15	13	13	13	13	15	15	10	10	10	10	< 40	< 40
Água														
DQO (mg L ⁻¹)	167,7	67,4	315,7	270,2	4.821,3	116,9	824,8	482,1	78	81,7	265,9	121,4	330	-
FT (mg L ⁻¹)	<	<	<	<	< 0,04	<	< 0,04	<	<	<	<	<	0,1	0,5
TOG Total (mg L ⁻¹)	< 10	< 10	< 10	< 10	2.700	< 10	423	73	< 10	< 10	< 10	< 10	≤ 10	≤ 20
pH	7,1	7,1	7,0	6,4	4,7	7,6	7,8	7,8	7,3	7,5	6,5	6,6	6 a 9	5 a 9
Sólidos sedimentáveis (mL L ⁻¹) ¹	0,5	0,1	0,2	1,6	8,4	1,2	1,8	2,7	0,1	0,3	1,3	< 0,1	≤ 1,0	≤ 1,0
Sólidos suspensos (mg L ⁻¹) ²	106	46	116	192	755	245	1.500	1.080	68	42	156	42	140	-
Turbidez (uT)	44,3	39,7	80	60	59	490	1.450	113	21,2	6,8	36,8	25,5	-	-

¹ em teste de 1 (uma) hora em Cone Imhoff

² para Q < 100m³ dia⁻¹

Legenda: EBr – Efluente Bruto; ET – Efluente Tratado

Em relação à temperatura do efluente, nenhuma das amostras apresentou resultado acima dos 40°C estabelecidos como limite pelas Resolução CONSEMA n°355/2017 e CONAMA n° 430/2011. A temperatura máxima atingida foi de 15°C, sendo que todas as coletas foram realizadas em dias com temperaturas amenas, com menos de 18°C.

Em todas as amostras, a presença de Fenóis, considerado como um poluente tóxico presente em derivados de petróleo, ficou abaixo do limite de 0,1 mg L⁻¹ estabelecido pela Resolução CONSEMA n° 355/2017 e 0,5 mg L⁻¹ CONAMA n° 430/2011. Apesar de ser um dos parâmetros exigidos pela Portaria FEPAM n° 43/2009 para fins de manutenção do licenciamento ambiental no Estado, os fenóis não são um dos parâmetros que costumam ser analisados nos estudos de efluentes que envolvem lavagens de veículos, conforme apresentado na Tabela 4 (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

Em contrapartida, a Portaria da FEPAM não prevê como análise obrigatória, o parâmetro surfactantes, presente em produtos de limpeza, que contribuem na formação de emulsões oleosas, de difícil retenção nos SAO, considerado importantes nos estudos de efluentes de lavagens de veículos (RIO GRANDE DO SUL, 2017).

A Resolução CONSEMA n° 355/2017 prevê que o pH do efluente deve estar entre 6 e 9. Já na CONAMA n° 430/2011 o pH pode oscilar entre 5 e 9. De todos os resultados, apenas a amostra do efluente bruto da OM 3 ficou em desacordo com o

estabelecido em ambas as resoluções, não apresentando nenhuma alteração no efluente tratado.

Analisando os resultados apresentados na Tabela 27 para Demanda Química de Oxigênio (DQO), que serve como indicador da presença de matéria orgânica, nota-se que em 5 das 6 amostras do efluente tratado os valores ficaram abaixo do exigido para lançamento em corpos hídricos, que é de 330 mg L⁻¹, estabelecido na Resolução CONSEMA n° 355/2017. A única OM que não atingiu o valor de lançamento foi a OM 4, cujo efluente tratado apresentou uma DQO de 482,1 mg L⁻¹.

Tabela 27 – Resultado da análise de DQO para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.

OM	Concentração de DQO (mg L ⁻¹)		Taxa de remoção (%)
	EBr	ET	
OM 1	167,7	67,4	59,8
OM 2	315,7	270,2	14,4
OM 3	4.821,3	116,9	97,5
OM 4	824,8	482,1	41,5
OM 5	78,0	81,7	-4,8
OM 6	265,9	121,4	54,3

Legenda: EBr – Efluente Bruto; ET – Efluente Tratado

A taxa de remoção de DQO oscilou de 14 a 97%, conforme apresentado na Tabela 27. As OM 1, 4 e 6, as quais ofereciam boa estrutura da rampa, apresentaram taxa de remoção de DQO na faixa de 50%. A OM 2 apresentava boas condições de estrutura da rampa; porém, condições inadequadas de manutenção do SÃO com baixa remoção de DQO.

A OM 3, que possui estrutura da rampa inadequada, apresentou elevada concentração da DQO do efluente bruto e baixa concentração na caixa de saída do efluente, com uma suposta elevada taxa de remoção; no entanto, grande parte do efluente não é coletado, seguindo outros caminhos, não correspondendo à taxa real de remoção.

No caso da OM 4, a coleta foi realizada após um exercício de campo, tendo sido informado de que as viaturas estavam muito sujas. A concentração na saída do tratamento estava menor que na entrada, mas ainda acima do limite previsto. No último compartimento do separador água e óleo observou-se uma camada significativa de óleo em decorrência da falta de manutenção. A própria OM informou em questionário que nunca ter realizada a limpeza da SAO.

A OM 5 apresentou as menores concentrações de DQO. A pequena elevação na concentração do parâmetro na saída do tratamento é possivelmente justificada por ter sido amostrado efluente que estivesse há mais tempo no SAO.

No tratamento preliminar, Rosa et al. (2014) reportaram uma taxa de remoção de DQO de 23%. Já os estudos com o uso de tratamento secundários apresentam taxa de remoção de 95% (STUMPF, 2016), 85% (PAULA, 2014) e 75% (ETCHEPARE, 2012), conforme a tipologia do tratamento, apresentados na Tabela 7.

Etchepare (2012) apontou como o SAO não sendo suficiente para a remoção de matéria orgânica aos níveis exigidos, fazendo-se necessário o uso de tratamentos complementares. No caso do Exército, a manutenção e limpeza dos SAO não é uma prática consolidada; portanto, deve-se avaliar se esta não é causa da não efetividade da remoção aos níveis estabelecidos por legislação.

Situação semelhante ocorreu com os resultados de Teor de Óleos e Graxas (TOG) (Tabela 28). O efluente tratado atingiu o limite de lançamento para todas as amostras, com exceção da OM 4, cujo valor tem que ser menor do que 10 mg L^{-1} , estabelecido na Resolução CONSEMA n° 355/2017 e 20 mgL^{-1} na Resolução CONAMA n° 430/2011. A taxa de remoção de TOG variou de 89 a 99%, conforme Tabela 28.

Mesmo após a passagem pelo tratamento a OM 4 apresentou concentração acima da permitida. Neste caso, identificou-se em lodo que a OM não realizava a remoção do óleo retido, não havendo um reservatório próprio. Já na OM 3, que possui estrutura da rampa inadequada, sabe-se que grande parte do efluente não é coletado, podendo-se afirmar a elevada taxa de remoção não corresponde à realidade.

Tabela 28 – Resultado da análise de TOG para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.

OM	Concentração de TOG (mg L^{-1})		Taxa de remoção (%)
	EBr	ET	
OM 1	10	10	0,0
OM 2	10	10	0,0
OM 3	2.700	10	99,6
OM 4	723	73	89,9
OM 5	10	10	0,0
OM 6	10	10	0,0

Legenda: EBr – Efluente Bruto; ET – Efluente Tratado

Os resultados de sólidos sedimentáveis estão apresentados na Tabela 29. As OM 3 e 4 apresentaram concentrações acima do permitido para o efluente bruto e tratado e a OM 2 para o efluente tratado pelas Resoluções CONSEMA nº 355/2017 e CONAMA nº 430/2011, que limitam para lançamento a concentração a 1,0 mL L⁻¹ de sólidos sedimentáveis. Metade das OM apresentou uma taxa de remoção de 70% e 90%, sendo que, conforme já mencionado, a taxa de remoção da OM 3 não reflete a realidade, tendo em vista que grande parte do efluente não é coletado.

Na outra metade a presença de sólidos sedimentáveis era maior no efluente tratado do que no efluente bruto, sendo observado que a falta de manutenção e a vazão turbulenta da lavagem pode ter sido o motivo do aumento nas OM 2, 4 e 5. A OM 2 possui instalações adequadas; porém, apresenta manutenção inadequada do SAO, o que pode ter provocado o aumento dos sólidos sedimentáveis. Além disso, a possibilidade o carreamento da água de chuva para dentro do SAO pode também carregar sedimentos. Ressalta-se também a possibilidade de subdimensionamento de alguns SAO que podem apresentar tempo de detenção do efluente incompatível com a vazão da lavagem.

Tabela 29 – Resultado da análise de Sólidos Sedimentáveis para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.

OM	Sólidos sedimentáveis (mL L ⁻¹)		Taxa de remoção (%)
	EBr	ET	
OM 1	0,5	0,1	70,0
OM 2	0,2	1,6	-700,0
OM 3	8,4	1,2	85,7
OM 4	1,8	2,7	-52,7
OM 5	0,1	0,3	-100,0
OM 6	1,3	0,1	92,3

EBr – Efluente Bruto; ET – Efluente Tratado

Os resultados obtidos para sólidos suspensos para as mesmas 6 OM estão listados na Tabela 30. Os resultados das amostras com concentração acima do limite previsto em legislação para os sólidos suspensos assemelham-se aos dos sólidos sedimentáveis. As OM 2, 3 e 4 apresentaram valores de concentração do efluente tratado acima do limite de 140 mg L⁻¹ de sólidos suspensos estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 355/2017.

No caso da OM 4, ocorreu lavagem de viaturas que retornaram de exercício de campo, carreando muitos sedimentos e matéria orgânica. Uma possível

turbulência da água da lavagem pode ter suspenso os sólidos. A OM 2 teve sua concentração de sólidos suspensos elevada em 66%, ficando acima do limite previsto em legislação, justificada pela falta de manutenção do SAO. A OM 3, além de não possuir sistema de coleta de todo o efluente, possui apenas uma caixa de sedimentos, possivelmente insuficiente para reter os sólidos suspensos. As taxas de remoção variaram de 28 a 73%, conforme Tabela 30.

Em um tratamento com SAO, Rosa *et al.* (2014) apontaram uma eficiência de remoção de 42% e Etchepare (2012) apresentou uma taxa de remoção de 91% com uso de um tratamento complementar. Observa-se que o parâmetro de sólidos suspensos não é obrigatório pela Portaria FEPAM n° 43/2009 para fins manutenção do licenciamento ambiental de lavagens de veículos.

Tabela 30 – Resultado da análise de Sólidos Suspensos para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.

OM	Sólidos Suspensos (mgL ⁻¹)		Taxa de remoção (%)
	EBr	ET	
OM 1	106	46	56,6
OM 2	116	192	-65,5
OM 3	755	245	67,5
OM 4	1.500	1.080	28,0
OM 5	68	42	38,2
OM 6	156	42	73,0

Legenda: EBr – Efluente Bruto; ET – Efluente Tratado

Por fim, a Tabela 31 resume os dados de turbidez. As concentrações mais altas de turbidez estiveram presentes nas OM 4; contudo, a redução turbidez foi bastante efetiva após a passagem pelo SAO, chegando a eficiência de 92,2%. Nas OM 3 e 6, o efluente tratado apresentou concentração maior do que o bruto. Nas demais OM, a concentração de turbidez foi reduzida após a passagem pelo SAO, com valores de eficiência de 10 a 30%.

A ABNT NBR 13969:1997 estabelece que, para o reuso de efluentes domésticos, o parâmetro turbidez em águas de lavagens de veículos está limitado a 5 uT. Nenhuma amostra analisada apresentou limites abaixo do parâmetro previsto, corroborando com a necessidade de um tratamento complementar, caso se optasse pela reutilização da água. Nos dias que ocorrem maiores fluxos de lavagem de veículos, pode haver uma maior turbulência nas águas do sistema, aumentando a movimentação de sedimentáveis e isso pode provocar o aumento da turbidez.

Tabela 31 – Resultado da análise de Turbidez para o efluente bruto e tratado em águas de lavagem de veículos em 6 OM do Estado do RS.

OM	Turbidez (uT)		Taxa de Remoção (%)
	EBr	ET	
OM 1	44,3	39,7	10,5
OM 2	80	60	25,0
OM 3	59	490	-730,5
OM 4	1.450	113	92,2
OM 5	6,8	21,2	-210,8
OM 6	36,8	25,5	30,8

Legenda: EBr – Efluente Bruto; ET – Efluente Tratado

Após uma análise geral de todos os parâmetros analisados, as OM 1, 5 e 6 apresentaram resultados na saída do efluente que atendem aos parâmetros estabelecidos em legislação. Já as OM 2, 3 e 4 apresentaram concentrações dos parâmetros estabelecidos acima da permitida pelos órgãos ambientais. Observou-se falta de manutenção dos SAO das OM 2, 3 e 4, sendo que na OM 3 não existe um SAO, apenas uma caixa de sedimentação, tendo sido desconsiderada como tratamento no questionário aplicado. Esses motivos podem ter influenciado no baixo desempenho dos sistemas de tratamento. A ausência ou pouca frequência da manutenção é corroborada pelas respostas dos questionários, incluindo-se nesta manutenção o recolhimento do resíduo oleoso.

Os principais poluentes dos efluentes de lavagens veicular nos estudos foram apontados como os óleos, sólidos e matéria orgânica. O tratamento constituído basicamente pelo SAO é o indicado para a tipologia da atividade. Tratamentos complementares são indicados para aqueles que adotam o reuso da água de lavagem ou geram grande quantidade de efluentes. Para o reuso, os parâmetros a serem analisados são os previstos na ABNT NBR 13969:1997, dentre os quais destacam-se a Turbidez que não pode ultrapassar 5 uT. Em relação a este parâmetro, nenhuma das 6 OM atendeu ao exigido.

Nos estudos em empresas de lavagens de veículos realizados por Queiroz (2014), a autora informa que a adequação legal das lavagens ocorre apenas estruturalmente quanto ao tratamento dos efluentes, não sendo verificado. Os parâmetros de lançamento não atendem ao previsto em legislação. Essa afirmação também é válida para as rampas de lavagens do EB, decorrente principalmente da falta ou manutenção inadequada.

Garantida a manutenção adequada, as análises são fundamentais para a verificação da eficiência dos SAO. Portanto, levando em consideração que a atividade em questão está dispensada do licenciamento ambiental, faz-se necessária a adoção de mecanismos de controle, tais como as análises dos efluentes tratados, pois é a maneira de comprovar-se a eficiência do sistema e o efluente estar sendo descartado de acordo com os padrões previstos em legislação.

A Diretoria de Patrimônio Imobiliário e Meio Ambiente (DPIMA) do Exército tem tentado sanar tal problema investindo em capacitação. No ano de 2018, foi incluído nos cursos de capacitação à distância o estágio de meio ambiente de material Classe III, que envolve oficinas mecânicas, rampas de lavagens e postos de abastecimento, e tem como público alvo aqueles que trabalham diretamente envolvidos com estas atividades.

4.3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO

A Tabela 32 apresenta o resultado da aplicação dos dados extraídos dos questionários na matriz de priorização prevista na Tabela 12. Os critérios estabelecidos como necessidade de adequação da rampa apontam os problemas estruturais como permeabilidade do piso, drenagem incompleta do efluente, tratamento ausente ou danificado, rachaduras na rampa, vazão que extrapola o dimensionamento das canaletas e/ou rampas que não comportam todos os tipos de veículos, sendo que os três primeiros itens possuem peso mais significativo. Somados às necessidades estruturais de adequação, foram considerados também outros fatores, como a frota de veículos, frequência de lavagem, proximidade a locais com maior vulnerabilidade ambiental e organizações militares vizinhas com rampas adequadas.

Em geral, as lavagens de veículos são consideradas como de baixo potencial poluidor, mas entende-se que quanto maior a geração de efluentes, maior a potencialidade de geração de impactos ambientais. Sendo assim, a frequência de lavagens associada à frota de veículos são informações importantes a serem consideradas na priorização de obras nas rampas.

Para modernização, manutenção e adequação das suas instalações, o EB dispõe de um sistema de engenharia de obras militares. No entanto, devido à grande quantidade de instalações militares e à disponibilidade de recursos, não é possível o

atendimento de todas as necessidades de obras simultaneamente. Os pedidos de obras são atendidos por ordem de prioridade ao longo de um período. O estabelecimento de um critério para auxiliar na definição das obras prioritárias é uma ferramenta importante para o atendimento das necessidades do EB e cumprimento das exigências legais e ambientais.

Das 70 rampas de lavagens, 64 (91%) apresentam algum problema. Entende-se que grande parte dos problemas são decorrentes do tempo de existência das rampas e do desgaste natural de seu uso, o que é possível visualizar pelas imagens. Dentre as 20 primeiras OM estabelecidas como prioridades para necessidades de adequação, 8 delas incluíram no sistema de obras e requisições do EB algum pedido de adequação, ou seja, quase metade delas entende que possui estrutura inadequada e solicitou adequação.

Tabela 32 – Tabela de priorização de necessidade de obras de adequação

CRITÉRIOS PARA NECESSIDADE DE ADEQUAÇÃO								CRITÉRIOS AUXILIARES				PTS	PRIORIZAÇÃO			
OM	PI	DO	T	TD	PE	CN	TN	FV	FL	VA	OV		Prio	OM	Pts	PA
1	125	80	-	-		8	-	40	60	-	25	338	1	OM 14	589	
2	-	80	-	-	64	-	-	30	45	-	-	219	2	OM 18	569	Sim
3	125	80	125	64	64	-	-	20	30	25	-	533	3	OM 49	561	Sim
4	125	-	-	-	64	-	-	50	45	25	-	309	4	OM 26	541	Sim
5	-	-	-	64	64	8	27	40	60	-	25	288	5	OM 42	534	
6	-	-	-	64	64	-	27	20	60	-	25	260	6	OM 3	533	Sim
7	125	-	-	-	-	-	-	20	60	-	25	230	7	OM 30	512	
8	125	80	-	-	64	-	27	40	30	-	25	391	8	OM 15	511	
9	125	-	-	64	-	-	27	40	60	25	25	366	9	OM 51	511	
10	-	80	-	-	64	-	-	50	45	-	25	264	10	OM 55	504	
11	-	-	-	64	64	8	-	40	30	-	-	206	11	OM 63	477	
12	125	80	-	-	64	-	-	40	75	-	-	384	12	OM 23	471	
13	-	-	-	-	64	-	-	30	45	-	25	164	13	OM 47	469	
14	125	80	125	-	64	8	27	50	60	25	25	589	14	OM 24	461	Sim
15	125	80	125	-	64	-	27	20	45	-	25	511	15	OM 65	440	
16	125	-		64		-	-	40	60	-	25	314	16	OM 19	431	
17	-	80	125	-	64	8	27	50	45	-	-	399	17	OM 57	415	
18	125	80	125	-	64	8	27	30	60	25	25	569	18	OM 39	409	Sim
19	125	-	125	-	64	-	27	30	60	-	-	431	19	OM 62	409	Sim
20	125	80	-	64		-	-	20	30	-	-	319	20	OM 36	402	Sim
21	125	80	-	-	64	-	-	30	60	-	25	384	21	OM 17	399	
22	-	80	125	-	64	-	-	40	30	25	-	364	22	OM 45	399	
23	125	-	125	-	64	-	27	30	75	-	25	471	23	OM 8	31	
24	125	80	-	64	64	8	-	20	75	25	-	461	24	OM 50	391	Sim
25								20	15	-	-	35	25	OM 12	384	Sim
26	125	80	-	64	64	8	-	50	100	25	25	541	26	OM 21	384	Não
27	-	80	-	-	64	8	-	10	45	25		232	27	OM 9	366	Não
28	-	-	-	-	-	-	-	30	60	25	25	140	28	OM 22	364	Não
29	-	80	-	-	-	-	27	30	60	-	25	222	29	OM 59	361	Não
30	125	80	125	-	64	8	-	40	45	-	25	512	30	OM 37	357	Não
31	-	-	-	-	64	-	-	50	30	-	25	169	31	OM 68	342	Não
32	-	-	-	-	64	-	-	30	45	-		139	32	OM 1	338	Sim
33	125	-	-	-	-	-	-	50	100	-	25	300	33	OM 41	326	Sim
34	-	80	-	-	-	-	-	40	60	-	25	205	34	OM 66	320	Não
35	-	-	-	-	64	-	27	40	15	25	-	171	35	OM 20	319	Não
36	-	80	125	-	64	8	-	50	75	-	-	402	36	OM 16	314	Não
37	-	80	125	-	64	8	-	40	15	-	25	357	37	OM 52	310	Sim
38	-	-	-	64	-	-	-	30	60	-	-	154	38	OM 4	309	Não
39	-	80	125	-	64	8	27	50	30	25	-	409	39	OM 33	300	Não
40	-	80	-	-	-	-	-	20	30	-	-	130	40	OM 44	300	Sim

CRITÉRIOS PARA NECESSIDADE DE ADEQUAÇÃO								CRITÉRIOS AUXILIARES				PTS	PRIORIZAÇÃO			
OM	PI	DO	T	TD	PE	CN	TN	FV	FL	VA	OV		Prio	OM	Pts	PA
41	-	80	-	64	-	-	27	30	75	25	25	326	41	OM 64	290	Não
42	125	80	125	-	64	-	-	40	75	25	-	534	42	OM 5	288	Não
43	-	-	-	64	64	-	-	50	60	25	25	288	43	OM 43	288	Não
44	125	80	-	-	-	-	-	50	45	-	-	300	44	OM 69	285	Não
45	125	-	125	-	64	-	-	30	30	-	25	399	45	OM 46	280	Sim
46	-	-	-	64	64	-	27	40	60	-	25	280	46	OM 53	270	Não
47	-	80	125	-	64	8	27	40	75	25	25	469	47	OM 10	264	Não
48	125	-	-	-	-	-	-	50	75	-	-	250	48	OM 60	264	Não
49	125	80	125	-	64	-	27	40	75	-	25	561	49	OM 6	260	Sim
50	125	-	-	-	64	-	27	50	100	-	25	391	50	OM 48	250	Não
51	125	80	125	-	64	-	27	20	45	-	25	511	51	OM 27	232	Não
52	-	-	-	64	64	-	27	30	100	-	25	310	52	OM 7	230	Não
53	-	80	125	-	-	-	-	20	45	-	-	270	53	OM 29	222	Não
54	-	-	-	-	-	-	-	40	45	-	-	85	54	OM 2	219	Não
55	125	80	125	-	64	8	27	30	45	-	-	504	55	OM 11	206	Sim
56	-	-	-	64	-	-	-	20	60	-	25	169	56	OM 34	205	Não
57	125	80	125	-	-	-	-	30	30	-	25	415	57	OM 35	171	Não
58	-	-	-	-	-	-	-	20	30	-	25	75	58	OM 31	169	Não
59	125	-	-	64	64	8	-	30	45	-	25	361	59	OM 56	169	Não
60	-	-	125	-	64	-	-	20	30	-	25	264	60	OM 13	164	Sim
61	-	-	-	-	-	-	-	30	100	-	-	130	61	OM 67	155	Não
62	-	80	125	-	64	8	27	20	60	-	25	409	62	OM 38	154	Não
63	125	80	125	-	64	8	-	20	30	-	25	477	63	OM 32	139	Não
64	125	-	125	-	-	-	-	10	30	-	-	290	64	OM 40	130	Não
65	125	80	125	-	-	8	27	10	15	25	25	440	65	OM 28	140	Não
66	-	80	125	-	-	8	27	10	45	-	25	320	66	OM 61	130	Não
67	-	80	-	-	-	-	-	30	45	-	-	155	67	OM 54	85	Sim
68	-	80	125	-	64	8	-	10	30	-	25	342	68	OM 70	80	Não
69	-	80	125	-	-	-	-	10	45	-	25	285	69	OM 58	75	Não
70	-	-	-	-	-	-	-	20	60	-	-	80	70	OM 25	35	Não

Legenda:

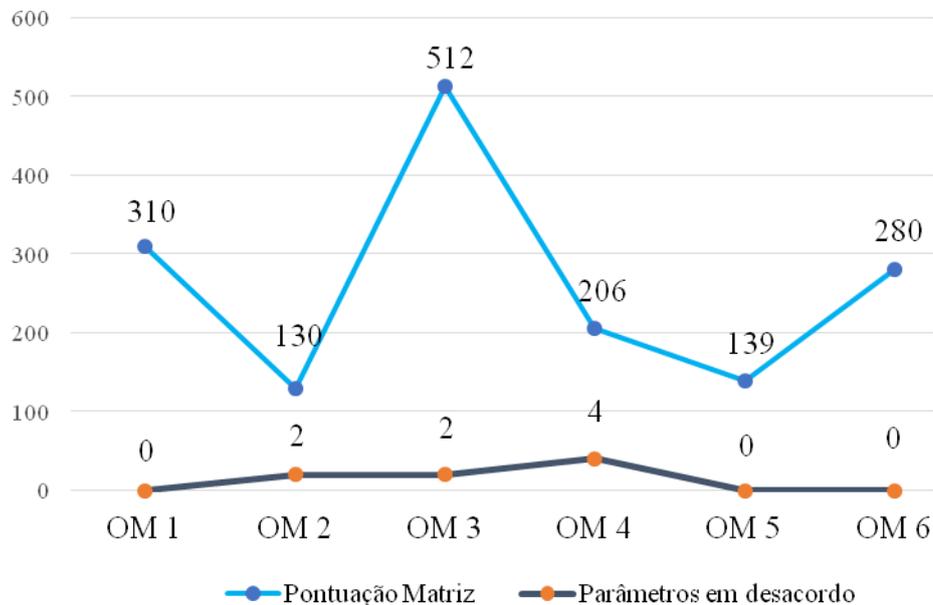
PI: inexistência de piso impermeável; DO: sistema incompleto de drenagem total do efluente; T: inexistência de tratamento; TD: tratamento danificado; PE: problemas estruturais; CN: canaletas não atendem a vazão; TN: rampa não atende todos os tamanhos; FV: frota de veículos; FL: frequência de lavagem; VA: vulnerabilidade ambiental; OV: OM vizinha com rampa adequada; Pts: pontuação total; Prio: ordem de prioridade para obras de adequação; PA: possui pedido de obra de adequação.

OM sem necessidades de obras de adequação.

Ao se comparar as OM que tiveram a análise de seus efluentes realizadas com o resultado da Tabela de priorização de obras de adequação da Tabela 32, verificou-se que rampas consideradas adequadas, sem necessidade de intervenção

estrutural, apresentaram parâmetros em desacordo com o previsto em legislação, conforme apresentado na Figura 45.

Figura 45 – Comparação da pontuação na Matriz de Priorização de obras com os parâmetros em desacordos das OM que tiveram seus efluentes analisados.



A OM 3 (OM 30 na Tabela 32) apresentou a maior prioridade de necessidade de adequação com 512 pontos com necessidade de adequação do piso, sistema de drenagem e tratamento do efluente, da análise dos efluentes após tratamento, que no caso desta OM é apenas uma caixa de sedimentação. Apresentou 2 parâmetros fora dos limites estabelecidos pela legislação, o que indica que o sistema é insuficiente para tratar os efluentes da lavagem da OM. Além disso, grande parte do efluente bruto, que apresentou parâmetros fora do previsto em legislação, não é coletado, o qual pode infiltrar no solo e atingir cursos hídricos.

A OM 1 (OM 52 na Tabela 32) apresentou pontuação de 310 pontos e a OM 6 (OM 46 na Tabela 32) 280 pontos, ambas necessitando de pequenos reparos estruturais, substituição do sistema de tratamento que é antigo e a rampa não atende a todos os tamanhos de veículos; no entanto, realizam a manutenção adequada do SAO, não tendo apresentado nenhum parâmetro fora dos limites previstos na legislação.

A OM 4 (OM 11 na Tabela 32) apresentou pontuação de 208 pontos, com boa estrutura da rampa de lavagem, mas necessitando de adequação do sistema de

tratamento, pequenos reparos estruturais e adequação das canaletas de drenagem. Tal OM apresentou 4 parâmetros acima do limite permitido em legislação, fazendo-se necessário investigar se o sistema foi subdimensionado, se as manutenções são adequadas e se existe a necessidade de instalação de sistema complementar de tratamento.

A OM 5 (OM 32 na Tabela 32) apresentou 139 pontos, com boa situação de adequação da rampa de lavagem, necessitando apenas de pequenos reparos estruturais; não mostrou nenhum parâmetro acima do limite permitido em legislação.

A OM 2 (OM 61 na Tabela 32) apresentou pontuação de 130 pontos, não necessitando de obras de adequação; no entanto, devido à manutenção inadequada do SAO, teve parâmetros acima do limite permitido em legislação.

Por fim, considerando a necessidade de obras de adequação, a ordem de prioridade das OM que tiveram seus efluentes analisados é OM 3, OM 1, OM 6, OM 4, OM 5. Já a OM 2 não necessita de obras de adequação, apenas a adoção de procedimentos adequados de manutenção do seu sistema de tratamento.

5 CONCLUSÕES

A análise da situação das rampas respondidas por meio de questionário e imagens indicou que, em relação à estrutura, 60% das OM com rampas no Estado do Rio Grande do Sul possuem SAO, que é o tratamento exigido para esse tipo de atividade. Apenas 1 OM realiza as análises físico-químicas na saída dos efluentes em relação a todos os parâmetros e na frequência exigida pela Portaria FEPAM nº 43/2009.

A adoção de sistemas de tratamento complementares ao SAO são realizados em 3 OM (4%), estando geralmente relacionados a processos de reutilização da água da lavagem, pouco utilizada no Exército, sendo que maior parte das OM (49%) utiliza água de poços artesianos. Entende-se que a adoção do reuso deve estar condicionada à avaliação da praticidade e viabilidade econômica, podendo ser mais interessante nas OM com maior geração de efluentes.

Apesar de 51% das OM com SAO alegarem recolher os resíduos de areia com óleo, resíduo Classe I conforme NBR 10.004, apenas 20% possuem contrato de destinação dos resíduos oleosos para empresas licenciadas, ou seja, 31% possuem destinação ou tratamento desconhecidos. Em se tratando de resíduos perigosos, a destinação adequada deve ser prioridade. A adoção de reservatórios para armazenamento temporário do resíduo removido do SAO e o uso de centrais para a destinação dos resíduos sólidos são ações que podem ajudar na gestão ambiental das OM.

Os quartéis militares, em sua grande maioria, são antigos. Assim, as rampas de lavagem e o sistema de tratamento, em sua maioria, carecem de manutenção e de atualização em função da composição da frota de veículos. Diante da necessidade de adequação ambiental das rampas de lavagens, 23 OM das 70 que responderam ao questionário informaram ter realizado pedido de obras ou recursos para adequação, das quais 16 possuem projeto com orçamento.

Dos resultados das análises físico-químicas realizadas em 6 OM, metade das OM apresentaram resultados na saída do efluente acima do permitido pela CONAMA nº 430/2011 e CONSEMA nº 355/2017. A ausência ou pouca frequência da manutenção dos SAO e/ou o subdimensionamento do sistema são as principais causas dos resultados alterados.

Ressalta-se que a Portaria FEPAM nº 43/2009, que estabelece parâmetros de licenciamento de postos de combustíveis, incluindo as rampas de lavagem, exige a análise de Fenóis, não tão relevante para análise de efluente de lavagem de veículos e não exige a análise de surfactantes, parâmetro considerado importante para análise de efluentes, tendo em vista o uso de detergentes nas lavagens.

Os resultados dos questionários permitiram a identificação da situação das rampas de lavagem nos aquartelamentos militares do Rio Grande do Sul. No entanto, quando a adequação ambiental envolve obras e recursos financeiros, não é possível o atendimento das necessidades de todas as OM. A aplicação da metodologia GUT permitiu obter uma listagem com a priorização das OM do Estado do Rio Grande do Sul em relação à manutenção das rampas de lavagens, servindo de ferramenta de decisão para o Comando envolvido na priorização de obras. Tal ferramenta já pode ser aplicada no atendimento dos pedidos já incluídos no sistema de obras do Exército.

Em comparação aos resultados das análises de efluentes com a listagem de priorização, foi possível estabelecer uma ordem de prioridade de obras de adequação. No entanto, verificou-se que rampas consideradas adequadas, sem necessidade de intervenção estrutural, apresentaram parâmetros em desacordo com o previsto em legislação devido à falta de manutenção de seus sistemas ou sistemas subdimensionados. Além disso, a análise pontual do efluente coletado de OM estrutura inadequada pode mascarar o atendimento aos parâmetros previsto em legislação, tendo em vista que nem todo efluente é coletado e pode seguir para o solo ou cursos hídricos sem o devido tratamento.

É notória a preocupação ambiental e o engajamento do Exército Brasileiro para o atendimento dos requisitos ambientais inerentes à instalação e operação de suas rampas de lavagem. Existem normativas internas que preveem os cuidados ambientais necessários à atividade; porém, não apresentam detalhamento técnico de construção e tratamentos previstos específicos sobre a atividade em questão. Tais detalhamentos deveriam ser incluídos na normatização. Apesar da atividade de lavagem de veículos ser considerada de baixo impacto ambiental, é uma atividade presente em quase todas as OM do país e que demanda medidas de controle ambiental eficientes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A gestão ambiental de rampas de lavagens no Exército Brasileiro nas OM em estudo, a qual tem sido dispensada de licenciamento ambiental pelo enquadramento da atividade militar, deve ser aprimorada, tendo em vista que medidas de manutenção dos sistemas de tratamento e administrativas, como a contratação de análise do efluente tratado e a destinação dos resíduos removidos dos SAO, podem ser suficientes para a adequação ambiental das rampas.

Além disso, é comum a rotatividade dos militares ou civis envolvidos na atividade, e nem sempre os mesmos possuem a qualificação adequada para lidar com a gestão ambiental da atividade; portanto, faz-se necessária a adoção de um manual autoexplicativo de procedimentos práticos a serem adotados, devendo existir a cobrança por parte do Comando de cada OM para garantir que tais procedimentos não caiam em desuso.

Tal cobrança pode ser realizada por meio de emissão de relatório dos procedimentos adotados. Devido à dificuldade das OM em contratar serviços, a contratação das análises dos efluentes e da destinação dos resíduos, pode ser feita por grupo de OM, centralizadas, agrupando as OM mais próximas. São sugeridos os seguintes trabalhos, como sequência do desenvolvimento dos estudos realizados nesta dissertação:

- Análise da concentração de surfactantes nos efluentes das rampas de lavagem;
- Análise comparativa do efluente tratado dos sistemas de tratamento de efluente de rampas de lavagem com manutenção adequada e inadequada;
- e
- Análise de contaminantes no solo dos locais onde existam rampas de lavagem com estrutura física inadequada e adequada.

REFERÊNCIAS

AL-ODWANI, A.; AHMED, M.; BOU-HAMAD, S. Carwash water reclamation in Kuwait. **Desalination**, v.206, n.1–3, p.17–28, 2006.

ARAÚJO, A. P. C. S. **Tratamento de efluentes de lavagem de ônibus e de lavanderia por flotação de ar dissolvido e filtração visando o reuso da água**. 2017. 196 f. Dissertação. (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Londrina.

ASEVEDO, K. C. S.; JERÔNIMO, C. E. M. Diagnóstico ambiental de postos de lavagem de veículos (lava-jatos) em Natal-RN. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 8, n. 11. 2012. Disponível em: <<https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/viewFile/1126/654>>

ASHA, M.N.; CHANDAN, K.S.; HARISH, H.P.; NIKHILESWARREDDY, S.; SHARATH, K.S.; Mini Liza, G. Recycling Of Waste Water Collected From Automobile Service. **Procedia Environmental Sciences**. v. 35, p. 289 – 297, 2016. Disponível em<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616300986>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

_____. **NBR 12209**: Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 2011. 53 p.

_____. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.

_____. **NBR 14605**: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Sistema de drenagem oleosa Parte 2: Projeto, metodologia de dimensionamento de vazão, instalação, operação e manutenção para posto revendedor veicular. Rio de Janeiro, 2010. 14 p.

BAKOF. Caixa Separadora Água e Óleo. Disponível em: <http://www.bakof.com.br/site/index.php/produtos/visualizar_produto/separador-aqua-e-oleo/2>. Acesso em: 18 out 2018.

BOHN, F. P. **Tratamento do efluente gerado na lavagem de veículos**. 2014. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Engenharia Mecânica, Panambi, 2014.

BOUSSU, K., KINDTS, K., VANDECASTEEM, C., VAN DER BRUGGEN, B., 2007. Applicability of nanofiltration in the carwash industry. **Separation and Purification Technology**, 54:139-46.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 22 dez. 1997.

_____. Departamento de Material Bélico. Portaria nº 023-DMB, de 20 de novembro de 1998. NORCRIVE - Norma de Classificação das Viaturas Militares. **Boletim do Exército**. Brasília, DF, 7 de agosto de 1998.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000. Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 08 jan. 2001.

_____. Exército Brasileiro. Departamento de Engenharia e Construção. Portaria nº 006-DEC, de dezembro de 2004. Aprova as Instruções Reguladoras nº 50-16, que trata da elaboração, apresentação e aprovação de projetos de obras militares no Comando do Exército. **Boletim do Exército**. Brasília - DF, 30 de janeiro de 2004.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 18 mar. 2005.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução N° 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 16 maio 2011.

_____. Exército Brasileiro. Departamento de Engenharia e Construção. Portaria nº 001-DEC, de 26 de setembro de 2011. Aprova as Instruções Reguladoras para o Sistema de Gestão Ambiental no Âmbito do Exército (IR 50 - 20). **Boletim do Exército**. Brasília, DF, 14 de outubro de 2011.

_____. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011 Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 9 dez. 2011.

_____. Exército Brasileiro. Departamento de Engenharia e Construção. DPIMA. **Orientações para a Gestão do Meio Ambiente nas Organizações Militares no Âmbito do Exército Brasileiro**. Brasília, 2016.

_____. Exército Brasileiro. Departamento de Engenharia e Construção. DPIMA. **Orientação técnica para instalação, operação e remoção de Tanques subterrâneos de combustível no âmbito do Exército Brasileiro. Posto de Distribuição Classe III.** Brasília: DPIMA, 2016 b.

_____. Ministério da Defesa. Portaria Normativa nº 15, de 23 de fevereiro de 2016. Estabelece diretrizes para a declaração do caráter militar de atividades e empreendimentos da União, destinados ao preparo e emprego das Forças Armadas. **Diário Oficial da União.**

BROWN, C. Water conservation in the professional car wash industry. Washington: **International Car Wash Association.** Chicago, 2000.

BROWN, C.; KOELLER, J. Evaluation of Potential Best Management Practices: Vehicle wash Systems. 16 p. **The California Urban Water Conservation Council.** California, 2006.

CAMPOS, R.; WENDLING C. S.; MATIAS, C. A.; PEREIRA, G.; SCHVEITZER, B. Análise da interação de um sistema separador de água e óleo de um processo de lavagem de automotores com o município de Caçador, Santa Catarina, Brasil. São Paulo: Centro Universitário. **InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade.** São Paulo: Centro Universitário. v. 12, n. 2, 11 p., 2017.

CARISSIMI, E. **Desenvolvimento do reator gerador de flocos (RGF): aspectos básicos e aplicações no tratamento e reuso de águas e efluentes.** 2007. Tese de Doutorado -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

CARISSIMI, E.; RUBIO, J. The flocs generator reactor—FGR: a new basis for flocculation and solid–liquid separation. **International Journal Mineral Processing,** v.75, n.3–4, p.237–47, 2005.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE - CNT. **Manual CNT de gestão hídrica: transporte rodoviário coletivo de passageiros.** – Brasília: CNT, 2017.

COSTA, M. J. C. **Tratamento biológico de efluentes de lava-jato.** 2006. 100f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2006.

COSTA, P. R. F. **Tratamento eletroquímico de efluentes proveniente de caixas separadores de água e óleo de postos de revendedores de combustível.** Natal. 2014. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia do Petróleo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

DENTI, C. A.; CAETANO, M. O.; GOMES, L. P. Proposta de Gestão Ambiental, Saúde e Segurança do Trabalho em Postos de Lavagem de Veículos. In: 14º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro. **Anais...** 2013.

DIAS, G. M. **Uma cidade sob investigação de passivo ambiental.** – Adequação Ambiental dos postos de combustíveis de Natal e recuperação da área degradada. Natal: Ministério Público do Estado do Rio Grande do Norte, 2012.

DORIGON, E. B.; TESSARO, P. Caracterização dos efluentes da lavagem automotiva em postos de atividade exclusiva na região AMAI – Oeste Catarinense. **Revista UNOESC e Ciência.** Joaçaba. v. 1, n. 1, p. 13-22, 2010.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA – US ARMY. Department of Defense. **Unified Facilities Criteria:** Central Vehicle Wash Facilities. UFC 4-214-03. 164 p. 17 mar. 2018.

ETCHEPARE, R. G. **Integração de processos no tratamento de efluentes de lavagem de veículos para reciclagem de água.** 152 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

EXÉRCITO BRASILEIRO. **Quartéis por estado.** Disponível em: <<http://www.eb.mil.br/quarteis-por-estado1>>. Acesso em: 10 ago 2018.

FIBRATEC. **Caixa de Separação Água e Óleo.** Disponível em: <<http://www.fibratec.com.br/solucoes-para-sustentabilidade/caixa-de-separacao-de-agua-e-oleo>>. Acesso em: 10 ago 2018.

GRAEML, A. R.; PEINALDO, J. **Administração da Produção:** Operações industriais e de serviços. Curitiba: Universidade Positivo, 2007.

GUIMARÃES, A. K. V. **Extração do óleo e caracterização dos resíduos da borra de petróleo para fins de reuso.** Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Área de Concentração: Engenharia Ambiental.

HAMADA, T.; MIYAZAKY, Y. Reuse of carwash water with a cellulose acetate ultrafiltration membrane aided by flocculation and activated carbon treatments. **Desalination.** v. 169, p. 257-267. 2004.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA. **Oficinas mecânicas e lava a jato:** orientações para o controle ambiental. 2.ed. Rio de Janeiro: INEA, 2014.

MAGALHÃES, A. F. R. **Proposição, implantação, partida e ajustes de reatores biológicos e físico-químicos para tratamento e reciclagem de efluentes de lavadores de veículos em escala real.** Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

MARTINS, N. **Priorização na Resolução de Manifestações Patológicas em Estrutura de Concreto Armado.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319339751_Priorizacao_na_Resolucao_d_e_Manifestacoes_Patologicas_em_Estruturas_de_Concreto_Armado_Metodo_GUT> . Acesso em: 17 abr. 2018.

MIGUEL, R. F. **Avaliação da toxicidade aguda de efluentes de postos revendedores de combustíveis**. 2008. 38 f. Trabalho final de Graduação – Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, 2008.

MORAIS, F. C. P. **Orientação Técnica – lava-jato**. Minas Gerais, 2009.

MORELLI, E. B. **Reuso de água na lavagem de veículos**. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. São Paulo, 2005.

NEVES, A. A. C. **Estudo sobre resíduos sólidos em postos de combustíveis, funilarias e estabelecimentos de lavagem automotiva no município de São Carlos, visando Indicadores de Sustentabilidade**. 2010. 184 f. Tese Doutorado - Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2010.

NOVO HAMBURGO. **Diretriz técnica para o licenciamento ambiental de postos de lavagem de veículos**. Disponível em: <https://semam.novohamburgo.rs.gov.br/arquivos/Diretriz%20Lavagem%20de%20Ve%C3%ADculos%20-%20Lavagem%20de%20Ve%C3%ADculos%20-%20Atualizada_01_10_17.pdf>. Acesso em: 20 jul 2018.

PANIZZA, G. M.; CERISOLA G. Applicability of electrochemical methods to carwash wastewaters for reuse. Part 2: electrocoagulation and anodic oxidation integrated process. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v.638, n.236–40, 2010.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná – SEMA. **Óleo lubrificante**. Desperdício Zero – Programa da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2005.

PAULA, L. O. **Tratamento de água residuária da atividade automotiva por ozonização convencional e catalítica**. 2014. 117 f. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

PÁXEUS, N. Vehicles washing as a source of organic pollutants in municipal wastewater. **Water Science and Technology**. v.33, n.6, p. 1–8. 1996.

QUEIROZ, R. N. F. **Diagnóstico ambiental de águas residuárias de empreendimentos da lavagem de veículos em Mossoró/RN**. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação, Mossoró, 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria FEPAM nº 43/2009, de 08 de setembro de 2009. Dispõe sobre normas e procedimentos para o controle de emissões de efluentes líquidos e atmosféricos de Postos de Combustíveis e Serviços, no licenciamento ambiental destas atividades no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 17 set. 2009.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução FEPAM nº 4, de 23 de março de 2014. Altera a Resolução nº 006/2012, dispondo sobre o licenciamento de oficinas mecânicas e a inclusão de "Centro de Desmanche de Veículos (CDV)/chapeação/pintura" na Tabela de Classificação de Atividades para Licenciamento. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 02 abr. 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução CONSEMA nº 355, de 13 de julho de 2017. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 19 jul. 2017.

ROSA, L. G.; SOUSA, J. T.; LIMA, V. L. Antunes de; ARAUJO, G. H.; SILVA, L. M. A.; LEITE, V. D. Caracterização de águas residuárias oriundas de empresas de lavagem de veículos e impactos ambientais. **Ambi-Agua**, v. 6, n. 3. 2011, p. 179-199.

ROSA, L. G.; SOUSA, J. T.; LIMA, V. L. A.; ARAUJO, G. H.; SILVA, L. M. A. Pré-tratamento das águas residuárias provenientes de empresas de lavagem de veículos. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 11, n. 2, p. 0 83-093, jul . /dez. 2014.

RUBIO, J.; CARISSIMI, E.; ROSA, J. J. Flotation in water and wastewater treatment and reuse: recent trend in Brazil. **International Journal of Environmental and Pollution**. 30, p.193-207. 2007.

RUBIO, J.; CARISSIMI, E.; ROSA, J. J. Flotation in water and wastewater treatment and reuse: recent trend in Brazil. **International Journal of Environmental and Pollution**. 30, p.146-153. 2009.

SANTOS, M. K.; TUBINO, R. M. C.; DANILEVICZ, Â. M. F. Avaliação dos serviços ambientais para resíduos perigosos do setor metal mecânico do Rio Grande do Sul. In: 69º CONGRESSO ANUAL DA ABM, São Paulo, **Anais...** 2014.

SECRON, M. B. **Avaliação de sistemas separadores água e óleo do tratamento de efluentes de lavagem, abastecimento e manutenção de veículos automotores**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

SECRON, M. B.; GANDHI G.; FILHO, O. B. **Controle da poluição hídrica gerada pelas atividades automotivas**. Centro de Tecnologia Mineral, ed. Rio de Janeiro, RJ, 2010. 74p.

SILVA, S. M. C.; ACHON, C. Análise do desaguamento e secagem de lodo anaeróbio em leito com piso de blocos drenantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, **Anais...** 2017, São Paulo. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/11/II-089.pdf>> Acesso em 15 ago. 2018

SMITH, D.; SHILLEY, H. **Residential Car Washwater Monitoring Study**. City of Federal Way, Washington, Public Works, Surface Water Management. 2009. Disponível em: < <https://www.carwash.org/docs/default-source/watersavers-pdfs/2009-fw-car-wash-water-monitoring-study.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2018.

SOEIRO, E. C. **Tratamento de Efluentes de Lava-Jato via processo Oxidativo Avançado**. 2014. 97 f. Dissertação – Universidade Potiguar. Pós-Graduação em Engenharia de Petróleo e Gás, Natal, 2014.

SOUZA, F. B. **Remoção de Compostos Fenólicos de Efluentes Petroquímicos com Tratamentos Sequenciais e Simultâneos de Ozonização e Adsorção**. 2009. 132 f. Dissertação – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Florianópolis, 2009.

STUMPF, G. L. **Tratamento de efluentes de lavagem de veículos automotores**. Irati. 2016. Dissertação (Mestrado Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade do Centro do Paraná. Pós Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016.

SZABO, J. Gaining from Net Zero. **Science Matters Newsletter**. nov. 2013. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sciencematters/epa-science-matters-newsletter-gaining-net-zero-published-november-2013>> Acesso em: 10 ago. 2018.

TEIXEIRA, P. C. **Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando a reciclagem da água**. 2003.171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

TUBINO, R. M. C.; DANILEVICZ, A. M. F.; SANTOS, M. K.; BUZIN, P. J. W. K.; PIAZZA, V. R.; CAVALLI, C.; CAMARGO, A. H.; WASKOW, R. P. **Avaliação do mercado de Prestadores de Serviços Ambientais (PSAs) de Empresas Produtoras de Resíduos (EPRs), no eixo Porto Alegre- Caxias do Sul (RS)**. Porto Alegre - RS: FEENG, 2014. v. 01. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/producao/admin/Upload/05122014_173835.pdf> Acesso em: 10 ago. 2018.

U.S.EPA. **Development Document for Effluent Limitations guidelines and standards for the auto and other laundries point source category**. EPA 820-B-80-100, Office of Water and Waste Management, Washington, D.C, 1980.

USAG BAVARIA. **Environmental Brochure**. Bavaria. Disponível em: <[http://www.bavaria.army.mil/docs/Environmental Brochure English.pdf](http://www.bavaria.army.mil/docs/Environmental%20Brochure%20English.pdf)> Acesso em: 20 ago. 2018.

VASCONCELOS, D. V. Tratamento de efluentes de postos de combustíveis para o reúso usando processos oxidativos avançados. **Cadernos UniFOA**. Volta Redonda, n. 11, p. 35 – 43, dez. 2009. Disponível em: <<http://web.unifoa.edu.br/cadernos/edicao/11/35.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2018.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

ZANETI, R.; ETCHEPARE, R.; RUBIO, J. Car wash wastewater reclamation. Full-scale application and upcoming features. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 55, p. 953-959, 2011.

ZEPPINI. **Manual de Instrução Caixa Separadora Água e Óleo**. Disponível em: <<http://www.zeppini.com.br/uploads/manuais/caixaSeparadoraZP5001.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2018.

ZIMMERMANN, V. E. **Desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento de efluentes visando a reutilização da água depostos de lavagem de veículos**. 2008. 120 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Toledo, 2008.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

1. OM:
2. Possui quantas rampas de lavagem?
 1
 2
 3 ou mais
 Nenhuma
3. A(s) rampa(s) está em operação?
4. Qual a frota de veículos existentes na OM?
 Menos de 10
 Entre 11 e 30
 Entre 31 e 50
 Entre 51 e 100
 Acima de 100
 Outra _____
5. Quais os tipos de veículos lavados na rampa? (Marque as opções que se aplicam)
 Vtr de 1/4 a 3/4 Ton
 Vtr de 2 1/2 a 7 Ton
 Vtr Bld sobre rodas
 Vtr Bld sobre lagartas
 Vtr administrativa
 Outro _____
6. Qual o consumo médio de água para lavar um veículo? (litros)
7. Qual a frequência de lavagens de veículos/mês? (nº lavagens por dia x nº dias com lavagem no mês)
 Menos de 15
 Entre 16 e 30
 Entre 31 e 50
 Entre 51 e 100
 Entre 101 e 200
 Acima de 200
 Outra _____
8. Qual é a composição da estrutura da rampa de lavagem? (Marque as opções que se aplicam)
 Piso Impermeável
 Sistema de coleta de todo o efluente (canaletas)
 Efluente conduzido para um sistema de tratamento (SAO/ETE)
 Cobertura (Telhado)
 Outro _____
9. Qual é a fonte de abastecimento de água da rampa?
 Poço Artesiano
 Abastecimento Público
 Água da Chuva
 Outra _____

10. Qual o sistema de tratamento do efluente? (Marque as opções que se aplicam)
- Tanque Baia (tanque com água para remoção do excesso de sólidos incrustados nos Carros de Combate)
 - Caixa de Areia / Desarenador (Antes do SAO)
 - Caixa separadora água e óleo (SAO)
 - Tratamento Complementar (físico-químico ou biológico) / Estação de tratamento de efluentes
 - Desinfecção (Cloração)
 - Nenhum
 - Outro _____
11. Qual a capacidade do sistema de tratamento? (litros/hora)
12. Existe algum componente do sistema de tratamento de efluentes danificado? Caso positivo, descreva.
13. São realizadas análises laboratoriais da efluente após tratamento?
- Sim
 - Não
14. Quais parâmetros são analisados? (Marque todas as opções que se aplicam)
- pH
 - Teor de Óleo e Graxas (TOG)
 - Fenóis
 - Sólidos sedimentáveis
 - Temperatura
 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO)
 - Nenhum
 - Outro _____
15. Com que frequência os parâmetros são analisados?
- Semestral
 - Anual
 - Outra _____
16. A estrutura da rampa atende todos os tipos de veículos existentes na OM? Caso não atenda, descrever.
17. As canaletas conseguem atender a vazão da lavagem dos veículos?
- Sim
 - Não
 - _____
18. A rampa apresenta problemas estruturais? (Marque todas as opções que se aplicam)?
- Rachaduras
 - Trincas
 - Outros _____
19. Qual a destinação final do efluente da lavagem?
- Rede pluvial
 - Rede de esgoto
 - Solo
 - Curso hídrico
 - Reuso
 - Fossa séptica/sumidouro/vala de infiltração
 - Outra _____

20. A rampa está localizada a menos de 50 metros de alguma vulnerabilidade ambiental? (Marque as opções que se aplicam)
- Área de Preservação Permanente (margem de rios, nascentes, banhados)
 - Processos erosivos
 - Poço Artesiano
 - Curso hídrico
 - Outra _____
21. Existe projeto ou pedido de adequação para a rampa?
- Sim
 - Não
 - Não aplicável
22. Possui projeto com orçamento?
- Sim
 - Não
 - Não aplicável
23. Foi incluído pedido de obras no OPUS ou SIGPIMA?
- Sim
 - Não
 - Não aplicável
24. Existe rampa adequada em boas condições de operação OM vizinha?
- Sim
 - Não
25. Com que frequência é realizada a manutenção da rampa (vezes/ ano ou semestre)
- 1 por mês
 - 1 por semestre
 - 1 por ano
 - A cada 2 anos ou mais
 - Outra _____
26. Existe algum processo ambiental relacionado a rampa de lavagem?
- Sim _____
 - Não
27. Com que frequência são recolhidos os resíduos oleosos?
- 1 por mês
 - 1 por semestre
 - 1 por ano
 - A cada 2 anos ou mais
 - Outra _____
28. Qual o volume dos resíduos recolhidos (m³/semestre ou ano)?
29. Possui contrato para destinação dos resíduos oleosos para empresas licenciadas?