

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA APLICADA  
E SUSTENTABILIDADE

COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE  
ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM LAVA-JATO, VISANDO AO  
REÚSO

Autor: Antônio Pires Freire  
Orientador: Dr. Édio Damásio da Silva Júnior  
Coorientador: Dr. Hugo Leonardo Souza Lara Leão

Rio Verde - GO  
Março - 2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA APLICADA  
E SUSTENTABILIDADE

COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE  
ÁGUAS RESIDUÁRIAS EM LAVA-JATO, VISANDO AO  
REÚSO

Autor: Antônio Pires Freire  
Orientador: Dr. Édio Damásio da Silva Júnior  
Coorientador: Dr. Hugo Leonardo Souza Lara Leão

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde – Área de concentração: Eficiência Energética e Sustentabilidade

Rio Verde - GO  
Março - 2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

F866c Freire, Antônio Pires  
Comparação de sistemas de tratamento de águas  
residuárias em lava-jato, visando ao reúso / Antônio  
Pires Freire; orientador Dr. Édio Damásio da Silva  
Júnior; co-orientador Dr. Hugo Leonardo Souza Lara  
Leão . -- Rio Verde, 2023.  
53 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em Programa de  
Pós Graduação em Engenharia Aplicada e  
Sustentabilidade) -- Instituto Federal Goiano,  
Campus Rio Verde, 2023.

1. Reutilização de águas. 2. Lavagem de veículos.  
3. Tratamento de efluente.. I. Silva Júnior, Dr. Édio  
Damásio da , orient. II. Leão , Dr. Hugo Leonardo  
Souza Lara , co-orient. III. Título.

# TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

## IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

## RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:      Não      Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:      /      /

O documento está sujeito a registro de patente?      Sim      Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?      Sim      Não

## DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

/ /  
Data

*Antônio Pires Freire*

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

*Alto Romão do Alencar*

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 35/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**  
**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

|                                   |  |                                 |
|-----------------------------------|--|---------------------------------|
| Unidade do IF Goiano:             | Campus Rio Verde   |                                 |
| Programa de Pós-Graduação:        | Engenharia Aplicada e Sustentabilidade   |                                 |
| Defesa de:                        | Dissertação  | Defesa de número: 61            |
| Data:<br>22/03/2023               | Hora de início: 14:00h   | Hora de encerramento:<br>17:00h |
| Matrícula do discente:            | 2020202331440010   |                                 |
| Nome do discente:                 | Antônio Pires Freire   |                                 |
| Título do trabalho:               | Comparação de sistemas de tratamento de águas residuárias de lava-jato visando o reúso |                                 |
| Orientador:                       | Édio Damásio da Silva Júnior   |                                 |
| Área de concentração:             | Engenharia Aplicada e Sustentabilidade   |                                 |
| Linha de Pesquisa:                | Eficiência Energética e Sustentabilidade   |                                 |
| Projeto de pesquisa de vinculação | REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NA LAVAGEM DE VEÍCULOS   |                                 |

|            |  |
|------------|--|
| Titulação: | Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade |
|------------|--|

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior (Presidente da banca), Prof<sup>a</sup>. Dra. Karla Alcione da Silva Cruvinel (Avaliadora Externa), Prof. Dr. Bruno Botelho Saleh (Avaliador Interno) sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada por vídeo conferência via Google Meet à distância, para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de ANTÔNIO PIRES FREIRE, discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Édio Damásio da Silva Júnior, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGEAS da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

### Decisão da banca: Aprovada

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IFGoiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Karla Alcione da Silva Cruvinel, Karla Alcione da Silva Cruvinel - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 04/04/2023 15:08:22.
- Bruno Botelho Saleh, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/04/2023 09:27:11.
- Edio Damasio da Silva Junior, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC0001 - CCMEAS-RV, em 28/03/2023 14:43:36.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 472300  
Código de Autenticação: 1008bde903





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 33/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

## COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LAVA-JATO VISANDO O REÚSO

Autor: Antônio Pires Freire

Orientador: Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior

TITULAÇÃO: Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade - Área de  
Concentração Engenharia Aplicada e Sustentabilidade

APROVADO em 22 de março de 2023.

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Karla Alcione da Silva  
Cruvinel  
Avaliador externo - UFG / Goiânia -  
GO

Prof. Dr. Bruno Botelho Saleh  
Avaliador interno - IFGOIANO/Rio  
Verde

Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior  
Presidente da banca - IF Goiano / Rio Verde

Documento assinado eletronicamente por:

- **Karla Alcione da Silva Cruvinel, Karla Alcione da Silva Cruvinel - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143)**, em 04/04/2023 15:07:31.
- **Bruno Botelho Saleh, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 03/04/2023 09:26:32.
- **Edio Damasio da Silva Junior, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC0001 - CCMEAS-RV**, em 28/03/2023 14:46:01.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/03/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 472305  
Código de Autenticação: d6b4347170



## DEDICATÓRIA

Aos meus professores da graduação, Danilo Almeida e Fernando Prado, pelo incentivo e apoio em cursar o mestrado.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me dado forças e foco para não desistir de alcançar o meu objetivo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Édio Damásio, pelo incentivo e empenho no desenvolvimento do projeto, conhecimento compartilhado e confiança.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Hugo Leonardo, pelos ensinamentos e contribuições necessárias.

À minha colega de experimento, Júlia Katryne, pela contribuição na coleta e análises dos resultados, juntamente com o Sr. Antônio Alves, do laboratório de Saneamento e Meio Ambiente da instituição.

Aos meus amigos do PPGEAS – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, Érica Caetano, Mateus Souza e Walkíria Pederiva, agradeço pela amizade do início até o final dessa etapa, pelo apoio, pelos bons momentos e também por tornarem os momentos ruins mais leves e menos frustrantes.

Ao IFGoiano, pelo recurso financeiro para o desenvolvimento do projeto via edital nº 19, de 09 de julho de 2021, CHAMADA INTERNA PARA APOIO A PROJETOS PD&I QUE VISEM AO FORTALECIMENTO DA PESQUISA APLICADA E INOVAÇÃO NO IF GOIANO.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, por todo ensinamento durante o curso.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Antônio Pires Freire nasceu em 25 de janeiro de 1997 na cidade de Acreúna/GO. Concluiu o Ensino Médio no CEDAP – Colégio Estadual Domingos Alves Pereira, no ano de 2014, na cidade de Acreúna/GO.

Em fevereiro de 2015, iniciou o curso de Engenharia Civil na UNIRV – Universidade de Rio Verde. Durante o curso, foi monitor de Hidráulica Aplicada por um ano. Formou-se em janeiro de 2020.

Logo em seguida, fez especialização em Saneamento pela Faculdade Dom Alberto, no ano de 2020. E no mesmo ano, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde. Em março de 2023 defendeu sua dissertação para obtenção do título de Mestre.

# ÍNDICE

|  | Página |
|--|--------|
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 12     |
| 1.1. Justificativa .....   | 12     |
| 1.2. Revisão de literatura .....   | 14     |
| <b>1.2.1 Serviços de lavagem de veículos</b> .....   | 14     |
| <b>1.2.1.1 Tipos de lavagem de veículos e produtos usados na limpeza</b> .....               | 14     |
| <b>1.2.2 Águas residuárias de lava-jato (ARLJ)</b> .....                                     | 16     |
| <b>1.2.3 Tratamento e reúso de águas residuárias</b> .....                                   | 17     |
| <b>1.2.3.1 Legislações aplicadas na lavagem de veículos</b> .....                            | 18     |
| <b>1.2.3.2 Vantagens e desvantagens do reúso na lavagem de veículos</b> .....                | 19     |
| <b>1.2.4 Sistemas de tratamento de ARLJ</b> .....  | 21     |
| <b>1.2.4.1 Operações e Especificações Técnicas da Saneago</b> .....                          | 21     |
| <b>1.2.4.2 Remoção de sólidos sedimentáveis e grosseiros</b> .....                           | 23     |
| <b>1.2.4.3 Remoção de Óleos e Graxas do efluente</b> .....                                   | 23     |
| <b>1.2.4.4 Métodos e tecnologias de tratamentos de ARLJ</b> .....                            | 24     |
| 1.3. Referências bibliográficas.....   | 26     |
| 2 OBJETIVOS .....  | 30     |
| 2.1. Objetivo Geral .....  | 30     |
| 2.2. Objetivos Específicos.....  | 30     |
| 3 CAPÍTULO I.....  | 31     |
| Comparação de sistemas de tratamento de águas residuárias em lava-jato visando o reúso ..... | 31     |
| RESUMO.....  | 31     |
| ABSTRACT.....  | 32     |
| 3.1 Introdução .....   | 33     |
| 3.2 Material e métodos .....   | 34     |
| 3.2.1 Local de implantação do estudo.....  | 34     |
| 3.2.2 Sistemas de tratamento de águas residuárias .....                                      | 35     |
| 3.2.3 Coletas, amostragem, hidrômetros e parâmetros avaliados.....                           | 38     |
| 3.3 Resultados e discussão.....  | 39     |
| 3.3.1 Qualidade da água residuária após tratamento preliminar .....                          | 39     |
| 3.3.2 Qualidade da água residuária tratada .....   | 40     |
| 3.3.2.1 Sistema 01 .....   | 40     |
| 3.3.2.2 Sistema 02 .....   | 42     |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.3 Eficiência de tratamento global .....      | 43 |
| 3.3.4 Tratamento nas unidades dos sistemas ..... | 46 |
| 3.3.5 Operacionalidade .....                     | 47 |
| 3.4 Conclusão.....                               | 49 |
| 3.5. Referências bibliográficas.....             | 49 |
| 3.6 Considerações Finais .....                   | 51 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |           |
|---|-----------|
| Tabela 1: Parâmetros para reúso em lavagem de automóveis.....   | 19        |
| Tabela 2: Resultados de estudos desenvolvidos por alguns pesquisadores na área de tratamento de águas residuais na lavagem de veículos..... | 25        |
| <br>  |           |
| CAPÍTULO I.....   | 31        |
| <b>Tabela 1: Dimensões das unidades do tratamento preliminar .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>Tabela 2: Estruturação do sistema 1 e 2.....</b>   | <b>37</b> |
| <b>Tabela 3: Análise referente à água após tratamento preliminar. ....</b>  | <b>39</b> |
| <b>Tabela 4: Análise referente à água tratada da unidade 6f/ sistema 1.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Tabela 5: Análise referente à água tratada da unidade 7f/ sistema 2.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>Tabela 6: Eficiência dos tratamentos 1 e 2. ....</b>   | <b>44</b> |
| <b>Tabela 7: Análise de turbidez nas unidades de tratamento .....</b>   | <b>46</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Lavagem ecológica.....  | 14 |
| Figura 2: Lavagem a jato manual.....  | 15 |
| Figura 3: Lavagem rollover .....  | 15 |
| Figura 4: Projeto modelo de unidade de retenção de resíduos exigidos pela Saneago. ..   | 23 |
| <br>  |    |
| CAPÍTULO I.....   | 31 |
| Figura 1: Sistema de tratamento já existente no lava-jato, composto por uma caixa de areia e duas caixas separadoras de água e óleo, que direcionam a água para uma caixa de recepção. Outra caixa contém um sistema de bombeamento desativado..... | 35 |
| Figura 2: Fluxograma do sistema de tratamento e reaproveitamento de águas residuárias propostos neste projeto.....  | 36 |
| Figura 3: Clarificação do efluente em todas as unidades do sistema.....   | 45 |

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

|           |   |
|-----------|---|
| ABNT      | Associação Brasileira de Normas Técnicas        |
| ANA       | Agência Nacional de Águas                       |
| ARLJ      | Água Residuária de Lava-Jato                    |
| CNAE      | Classificação Nacional de Atividades Econômicas |
| CNRH      | Conselho Nacional de Recursos Hídricos          |
| CONAMA    | Conselho Nacional de Meio Ambiente              |
| ETE       | Estação de Tratamento de Esgoto                 |
| FIESP     | Federação das Indústrias em São Paulo           |
| NBR       | Norma Brasileira                                |
| UNT       | Unidade de Turbidez Nefelométrica               |
| SABESP    | Saneamento Básico de São Paulo                  |
| SANEAGO   | Saneamento de Goiás                             |
| SAO       | Separador de Água e Óleo                        |
| SEFAZ     | Secretaria da Fazenda                           |
| SINDUSCON | Sindicato da Indústria da Construção            |
| TAS       | Taxa de Aplicação Superficial                   |

## RESUMO

Uma das atividades econômicas que demandam elevada quantidade de recursos hídricos dentro de áreas urbanas é o serviço de lavagem de veículos, conhecidos também como “lava-jato”. O efluente gerado não é reaproveitado, sendo despejado no meio ambiente sem tratamento. Neste contexto, o objetivo deste estudo é fazer o tratamento de ARLJ-Águas Residuárias de Lava-Jato, com sistemas que sejam de baixo custo e com facilidade em sua operação e manutenção. Foi escolhido o Lava-Jato Esteticar, localizado no município de Rio Verde (GO), para a implantação do projeto, que é constituído de 2 tipos diferentes de sistemas de filtração lenta, ambos seguidos de filtro com carvão ativado e filtro de polipropileno. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, cor aparente, cor verdadeira e turbidez, sendo os resultados comparados com base em norma nacional. O tratamento 1 apresentou as seguintes eficiências médias: cor aparente 88,53%, cor verdadeira 80,98% e turbidez 94,28%. O tratamento 2 apresentou as seguintes eficiências médias: cor aparente 93,04%, cor verdadeira 90,79% e turbidez 97,93%. Ambos os sistemas clarificaram bastante o efluente bruto e apresentaram boas eficiências, em especial o sistema 2, com resultados dentro do permitido na norma nacional NBR13969 para o reúso em veículos. No entanto, em termos operacionais, o sistema 2 apresenta desvantagem, já que opera com menores vazões. O sistema 1 apresenta resultados aceitos em normas menos rígidas como as normas da SABESP, podendo a água tratada ser utilizada na lavagem de veículos, lavagem de pisos, rega de jardins, descarga em bacias sanitárias, entre outros usos.

FREIRE, ANTÔNIO PIRES. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, fevereiro de 2023. **Comparação de sistemas de tratamento de águas residuárias em lava-jato, visando ao reúso.** Orientador: Dr. Édio Damásio da Silva Júnior. Coorientador: Dr. Hugo Leonardo Souza Lara Leão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reutilização de águas. Lavagem de veículos. Tratamento de efluente.

## ABSTRACT

One of the economic activities that demand a high amount of water resources within urban areas is the vehicle washing service, also known as “lava-jets”. The effluent generated is not reused and dumped into the environment without treatment. In this context, the objective of this study is to carry out the treatment of ARLJ- Lava Jato Wastewater, with systems that are low cost and easy to operate and maintain. Lava-Jato Esteticar, located in the municipality of Rio Verde (GO), was chosen for the implementation of the project, which consists of 2 different types of slow filtration systems, both followed by an activated carbon filter and a polypropylene filter. The following parameters were analyzed: pH, apparent color, true color and turbidity, comparing the results based on national standards. Treatment 1 presented the following average efficiencies: apparent color 88.53%; true color 80.98% and turbidity 94.28%. While treatment 2 presented the following average efficiencies: apparent color 93.04%; true color 90.79% and haze 97.93%. Both systems greatly clarified the raw effluent and showed good efficiencies, especially system 2 with results within the limits allowed in the national standard NBR13969 for reuse in vehicles. However, in operational terms, system 2 has a disadvantage, since it operates with lower flow rates. System 1 presents results accepted in less strict standards such as SABESP, and the treated water can be used for washing vehicles, washing floors, watering gardens, flushing toilets, among others.

FREIRE, ANTÔNIO PIRES. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, february de 2023. **Comparison of wastewater treatment systems in jax wash aiming for reuse.** Advisor: Dr. Édio Damásio da Silva Júnior. Co-advisor: Dr. Hugo Leonardo Souza Lara Leão.

**KEYWORDS:** Water reuse. Vehicle washing. Effluent treatment.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1. Justificativa

O Brasil tem cerca de 12% da disponibilidade de água doce de todo o planeta, conforme a Agência Nacional de Água (ANA, 2017), mas a distribuição desse recurso não é equilibrada em seu território, com 80% da disponibilidade total concentrada na região Norte do país, para somente 5% da população, enquanto as regiões mais próximas do Oceano Atlântico, que abrigam cerca de 45% da população, têm somente 3% da disponibilidade total de água doce do país.

A qualidade da água é importante para a existência da vida, sendo também necessária para o desenvolvimento socioeconômico e a garantia do equilíbrio do meio ambiente ecológico nacional (MALALA, 2016). Esta situação é influenciada por diversos fatores que afetam a eficiência do seu ciclo hidrológico, contribuindo para sua escassez. Um dos motivos é o desenvolvimento de uma urbanização sem planejamento de infraestrutura urbana, resultando em falta de água e saneamento, com impactos negativos na saúde pública.

Segundo Luz (2017), o crescimento demográfico e a escolha de viver preferencialmente em cidades aumentam a demanda por serviços veiculares, destacando a manutenção, lavagem e conservação de veículos. Assim, os serviços de lavagem de veículos tornam-se essenciais para a comunidade, apesar de ser considerado prejudicial ao meio ambiente, pois gera grandes impactos, pelo fato da água ser a principal matéria-prima utilizada e, após a lavagem dos automóveis, o efluente é descartado sem nenhum tratamento e aproveitamento.

Os procedimentos tradicionais de lavagem de automóveis consomem muita água, gerando uma elevada quantidade de ARLJ. A composição das águas residuárias pode conter altas concentrações de matéria orgânica, surfactantes, óleos, graxas, solventes, metais pesados, sólidos em suspensão e outras substâncias (ALUIZ, 2019).

Utilizar água potável para limpar pisos, calçadas, carros, entre outros, causa revolta na opinião pública, especialmente em tempos de seca, quando há necessidade de as famílias racionarem água. Os lava-jatos são uma indústria de serviços com grande consumo de água potável (SOUZA FILHO, 2017).

Atualmente o uso intensificado da água causa crise hídrica, sendo necessária uma busca por alternativas que sejam eficazes, de forma a poder aproveitar o máximo possível este recurso natural (MUNDIM et al., 2019).

Uma das alternativas para minimizar os problemas de escassez hídrica é aderir a estratégias que objetivam que a população tenha um consumo consciente desse recurso ou utilizem o reúso de águas residuárias nos empreendimentos. O reúso de águas em lava-jatos vem crescendo, pois se percebe que a disponibilidade de água está diminuindo e sua qualidade sendo comprometida, então é um recurso natural que deve ser utilizado da melhor maneira possível para não prejudicar as presentes e futuras gerações (PAULA 2016; COELHO, 2014).

Coelho (2014) afirma que reutilizar as águas residuárias para fins não potáveis na lavagem de veículos é uma prática em que se reutiliza a água de maneira consciente e sustentável. Aderir a sistemas de tratamento e reúso de efluentes em lava-jatos, que são importantes consumidores de água potável, torna-se uma estratégia para a proteção dos recursos hídricos e prioriza o uso desses recursos para finalidades mais nobres, como o consumo humano.

Segundo a SEFAZ (2023), no município de Rio Verde constam 216 empresas ativas cadastradas sob o CNAE 4520-0/05 referentes à lavagem, lubrificação e polimento de veículos automotores. No entanto, convém salientar que este número pode ser maior, pois de acordo com a Lei Federal nº 13.874/2019 e a Resolução nº 57 de 2020, que instituíram e regulamentaram a lei de liberdade econômica às atividades de serviços de lavagem, lubrificação e polimento de veículos automotores, essas empresas são dispensadas de registros públicos.

Em Goiás, existe a Lei nº 17.128, de 18 de agosto de 2010, que determina a obrigatoriedade da instalação de equipamentos para tratamento e reúso de águas residuárias na lavagem de automóveis, além de dispositivos para reaproveitamento de águas pluviais. Contudo, ressalta-se que se o sistema de tratamento for caro ou de complicada operação e manutenção, a aplicação prática dos sistemas de tratamento não ocorrerá na prática.

Levando em consideração essa temática, fazem-se necessários estudos que avaliem o uso de sistemas de tratamento de ARLJ descentralizados, que sejam de baixo custo e com facilidade de operação e manutenção.

## 1.2. Revisão de literatura

### 1.2.1 Serviços de lavagem de veículos

Os lava-jatos são considerados microempresas que contribuem para o crescimento e desenvolvimento das cidades, já que fazem parte da distribuição de renda, geram empregos para a comunidade, além de atender a outros setores da economia. E para isso, é necessário se adaptar às questões de sustentabilidade ambiental (MIRANDA e SANTOS 2016 apud SEBRAE, 2012).

#### 1.2.1.1 Tipos de lavagem de veículos e produtos usados na limpeza

Entre os procedimentos de lavagem automotiva, os mais utilizados são descritos a seguir:

**Lavagem ecológica:** procedimento feito por meio de um solvente biodegradável, constituído de silicone puro, cera de carnaúba, solvente alifático de glicol e água, segundo Rodrigues *et al.* (2016). Há uma substituição da água por solvente, reduzindo, assim, o volume de água utilizada, em média 200 mL por veículo. Para Hpoint (2017), esse tipo de lavagem é bastante conhecido como eco-lavagem ou bio-lavagem(Figura 1).

Figura 1: Lavagem ecológica



Fonte: ULTRA ECO - Lavagem Ecológica Delivery de Veículos (2022).

**Lavagem a jato manual:** é o procedimento mais utilizado no Brasil, com uso de mangueiras que têm jatos de alta pressão, detergentes alcalinos, detergentes ácidos e

shampoo. Em muitas situações, a água é coletada através de uma vala e encaminhada por canaletas para o sistema de tratamento, como se observa na Figura 2 (BOHN, 2014). Nesta lavagem, o consumo de água é alto, podendo ser de até 1000L por caminhão.

Figura 2: Lavagem a jato manual



Fonte: Araújo (2020).

**Lavagem automatizada (rollover):** nesse tipo de lavagem, são utilizadas máquinas automatizadas que têm escovas cilíndricas, que entram em contato com o veículo juntamente com aspersão de produtos e água, conforme Figura 3, fazendo assim a lavagem e enxágue (LEAL FILHO, 2015). Nesta lavagem, a máquina movimenta-se para frente e para trás, cobrindo o automóvel por inteiro, sendo utilizado, em média, 140 L de água em cada veículo (BOHN, 2014).

Figura 3: Lavagem rollover



Fonte: Araújo (2020).

De acordo com Leal Filho (2015), na lavagem externa de automóveis geralmente são utilizados três produtos de limpeza:

**Detergente ácido (Intercap):** bastante utilizado para remover impurezas mais comuns. Sua utilização se dá em postos de automóveis, empresas de ônibus e transportadoras, tem coloração roxa e odor característico.

**Detergente alcalino (Solupan):** recomendado na remoção de impurezas pesadas como óleos e graxas, geralmente utilizado na limpeza de chassis de veículos, motores e pneus. Sua coloração tem tonalidade azul e odor característico.

**Shampoo automotivo neutro:** produto neutro para limpeza leve, não somente de veículos, mas também bastante utilizado em indústrias. Sua coloração é amarelada, tendo diversas fragrâncias.

### 1.2.2 Águas residuárias de lava-jato (ARLJ)

Estudos em diversas partes do mundo mostram que os serviços de lavagem de veículos demandam uma grande quantidade de água, que não é reaproveitada, sendo despejada no meio ambiente sem tratamento. Aumenta-se a preocupação com isso, pois, além de representar altos custos para diversos empreendimentos, pode provocar danos ao corpo hídrico, pois as ARLJ são compostas de surfactantes, óleos e graxas, elevadas quantidades de matéria orgânica, metais pesados e sólidos suspensos (ROSA *et al.*, 2011).

Segundo Teixeira (2003), o tratamento de ARLJ contendo detergentes é um dos grandes problemas da engenharia sanitária, pois há substâncias que alteram as propriedades da água, causando a formação de emulsões e de espumas disformes. No entanto, apesar de geralmente serem usados desengraxantes na lavagem de automóveis, procura-se substituí-los por produtos que provoquem menos danos ao meio ambiente.

No processo de lavagem de veículos, as impurezas são removidas por ações físicas e químicas. Portanto, dependendo do tipo de lavagem e dos produtos que são utilizados, varia-se a composição das águas residuárias (SUBTIL *et al.*, 2016).

Muitas substâncias encontradas em ARLJ, quando despejadas em corpos hídricos, causam danos à fauna e à flora por terem elevada toxicidade, capacidade de

bioacumulação, interferirem em trocas gasosas e transferência de energia, consequentemente afetando a saúde da humanidade (PAULA, 2016).

O procedimento tradicional na lavagem de veículos pode consumir até 200 L de água por veículo (BOLUARTE et al., 2016), podendo variar de 350 a 900 litros por veículo na lavagem de caminhões, dependendo do método utilizado (HUYBRECHTS et al., 2002). Segundo Etchepare (2012), considerando a frota nacional de veículos no Brasil, estima-se que o gasto de água mensalmente na lavagem de automóveis, ônibus e caminhões seja de, aproximadamente, 7 milhões de metros cúbicos por mês.

As ARLJ têm melhor aceitação dos usuários por apresentarem um potencial de poluição inferior à de esgotos domésticos e industriais (LAU et al., 2013). Com isso, torna-se promissor avaliar tecnologias de tratamento e reúso dessas águas em lava-jatos.

### **1.2.3 Tratamento e reúso de águas residuárias**

O reúso de ARLJ vem ganhando bastante ênfase em diversos países, principalmente pelo grande desperdício de água potável em suas atividades. Nos Estados Unidos, Japão e alguns países da Europa, existem leis específicas que obrigam a instalação de dispositivos para o tratamento dos efluentes gerados e também a implantação de equipamentos para reúso da água utilizada (PAULA, 2016).

Para Mundim et al. (2019), por ser uma atividade que causa poluição nos corpos hídricos, os lava-jatos necessitam de regulamentação e fiscalização do poder público. Assim, algumas cidades brasileiras adotaram projetos que objetivam tratar e posteriormente fazer o reúso dos efluentes.

Os autores explicam que o procedimento inicial consiste em fazer análises em laboratório dos resíduos para assim planejar uma estratégia de tratamento mais adequada, considerando as questões ambientais. Enfatiza-se que existem métodos para o tratamento de ARLJ de baixo custo, não causando déficit financeiro na empresa.

Morelli (2005) fez um estudo em que comprova que um dos métodos de reaproveitamento de águas que mais cresceram mundialmente concerne à lavagem de veículos, verificados em diversos países que têm legislações que obrigam o tratamento dos efluentes e seu reúso.

### 1.2.3.1 Legislações aplicadas na lavagem de veículos

Muitos países formularam legislação específica para regulamentar os padrões de tratamento e reutilização de águas residuais de lavagem de carros, promovendo, assim, investimento no próprio sistema de recuperação de água da empresa (PAULA, 2016).

Em Goiás, existe a Lei nº 17.128, de 18 de agosto de 2010, que determina a obrigatoriedade da instalação de equipamentos para tratamento e reúso de águas residuárias na lavagem de automóveis, além de dispositivos para o reaproveitamento de águas pluviais em seus artigos:

Art. 1º Os postos de combustíveis, empresas prestadoras de serviços de lavagem de veículos, transportador e empresas prestadoras de serviços de transporte coletivo urbano e rodoviário de passageiros ficam obrigados a instalar equipamentos para tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos. Art. 1º-A Os estabelecimentos de que trata o art. 1º desta Lei ficam obrigados a instalar ainda equipamentos para reaproveitamento de água das chuvas, por meio de reservatórios e captadores. (Acrescido pela Lei nº 17.582, de 08-03-2012). Art. 2º Em caso de não cumprimento desta Lei, as empresas infratoras serão notificadas para a instalação dos equipamentos no prazo máximo de até 90 (noventa) dias, sob pena do pagamento de multa diária de R\$ 300,00 (trezentos reais).

A Agência Goiana de Regulação, Controle e Fiscalização do Serviço Público, em sua Resolução nº 247/2009-CG, define as condições gerais de prestação e utilização dos serviços públicos de água e esgoto em seu artigo 39:

Art. 39. Os despejos que, por sua natureza, não puderem ser lançados diretamente na rede pública coletora de esgoto (...), cuja composição necessitar de tratamento prévio, deverão ser tratados previamente pelo usuário, às suas expensas e de acordo com as 23 normas vigentes, cujo lançamento na rede coletora dependerá de contrato específico.

O Brasil não tem leis específicas para o reúso de águas. No entanto, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em sua resolução nº54, de 28/11/2005,

estabelece modalidades para se fazer um reúso direto não potável para finalidades agrícolas, ambientais, industriais e aquicultura. Em seu Artigo 3º, determina que:

Art. 3º O reúso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades: I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

A Norma Técnica Brasileira nº13969 dispõe sobre tanques sépticos – Unidades de Tratamento e aborda sobre o tratamento de águas para reúso em diversas atividades, divididas em classes. A classe 1 abrange a lavagem de automóveis e estabelece padrões de uso e recomenda etapas do tratamento. A Tabela 1 mostra os padrões adotados pela NBR, que analisam a qualidade da água de reúso na lavagem de automóveis.

**Tabela 1: Parâmetros para reúso em lavagem de automóveis.**

| <b>Parâmetro</b>    | <b>Padrão adotado</b> | <b>Unidade</b> |
|---------------------|-----------------------|----------------|
| Turbidez            | < 5                   | NTU            |
| Coliforme fecal     | < 200                 | NMP/100ml      |
| Sólidos dissolvidos | < 200                 | mg/L           |
| pH                  | 6 a 8                 | -              |
| Cloro residual      | 0,5 a 1,5             | mg/L           |

Fonte: NBR 13969, adaptado pelo autor.

Lei Federal nº 13.874/2019 e a Resolução nº 57 de 2020 instituíram e regulamentaram a lei de liberdade econômica concernente às atividades de serviços de lavagem, lubrificação e polimento de veículos automotores, sendo dispensadas de registros públicos.

### **1.2.3.2 Vantagens e desvantagens do reúso na lavagem de veículos**

Segundo Dantas e Anamias (2017), a reutilização de águas residuárias traz diversos benefícios ambientais, econômicos e sociais. Entre os benefícios ambientais, podemos destacar a redução do lançamento de esgoto sem tratamento em corpos hídricos, o que contribui para a preservação da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos. Além disso, a reutilização de águas residuárias também pode diminuir a

captação de águas superficiais e subterrâneas, o que é especialmente importante em regiões de crise hídrica.

Do ponto de vista econômico, a reutilização de águas residuárias pode gerar alterações nos padrões de produção e consumo, além da redução dos custos de produção, já que o custo da água de reúso é mais baixo do que a captação de água subterrânea, pois o tratamento da água subterrânea pode envolver processos de captação, bombeamento, tratamentos químicos e distribuição, o que aumenta consideravelmente os custos. Já a água de reúso, apesar de também necessitar de tratamento, é uma fonte disponível nas próprias instalações e pode ser tratada com tecnologias mais simples e menos dispendiosas. No entanto, é importante destacar que os custos podem variar dependendo da região e das condições locais de disponibilidade de água.

Por fim, a reutilização de águas residuárias também pode trazer benefícios sociais, já que contribui para a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida das comunidades, além de promover o uso sustentável dos recursos hídricos. Assim, a reutilização de águas residuárias pode ser uma estratégia importante para promover a sustentabilidade ambiental e socioeconômica em diversas regiões (DANTAS; ANAMIAS, 2017).

Luz (2017) cita os seguintes benefícios com o reúso de águas residuárias:

- Diminuição do lançamento de poluentes em corpos receptores;
- Diminuição do lançamento de poluentes na rede de esgotos; e
- Economia de água potável.

No entanto, ainda segundo Luz (2017), os principais problemas quando se instalam dispositivos para reutilização de águas na lavagem de veículos são:

- Área ocupada – o projeto deve ser elaborado em um espaço pequeno e compacto, pois geralmente o sistema é instalado em locais onde já havia equipamentos de lavagem;
- Geração de odores – deve haver controle de odores gerados pelos microrganismos presentes nas águas armazenadas para reúso;
- Geração de lodo – os resíduos gerados deverão ter seu volume reduzido e disposição final apropriada;
- Custos de implantação – deve ser o menor possível para recuperar o investimento em curto prazo;
- Operação e manutenção – é importante a escolha de tecnologias simples, de fácil operação e manutenção; e
- Necessidade de diluição – aumenta-se a quantidade de poluentes, por isso é necessário manter a qualidade da água de reúso, podendo diluir com água potável ou pluvial.

#### **1.2.4 Sistemas de tratamento de ARLJ**

As atividades de lavagem de veículos em lava-jatos são poluidoras, por isso é necessário que estejam em conformidade com a lei para evitar riscos e garantir a segurança dos funcionários e clientes, assim como da comunidade onde está localizado o lava-jato (MUNDIM et al., 2019). Na emissão de licenças ambientais, o órgão responsável exige a instalação de caixa de areia e caixas separadoras de água-óleo, com intuito de reduzir os poluentes gerados.

Como explicado por Sartori (2015), são amplas as legislações que abordam o reúso de água em lava-jatos, no entanto, nenhuma delas especifica o tipo de tratamento que será utilizado. O empreendedor ou os profissionais especializados é que avaliam e selecionam o tratamento mais adequado para que o efluente gerado tenha uma boa qualidade, com a correta recirculação de água no sistema.

##### **1.2.4.1 Operações e Especificações Técnicas da Saneago**

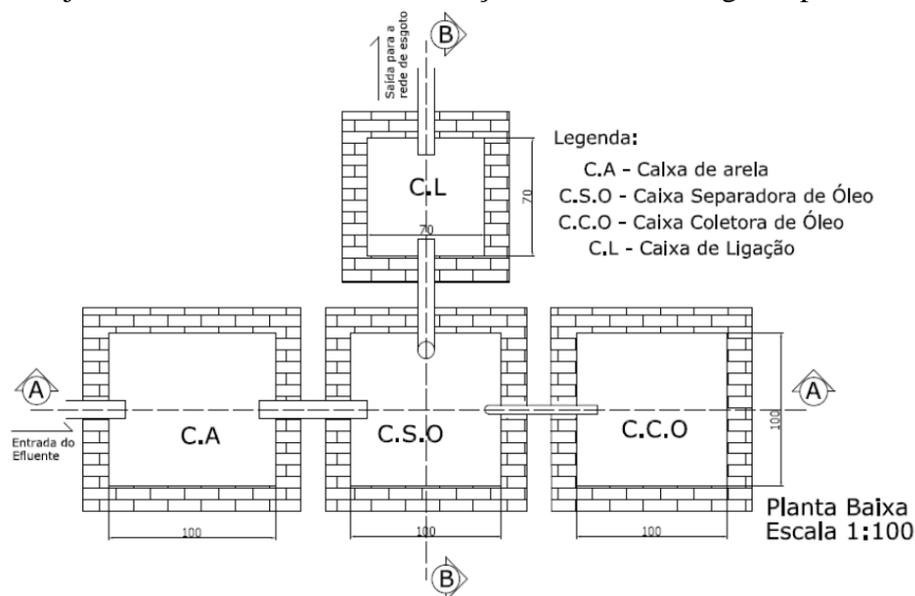
De acordo com Manual da Saneago (2020), a Saneago recebe os efluentes não domésticos de lava-jatos em seu sistema público de esgotos e os encaminha, juntamente com os efluentes domésticos, às estações de tratamento. Sendo assim, é necessário que os padrões de lançamento determinados pela Saneago sejam atendidos. Em cada situação, são avaliados os componentes e as tecnologias mais adequadas, sendo que um equipamento pode ser bom em uma implantação e ruim em outra.

Na realização do lançamento de esgoto gerado por lava-jatos na rede coletora de esgoto da Saneago, o empreendedor deve procurar sua sede de atendimento e solicitar informações sobre lançamento de esgotos não domésticos. Então, o empreendedor deve ir ao site da Saneago e fazer seu requerimento, segundo as instruções contidas na PR00.0175. Em seguida, o empreendedor aguarda a visita de profissionais da Saneago, que vão fiscalizar e avaliar as instalações, analisar e determinar os procedimentos mais adequados para o empreendimento.

O lançamento de efluentes não domésticos na central de esgotos da Saneago segue parâmetros determinados na NBR 98001987. Se houver algum parâmetro que exceda o valor limite, o efluente deve passar por um pré-tratamento para somente depois ser lançado na rede de esgoto. No pré-tratamento, geralmente são exigidas soluções fáceis, simples e de custo reduzido. Posteriormente ao aviso do cliente quanto ao término de suas adequações feitas, a Saneago fará uma fiscalização para autorizar ou não que o esgoto do empreendimento possa ser lançado em sua rede coletora (SANEAGO, 2020).

O sistema para reter areia, óleo e graxas deverá ser feito conforme instruções e orientação de uma equipe técnica da Saneago. A Figura 4 destaca a exigência da Saneago na utilização de caixa de areia e da caixa separadora de água e óleo. As caixas devem ser feitas de bloco de concreto 14, rebocadas e impermeabilizadas. As tampas das caixas devem ser de ferro fundido para facilitar a manutenção (SANEAGO, 2020).

Figura 4: Projeto modelo de unidade de retenção de resíduos exigidos pela Saneago.



Fonte: Manual da Saneago (2020).

#### 1.2.4.2 Remoção de sólidos sedimentáveis e grosseiros

A caixa de areia deve ser instalada com a finalidade de reduzir a velocidade do fluxo para que a areia e demais sólidos se sedimentem no fundo desta caixa (SANEAGO, 2020).

No tratamento preliminar das águas residuárias, é essencial uma fase inicial com o objetivo de remover as partículas mais grossas, assim, nas próximas etapas, a granulometria será reduzida (MIRANDA e SANTOS, 2016).

O sistema de tratamento preliminar é constituído de gradeamento e caixa de areia, que são instalados dentro do box de lavagem, com seu entorno provido de canaletas. Após essa etapa, os efluentes encaminham até a caixa separadora de água e óleo (RIO DE JANEIRO, 1991 *apud* MIRANDA e SANTOS, 2016).

O gradeamento é composto por grades que têm por finalidade remover as partículas grosseiras, que podem provocar entupimentos nos sistemas de tratamento. O espaçamento entre essas grades varia entre 0,5 e 2 cm (SALEH, 2009).

#### 1.2.4.3 Remoção de Óleos e Graxas do efluente

Os efluentes de lava-jatos têm óleos e graxas, por este motivo, é importante utilizar tecnologias para reter esses poluentes, que, posteriormente, serão lançados em corpos hídricos.

O uso de Separador de Água e Óleo – SAO acontece em indústrias, comércios ou empreendimentos que têm efluentes oleosos, como refinarias de petróleo e atividades com veículos.

Em estabelecimentos que desenvolvem atividades automotivas, geralmente essas caixas SAO são feitas de concreto. Enfatiza-se que esses separadores são construídos sem normas técnicas específicas, de maneira empírica e com mão de obra despreparada (MIRANDA e SANTOS, 2016).

Este separador consiste em equipamentos para remover o óleo da água, baseando-se na diferença de densidade entre a fase oleosa e a aquosa. As gotículas de óleo se unem e formam gotículas maiores que, por terem densidade menor, tendem a ficar na parte superior, enquanto os sólidos se depositam no fundo da câmara de sedimentação (SECRON *et al.*, 2006; LEMOS; SANDES, 2018).

#### **1.2.4.4 Métodos e tecnologias de tratamentos de ARLJ**

O sistema tradicional consiste em pré-tratamento e duas caixas separadoras de óleo. No interior da caixa de lavagem, há um pré-tratamento feito por meio de grades e sedimentação de partículas sólidas na caixa de areia. Posteriormente, o efluente é enviado para o primeiro tanque separador de óleo, onde é retirada a maior quantidade do óleo livre, prosseguindo, posteriormente, para o segundo tanque separador de óleo para melhorar a eficácia do sistema. Por último, o efluente é direcionado para a galeria das águas pluviais, rede de esgoto ou despejado em um corpo d'água (LEMOS; SANDES, 2018).

No entanto, esse tratamento inicial não remove poluentes orgânicos, nem clarifica a água (ETCHEPARE, 2012). Por isso buscam-se métodos mais eficazes para obter um esgoto limpo que não provoque danos ao meio ambiente (MELO *et al.*, 2009).

Buscam-se tecnologias que se adaptem à realidade do país para tornar sua aplicação viável nas pequenas empresas. Assim, é um grande desafio desenvolver técnicas de reúso de água em lava-jatos de pequeno porte, pois estas técnicas devem

diminuir perigos de contaminação e também ser de baixo custo de implantação (MUNDIM et al., 2019).

Diante do exposto, percebe-se que não existe um padrão de sistema de tratamento de ARLJ. O licenciamento ambiental exige um pré-tratamento com uso de caixa de areia para remoção de sólidos sedimentáveis e de caixas separadoras de água e óleo. Após essa etapa inicial, pode-se complementar o tratamento por diversos métodos, conforme estudos apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Resultados de estudos desenvolvidos por alguns pesquisadores na área de tratamento de águas residuais na lavagem de veículos.**

| <b>Autor (es)</b>       | <b>Tipo de tratamento</b>  | <b>Melhores resultados</b>   |
|-------------------------|--|--|
| Rodrigues et al. (2021) | Biodigestor  | Redução DBO de 90 a 96%  |
| Coelho e Silva (2019)   | Equalização, Decantação e Filtração  | Cor aparente 90%<br>Turbidez 90%   |
| Ferreira et al.(2018)   | Eletrofloculação e Teste de jarros   | Turbidez 99.17% e 98.84%, respectivamente  |
| Moazzem (2018)          | Coagulação, Floculação, Sedimentação, Filtro de areia, Ultrafiltração de cerâmica e osmose reversa | Turbidez 99.9%, sólidos suspensos 100% e DQO, 96%  |
| Luz (2017)              | Floculação com sulfato de alumínio e tratamento físico-químico com cloro                           | Turbidez 98.2%, DQO 96.23%, DBO 94.29% e Sólidos totais 72.35%                           |
| Subtil et al.(2016)     | Contator biológico rotativo  | Cor 82% ,Turbidez 90% e DBO 92%  |
| Boluarte (2016)         | Bioreator de membranas   | Sólidos suspensos 100%, DQO 99.2%, Carbono 97.3% e Amônia 41%                            |
| Etchepare (2012)        | Floculação-flotação em coluna, Filtração em areia  | Turbidez 97%, Sólidos suspensos totais 91%, Fósforo 80%, Sulfetos 76%, DQO 76% e DBO 70% |
| Costa (2006)            | Reator biológico anaeróbico  | DQO 82%  |
| Morelli (2005)          | Floculação e Sedimentação  | Cor 96.9%, Turbidez 93.7%, Sólidos sed. 100%, Óleos e graxas 99.4% e DBO 80%             |

Fonte: Araújo (2020), adaptado pelo autor (2023).

### 1.3. Referências bibliográficas

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969/1997**: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação. São Paulo, 1997.

AGENCIA GOIANA DE REGULAÇÃO, CONTROLE E FISCALIZAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS – AGR. Resolução nº 247, de 29 de dezembro de 2009. **Estabelece as condições gerais na prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e Esgotamento sanitário** [...]. Estado de Goiás.

ALUIZ, V. **TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA LAVAGEM DE VEÍCULOS POR COLUNA DE SEDIMENTAÇÃO, COMBINADO COM PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO**. 2019. 88 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2019.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Reservatórios do Semiárido Brasileiro**: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação: Relatório Síntese. Brasília: ANA, 2017.

ARAÚJO, E. A. B. **Aspectos de um lavador de veículos pesados e tratamento de água residuária com coagulantes visando ao reúso**. 2020, 74 pgs. Dissertação (Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2020.

BOHN, F. P. **Tratamento do efluente gerado na lavagem de veículos**. 2014. 47 f. TCC (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Regional do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Panambi - RS, 2014. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2289/TCC.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25/02/2022.

BOLUARTE, A. R. et al. Reuse of car wash wastewater by chemical coagulation and membrane bioreactor treatment processes. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 13, Sep. p. 44-48, 2016.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº54, de 28 de novembro de 2005. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água e dá outras providências**. Goiás.

COELHO, A. de F. **Projeto de tratamento e reúso de efluentes de lavagem de veículos em empreendimentos de lava-jato**. Irecê. 2014. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgIVMAA/projeto-tratamento-reuso-efluenteslavagem-veiculos-empreendimentos-lava-jato>>. Acesso em: 17 junho 2021.

COELHO, A. F; SILVA, A. B. Reúso de água em empreendimentos de lavagem de veículos. **Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 4**. P 114-125, 2019.

COSTA, M. J. C. **Tratamento biológico de efluentes de lava-jato**. 2006. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, Campina grande- PB, 2006. 100 f.

DANTAS, Alex Borba Lira; ANANIAS, Priscila Raposo. Reúso de água de chuva em canteiro de obras. In: Workshop Internacional Sobre Água No Semiárido Brasileiro,3, 2017. **Anais [...]**. Campina Grande – PB, 2017.

ETCHEPARE, Ramiro Gonçalves. **Integração de processos de tratamento de efluentes de lavagem de veículos para reciclagem de água**. 2012. 152 f. 81 Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FERREIRA, I. F. M. et al. Tratamento físico-químico de águas residuárias visando ao reúso em lavagem de veículos: O caso de um lava-jato em Itabira-MG. **ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 9 f. Junho, 2018.

HPOINT – Boas práticas. **Afinal, o que é a lavagem ecológica de carros?** 16 mar. 2017. Disponível em: <<https://blog.hpoint.com.br/afinal-o-que-e-a-lavagem-ecologicade-carros/>>. Acesso em: 25/02/2022.

HUYBRECHTS, D.; DE BAERE, P.; VAN ESPEN, L.; WELLENS, B.; DIJKMANS, R. **Best Available Techniques for Carwash and Truckwash**. BBT Study VITO, 2002. Disponível em: <http://www.emis.vito.be>. Acesso em: set. 2016.

LAU, W. J.; ISMAIL, A. F., FIRDAUS, S. Car wash industry in Malaysia: Treatment of car wash effluent using ultrafiltration and nanofiltration membranes. **Separation and purification Technology**, v. 104, p. 26-31, 2013.

LEAL FILHO, N. R. **Gerência de riscos: estudo de caso de um posto de lavagem de veículos automotores**. 2015. 59 f. Monografia (Especialização em Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR, 2015.

LEI ESTADUAL Nº 17.128, DE 18 DE AGOSTO DE 2010. **Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos e de equipamento para reaproveitamento de água das chuvas**. Governo do estado de Goiás. Disponível em: [//legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/89131](http://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/89131). Acesso em 15 agosto 2022.

LEI ESTADUAL Nº 17.582, DE 08 DE MARÇO DE 2012. **Altera a Lei nº 17.128, de 18 de agosto de 2010, que dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos**. Governo do estado de Goiás. Disponível em:<[http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina\\_leis.php?id=10242](http://www.gabinetecivil.go.gov.br/pagina_leis.php?id=10242)>. Acesso em 15 agosto 2022.

LEMOS, Ediu Carlos Lopes; SANDES, Silma Rodrigues. Análise ambiental de tratamento dos resíduos oleosos de uma oficina mecânica no município de Nova Venécia -ES. **Revista Educação Ambiental em Ação**, Brasil, v. 17, n. 66, p.1-1, 04 dez. 2018.

LUZ, V. S. **Reúso de água: estudo de caso em um lava-jato em Cuiabá/MT.** 2017, 45 pgs. TCC (Tecnologia em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso, Campus Cuiabá, Bela Vista, 2017.

MALALA, M.L.C.D. **A promoção do desenvolvimento sustentável e a concessão de incentivos fiscais para o fomento de reúso de água.** Dissertação de Mestrado em Direito. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: UFRN, 2016.

MELO, Silene Alessandra Santos et al. Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. **Química Nova**, [s.l.], v. 32, n. 1, p.188-197, 2009. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422009000100034>>. Acesso em: 20 junho de 2021.

MIRANDA, A. R. C; SANTOS, T. P. **PROPOSTA DE UM SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA RESIDUÁRIA EM UM LAVA-JATO NO MUNICÍPIO DE MARABÁ-PARÁ: ESTUDO DE CASO DO LAVA-JATO GL.** 2016. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/>. Acesso em: 20/02/2022.

MOAZZEM, S. WILLS, J.; FAN, L.; RODDICK, F.; JEGATHEESAN, V. Performance of ceramic ultrafiltration and reverse osmosis membranes in treating car wash wastewater for reuse. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 9, p. 8654–8668, 10 mar. 2018.

MORELLI, E. B. **Reúso da água na lavagem de veículos.** 2005. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 41 (Dissertação de Mestrado).

MUNDIM, K. R; RIBEIRO, M. S. C; MENDES, A. H. S; FERREIRA, B. G. **Reúso e aproveitamento de água em lava-jato.** Gurupi, 2019, 16 pgs. Disponível em: [//semanaacademica.com.br/system/files/artigos/reuso\\_e\\_aproveitamento\\_de\\_agua\\_em\\_lava\\_jatos\\_-\\_rev005.pdf](http://semanaacademica.com.br/system/files/artigos/reuso_e_aproveitamento_de_agua_em_lava_jatos_-_rev005.pdf). Acesso em: 12 de junho de 2021.

PAULA, V. L. **Proposta para reúso de água no lava-jato pertencente à prefeitura municipal de Quirinópolis, Goiás.** 2016, 43 pgs. TCC (Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos). Instituto Federal do Ceará, 2016.

RODRIGUES, B. C.; BARBOSA, C. D.; PERES, E. S.; SOUZA, T. V.; BRUNO, F. S. Análise da lavagem ecológica à luz dos conceitos de sustentabilidade, empreendedorismo, inovação e competitividade. **Revista de Gestão e Operações Produtivas**. [s.l: s.n.], 2016.

RODRIGUES, A. R. D et al. Uma proposta de implementação de reúso de água e economia hídrica em um lava-rápido da cidade Caarapó- MS. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p.4279-4296 jan. 2021

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

SALEH, B. B. **Tratamento de efluentes. Instituto Federal Goiano, Campus de Rio Verde – GO**, 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/133909659/Apostila-de-Tratamento-de-Esgoto>. Acesso em: 18/02/2022.

SANEAGO – **Manual de Operações e Especificações Técnicas** – Saneamento de Goiás AS - 2020. Disponível em: [www.goiania.go.gov.br/arg/wp-uploads/sites/19/2021/02/Manual-de-Operacoes-e-Especificacoes-Tecnicas.pdf](http://www.goiania.go.gov.br/arg/wp-uploads/sites/19/2021/02/Manual-de-Operacoes-e-Especificacoes-Tecnicas.pdf). Acesso em: 23 de julho de 2021.

SARTORI, Anna Paula. **Diagnostico técnico de um sistema de reúso de água: Estudo de caso de um lava-jato no município de Itabira-MG**. 2015. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Itajubá - Campus Itabira, Itabira, 2015.

SECRON, Marcelo Bernardes. **Avaliação de sistemas separadores água e óleo do tratamento de efluentes de lavagem, abastecimento e manutenção de veículos automotores**. 2006. 329 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SEFAZ – Secretaria da Fazenda. **Quantitativo de empresas ativas cadastradas sob o CNAE 4520-0/05 serviços de lavagem, lubrificação e polimento de veículos automotores**. Rio Verde, 2023.

SOUZA FILHO, D. P. **REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUAL NO PROCESSO DE GESTÃO DE LAVA-JATO: UM ESTUDO MULTICASO**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Amazonas, Natal: UFAM, 2017.

SUBTIL, E. L; et al. Potencial de reúso de água na lavagem de caminhões utilizando Contator Biológico Rotativo. **Ambiente & Água**, vol. 11 n. 4 Taubaté – Oct. / Dec. 2016.

TEIXEIRA, Priscila C. **Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagem de veículos visando à reciclagem da água**. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2003. 199p.

ULTRA ECO - **Lavagem Ecológica Delivery de Veículos**, 2022. Disponível em: <https://ultralavaeco.com.br/>. Acesso em: 25/02/2022.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um sistema eficiente de tratamento de águas residuárias para lava-jatos, visando ao reúso.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Analisar se os parâmetros de qualidade da água tratada estão dentro dos limites permitidos pelas normas vigentes;
- Apresentar a proposta de reúso ou lançamento das águas residuárias pós-tratamento;
- Comparar a eficiência entre dois tipos diferentes de sistemas de tratamento em lava-jatos; e
- Avaliar o comportamento operacional e de manutenção de ambos os sistemas de tratamento.

### 3 CAPÍTULO I

#### Comparação de sistemas de tratamento de águas residuárias em lava-jato visando o reúso

##### RESUMO

Uma das atividades econômicas que demandam elevada quantidade de recursos hídricos dentro de áreas urbanas é o serviço de lavagem de veículos, conhecido também como “lava-jatos”. O efluente gerado não é reaproveitado, sendo despejado no meio ambiente sem tratamento. Neste contexto, o objetivo deste estudo é fazer o tratamento de ARLJ-Águas Residuárias de Lava-Jato com sistemas que sejam de baixo custo e com facilidade em sua operação e manutenção. Foi escolhido o Lava-Jato Esteticar, localizado no município de Rio Verde (GO), para a implantação do projeto, que é constituído de 2 tipos diferentes de sistemas de filtração lenta, ambos seguidos de filtro com carvão ativado e filtro de polipropileno. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, cor aparente, cor verdadeira e turbidez, comparando os resultados com base em norma nacional. O tratamento 1 apresentou as seguintes eficiências médias: cor aparente 88,53%, cor verdadeira 80,98% e turbidez 94,28%. O tratamento 2 apresentou as seguintes eficiências médias: cor aparente 93,04%, cor verdadeira 90,79% e turbidez 97,93%. Ambos os sistemas clarificaram bastante o efluente bruto e apresentaram boas eficiências, em especial o sistema 2, com resultados dentro do permitido na norma nacional NBR13969 para reúso em veículos. No entanto, em termos operacionais, o sistema 2 tem desvantagem, pois opera com menores vazões. O sistema 1 apresenta resultados aceitos em normas menos rígidas como as normas da SABESP, podendo a água tratada ser utilizada na lavagem de veículos, lavagem de pisos, rega de jardins, descarga em bacias sanitárias, entre outros.

Palavras-chave: Reutilização de águas. Lavagem de automóveis. Filtração lenta.

## ABSTRACT

One of the economic activities that demand a high amount of water resources within urban areas is the vehicle washing service, also known as “lava-jets”. The effluent generated is not reused and dumped into the environment without treatment. In this context, the objective of this study is to carry out the treatment of ARLJ- Lava Jato Wastewater, with systems that are low cost and easy to operate and maintain. Lava-Jato Esteticar, located in the municipality of Rio Verde (GO), was chosen for the implementation of the project, which consists of 2 different types of slow filtration systems, both followed by an activated carbon filter and a polypropylene filter. The following parameters were analyzed: pH, apparent color, true color and turbidity, comparing the results based on national standards. Treatment 1 presented the following average efficiencies: apparent color 88.53%; true color 80.98% and turbidity 94.28%. While treatment 2 presented the following average efficiencies: apparent color 93.04%; true color 90.79% and haze 97.93%. Both systems greatly clarified the raw effluent and showed good efficiencies, especially system 2 with results within the limits allowed in the national standard NBR13969 for reuse in vehicles. However, in operational terms, system 2 has a disadvantage, since it operates with lower flow rates. System 1 presents results accepted in less strict standards such as SABESP, and the treated water can be used for washing vehicles, washing floors, watering gardens, flushing toilets, among others.

Keywords: Water reuse. Car wash. Slow filtration.

### 3.1 Introdução

A água é um elemento vital para a vida, então seu uso deve ser de forma sustentável para evitar desperdício (FERREIRA et al., 2018). Atualmente o uso exagerado da água intensifica a crise hídrica, por isso é necessário buscar alternativas eficientes para melhor aproveitar esse precioso recurso natural (MUNDIM et al., 2019; MOURA et al., 2020; ARAÚJO, 2020).

Uma das atividades econômicas que demandam elevada quantidade de recursos hídricos dentro de áreas urbanas é o serviço de lavagem de veículos, conhecido também como “lava-jatos”. Para lavagem de cada veículo, são consumidos, em média, 200 a 300 litros de água, o que representa elevada demanda desse recurso, considerando que o Brasil tem cerca de um veículo para quatro habitantes (SUBTIL et al., 2016; AND, 2020).

Os serviços de lavagem de veículos demandam uma grande quantidade de água, que não é reaproveitada, sendo despejada no meio ambiente sem tratamento. Aumentar a preocupação com isso, visto que, além de representar altos custos para diversos empreendimentos, pode provocar danos ao corpo hídrico, considerando que o efluente é composto de surfactantes, óleos e graxas, elevadas quantidades de matéria orgânica, metais pesados e sólidos suspensos. Muitas dessas substâncias, quando despejadas em corpos hídricos, causam danos à fauna e à flora por conterem elevada toxicidade, capacidade de bioacumulação e interferirem nas trocas gasosas e na transferência de energia, o que, conseqüentemente, afeta a saúde da humanidade (PAULA 2016; ALUIZ 2019).

O município de Rio Verde enfrenta atualmente, como toda a região central e sul do Brasil, problemas de abastecimento hídrico. Os conflitos pelo uso dos recursos hídricos na cidade já perduram por vários anos. O principal corpo hídrico que abastece a cidade (Ribeirão Abóboras) é motivo de conflito entre vários usuários, incluindo agricultores, pecuaristas, indústrias e companhias de saneamento. A motivação desse conflito é simples: não há oferta hídrica suficiente para atender à demanda de água dos usuários. Nos meses de agosto e setembro, a situação hídrica desse manancial é altamente crítica (CBH BOIS, 2019; SANEAGO, 2021).

A maioria dos lava-jatos do município de Rio Verde retira água dos aquíferos para utilizar na lavagem dos veículos. Com isso, a exploração de águas subterrâneas na cidade está em elevado crescimento, o que compromete a disponibilidade hídrica do município. Além disso, é feito o lançamento de suas águas residuárias (sem tratamento) no solo, contaminando o aquífero. Para minimizar os problemas de escassez e poluição das reservas hídricas nas bacias hidrográficas brasileiras, é fundamental que haja investimento em tecnologias de tratamento e reúso de águas residuárias produzidas pelas diversas atividades humanas.

A realidade nos lava-jatos do município de Rio Verde é que os efluentes gerados são lançados sem tratamento adequado na rede de esgoto ou no sumidouro. Lançar na rede de esgoto não é o mais recomendado, pois o efluente não tratado vai para a ETE e dificulta as operações na estação, além disso, mesmo que o efluente seja tratado, ele é encaminhado a jusante para outra bacia hidrográfica. Quando o efluente é lançado no sumidouro sem tratamento, ocorre entupimentos no sistema, dificultando sua funcionalidade, além de contaminar o aquífero. O ideal é tratar o efluente e lançar no sumidouro uma água de boa qualidade para infiltrar no solo e chegar até o lençol freático, permanecendo na mesma bacia hidrográfica.

Em Goiás, vigora a Lei nº 17.128, de 18 de agosto de 2010, que determina a obrigatoriedade da instalação de equipamentos para tratamento e reúso de águas residuárias na lavagem de automóveis, além de dispositivos para reaproveitamento de águas pluviais. No entanto, se o sistema de tratamento for caro ou de complicada operação e manutenção, sua aplicação não ocorrerá na prática. Neste contexto, o objetivo deste estudo é fazer o tratamento de ARLJ com sistemas que produzem uma água de boa qualidade conforme as normas e que sejam de fácil operação e manutenção.

## 3.2 Material e métodos

### 3.2.1 Local de implantação do estudo

Para o projeto, foi escolhido o lava-jato com nome fantasia “LAVA\_ RÁPIDO ESTETICAR”. Essa empresa iniciou suas atividades em 20 de agosto de 2014, desenvolvendo serviços de lavagem, lubrificação e polimento de veículos automotores no Bairro Parque Bandeirantes, Rio Verde (GO).

A principal atividade desenvolvida no empreendimento é a lavagem externa de veículos, combinando as tecnologias de rollover e jato manual. Além da lavagem, outra atividade bem comum no empreendimento é a aplicação de cera.

No processo de lavagem dos veículos, o empreendimento conta com dois sistemas de operação em paralelo, propiciando capacidade de atendimento superior a 200 veículos por semana. A fonte de alimentação de água para as atividades desenvolvidas é proveniente de um poço tubular profundo (água subterrânea), reservado em um tanque de 30.000 m<sup>3</sup>. O consumo médio diário de água gasta deste poço é de 10.000 L.

### 3.2.2 Sistemas de tratamento de águas residuárias

Para garantir que as ARLJ atendam aos padrões de descarte e reúso, são necessárias outras etapas de tratamento além do sistema preliminar já existente. Considerando a infraestrutura já disponível no empreendimento, conforme Figura 1, foi necessária a complementação do sistema de tratamento com uso das tecnologias de filtração lenta, filtros de carvão ativado e membranas de filtração.

Figura 1: Sistema de tratamento já existente no lava-jato, composto por uma caixa de areia e duas caixas separadoras de água e óleo, que direcionam a água para uma caixa de recepção. Outra caixa contém um sistema de bombeamento desativado.



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

A Tabela 1 apresenta as unidades existentes no lava-jato e suas dimensões, incluindo largura, comprimento e profundidade de cada unidade. Isso indica que o sistema preliminar de tratamento já está instalado e em funcionamento no local.

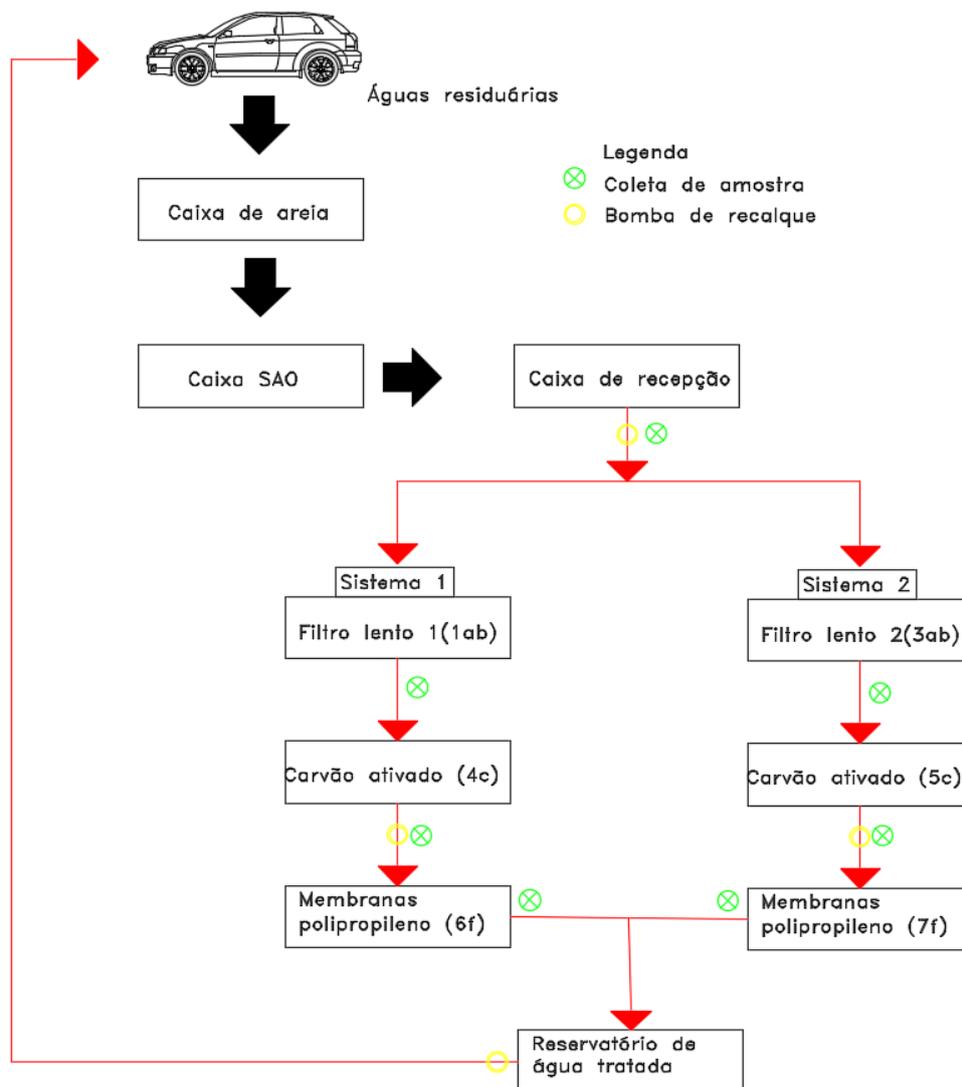
**Tabela 1: Dimensões das unidades do tratamento preliminar**

| Tratamento preliminar |             |                 |                  |
|-----------------------|-------------|-----------------|------------------|
| Unidade               | largura (m) | comprimento (m) | profundidade (m) |
| Caixa de areia        | 1,10        | 1,20            | 1,85             |
| Caixa SAO             | 1,10        | 1,25            | 1,90             |
| Caixa de recepção     | 0,80        | 1,20            | 1,90             |
| Caixa de bombas       | 0,80        | 1,15            | 1,50             |

Fonte: Autoria própria (2023).

O desenvolvimento metodológico desta proposta de projeto pode ser resumido pela Figura 2, que destaca as unidades de tratamento, os pontos de coleta das amostras e das bombas de recalque.

Figura 2: Fluxograma do sistema de tratamento e de reaproveitamento de águas residuárias proposto neste projeto.



Fonte: Autoria própria (2023).

O presente projeto visa bombear parte das águas residuárias da caixa de recepção e, a partir disso, prover o tratamento dessas águas para posterior reúso ou destinação adequada. Foram avaliadas duas tipologias diferentes de sistemas de tratamento dessas águas, ambas por filtração lenta, seguidas de filtração com carvão ativado e filtração por membranas de polipropileno.

A Tabela 2 resume as duas tipologias de tratamento com suas unidades, sentido de escoamento, composição do material filtrante e dimensões de cada unidade e da borda livre.

**Tabela 2: Estruturação do sistema 1 e 2.**

| <b>Sistema 01</b> |                   |                           |                                  |                    |
|-------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------|
| <b>Unidade</b>    | <b>Escoamento</b> | <b>Material filtrante</b> | <b>Dimensões</b>                 | <b>Borda livre</b> |
| 1a e 1b           | Descendente       | Vermiculita               | 2,5m (altura) x 0,3m (diâmetro)  | 1m                 |
| 4c                | Ascendente        | Carvão ativado            | 1m (altura) x 0,3m (diâmetro)    | 0,10m              |
| 6f                | -                 | Polipropileno             | 0,62m (altura) x 0,18 (diâmetro) | -                  |
| <b>Sistema 02</b> |                   |                           |                                  |                    |
| <b>Unidade</b>    | <b>Escoamento</b> | <b>Material filtrante</b> | <b>Dimensões</b>                 |                    |
| 3a                | Descendente       | Areia e brita             | 2,0m (altura) x 0,3m (diâmetro)  | 0,5m               |
| 3b                | Descendente       | Vermiculita               | 2,0m (altura) x 0,3m (diâmetro)  | 0,5m               |
| 5c                | Ascendente        | Carvão ativado            | 1m (altura) x 0,3m (diâmetro)    | 0,10m              |
| 7f                | -                 | Polipropileno             | 0,62m (altura) x 0,18 (diâmetro) | -                  |

Fonte: Autoria própria (2023).

O sistema de bombeamento é composto por uma bomba submersa modelo Poco Sapo Rymer 2000, que tem uma potência de 300 W e uma tensão de alimentação de 220 V. Essa bomba é acionada por uma boia de nível elétrico, instalada na caixa de recepção do sistema a uma profundidade de 50 cm.

Filtro de carvão ativado é uma tecnologia de tratamento de águas em nível avançado, pois, em razão da elevada superfície específica do carvão, sólidos dissolvidos e íons são removidos da água. Esse filtro tem fluxo ascendente e foi preenchido com

carvão ativado granular 8x30 mesh (filtro com dimensões de 0,3m de diâmetro e 1,0 m de altura).

Posteriormente à filtração por carvão ativado, a água é direcionada à filtração por uma membrana de filtro de polipropileno liso, carcaça big blue, cartucho modelo 20" x 4 ½", e/s 1 ½". Essa unidade de filtração por membranas funciona mediante escoamento forçado por bombeamento. Após o tratamento pelas membranas, a água tratada é direcionada ao reservatório final para possível uso direto na lavagem de veículos.

### 3.2.3 Coletas, amostragem, hidrômetros e parâmetros avaliados

Ao todo, foram selecionados sete pontos de coleta, sendo: 1) após tratamento preliminar; 2) ponto 1ab; 3) ponto 3ab; 4) ponto 4c; 5) ponto 5c; 6) ponto 6f; e 7) ponto 7f.

A amostragem foi composta com monitoramento 5 vezes na semana ao longo de 5 semanas. Na primeira semana, o monitoramento foi de duas horas por dia da semana, e nas semanas seguintes, foram realizados quatro, seis, oito e dez horas de monitoramento por dia da semana, respectivamente. Durante o monitoramento, foram coletados 50 ou 100 ml de água por vez, a cada 30 minutos, 1 hora ou 2 horas, dependendo da etapa do monitoramento. Os frascos de coletas foram preenchidos com um mínimo de 300 ml e um máximo de 500 ml.

Em dois pontos das tubulações, foram implantados hidrômetros da classe B para medição do fluxo de água. O primeiro ponto, mais alto, interliga o sistema 1ab e faz parte do tratamento 1, enquanto o segundo ponto, mais baixo, interliga o sistema 3ab e corresponde ao tratamento 2.

A NBR 13969/1997 determina os parâmetros para lavagem de automóveis, considerando o reúso de águas provenientes de esgoto tratado. Pelo fato de a água residuária do estudo provir de poço subterrâneo, não foram tratados e analisados os parâmetros dessa normativa, como cloro residual (tendo em vista que a água utilizada não é clorada), sólidos dissolvidos e coliformes fecais (por problemas técnicos no laboratório). Os parâmetros incluíram pH, cor (verdadeira e aparente) e turbidez, analisados de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) no laboratório do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde.

### 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Qualidade da água residuária após tratamento preliminar

Primeiramente, foram verificadas as características físico-químicas da água oriunda da lavagem de veículos após sua passagem pelo tratamento preliminar (caixas de areia e separadora de água/óleo), cujos resultados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3: Análise referente à água após tratamento preliminar.**

| ÁGUA BRUTA    | pH      | cor aparente (uH) | cor verdadeira (uH) | turbidez (UNT) |
|---------------|---------|-------------------|---------------------|----------------|
| média         | 7,24    | 325,88            | 94,76               | 138,57         |
| mediana       | 7,29    | 350,00            | 95,00               | 124,40         |
| desvio padrão | 0,32    | 89,28             | 38,62               | 80,67          |
| N             | 24      | 24                | 21                  | 24             |
| VMP           | 6 a 8 * | <10 uH **         | <10 uH **           | <5 UNT *       |

**Legenda:** VMP – Valor Máximo Permitido. NBR 13969/97 \* e ANA/FIESP/SINDUSCON-SP\*\*

Fonte: Autor (2023).

Analisando a Tabela 3, nota-se que a água residuária apresentou pH neutro, em média de 7,24, estando dentro do limite permitido. A cor aparente, verdadeira e a turbidez estão fora dos limites exigidos pela NBR 13969 e ANA/FIESP/SINDUSCON-SP para a classe 1, que aborda águas de reúso na lavagem de automóveis. Sendo assim, como esperado, há necessidade de um tratamento para melhorar a qualidade da água de reúso.

Segundo Luz (2017), o efluente bruto gerado no lava-jato em seu estudo obteve, em média, pH de 7,14 e turbidez de 405 UNT. Ferreira et al. (2018) encontraram em suas análises pH 6,84, cor aparente e verdadeira > 500 uH e turbidez de 349 UNT. Aluiz (2019) obteve pH 12, cor 784 uH e turbidez de 914 UNT. Araújo (2020) obteve pH 7,95, cor de 326 uH e turbidez de 478 UNT. Leão (2008) obteve pH 6,21, cor 82 uH e turbidez de 46,34 UNT.

Neste contexto, é perceptível que a elevação do pH está diretamente ligada aos produtos químicos utilizados na lavagem dos automóveis. No processo de lavagem, é usado detergente alcalino, com a finalidade de remover as sujeiras de difícil remoção

(ALUIZ, 2019). No entanto, no estudo realizado, o pH do esgoto bruto apresentou caráter neutro, analisado após a passagem pelo tratamento preliminar.

A turbidez e a cor são parâmetros que estão relacionados por haver sólidos na água. A cor indica presença de metais, húmus, plâncton, entre outras substâncias dissolvidas na água. A turbidez é um possível indicador de argila, silte e substâncias orgânicas e inorgânicas finamente divididas (SÃO PAULO, 2015).

Podem ocorrer variações nos resultados de cor e turbidez em estudos que avaliam a qualidade da água de lava-jatos, e isso pode ser justificado por diversos fatores. Um fator que pode influenciar os resultados é a época do ano em que foram feitas as coletas de amostra. Por exemplo, durante períodos de chuva intensa, é possível que haja maior arrasto de sedimentos e de materiais orgânicos para dentro das caixas de areia e SAO, o que pode aumentar a turbidez da água.

Outro fator que pode influenciar os resultados é se a coleta tiver sido feita após a passagem pelo tratamento preliminar, que inclui a caixa de areia e a caixa SAO. Se esses sistemas estiverem mal conservados, pode ocorrer redução na eficiência do tratamento, o que pode levar a uma piora na qualidade da água.

Além disso, a tipologia do sistema de lavagem de automóveis pode ter um impacto significativo na qualidade da água residuária produzida. Um sistema que utiliza mais água ou que faz uma lavagem com mais pressão pode gerar uma quantidade maior de resíduos e aumentar a turbidez da água. Por outro lado, sistemas mais eficientes em reter os resíduos podem produzir água com menor turbidez e menor concentração de contaminantes, o que pode resultar em uma água de melhor qualidade pós-tratamento.

Por isso, é importante que estudos que avaliem a qualidade da água de lava-jatos levem em consideração esses fatores e sejam conduzidos de forma regular para garantir que a qualidade da água esteja sempre dentro dos padrões adequados.

### 3.3.2 Qualidade da água residuária tratada

#### 3.3.2.1 Sistema 01

Foram analisadas as ARLJ do sistema de tratamento 1 final, sendo a qualidade da unidade 6f em 2h, 4h, 6h, 8h e 10h de monitoramento, conforme a Tabela 4.

**Tabela 4: Análise referente à água tratada da unidade 6f/ sistema 1.**

| Etapa       | Vazão (L/h)  |              | pH          |             | Cor aparente (uH) |              | Cor verdadeira (uH) |              | Turbidez (UNT) |             |
|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------------|--------------|---------------------|--------------|----------------|-------------|
|             | Média        | Dp           | Média       | Dp          | Média             | Dp           | Média               | Dp           | Média          | Dp          |
| <b>2h</b>   | 100          | 51,67        | 7,27        | 0,12        | 40                | 19,49        | 17                  | 8,12         | 7,88           | 3,94        |
| <b>4h</b>   | 161          | 116,15       | 7,21        | 0,08        | 34                | 25,77        | 8,75                | 7,40         | 6,20           | 5,38        |
| <b>6h</b>   | 185          | 97,85        | 7,27        | 0,15        | 61                | 24,37        | 37,5                | 17,85        | 11,14          | 4,33        |
| <b>8h</b>   | 118          | 37,09        | 7,29        | 0,17        | 49,2              | 32,01        | 16                  | 17,15        | 8,44           | 8,30        |
| <b>10h</b>  | 149,3        | 87,72        | 6,95        | 0,40        | 33,75             | 22,19        | 13,75               | 8,20         | 5,82           | 4,813       |
| <b>MedG</b> | <b>142,7</b> | <b>78,10</b> | <b>7,20</b> | <b>0,18</b> | <b>44</b>         | <b>24,77</b> | <b>19</b>           | <b>11,74</b> | <b>7,90</b>    | <b>5,35</b> |
| <b>VMP</b>  | -            |              | 6 a 8 *     |             | <10 uH **         |              | <10 uH **           |              | <5 UNT *       |             |

**Legenda:** VMP – Valor Máximo Permitido; MedG – Média Geral; Dp – Desvio padrão NBR 13969/97 \* e ANA/FIESP/SINDUSCON-SP\*\*

Fonte: Autor (2023).

Avaliando os parâmetros de estudo, percebe-se que o pH está dentro do permitido. A turbidez está fora dos padrões estabelecidos e somente a cor verdadeira no monitoramento de 4h está dentro do permitido, pois exige <10 uH no manual ANA/FIESP/SINDUSCON-SP.

A vazão média do sistema 1 é de 142,7 L/h. O lava-jato do estudo apresentou, para o tratamento 1, os seguintes resultados médios: ph 7,2, cor aparente 44 uH, cor verdadeira 19 uH e turbidez 7,90 UNT.

A etapa de 6h foi a que apresentou os piores resultados para o sistema 1 em todos os parâmetros avaliados. Isso aconteceu na semana em que houve transbordamento na rede de esgoto por ser um empreendimento com grande demanda e fluxo de veículos. Por isso, houve necessidade de desentupir a rede de esgoto e posterior manutenção do sistema de tratamento, pois estava indo água muito barrenta para as unidades de tratamento. As coletas foram feitas após desentupimento da rede de esgoto e esvaziamento de ambos os sistemas para eliminar a água com coloração escura.

Por ser uma norma mais rigorosa, a turbidez do sistema 1 não apresentou valores dentro do permitido pela NBR13969 para a classe 1, ou seja, na lavagem de veículos. Nem para a classe 2, na lavagem de pisos e rega de jardins, pois também exige <5 UNT. Tais valores, de modo geral, seriam aceitos para a classe 3, em que a turbidez deve ser <10 UNT, com seu uso destinado a reúso em vasos sanitários. Já comparando com a SABESP, o sistema de tratamento 1 se mostra eficaz na lavagem de veículos com

exigência de até 20 UNT. Quanto à cor, no geral, ela está fora do permitido para a lavagem de veículos com base no manual ANA/FIESP/SINDUSCON-SP.

Mesmo que o sistema 1 tenha apresentado resultados fora dos padrões aceitos na NBR13969, enfatiza-se a possibilidade de melhorar a qualidade de sua água tratada com diluição de água pluvial ou até mesmo da concessionária.

Os lava-jatos utilizam água subterrânea em suas atividades, uma vez que essa água geralmente é mais acessível e tem qualidade mais adequada para a lavagem de veículos em comparação com a água de rios ou mesmo com a água fornecida pela concessionária.

Nesse sentido, é fundamental que os lava-jatos façam o tratamento adequado da água utilizada em suas atividades, de forma a garantir que ela possa ser reintroduzida no meio ambiente sem causar prejuízos à sua qualidade e ao ecossistema local. Isso pode ser feito por meio de poços ou valas de infiltração, que permitem que a água tratada seja reintroduzida no lençol freático sem diminuição significativa desse recurso hídrico.

Dessa forma, é possível obter água de boa qualidade para diversos usos, seguramente para a preservação do meio ambiente e para a garantia de um recurso hídrico sustentável e acessível a longo prazo.

### 3.3.2.2 Sistema 02

Foram analisadas as ARLJ do sistema de tratamento 2 final, sendo a qualidade da unidade 7f em 2h, 4h, 6h, 8h e 10h de monitoramento, conforme a Tabela 5.

**Tabela 5: Análise referente à água tratada da unidade 7f/ sistema 2.**

| Etapa       | Vazão (L/h)  |       | pH          |      | Cor aparente (uH) |       | Cor verdadeira (uH) |       | Turbidez (UNT) |      |
|-------------|--------------|-------|-------------|------|-------------------|-------|---------------------|-------|----------------|------|
|             | Média        | Dp    | Média       | Dp   | Média             | Dp    | Média               | Dp    | Média          | Dp   |
| <b>2h</b>   | 167          | 42,02 | 7,27        | 0,13 | 28                | 13,27 | 15                  | 8,37  | 3,47           | 3,04 |
| <b>4h</b>   | 102          | 7,97  | 7,23        | 0,13 | 19                | 13,56 | 3,75                | 2,17  | 3,14           | 2,97 |
| <b>6h</b>   | 116,3        | 63,24 | 7,31        | 0,17 | 20                | 14,14 | 6,25                | 4,15  | 4,23           | 3,59 |
| <b>8h</b>   | 57,5         | 16,09 | 7,39        | 0,28 | 23,8              | 29,87 | 0                   | 0     | 0,84           | 0,93 |
| <b>10h</b>  | 22,75        | 6,418 | 6,93        | 0,56 | 38,33             | 43,65 | 13,333              | 15,46 | 1,94           | 2,19 |
| <b>MedG</b> | <b>93,12</b> | 27,15 | <b>7,23</b> | 0,25 | <b>26</b>         | 22,90 | <b>8</b>            | 6,03  | <b>2,72</b>    | 2,54 |
| <b>VMP</b>  | -            |       | 6 a 8 *     |      | <10 uH **         |       | <10 uH **           |       | <5 UNT *       |      |

**Legenda:** VMP – Valor Máximo Permitido; MedG – Média Geral; Dp – Desvio padrão NBR 13969/97 \* e ANA/FIESP/SINDUSCON-SP\*\*

Fonte: Autor (2023).

Avaliando os parâmetros de estudo, percebe-se que o pH está dentro do permitido. A turbidez está dentro dos padrões estabelecidos em todos os parâmetros e somente a cor verdadeira no monitoramento de 4h, 6h e 8h está dentro do permitido.

A vazão média do sistema 2 é de 93,12 L/h. O lava-jato do estudo apresentou para o tratamento 2 os seguintes resultados médios: pH 7,23, cor aparente 26 uH, cor verdadeira 8 uH e turbidez 2,72 UNT. Enfatiza-se que o pH, cor verdadeira e turbidez estão dentro dos limites aceitos na NBR13969.

Os problemas operacionais mencionados na etapa de 6h afetaram os resultados da turbidez no sistema 2, com os piores resultados, no entanto, ele não se aplica aos resultados da cor aparente e verdadeira, tendo os piores resultados nas etapas de 2h e 10h.

O sistema 2 apresentou valores de turbidez aceitos na NBR13969 para a classe 1, referente à lavagem de veículos. A norma não apresenta valores sobre os limites de cor, usando como referência neste estudo o manual da ANA/FIESP/SINDUSCON-SP.

Os resultados do sistema 2 se mostraram superiores, porém a vazão de tratamento foi menor do que no sistema 1. Com isso, em termos de operação, o sistema 2 tem desvantagem, pois precisaria de aumento significativo na área de tratamento ou substituição do material filtrante. Teoricamente, sistemas que operam com vazões mais baixas tendem a ter uma eficiência de remoção de contaminantes maior, porque o tempo de contato entre a água e o meio filtrante é maior, permitindo que mais contaminantes sejam eliminados. No entanto, menos água está sendo tratada, o que pode limitar a capacidade do sistema em atender a uma demanda maior.

### 3.3.3 Eficiência de tratamento global

Analisando os resultados na Tabela 6, observa-se alta eficiência para todos os parâmetros de estudo em ambos os sistemas. Para o sistema 1, a cor aparente chega a ter 90,49% de eficiência máxima, enquanto a cor verdadeira, 86,18% de eficiência máxima. A turbidez apresenta melhores resultados nas últimas etapas de monitoramento, atingindo uma eficiência de 95,17% na etapa de 8h.

**Tabela 6: Eficiência dos tratamentos 1 e 2.**

| Etapa              | Taxa de aplicação superficial (L/m <sup>2</sup> .h) |         | Cor aparente (UH) |              | Cor verdadeira (UH) |              | Turbidez (UNT) |              |
|--------------------|---|---------|-------------------|--------------|---------------------|--------------|----------------|--------------|
|                    | Média   | Dp      | Média Bruta       | EF(%)        | Média Bruta         | EF(%)        | Média Bruta    | EF(%)        |
| <b>Sistema 1</b>   |   |         |                   |              |                     |              |                |              |
| <b>2h</b>          | 1428,57   | 738,17  | 363,00            | 88,98        | 70,00               | 75,71        | 126,64         | 93,78        |
| <b>4h</b>          | 2300,00   | 1659,33 | 329,00            | 89,67        | 63,33               | 86,18        | 113,44         | 94,53        |
| <b>6h</b>          | 2642,86   | 1397,84 | 413,00            | 85,23        | 140,00              | 73,21        | 158,65         | 92,98        |
| <b>8h</b>          | 1685,71   | 529,92  | 419,00            | 88,26        | 103,00              | 84,47        | 174,74         | 95,17        |
| <b>10h</b>         | 2132,14   | 1253,09 | 355,00            | 90,49        | 93,75               | 85,33        | 114,58         | 94,92        |
| <b>Média Geral</b> | 2037,86   | 1115,67 | 375,80            | <b>88,53</b> | 94,02               | <b>80,98</b> | 137,61         | <b>94,28</b> |
| <b>Sistema 2</b>   |   |         |                   |              |                     |              |                |              |
| <b>2h</b>          | 2385,71   | 600,34  | 363,00            | 92,29        | 70,00               | 78,57        | 126,64         | 97,26        |
| <b>4h</b>          | 1457,14   | 113,84  | 329,00            | 94,22        | 63,33               | 94,08        | 113,44         | 97,23        |
| <b>6h</b>          | 1661,90   | 903,43  | 413,00            | 95,16        | 140,00              | 95,54        | 158,65         | 97,33        |
| <b>8h</b>          | 821,43  | 229,80  | 419,00            | 94,33        | 103,00              | 100,00       | 174,74         | 99,52        |
| <b>10h</b>         | 325,00  | 91,68   | 355,00            | 89,20        | 93,75               | 85,78        | 114,58         | 98,31        |
| <b>Média Geral</b> | 1330,24   | 387,82  | 375,80            | <b>93,04</b> | 94,02               | <b>90,79</b> | 137,61         | <b>97,93</b> |

**Legenda:** Dp – Desvio padrão; EF – Eficiência

Fonte: Autor (2023).

Os resultados do sistema 2 se mostraram superiores em praticamente todos os parâmetros, se comparado com o sistema 1, exceto para a cor aparente na etapa de 10h, no entanto, com uma diferença mínima de eficiência. No sistema 2, a cor aparente alcança 95,16% de eficiência máxima, enquanto a cor verdadeira, 100% na etapa de 8h. A turbidez máxima atingida foi de 99,52% na etapa de 8h. Conforme é visto na Figura 3, ambos os sistemas de tratamento têm alta eficiência e clarificaram bastante o efluente.

Figura 3: Clarificação do efluente em todas as unidades do sistema.



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Coelho e Silva (2019) desenvolveram um sistema constituído de tanque de equalização, decantador e filtro ascendente com areia e brita. Os autores notaram redução de 90% para a cor aparente e a turbidez.

De acordo com Moazzem *et al.* (2018), os sistemas de tratamento de águas residuárias de lava-jatos compostos por coagulação, floculação, sedimentação, filtração de areia, ultrafiltração de cerâmica e osmose reversa obtiveram redução 99,9% de turbidez, estando em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação da região do estudo.

Etchepare (2012) avaliou os processos de floculação-flotação em coluna, filtração com uso de areia e polimento com hipoclorito de sódio e adsorção com carvão ativado, tendo observado redução de 86% na DQO. No entanto, os valores de turbidez não ficaram dentro das exigências estabelecidas para água de reúso.

A Taxa de Aplicação Superficial (TAS) é um parâmetro importante no dimensionamento de sistemas de tratamento de água. Refere-se à quantidade de água aplicada por unidade de área do sistema de tratamento.

A TAS média do sistema 1 foi de 2037,86 L/m<sup>2</sup>.h. O tratamento 1 apresentou as seguintes eficiências médias: cor aparente 88,53%, cor verdadeira 80,98% e turbidez 94,28%. Já a TAS média do sistema 2 foi de 1330,24 L/m<sup>2</sup>.h. O tratamento 2 apresentou as seguintes eficiências médias: cor aparente 93,04%, cor verdadeira 90,79% e turbidez 97,93%.

É importante destacar que a relação entre a TAS e a eficiência do tratamento não é uma regra absoluta e pode variar de acordo com as características do sistema de tratamento, a qualidade da água a ser tratada e as condições operacionais. Geralmente, em sistemas que utilizam filtração, é mais comum que uma elevada TAS prejudique a eficiência do tratamento, o que é observado na maioria dos resultados dos sistemas 1 e 2.

Neste estudo, a TAS do sistema 2 foi inferior à do sistema 1. Isso pode ter ocorrido por dois motivos principais: menor vazão utilizada e entupimento frequente do segundo sistema. Menor vazão de água significa que menor quantidade de água está sendo tratada pelo sistema de tratamento, o que pode resultar em uma redução na TAS.

### 3.3.4 Tratamento nas unidades dos sistemas

A turbidez das águas acontece pela dispersão dos raios luminosos na presença de partículas em suspensão como silte, partículas coloidais, micro-organismos, óleo emulsificado, entre outros (ANA, 2017).

Foram analisados os resultados da turbidez para cada uma das unidades do sistema (Tabela 7). O sistema 1 é composto pelas unidades 1ab, 4c e 6f. Todas as unidades desse tratamento ficaram fora dos padrões de qualidade exigidos pela NBR 13969, devendo ser <5 UNT.

**Tabela 7: Análise de turbidez nas unidades de tratamento**

| Unidade    | Turbidez |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 2h       |       | 4h    |       | 6h    |       | 8h    |       | 10h   |       |
|            | Média    | Dp    | Média | Dp    | Média | Dp    | Média | Dp    | Média | Dp    |
| <b>1ab</b> | 23,75    | 7,687 | 18,31 | 10,79 | 36,1  | 16,64 | 41,32 | 33,34 | 20,33 | 11,37 |
| <b>4c</b>  | 15,12    | 5,561 | 14,88 | 10,48 | 34,47 | 17,1  | 22,41 | 14,04 | 19,81 | 8,194 |
| <b>6f</b>  | 7,878    | 3,939 | 6,204 | 5,379 | 11,14 | 4,334 | 8,44  | 8,304 | 5,815 | 4,813 |
| <b>3ab</b> | 30,53    | 14,51 | 8,548 | 5,408 | 11,52 | 8,858 | 2,758 | 1,521 | 3,94  | 3,338 |
| <b>5c</b>  | 9,244    | 5,753 | 5,518 | 3,583 | 6,884 | 6,584 | 2,3   | 1,376 | 5,753 | 3,156 |
| <b>7f</b>  | 3,472    | 3,039 | 3,138 | 2,969 | 4,234 | 3,589 | 0,838 | 0,931 | 1,937 | 2,191 |

Fonte: Autor (2023).

O sistema 2 é composto pelas unidades 3ab, 5c e 7f. Na unidade 3ab, os resultados ficaram dentro do exigido pela norma nas etapas de 8h e 10h. Na unidade 5c, somente na etapa de 8h. Já analisando o tratamento final com a unidade 7f, a turbidez ficou dentro do estabelecido em todas as etapas de monitoramento.

Na Tabela 7, observa-se que, na etapa de 8h, todas as unidades do sistema 2 apresentaram os melhores resultados. No entanto, para o sistema 1, a etapa de 8h esteve entre os piores resultados. Essa ocorrência é justificada, pois nessa semana de monitoramento, as unidades 1ab e 4c apresentaram coloração da água similar ao do esgoto bruto.

A SABESP (2023) fornece valores de referência para reúso de águas exclusivamente para a região metropolitana de São Paulo, não sendo aplicados às demais cidades brasileiras. No entanto, por não haver uma legislação nacional, foram utilizados os limites da SABESP apenas para comparação. Percebe-se que seus limites aceitos para a turbidez são mais flexíveis e menos rigorosos do que a NBR13969, permitindo uma turbidez de até 20 UNT.

Apesar de todas as unidades do sistema 1 não estarem nos limites exigidos pela NBR13969, há uma maior flexibilidade ao considerar os valores da SABESP. A unidade 1ab apresentou turbidez dentro do permitido para a etapa de 4h. A unidade 4c esteve dentro do permitido nas etapas de 2h, 4h e 10h. Já o sistema 6f, ou seja, o tratamento 1 final, apresentou resultados permitidos em todas as etapas de monitoramento.

Analisando as unidades do sistema 2 com referência aos limites da SABESP, apenas a turbidez em 2h da unidade 3ab esteve fora do aceitável, enquanto em todas as demais etapas apresentou valores permitidos.

Foi observado que, com o decorrer do tempo de tratamento, o sistema 1 apresentou elevação em sua turbidez. Já para o sistema 2, maiores períodos de monitoramento resultaram em redução da turbidez.

### 3.3.5 Operacionalidade

O estudo de monitoramento foi iniciado em novembro/2022 e finalizado em fevereiro/2023, com pausas nesse intervalo de tempo. Foram feitas 25 coletas e análises ao longo de 5 semanas.

Ainda na primeira semana houve problema com o Hidrômetro 3AB do sistema 2, que não rotacionava. A solução foi desligar a bomba do sistema de tratamento, religá-la e abrir mais o registro, já que aparentemente ocorreu entrada de ar no sistema. Isso pode acontecer porque os filtros biológicos funcionam por gravidade, então, em alguns

pontos do sistema, pode haver entrada de ar, dificultando o fluxo de água e prejudicando a leitura dos hidrômetros.

Na segunda semana foram observados muitos resíduos de carvão ativado nas coletas da unidade 5c. O sistema 3a transbordou na terceira semana, então uma possível solução foi aumentar o comprimento da tubulação de 2 metros para 2,5 metros. No entanto, ainda na terceira semana, ocorreu mais transbordamentos do sistema 3a, havendo necessidade de regular novamente a vazão por meio de registros.

Na quarta semana, houve muitos problemas técnicos e operacionais, como, por exemplo, lodo no sistema 5c, novamente uma parada da rotação dos hidrômetros, transbordamento no sistema 3a e troca da bomba por uma mais potente.

Mesmo com a troca de bomba na quarta semana, houve novamente necessidade de trocar a bomba na quinta semana de monitoramento, pois foi observada muita areia e barro misturado com óleo na caixa de recepção. Com isso, foi necessário fazer manutenção periódica no sistema preliminar do lava-jato, de modo que o nível de areia e demais resíduos ficassem abaixo do nível da bomba.

Foi observado, ao ligar o sistema, que a unidade 4c se enchia mais rapidamente que a unidade 5c, em razão de o sistema 1 operar em uma maior vazão. No entanto, quando o sistema de tratamento preliminar necessita de manutenção e limpeza, essa alta vazão compromete a qualidade da água do sistema 1, sendo que na quarta semana as unidades 1ab e 4c apresentaram água com coloração similar à do esgoto bruto. Com isso, novamente enfatiza-se a necessidade de realizar limpeza periódica não somente do sistema de tratamento implantado, mas também do tratamento preliminar (caixa de areia e caixa SAO).

O sistema 1 apresenta uma vazão maior, o que faz com que a unidade 6f encha mais rapidamente do que a unidade 7f. Por outro lado, no sistema 2, há uma grande demora na realização das coletas, possivelmente pelo fato de essa vazão ser mais baixa e por causa de entupimentos. Além disso, na unidade 5c, foram encontrados resíduos de carvão ativado, sendo necessária a colocação de pequenas mantas de filtração para corrigir o problema.

Houve colmatação do sistema 2, possivelmente devido ao entupimento com a camada de areia na unidade 3a, o que conseqüentemente ocasionou os transbordamentos com necessidade de reduzir o fluxo de água. Assim, o sistema 2 necessita de manutenções e acompanhamento periódico.

### 3.4 Conclusão

Pelo estudo de qualidade da água residuária proveniente do LAVA RÁPIDO ESTETICAR na cidade de Rio Verde (GO), foi possível observar que a maioria dos parâmetros do sistema 1 está acima do limite permitido na lavagem de veículos, com base na norma nacional NBR13969, enquanto, de maneira geral, o sistema 2 apresentou resultados satisfatórios permitidos nessa norma nacional.

O sistema 1 apresentou as seguintes eficiências médias: cor aparente 88,53%, cor verdadeira 80,98% e turbidez 94,28%. Já o sistema 2 apresentou cor aparente 93,04%, cor verdadeira 90,79% e turbidez 97,93%. No geral, percebe-se que a eficiência de remoção de poluentes do sistema 2 se mostra superior, apesar de ambos os sistemas serem eficazes e clarificarem bastante o efluente.

O sistema 1 apresenta maior vazão média, 142,7 L/h. O lava-jato de estudo apresentou para esse sistema os seguintes resultados médios: ph 7,2, cor aparente 44 uH, cor verdadeira 19 uH e turbidez 7,90 UNT. A vazão média do sistema 2 é menor, sendo de 93,12 L/h. O lava-jato do estudo apresentou para esse sistema os seguintes resultados médios: ph 7,23, cor aparente 26 uH, cor verdadeira 8 uH e turbidez 2,72 UNT.

Avaliando o funcionamento de ambos os sistemas, em termos operacionais o sistema 2 apresenta uma desvantagem pelo fato de a vazão de tratamento ser menor, ou seja, por mais que a qualidade da água seja melhor, menos água está sendo tratada. Além disso, o sistema 2 apresentou vários problemas operacionais em todas as suas unidades de tratamento, como, por exemplo, colmatação e transbordamentos.

O reúso de ARLJ após o sistema 2 apresentado atende ao objetivo deste trabalho, estando a qualidade da água tratada em conformidade com a NBR 13969, com possibilidade de reúso para a lavagem de veículos. Já o reúso de ARLJ após o sistema 1 apresenta resultados aceitos em normas menos rígidas como as normas da SABESP, podendo a água tratada ser utilizada na lavagem de veículos, lavagem de pisos, rega de jardins e descarga em bacias sanitárias, além da possibilidade de introduzir essa água, através de poços ou valas de infiltração, novamente no lençol freático.

### 3.5. Referências bibliográficas

ABNT. NBR 13969: **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997. 2.

ALUIZ, V. **TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA LAVAGEM DE VEÍCULOS POR COLUNA DE SEDIMENTAÇÃO, COMBINADO COM PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO**. 2019. 88 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2019.

ANA/FIESP/SINDUSCON-SP – Agência Nacional das Águas/Federação das Indústrias do Estado de São Paulo/Sindicato da Indústria de Construção do Estado de São Paulo. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação: Relatório Síntese**. Brasília: ANA, 2017.

AND – **Associação Nacional dos Detrans**, 2020. Disponível: <http://www.and.org.br/brasil-jatem-1-carro-a-cada-4-habitantes-diz-denatran/>.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington, DC: APHA, 2012.

ARAÚJO, E. A. B. **Aspectos de um lavador de veículos pesados e tratamento de água residuária com coagulantes visando ao reúso**. 2020, 74 pgs. Dissertação (Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2020.

CBH BOIS – **Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios dos Bois e Turvo**. Deliberação nº07 de 26 de abril de 2019. Institui os termos de alocação negociada de água dos Ribeirões Lages, Abóboras e Rio Verdinho. 2019.

COELHO, A. F; SILVA, A. B. Reúso de água em empreendimentos de lavagem de veículos. **Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 4**. P 114-125, 2019.

ETCHEPARE, Ramiro Gonçalves. **Integração de processos de tratamento de efluentes de lavagem de veículos para reciclagem de água**. 2012. 152 f. 81 Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FERREIRA, I. F. M. et al. Tratamento físico-químico de águas residuárias visando ao reúso em lavagem de veículos: O caso de um lava-jato em Itabira-MG. **ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 9 f. Junho, 2018.

LEÃO, E. A. S. **TRATAMENTO E REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS**. Estudo de caso do sistema de lavagem rápida do posto de combustível UBN, localizado na Av. Alcindo Cacela, esquina com a Rua dos Mundurucus – Belém/PA. 2008, 52 pgs. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos). Universidade Federal do Pará, 2008.

LEI ESTADUAL Nº 17.128, DE 18 DE AGOSTO DE 2010. **Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos e de equipamento para reaproveitamento de água das chuvas.** Governo do estado de Goiás. Disponível em: [//legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/89131](http://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/89131).

LUZ, V. S. **Reúso de água: estudo de caso em um lava-jato em Cuiabá/MT.** 2017, 45 pgs. TCC (Tecnologia em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso, Campus Cuiabá, Bela Vista, 2017.

MOAZZEM, S. WILLS, J.; FAN, L.; RODDICK, F.; JEGATHEESAN, V. Performance of ceramic ultrafiltration and reverse osmosis membranes in treating car wash wastewater for reuse. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 9, p. 8654–8668, 10 mar. 2018.

MUNDIM, K. R; RIBEIRO, M. S. C; MENDES, A. H. S; FERREIRA, B. G. **Reúso e aproveitamento de água em lava-jato.** Gurupi, 2019, 16 pgs. Disponível em: [//semanaacademica.com.br/system/files/artigos/reuso\\_e\\_aproveitamento\\_de\\_agua\\_em\\_lava\\_jatos\\_-\\_rev005.pdf](http://semanaacademica.com.br/system/files/artigos/reuso_e_aproveitamento_de_agua_em_lava_jatos_-_rev005.pdf). Acesso em: 12 de junho de 2021.

PAULA, V. L. **PROPOSTA PARA O REÚSO DE ÁGUA NO LAVA-JATO PERTENCENTE À PREFEITURA MUNICIPAL DE QUIRINÓPOLIS, GOIÁS.** 2016, 43 pgs. TCC (Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos). Instituto Federal do Ceará, 2016.

SABESP. **Água de reúso – modelos de comercialização.** Disponível em: [site.sabesp.com.br/uploads/file/ap\\_sabesp\\_div\\_grand\\_cons\\_leste.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/ap_sabesp_div_grand_cons_leste.pdf). Acesso em: 22 de Janeiro de 2023.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Agência do Governo do Estado de São Paulo (Org.). **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais: Apêndice D - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade.** 2015. Disponível em: [//cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/publicacoes-e-relatorios/](http://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/publicacoes-e-relatorios/). Acesso em: 13 jan. 2023.

SANEAGO – **Saneamentos de Goiás. Sala de situação hídrica do Abóboras.** 2021. Disponível: <https://qliksense-qap.saneago.com.br/extensions/saladesituacao/saladesituacao.html>.

SUBTIL, E.L.; MIERZWAI, J.C.; HESPANHOL, I.; RODRIGUES, R. Potencial de reúso de água na lavagem de caminhões utilizando Contator Biológico Rotativo. **Revista Ambiente Água**, 11 (4), 2016. <<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1788>>.

### 3.6 Considerações Finais

É importante ressaltar que o sumidouro do lava-jato de estudo está desativado e entupido em razão da grande carga de poluentes do efluente, consequentemente, as águas residuárias geradas são despejadas na rede de esgoto do município, dificultando

as operações nas ETE. O recomendado é tratar o efluente, lançar água de boa qualidade no sumidouro para que se infiltre no solo e continue na mesma bacia hidrográfica.

No sistema de tratamento implantado, há uma unidade de desinfecção ultravioleta para eliminar bactérias, mas está desativada em razão dos problemas que surgiram no laboratório na realização das análises de coliformes termotolerantes, deixando o sistema para futuras análises.

Sugerem-se trabalhos futuros que avaliem um sistema híbrido que faça o tratamento de águas residuárias diluídas em águas pluviais.