

INSTITUTO FEDERAL
GOIANO
Câmpus Rio Verde

BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LAVAGEM DE
VEÍCULOS COMO FORMA DE REDUZIR SEUS IMPACTOS
AMBIENTAIS**

JULIA KATRYNE BARBOSA DOS SANTOS

**Rio Verde, GO
2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CÂMPUS RIO VERDE**

BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS COMO
FORMA DE REDUZIR SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS**

JULIA KATRYNE BARBOSA DOS SANTOS

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em 2024.

Orientador: Dr. Edio Damásio da Silva Junior

**Rio Verde – GO
2024**

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

S237t Santos, Julia Katryne Barbosa dos
Tratamento de águas residuárias de lavagem de
veículos como forma de reduzir seus impactos ambi-
entais / Julia Katryne Barbosa dos Santos; orientador
Edio Damásio da Silva Junior. -- Rio Verde, 2024.
43 f.

TCC (Bacharel em Engenharia Ambiental) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Águas residuais. 2. Gerenciamento sustentável.
3. Impacto ambiental. 4. Gestão de águas residuárias.
5. Turbidez. I. Silva Júnior, Edio Damásio, orient.
II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376

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



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

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 1/2024 - CCMEAS-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 08 dias do mês de agosto de 2024, às 14 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Édio Damásio da Silva Júnior, Andriane de Melo Rodrigues, Patrícia Caldeira de Souza para examinar o Trabalho de Curso intitulado “TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS COMO FORMA DE REDUZIR SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS” da estudante Julia Katryne Barbosa dos Santos, Matrícula nº 2019102200740140 do Curso de Engenharia Ambiental do IF Goiano 3 Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante, com nota de 9,7. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Édio Damásio da Silva Júnior

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Andriane de Melo Rodrigues

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Patrícia Caldeira de Souza

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- Patricia Caldeira de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/08/2024 16:17:43.
- Andriane de Melo Rodrigues, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/08/2024 16:12:31.
- Edio Damasio da Silva Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/08/2024 16:10:07.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 15/08/2024. 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: 623596
Código de Autenticação: 15b0d22042



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

A Deus, por suas bênçãos de saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

Aos meus familiares e amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.

Ao meu orientador, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

A todos os alunos da minha turma, pelo ambiente amistoso no qual convivemos e solidificamos os nossos conhecimentos, o que foi fundamental na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

O presente estudo centra-se na análise das águas residuárias de lavagem de veículos, visando a mitigação do impacto ambiental advindo de suas atividades. Frente ao incremento global dos serviços de lavagem industrial, emergem desafios ambientais significativos que demandam atenção e gestão eficaz. O objetivo da pesquisa é avaliar o tratamento e reúso de águas residuárias, comparando a eficiência e operação de dois sistemas de tratamento. Para obter valores de qualidade, foram analisados os parâmetros de pH, cor aparente, cor verdadeira e turbidez. Mediante isso, os resultados demonstraram que o sistema 2 atingiu uma eficiência de 93,92%. Problemas como colmatação e transbordamentos foram recorrentes, apresentando necessidade de otimização e melhoria dos sistemas. Em contrapartida, o sistema 1, apesar de alinhado a normativas menos restritivas, oferece maior versatilidade no reúso da água tratada e atingiu uma eficiência de 87,93%. As conclusões apontam para a relevância de ajustes operacionais no sistema 2 e a viabilidade do sistema 1 em aplicações diversificadas, enfatizando a importância de práticas sustentáveis e responsáveis na gestão de águas residuárias em lavagem de veículos.

Palavras-chave: Águas residuais. Gerenciamento sustentável. Impacto ambiental. Gestão de águas residuárias. Turbidez

SANTOS, Julia Katryne Barbosa dos. **TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS COMO FORMA DE REDUZIR SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS**. 2024. 43 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2024.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
2.REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1. Lavagem de veículos	9
2.2. Gestão das águas residuais nas lavagem de veículos	11
2.3. Características das águas residuárias da lavagem de veículos	12
2.4. Norma ambiental para reuso das águas residuárias	14
2.5. A reutilização da água segundo a legislação brasileira	16
2.6. Quantidade de consumo de água na lavagem de veículos	17
2.7. Implementação de sistema de tratamento e reúso de águas residuárias.....	17
2.8. A reutilização da água	19
2.9. Impacto Ambiental com a lavagem de veículos.....	21
3. METODOLOGIA	22
3.1. Coleta e análise de amostras	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÕES	34
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
7. REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

As lavagem de veículos desempenham um papel importante na economia e no cotidiano de muitas cidades, oferecendo serviços essenciais de limpeza e manutenção de veículos. A relevância desses estabelecimentos pode ser comprovada sob diferentes aspectos, incluindo os econômicos, sociais, ambientais e técnicos. A limpeza regular dos veículos é essencial para manter a aparência e o valor de revenda de carros e motos. As lavagem de veiculos oferecem serviços de limpeza específicos que ajudam a proteger a pintura, removem contaminantes como sujeira, poluição e partículas de insetos, e evitam a corrosão. Uma boa manutenção pode prolongar a vida útil do veículo e reduzir a necessidade de reparos caros.

A justificativa para a presente monografia se fortalece ao observar que, apesar dos avanços tecnológicos, muitas lavagem de veículos ainda operam com sistemas de tratamento de água que podem ser insuficientes ou inadequados diante das normativas ambientais vigentes. O estudo comparativo entre dois sistemas distintos de tratamento de água revelou desafios significativos relacionados à eficiência operacional e à capacidade de atender às demandas enquanto se mantêm os padrões de qualidade exigidos pela legislação conforme a ABNT NBR 13969/1997. Essas descobertas sublinham a importância de abordagens inovadoras e adaptativas que assegurem não só o cumprimento das normas ambientais (CONAMA nº 54/2005), mas também a viabilidade econômica e operacional dos lavagem de veículos.

O cenário hídrico de Rio Verde, em Goiás, enfrenta sérios problemas devido à crise hídrica que leva à escassez de água tanto para a população quanto para a agricultura. Em 2013, uma audiência pública realizada em Rio Verde discutiu essa crise e ressaltou os problemas subjacentes, agravados pelo uso desenfreado dos recursos hídricos e pela alteração ambiental da bacia hidrográfica. Essas alterações comprometem a infiltração de água no solo e a recarga do aquífero, impactando as qualidades do ciclo hidrológico da região. Entre os principais problemas identificados estão: a ausência de matas ciliares em alguns trechos dos mananciais, erosões, assoreamentos, destruição de nascentes, desmatamentos, remoção de areia, ocupação de áreas de proteção permanente, piscicultura,

desvios de afluentes e barramentos sem descargas de fundo, expansão urbana desordenada, impermeabilização dos solos, e uso intensivo, irregular e não autorizado de recursos hídricos. Esses fatores não só levam ao racionamento de água como também geram conflitos de interesse entre as diversas partes envolvidas, incluindo o setor agrícola, a população urbana e os órgãos de gestão dos recursos hídricos. A gestão sustentável e equitativa dos recursos hídricos é essencial para mitigar esses conflitos e garantir o abastecimento de água adequado na região.

Esta monografia objetiva investigar e avaliar dois sistemas de tratamento de águas residuárias de lavagem de veículos, comparando sua eficiência, operação e manutenção. O estudo também enfoca os desafios ambientais enfrentados pelas lavagens de veículos e enfatiza a necessidade de implementar métodos eficazes de tratamento e gestão das águas residuárias para mitigar esses problemas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Lavagem de veículos

A lavagem do veículo compreende uma série de procedimentos destinados a assegurar a limpeza eficaz, preservação e o cuidado com o automóvel. Esses métodos não apenas removem a sujeira e os resíduos que se acumulam na superfície do veículo, mas protegem também o verniz, o polimento e seus componentes mecânicos. Há uma ampla variedade de métodos de lavagem, que vão de diferentes abordagens manuais a soluções automatizadas, incluindo técnicas ecológicas que buscam minimizar o impacto ambiental.

Os procedimentos de lavagem automotiva mais utilizados são lavagem ecológica que é realizada usando um solvente biodegradável baseado em silicone puro, cera de carnaúba, solvente alifático de glicóis e água, substituindo a água com solvente. Como resultado, a quantidade total de água utilizada foi reduzida substancialmente, para, em média, 200 ml por carro.

Os benefícios da lavagem ecológica não se limitam apenas à conservação dos recursos naturais. Ela também oferece uma série de vantagens, como a proteção da pin-

tura do veículo, uma vez que a cera de carnaúba e o silicone puro proporcionam um acabamento brilhante e duradouro. Além disso, a ausência de produtos químicos agressivos reduz os riscos de danos à superfície do carro e promove uma limpeza eficaz.

Tem-se a lavagem a jato manual é considerado o método mais comum no Brasil, esse procedimento utiliza mangueiras com jatos de alta pressão, detergentes alcalinos, detergentes ácidos e xampu. No entanto, é importante destacar que, mesmo com a coleta e o tratamento das águas residuais, o consumo total de água nesse processo ainda é substancial. Para lavar um único caminhão, por exemplo, o consumo de água pode chegar a 1000 litros ou mais. Essa alta demanda hídrica torna a lavagem a jato manual uma opção de limpeza não sustentável, principalmente em regiões propensas a escassez de água.

E a Lavagem automatizada são empregadas máquinas automatizadas com escovas cilíndricas que entram em contato com o veículo, enquanto ocorre a aspersão de produtos e água, proporcionando a lavagem e o enxágue. Uma característica notável desse método é o movimento da máquina, que se desloca para a frente e para trás, garantindo a cobertura completa do automóvel. Isso é particularmente vantajoso, uma vez que todas as áreas do veículo são tratadas uniformemente, resultando em uma limpeza completa. Além disso, esse tipo de lavagem automatizada é conhecido por sua eficiência em economizar água. Em média, apenas cerca de 140 litros de água são utilizados para limpar cada veículo, tornando-a uma opção mais sustentável quando comparada com métodos manuais de lavagem que podem consumir significativamente mais água (LEAL FILHO, 2015).

Esse método de lavagem é amplamente adotado em lavagens de veículos, pois oferece uma solução eficaz, rápida e econômica. A utilização de escovas cilíndricas e a aspersão controlada de produtos de limpeza garantem que a sujeira seja removida de maneira eficaz, deixando o veículo limpo e brilhante. A combinação de eficiência na limpeza e economia de água torna a lavagem automatizada uma opção atrativa para proprietários de veículos e operadores de lavagem (LEAL FILHO, 2015).

É importante notar que, embora a lavagem automatizada seja eficiente e econômica em termos de consumo de água, ainda é fundamental que os produtos químicos utilizados sejam seguros e não prejudiquem o meio ambiente. Entretanto, a escolha de produtos de limpeza biodegradáveis e sustentáveis é uma prática recomendada para minimizar o impacto ambiental associado à lavagem de veículos automatizada.

Portanto, enquanto a lavagem a jato manual é uma técnica eficaz em termos de limpeza, é essencial considerar alternativas mais sustentáveis, como a lavagem a vapor, a lavagem ecológica ou outras abordagens que reduzam significativamente o consumo de água e minimizem o impacto ambiental associado a essa atividade. A busca por práticas de lavagem mais conscientes em relação aos recursos hídricos é fundamental para promover a preservação do meio ambiente e a gestão responsável dos recursos naturais.

2.2. Gestão das águas residuais nas lavagem de veículos

Considerando que a água é um dos bens de consumo mais vitais para a sociedade, sendo essencial para a vida humana e cujo consumo não pode ser adiado, torna-se evidente que a população enfrenta um desafio significativo em relação à gestão desse recurso. A solução para esse desafio é inquestionavelmente complexa, dada a crescente pressão sobre os recursos hídricos do planeta. No entanto, há medidas e instrumentos que buscam mitigar as perspectivas sombrias em relação ao futuro da água (MANCUSO, 2003).

Um desses instrumentos fundamentais é o desenvolvimento contínuo de novas tecnologias voltadas para a conservação e o uso eficiente dos recursos ambientais. Essas tecnologias abrangem desde métodos avançados de tratamento de água até sistemas inteligentes de monitoramento e gerenciamento hídrico. Esses avanços tecnológicos não apenas permitem uma utilização mais eficiente da água, mas também reduzem o desperdício e minimizam o impacto ambiental associado à exploração desenfreada dos recursos hídricos (MANCUSO, 2003).

Além disso, a racionalização do uso dos recursos hídricos desempenha um papel crucial na busca por soluções sustentáveis. Isso envolve a conscientização da população sobre a importância da economia de água em suas atividades diárias, desde o consumo doméstico até as práticas industriais. A educação e a promoção de práticas de conservação da água são elementos essenciais para garantir que todos possam contribuir para a preservação desse recurso vital (KLAUTAU, GONÇALVES, 2007).

No cerne dessas estratégias está o conceito de reuso de água, que ganha destaque cada vez maior. O reuso de água envolve a coleta, tratamento e utilização de água previamente usada em diversas aplicações, como irrigação, descarga de sanitários e até mesmo na indústria. Essa prática não apenas reduz a demanda sobre os recursos hídricos naturais, mas também contribui para a conservação do meio ambiente e a preservação da qualidade da água (FREIRE et al, 2023).

Em resumo, diante dos desafios relacionados à disponibilidade de água, o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e a promoção do reuso de água representam instrumentos cruciais na busca por soluções para garantir o acesso contínuo a esse recurso essencial. A conscientização da sociedade sobre a importância da gestão responsável da água desempenha um papel central nesse esforço coletivo para proteger e preservar esse bem precioso para as gerações presentes e futuras.

2.3. Características das águas residuárias da lavagem de veículos

Para a lavagem externa de automóveis, são comumente utilizados três tipos de produtos de limpeza, cada um projetado para tratar diferentes tipos de sujeira e impurezas. Esses produtos desempenham um papel crucial na obtenção de resultados eficazes e brilho nos veículos. Abaixo, descrevemos esses produtos e suas aplicações, conforme discutido por Leal Filho (2015), o Detergente Ácido (Intercap) é amplamente utilizado na remoção de impurezas comuns que se acumulam na superfície dos veículos. É reconhecido por sua coloração roxa e um odor característico. Sua ação ácida é eficaz na remoção de sujeira superficial, como poeira, fuligem e outros contaminantes leves. Postos de automóveis, empresas de ônibus e transportadoras frequentemente utilizam esse tipo de detergente.

Já o Detergente Alcalino, é o detergente alcalino é recomendado para a remoção de sujeira pesada, como óleos, graxas e sujeira acumulada em áreas mais difíceis, como chassis de veículos, motores e pneus. Ele é caracterizado por sua coloração azul e um odor distinto. A natureza alcalina desse detergente permite a quebra eficaz de impurezas persistentes, tornando-o ideal para aplicações que envolvem sujeira pesada.

O Shampoo Automotivo Neutro é projetado para limpeza leve e suave em veículos. É conhecido por sua natureza neutra, o que significa que não possui propriedades ácidas ou alcalinas significativas. O shampoo automotivo neutro é usado para a lavagem geral de veículos e pode ser encontrado em uma variedade de fragrâncias. Sua coloração geralmente é amarelada. Esse tipo de shampoo é amplamente utilizado em indústrias e em locais onde a limpeza de veículos requer um enfoque mais suave.

Essa variedade de produtos de limpeza permite que os operadores de lavagem automotiva escolham o mais adequado com base na natureza da sujeira e das impurezas presentes nos veículos. A seleção correta desses produtos contribui significativamente para a eficiência do processo de limpeza e para a obtenção de resultados de alta qualidade, mantendo a aparência e o brilho dos veículos.

Os serviços de lavagem de veículos, comumente realizados em diversas partes do mundo, são notoriamente conhecidos por consumirem uma quantidade considerável de água, com a preocupação de que grande parte desse recurso valioso não seja reaproveitado e, frequentemente, seja despejado no meio ambiente sem o devido tratamento. Essa prática gera impactos significativos em termos de custos para inúmeras empresas e, ao mesmo tempo, pode resultar em danos ambientais de considerável magnitude.

Um dos principais problemas associados a essa prática é a composição das águas residuais da lavagem de veículos, conhecidas como Águas Residuais de Lavagem de Jato (ARLJ). Estudos realizados por especialistas em diferentes regiões do mundo têm revelado a presença de diversos poluentes nesse tipo de água residencial. Entre os poluentes comumente encontrados, destacam-se surfactantes, óleos e graxas, altas concentrações de matéria orgânica, metais pesados e sólidos em suspensão (ROSA et al., 2011).

Essa variedade de poluentes nas ARLJ representa um risco significativo para o meio ambiente e os ecossistemas aquáticos. A presença de surfactantes pode afetar a tensão superficial da água e prejudicar a vida aquática, enquanto óleos e graxas contribuem para a poluição do recurso hídrico. A presença de metais pesados nas águas residuais também é uma preocupação, pois esses metais podem ser tóxicos para a fauna e flora aquáticas (ROSA et al., 2011).

Além dos impactos ambientais, a descarga inadequada de ARLJ também pode resultar em implicações legais e regulatórias para empresas e lavagens de veículos. Portanto, a necessidade de adotar práticas sustentáveis e sistemas eficientes de tratamento e reciclagem de água tornou-se uma prioridade em muitas regiões, buscando reduzir o consumo de água, minimizar a poluição e atender às regulamentações ambientais. A implementação de sistemas de reciclagem de água e a escolha de produtos de limpeza mais ecológicos são abordagens essenciais para mitigar os impactos negativos associados aos serviços de lavagem de veículos.

A Norma Técnica Brasileira NBR 13969 é um documento normativo que estabelece diretrizes e regulamentações para o tratamento de águas com o objetivo de reutilizá-las em diversas atividades. Ela define várias classes de reúso de água, cada uma correspondente a uma aplicação específica. A classe 1 dessa norma está relacionada à lavagem de automóveis e estabelece padrões rigorosos para a qualidade da água reutilizada nesse contexto.

2.4. Norma ambiental para reúso das águas residuárias

O reúso da água na lavagem de veículos é uma prática ambientalmente responsável que contribui para a conservação dos recursos hídricos e a redução do impacto ambiental. A NBR 13969 define diretrizes claras para garantir que a água reutilizada atenda a critérios de qualidade que a tornam adequada para essa finalidade.

A Tabela 1, montada baseada na norma, é uma ferramenta fundamental que descreve os padrões e parâmetros que devem ser atendidos para garantir a qualidade da água de reúso na lavagem de automóveis. Ela estabelece limites para vários indicadores de qualidade, como turbidez, concentrações de sólidos suspensos e conteúdo de substâncias indesejáveis.

Tabela 1: Parâmetros para reúso em lavagem de automóveis.

Parâmetro	Padrão adotado	Unidade
Turbidez	< 5	NTU
Coliformes termotolerantes	< 200	NMP/100mL
Sólidos dissolvidos	< 200	Mg/L
pH	6 a 8	-
Cloro residual	0,5 a 1,5	Mg/L

Fonte: Freire et al, 2023.

Esses padrões não apenas garantem a eficácia do processo de lavagem, mas também a proteção do meio ambiente e a saúde pública. O cumprimento dessas diretrizes ajuda a prevenir a contaminação do solo e das águas subterrâneas, além de promover a sustentabilidade na gestão de recursos hídricos.

Dessa forma, a NBR 13969, classe 1, desempenha um papel crucial ao promover práticas de reúso responsáveis e sustentáveis na lavagem de automóveis, contribuindo para a preservação do meio ambiente e o uso eficiente da água.

O tratamento de Águas Residuais de Lavagem de Jato (ARLJ) que contêm detergentes representa um dos desafios significativos na área da engenharia sanitária, como apontado por Teixeira (2003). Essas águas residuais frequentemente contêm substâncias que têm o potencial de alterar substancialmente as propriedades da água, resultando na formação de emulsões e espumas instáveis. Esse fenômeno pode ser um obstáculo significativo no tratamento adequado dessas águas residuais.

Um dos principais fatores contribuintes para essa questão é o uso de detergentes na lavagem de veículos. Esses produtos têm a capacidade de criar emulsões, onde óleos e graxas são dispersos na água, dificultando sua separação. Da mesma forma, a formação de espumas, que é comum quando detergentes são usados em grande quantidade, pode prejudicar o tratamento das ARLJ, uma vez que espumas disformes tornam o processo de separação de sólidos e líquidos mais complexos.

É importante notar que a composição das águas residuais geradas no processo de lavagem de veículos pode variar consideravelmente, dependendo do tipo de lavagem e dos produtos utilizados. Portanto, a escolha dos produtos de limpeza e a implementação de práticas sustentáveis podem ter um impacto direto na qualidade das águas residuais e na eficácia dos sistemas de tratamento. Essas considerações são cruciais para a promoção de práticas de lavagem de veículos mais ambientalmente responsáveis (TEIXEIRA, 2003).

2.5. A reutilização da água segundo a legislação brasileira

A reutilização da água tem se tornado uma prática cada vez mais essencial diante da crescente escassez hídrica e da necessidade de sustentabilidade. No Brasil, a legislação sobre o reuso de água é abrangente, sendo regulamentada por diversos órgãos federais, estaduais e municipais. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) estabelece diretrizes para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos, incentivando o uso racional e a reutilização da água.

A Resolução CONAMA nº 54/2005 dispõe sobre os critérios para a reutilização direta de águas residuais urbanas e industriais. Esta resolução estabelece parâmetros de qualidade e segurança para o reuso de água, visando a proteção da saúde pública e do meio ambiente (CONAMA, 2005). Além disso, a Norma ABNT NBR 13969:1997 especifica os requisitos para o tratamento de efluentes sanitários e a sua reutilização, abrangendo aspectos como a classificação dos tipos de reuso e as tecnologias de tratamento adequadas (ABNT, 1997).

Segundo Silva (2021), a reutilização da água no Brasil enfrenta desafios relacionados à falta de infraestrutura adequada e ao desconhecimento técnico por parte da população e das indústrias. Entretanto, iniciativas como o Programa Nacional de Conservação de Água (Proagua) têm promovido a conscientização e a implementação de tecnologias para o reuso de água em diversas regiões do país (SILVA, 2021).

No contexto mundial, a reutilização da água também é regulamentada por legislações específicas. Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) fornece diretrizes para o reuso de água através do "Guidelines for Water Reuse" (EPA, 2012). Este documento detalha os tipos de reuso, incluindo o reuso potável e não potável, e os padrões de qualidade necessários para cada aplicação. Na Europa, a Diretiva 2020/741 do Parlamento Europeu e do Conselho estabelece requisitos mínimos para a reutilização segura da água para a irrigação agrícola, promovendo a eficiência hídrica e a proteção da saúde pública (EUROPEAN UNION, 2020).

Apesar dos avanços, ainda há desafios a serem superados, como a harmonização das legislações e a criação de uma cultura de reuso entre a população. Segundo Santos (2020), é necessário um esforço conjunto entre governos, empresas e sociedade para promover a reutilização da água de forma eficaz e sustentável (SANTOS, 2020).

2.6. Quantidade de consumo de água na lavagem de veículos

O procedimento tradicional de lavagem de veículos tem sido notório pelo seu consumo significativo de água, chegando a utilizar até 200 litros de água por veículo. Em situações específicas, como a lavagem de caminhões, esse número pode aumentar consideravelmente, variando de 350 a 900 litros por veículo, dependendo do método de lavagem empregado (HUYBRECHTS et al., 2002).

Quando extrapolamos esses números para a frota nacional de veículos no Brasil, surge um panorama impactante. Estima-se que mensalmente sejam consumidos cerca de 7 milhões de metros cúbicos de água na lavagem de automóveis, ônibus e caminhões em todo o país. Essa quantidade de água é considerável, e sua utilização em um contexto em que a água é um recurso cada vez mais escasso torna essa prática uma preocupação ambiental relevante.

É nesse contexto que as Águas Residuais de Lavagem de Jato (ARLJ) emergem como uma opção de menor impacto. Elas são bem recebidas pelos usuários, em parte devido ao seu potencial de poluição inferior em comparação com esgotos domésticos e industriais (LAU et al., 2013). Esse fato abre a perspectiva de explorar tecnologias de tratamento e reúso dessas águas residuais nos serviços de lavagem de veículos.

2.7. Implementação de sistema de tratamento e reúso de águas residuárias

A implementação de sistemas de tratamento e reúso de ARLJ pode contribuir significativamente para a redução do consumo de água potável nessa indústria. Além disso, demonstra um compromisso com práticas mais sustentáveis e responsáveis do ponto de vista ambiental. Isso se alinha com uma crescente conscientização sobre a necessidade de conservar e utilizar nossos recursos hídricos de maneira mais eficiente, especialmente em um contexto de mudanças climáticas e escassez de água. Portanto, a avaliação de tecnologias de tratamento e reúso de ARLJ representa um passo promissor na busca por práticas de lavagem de veículos mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis.

A busca por soluções tecnológicas que se adaptem à realidade econômica das pequenas empresas é um desafio importante na implementação de práticas sustentáveis, como o reúso de água. Esse desafio se torna particularmente evidente no contexto dos

Lavagem de veículos de pequeno porte, onde a necessidade de reduzir custos e evitar a contaminação ambiental é premente (MUNDIM et al., 2019).

Atualmente, não existe um padrão único para sistemas de tratamento de águas residuais de lavagem de veículos (ARLJ). Os regulamentos de licenciamento ambiental geralmente exigem etapas iniciais de pré-tratamento, como a utilização de caixas de areia para a remoção de sólidos sedimentáveis e caixas separadoras de água e óleo. Essas etapas visam a reduzir a carga de poluentes antes que a água seja descartada no ambiente. No entanto, a escolha de métodos complementares de tratamento pode variar amplamente, dependendo de diversos fatores, incluindo o porte do estabelecimento e a disponibilidade de recursos financeiros.

A Tabela 2 destaca essa diversidade de opções de tratamento, que podem incluir desde sistemas simples de filtração até tecnologias mais avançadas, como a oxidação avançada.

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

Autor(es)	Tipo de Tratamento	Melhores resultados
Rodrigues et al. (2021)	Biodigestor	Redução de DBO de 90% a 96%
Coelho e Silva (2019)	Equalização, Decantação e Filtração	Cor aparente 90% 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)	Contador 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: Freire et al, 2023

A implementação bem-sucedida do reúso de água em lavagem de veículos de pequeno porte requer a consideração cuidadosa das condições locais, dos recursos disponíveis e das necessidades específicas do negócio. Além disso, a pesquisa contínua e a avaliação da eficácia desses métodos são essenciais para garantir que os objetivos de redução de custos e proteção ambiental sejam alcançados. Portanto, a falta de um padrão único não é uma limitação, mas sim uma oportunidade para a inovação e a adaptação de soluções sustentáveis que atendam às demandas de cada estabelecimento de lavagem de veículos de pequeno porte.

2.8. A reutilização da água

O reúso de água é uma prática que se insere em um contexto mais amplo de uso racional e eficiente dos recursos hídricos. Esse conceito abrange não apenas o reúso, mas também o controle de perdas e desperdícios de água, além da minimização da produção de efluentes e do consumo excessivo desse precioso recurso.

Nesse contexto, os esgotos tratados desempenham um papel crucial no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos. Eles se apresentam como uma alternativa viável e ambientalmente responsável para substituir o uso de água de qualidade superior em diversas aplicações, como fins agrícolas e de irrigação, entre outros (JERONIMO, ASEVEDO, 2012).

A utilização de esgotos tratados como fonte de água para atividades que não exigem água potável contribui significativamente para a conservação dos recursos hídricos, reduzindo a pressão sobre fontes naturais de água doce. Além disso, promove a economia de água potável, que pode ser direcionada para usos prioritários, como o abastecimento doméstico e industrial (JERONIMO, ASEVEDO, 2012).

Portanto, o reúso de água e a incorporação dos esgotos tratados em processos produtivos e atividades agrícolas são estratégias essenciais para a promoção da sustentabilidade hídrica, a conservação do meio ambiente e a preservação dos recursos hídricos para as gerações futuras. Essas práticas representam um importante passo em direção a um uso mais responsável e eficiente da água em nossa sociedade.

O reuso de água é uma estratégia fundamental para a conservação dos recursos hídricos e a redução da demanda sobre os mananciais de água doce. Essa prática se baseia na substituição da água potável por uma fonte de qualidade inferior, geralmente efluentes pós-tratados, de acordo com a qualidade exigida para um uso específico (COELHO, DA SILVA, 2019).

Conforme a definição da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 1973, o reuso de água pode ser classificado em duas categorias distintas.

A primeira é o reuso indireto, onde a água previamente utilizada em atividades domésticas ou industriais é direcionada para corpos d'água superficiais ou aquíferos subterrâneos. Após esse descarte, a água é novamente captada e utilizada em jusante, após passar por um processo de diluição natural. Esse método permite que a água seja reintroduzida no ambiente com a possibilidade de ser captada novamente para uso posterior (FREIRE et al, 2023).

Já a segunda, é a forma de reuso direto, que implica no uso planejado e intencional de efluentes tratados para atender a finalidades específicas. Essa água, após o tratamento adequado, pode ser direcionada para diversos usos, como irrigação, processos industriais, recarga de aquíferos ou até mesmo como fonte de água potável. Nesse caso, não ocorre a diluição natural da água em corpos d'água, sendo seu reaproveitamento direto para fins determinados.

Essas abordagens de reuso de água desempenham um papel crucial na gestão sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para a conservação da água doce e a redução da pressão sobre os mananciais naturais. Além disso, promovem a eficiência no uso da água e podem ser uma estratégia fundamental para enfrentar os desafios da escassez hídrica em muitas regiões do mundo (COELHO, DA SILVA, 2019).

Portanto, o reuso de água desempenha um papel crucial na busca por uma gestão hídrica mais sustentável, promovendo o uso responsável e eficiente desse recurso vital. Essa prática representa uma importante estratégia para enfrentar os desafios relacionados à disponibilidade de água no mundo contemporâneo e para garantir sua preservação para as futuras gerações.

2.9. Impacto Ambiental com a lavagem de veículos

A atividade de lavagem de veículos, é conhecida por ser uma fonte de poluição para os corpos hídricos. Devido ao impacto ambiental que ela pode gerar, surge a necessidade de regulamentação e fiscalização por parte das autoridades públicas. Para atender a essa demanda, algumas cidades no Brasil têm adotado projetos que visam tratar os efluentes provenientes desses estabelecimentos, com a intenção de promover o reúso dessas águas.

De acordo com Mundim et al (2019), o processo começa com a análise dos resíduos em laboratório, o que possibilita o planejamento de estratégias de tratamento mais adequadas sob uma perspectiva ambiental. É importante ressaltar que existem métodos de tratamento de Águas Residuais de Lavagem de Jato (ARLJ) que são economicamente viáveis e não representam um ônus financeiro excessivo para as empresas.

Essa abordagem é relevante por diversos motivos. Primeiramente, ela contribui para a mitigação dos impactos ambientais associados à lavagem de veículos, o que é de grande importância, considerando a preocupação crescente com a preservação dos recursos hídricos e o cumprimento de normas ambientais. Além disso, ao promover o reúso das ARLJ tratadas, ela permite economizar água potável, um recurso cada vez mais escasso.

A busca por soluções de tratamento e reúso de ARLJ que sejam eficazes, de baixo custo e ambientalmente responsáveis é, portanto, um passo na direção certa para a indústria de lavagem de veículos. Isso não apenas atende às preocupações ambientais e regulatórias, mas também pode resultar em economias operacionais a longo prazo, tornando essas empresas mais sustentáveis e conscientes de seu impacto no meio ambiente.

A reutilização de águas residuárias, como destacado por Dantas e Anamias (2017), apresenta uma série de benefícios nos âmbitos ambiental, econômico e social. Esses benefícios refletem diretamente na promoção da sustentabilidade e na redução dos impactos negativos ao meio ambiente.

No aspecto econômico, a reutilização de águas residuárias pode ser uma estratégia financeiramente vantajosa. Reduz os custos associados ao tratamento de esgotos e

ao fornecimento de água potável, uma vez que parte da demanda de água é atendida com águas tratadas e reutilizadas. Além disso, a implantação de sistemas de reutilização pode criar oportunidades de negócios e empregos no setor de tecnologias sustentáveis.

No âmbito social, a reutilização também pode ter impactos positivos. Garantir o acesso à água limpa e segura é fundamental para a saúde e o bem-estar das comunidades. A reutilização de águas residuárias contribui para a disponibilidade contínua de água, mesmo em condições de escassez, beneficiando tanto áreas urbanas quanto rurais.

Portanto, a reutilização de águas residuárias é uma prática que representa uma abordagem inteligente e sustentável para o gerenciamento da água. Ela não apenas alivia a pressão sobre os ecossistemas naturais e os recursos hídricos, mas também oferece oportunidades econômicas e melhora a qualidade de vida das comunidades. Por esses motivos, a promoção da reutilização de águas residuárias deve ser incentivada e integrada às políticas de gestão de recursos hídricos em todo o mundo.

3. METODOLOGIA

Para desenvolver o estudo em questão, adotou-se uma metodologia que integra a análise prática no lava rápido ESTETICAR com uma abordagem teórica fundamentada no método dedutivo e na pesquisa bibliográfica. A escolha do ESTETICAR, um negócio estabelecido em 20 de agosto de 2014 no Bairro Parque Bandeirantes, em Rio Verde, Goiás, e especializado em serviços de lavagem, lubrificação e polimento de veículos, proporciona um contexto real e relevante para a investigação.

Inicialmente, foi feita uma abordagem prática no Lava rápido ESTETICAR envolveu a observação direta dos processos operacionais, incluindo a interação com funcionários e gestores para compreender melhor as práticas internas e os desafios enfrentados. Esta fase incluiu a coleta de dados sobre o consumo de recursos como água e energia, além da análise dos sistemas de tratamento de águas residuais utilizados.

Paralelamente, a pesquisa foi intensificada por meio do método dedutivo, aplicando teorias gerais de gestão ambiental e práticas sustentáveis em pequenos empreendimentos ao contexto específico do lava rápido ESTETICAR. Essa abordagem teórica foi com-

plementada por uma extensa pesquisa bibliográfica, que incluiu a revisão de literatura acadêmica, análise de casos semelhantes e a integração de práticas recomendadas encontradas na literatura com as observações práticas.

Ao combinar a análise prática com a teoria, busca-se não apenas compreender as operações do ESTETICAR, mas também identificar oportunidades de melhoria e inovação. Essa metodologia integrada permite avaliar a eficácia das práticas atuais dos lavagem de veículos e sugerir recomendações baseadas em evidências e em teorias comprovadas, visando a sustentabilidade e a eficiência operacional.

O serviço ofertado no ESTETICAR é a lavagem externa de veículos, utilizando uma combinação de tecnologias de rollover e jato manual. Além disso, a aplicação de cera é outra atividade frequentemente realizada. O estabelecimento dispõe de dois sistemas de operação paralelos, permitindo atender mais de 200 veículos por semana. A água usada nessas atividades provém de um poço tubular profundo, armazenada em um tanque de 30.000 m³. O consumo médio diário desse poço é de aproximadamente 10.000 litros.

No que diz respeito aos sistemas de tratamento de águas residuárias, é essencial implementar etapas adicionais de tratamento além do sistema preliminar existente, para que a água possa atender aos padrões de descarte e reúso. Dada a infraestrutura já em uso no empreendimento, foi necessário acrescentar tecnologias como filtração lenta, filtros de carvão ativado e membranas de filtração.

No lava rápido ESTETICAR, o sistema preliminar de tratamento já está instalado e operacional, composto por diversas unidades com as seguintes dimensões:

Tabela 3: Dimensões das unidades do tratamento preliminar

Unidade de Tratamento	Largura (m)	Comprimento (m)	Profundidade (m)	Descrição
Caixa de Areia	1.1	1.2	1.85	Responsável pela remoção de sólidos em suspensão e outras partículas maiores, protegendo o sistema de tratamento subsequente.
Caixa SAO	1.1	1.25	1.9	Separador de Água e Óleo, essencial para evitar contaminação do esgoto municipal ou do meio ambiente, garantindo que apenas água limpa seja descartada ou reutilizada.

Caixa de Recepção	0.8	1.2	1.9	Ponto inicial do sistema de tratamento, onde a água usada para lavagem dos veículos é coletada antes de passar pelas etapas de tratamento.
Caixa de Bombas	0.8	1.15	1.5	Utilizada para bombear a água entre as diferentes etapas do sistema de tratamento ou para fora do sistema, após o tratamento estar completo.

Fonte: Adaptada pela autora.

Cada uma dessas estruturas é uma parte vital do sistema de tratamento preliminar, trabalhando em conjunto para assegurar que a água utilizada no lava rápido ESTETICAR seja adequadamente tratada antes de sua disposição final ou reuso.

Logo, o projeto visou implementar um sistema eficiente de tratamento de águas residuárias originárias de uma caixa de recepção. O foco principal é no bombeamento e subsequente tratamento dessas águas, visando seu reuso seguro ou descarte apropriado. Para alcançar esse objetivo, foram exploradas duas abordagens distintas de tratamento de água, ambas envolvendo processos de filtração meticolosos.

Essas abordagens são detalhadamente descritas nas Tabelas 4 e 5, que servem como um resumo compreensivo das metodologias adotadas. Cada tipologia de tratamento é caracterizada por unidades específicas, direcionamento do fluxo de escoamento, e uma combinação particular de materiais filtrantes. Na figura 01 retrata o fluxograma detalhado do procedimento das águas residuárias mostrando que as duas metodologias compartilham algumas etapas comuns, incluindo o material filtrante de carvão ativado e a filtração através de membranas de polipropileno.

Tabela 4: Dados do sistema 1.

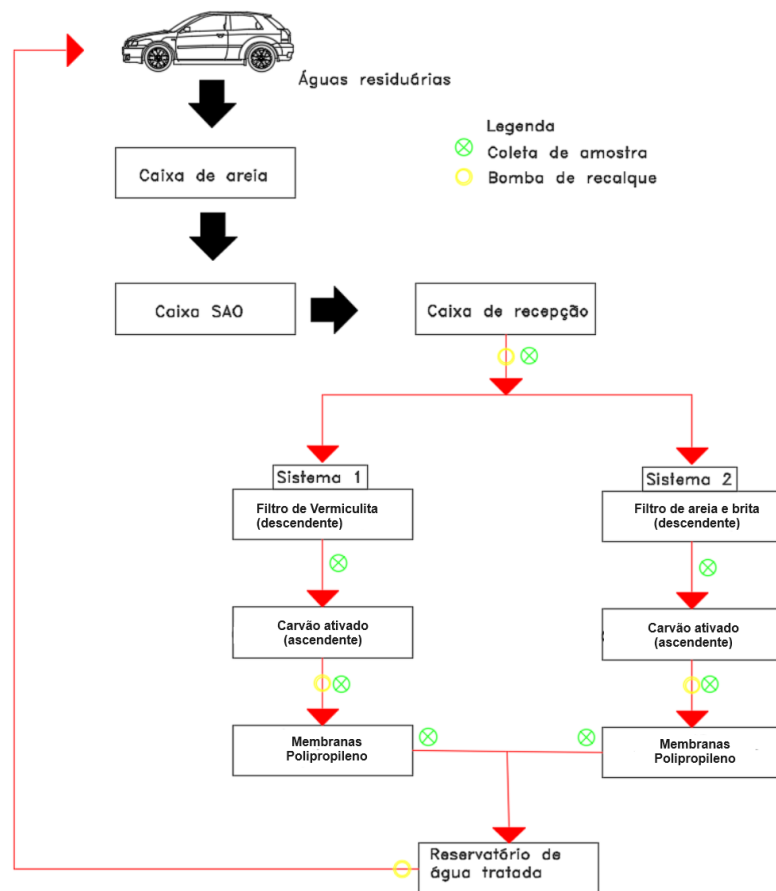
Sistema 01				
Unidade	Escoamento	Material filtrante	Dimensões	Borda livre
1a e 1b	Descendente	Vermiculita	2,5m (altura) x 0,3m (diâmetro)	1m
4c	Ascendente	Carvão ativado	1m (altura) x 0,3m (diâmetro)	0,10m
6f	-	Polipropileno	0,62m (altura) x 0,18m (diâmetro)	-

Fonte: Autora.

Tabela 5: Dados do sistema 2.

Sistema 02				
Unidade	Escoamento	Material filtrante	Dimensões	Borda livre
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
5f	Ascendente	Carvão ativado	1m (altura) x 0,3m (diâmetro)	0,10m
7f	-	Polipropileno	0,62m (altura) x 0,18m (diâmetro)	-

Fonte: Autora.



Fonte: Autora.

Além disso, os detalhes sobre a borda livre de cada sistema são cruciais para entender a capacidade e eficiência do processo de tratamento. Este projeto visa não só tratar as águas residuais de maneira eficaz, mas também estabelecer um modelo de sustentabilidade e responsabilidade ambiental.

O sistema de bombeamento essencial para este projeto de tratamento de águas é centrado em uma bomba submersa de alta eficiência, especificamente o modelo Poco Sapo Rymer 2000. Esta bomba, com uma potência robusta de 300 W e operando a uma tensão de 220 V, é o coração do sistema, garantindo o fluxo contínuo de água através das várias etapas de tratamento. Sua operação é regulada por uma boia de nível elétrico, cuidadosamente instalada a 50 cm de profundidade na caixa de recepção, assegurando um controle preciso do nível de água.

Um elemento crucial no tratamento avançado de água é o filtro de carvão ativado. Esta tecnologia destaca-se pela sua capacidade de remover sólidos dissolvidos e íons da água, graças à ampla superfície específica do carvão. O filtro em questão, com um design de fluxo ascendente, foi meticulosamente preenchido com carvão ativado granular 8x30 mesh, possuindo dimensões de 0,3m de diâmetro e 1,0m de altura. Esta escolha garante uma filtragem eficiente e profunda.

Segue-se a esta etapa a filtração por uma membrana de filtro de polipropileno liso. Com uma carcaça big blue e um cartucho modelo 20" x 4 1/2" com entrada e saída de 1 1/2", essa unidade de filtração por membranas é crucial no processo. O escoamento da água é forçado por bombeamento, garantindo que a água passe através da membrana, onde impurezas adicionais são removidas.

Após passar por todas estas etapas de tratamento, a água é finalmente direcionada ao reservatório final. Aqui, ela está pronta para ser reutilizada em aplicações práticas, como na lavagem de veículos, demonstrando o sucesso do sistema de tratamento na recuperação e reúso de águas residuais.

3.1. Coleta e análise de amostras

No contexto deste estudo, sete pontos estratégicos de coleta de amostras de água foram estabelecidos, visando uma análise abrangente do processo de tratamento. Os pontos incluem várias fases do tratamento, identificados como: 1) após tratamento preliminar; 2) ponto 1ab; 3) ponto 3ab; 4) ponto 4c; 5) ponto 5c; 6) ponto 6f; e 7) ponto 7f.

A metodologia de amostragem adotada foi intensiva e bem planejada, estendendo-se por um período de cinco semanas. Na primeira semana, as amostras foram coletadas durante duas horas diárias. Este período foi gradativamente aumentado nas semanas subsequentes, com quatro, seis, oito e dez horas de monitoramento por dia, respectivamente. Em intervalos regulares de 30 minutos, 1 hora ou 2 horas, foram coletadas amostras de 50 a 100 ml de água, garantindo que cada frasco de coleta atingisse um volume mínimo de 300 ml e máximo de 500 ml.

Para um controle mais preciso do fluxo de água, hidrômetros da classe B foram instalados em dois pontos cruciais das tubulações. O primeiro hidrômetro, situado no ponto mais alto, conecta o sistema 1ab e faz parte do tratamento 1. O segundo, localizado em um ponto mais baixo, liga o sistema 3ab e é parte integrante do tratamento 2.

Importante ressaltar que, segundo a NBR 13969/1997, há parâmetros específicos para a lavagem de automóveis com reúso de águas de esgoto tratadas. Contudo, devido à origem da água residuária deste estudo ser de um poço subterrâneo, alguns parâmetros dessa normativa não foram aplicáveis ou analisados. Isso inclui cloro residual, sólidos dissolvidos e coliformes fecais, principalmente devido às limitações técnicas no laboratório. Os parâmetros analisados foram pH, turbidez, cor verdadeira e cor aparente. O método utilizado envolveu equipamentos específicos para realizar essas análises.

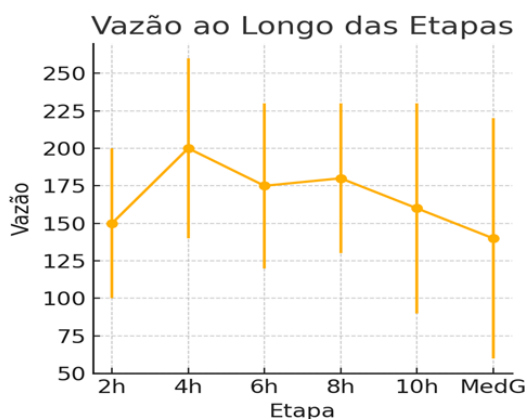
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras coletadas no Sistema 1 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 figura 1. No estudo realizado na lavagem de veículos, a análise dos parâmetros indicou que os níveis de pH se mantiveram em conformidade com os limites regulamentares. Entretanto, a turbidez superou as normativas vigentes e somente a medição de cor verdadeira na etapa de 4 horas atendeu aos critérios restritivos, que estipulam um limite inferior a 10 unidades Hazen (uH), conforme as diretrizes da ANA/FIESP/SINDUSCON-SP.

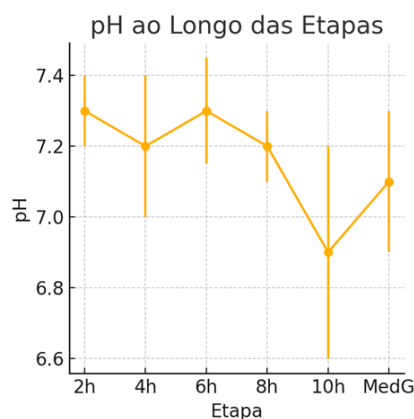
Os dados coletados para o sistema 1 revelaram uma vazão média de 142,7 litros por hora. Especificamente no tratamento 1, o lava rápido em análise demonstrou médias de pH de 7,2, cor aparente de 44 uH, cor verdadeira de 19 uH e turbidez de 7,90 unidades nefelométricas de turbidez (UNT). A etapa de 6 horas apresentou desempenho inferior em todos os parâmetros, coincidindo com uma semana de desafios operacionais devido ao transbordamento da rede de esgoto, ocasionado pela alta demanda e fluxo intenso de veículos. A situação exigiu a desobstrução da rede de esgoto e manutenção subsequente do sistema de tratamento, que estava sendo sobrecarregado com água excessivamente lamosa. As amostras foram coletadas após essas intervenções, que incluíram a limpeza e esvaziamento dos sistemas para remover a água de coloração anormal.

Figura 1: Análise da vazão do sistema 1.

Figura 2: Análise do pH ao longo das etapas do sistema 1.

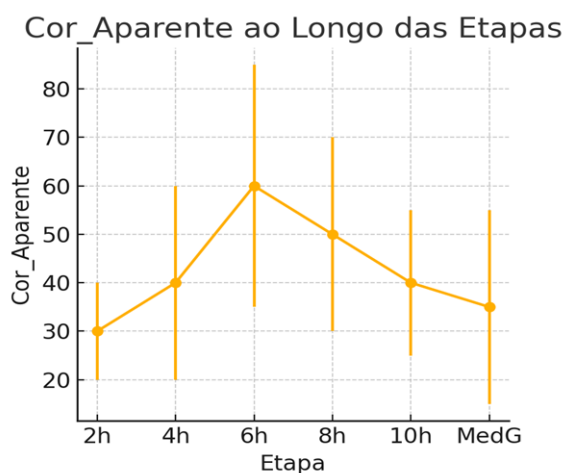


Fonte: Autora.

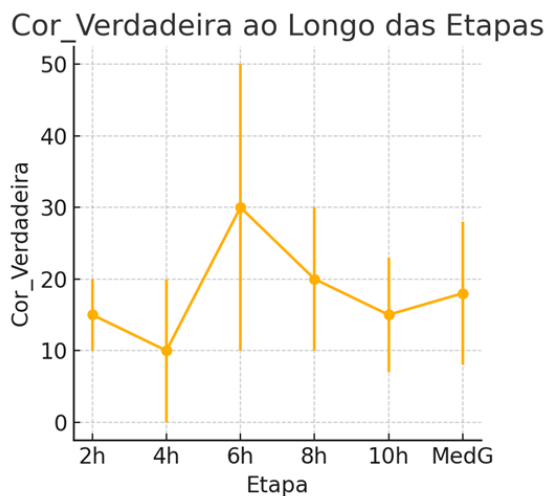


Fonte: Autora

Figura 3: Análise de cor ao longo das etapas do sistema 1. Figura 4: Análise da cor verdadeira ao longo das etapas do sistema 1.

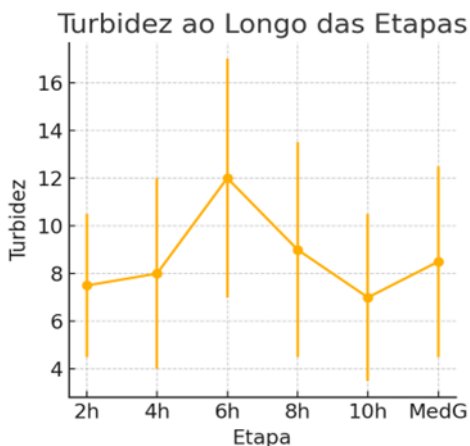


Fonte: Autora.



Fonte: Autora.

Figura 5: Análise de turbidez ao longo das etapas do sistema 1.



Fonte: Autora.

A análise dos resultados do sistema 1 revela sua incapacidade de atender aos rigorosos padrões da NBR 13969 para a classe 1 e classe 2, que exigem turbidez inferior a 5 UNT. Este sistema, no entanto, apresentou valores de turbidez admissíveis para a classe 3, que permite turbidez inferior a 10 UNT, adequados para uso em descargas de vasos sanitários. Em comparação com os parâmetros da SABESP, que permitem turbidez de até 20 UNT, o sistema 1 se mostrou eficiente para a lavagem de veículos.

Comparando com outros estudos na literatura, observa-se que o sistema 1 apresenta desempenho inferior. Em um estudo conduzido por Santos e Silva (2019), foi avaliado um sistema de tratamento de águas residuais similar aplicado em lavagens de veículos. O sistema demonstrou eficiência significativa, alcançando níveis de turbidez de 3 UNT, atendendo aos requisitos da NBR 13969 para classe 1 e classe 2. Este resultado indica que o sistema de Santos e Silva foi superior ao sistema 1 em termos de redução da turbidez.

Oliveira et al (2020) investigaram um sistema de reuso de água em um contexto industrial, onde a turbidez foi reduzida consistentemente para valores inferiores a 5 UNT, atendendo aos padrões da NBR 13969 para classe 1 e classe 2. A eficiência do sistema de Oliveira et al. sugere um desempenho superior em comparação com o sistema 1 deste estudo.

Souza e Pereira (2021) exploraram a utilização de tecnologias avançadas de membranas para o tratamento de águas residuais. O sistema desenvolvido por eles conseguiu alcançar uma turbidez de 2 UNT, novamente atendendo aos rigorosos critérios da NBR 13969 para classes 1 e 2. Comparado ao sistema 1, este sistema demonstrou uma eficiência significativamente maior.

Mendes e Rodrigues (2022) estudaram a aplicação de filtros biológicos no tratamento de águas residuais para reuso em lavagens de veículos. O sistema apresentou resultados com turbidez de 8 UNT, adequado para classe 3 da NBR 13969 e para os parâmetros da SABESP. Este resultado é comparável ao do sistema 1, indicando uma eficiência similar.

Os resultados deste trabalho indicam que o sistema 1, embora eficiente dentro dos parâmetros da SABESP, fica aquém das exigências mais rigorosas da NBR 13969 para classes 1 e 2. Comparado a outros sistemas documentados na literatura, como os estudos de Santos e Silva (2019), Oliveira et al. (2020) e Souza e Pereira (2021), o sistema 1 demonstra uma eficiência inferior em termos de redução de turbidez. No entanto, seu desempenho é similar ao observado por Mendes e Rodrigues (2022), sugerindo que tecnologias de tratamento mais avançadas ou diferentes abordagens de filtragem podem ser necessárias para melhorar a qualidade da água tratada conforme os padrões mais rigorosos.

As Lavagem de veículos, na gestão de seus recursos hídricos, recorrem frequentemente a fontes subterrâneas pela facilidade de acesso e pela qualidade superior quando comparada à água de rios ou à fornecida pelas concessionárias locais. Esse cenário sublinha a importância de tratamentos adequados da água usada, assegurando que, ao ser devolvida ao ambiente, não prejudique a qualidade da água ou o ecossistema circundante. Métodos como poços e valas de infiltração são soluções eficazes, permitindo que a água tratada retorne ao lençol freático, sem impacto significativo na disponibilidade desse recurso.

Adotando tais práticas, as lavagem de veículos não só promovem a conservação ambiental, mas também contribuem para a sustentabilidade e disponibilidade a longo prazo de recursos hídricos de qualidade, essenciais para uma ampla gama de atividades e para a manutenção da saúde dos ecossistemas.

Em uma análise detalhada do Sistema 2, focada nas Áreas de Recarga de Lençol Freático (ARLF) do tratamento secundário, observou-se a performance da unidade 7f durante períodos consecutivos de monitoramento de 2, 4, 6, 8 e 10 horas. Os resultados indicaram que, no que tange ao pH, o sistema operou dentro dos limites permitidos. Além disso, a turbidez se manteve em conformidade com as normas estabelecidas para todos os parâmetros medidos, e a cor verdadeira atendeu aos requisitos nas etapas de 4, 6 e 8 horas.

Com uma vazão média registrada de 93,12 litros por hora, o lava rápido avaliado demonstrou para o Sistema 2 um desempenho médio de pH de 7,23, cor aparente de 26 unidades Hazen (uH), cor verdadeira de 8 uH e turbidez de 2,72 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), todos estes parâmetros estando dentro dos limites aceitáveis conforme a NBR13969, e demonstrados na Figura 2.

Apesar dos desafios operacionais vivenciados na etapa de 6 horas que impactaram negativamente a turbidez do Sistema 2, não houve efeito significativo sobre os resultados de cor aparente e verdadeira, que mostraram maior variação nas etapas de 2 e 10 horas.

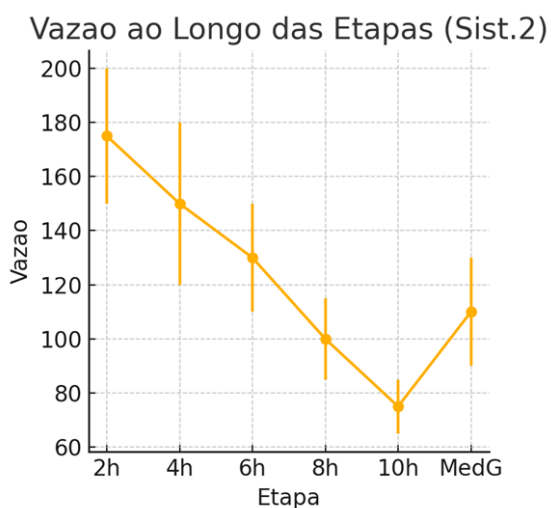
Conforme os padrões da NBR13969, o Sistema 2 apresentou resultados de turbidez compatíveis com a classe 1, que é aplicável à lavagem de veículos. Importante notar

que a norma não estipula limites para cor, portanto, adotou-se como referência para este estudo o manual da ANA/FIESP/SINDUSCON-SP.

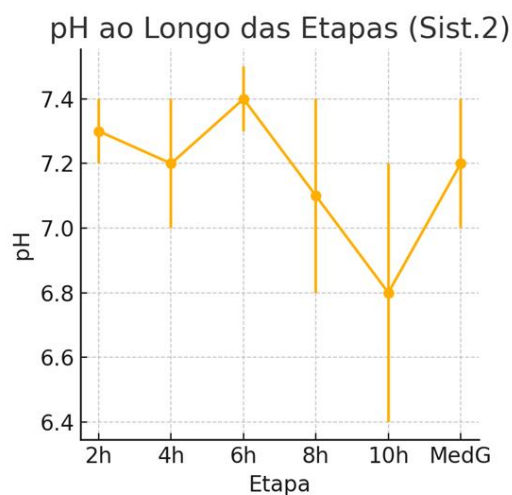
Embora os resultados do Sistema 2 tenham sido tecnicamente superiores, a vazão de tratamento mais baixa comparada ao Sistema 1 implica desvantagens operacionais. Para alcançar maior eficácia, seria necessário expandir a área de tratamento ou modificar o material filtrante. Teoricamente, sistemas com menores vazões podem exibir uma maior eficiência na remoção de contaminantes, dado o prolongado tempo de contato entre a água e o meio filtrante, permitindo uma eliminação mais efetiva. No entanto, essa vantagem é contrabalançada pela menor quantidade de água tratada, o que pode restringir a capacidade do sistema de atender a demandas mais elevadas.

Dessa forma, enquanto os resultados qualitativos do Sistema 2 são promissores, considerações sobre a capacidade quantitativa e a necessidade de ajustes operacionais são cruciais para otimizar a eficiência do tratamento e garantir sua viabilidade em cenários de alta demanda.

Figura 6: Análise da vazão do sistema 2. Figura 7: Análise do pH ao longo das etapas do sistema 2.

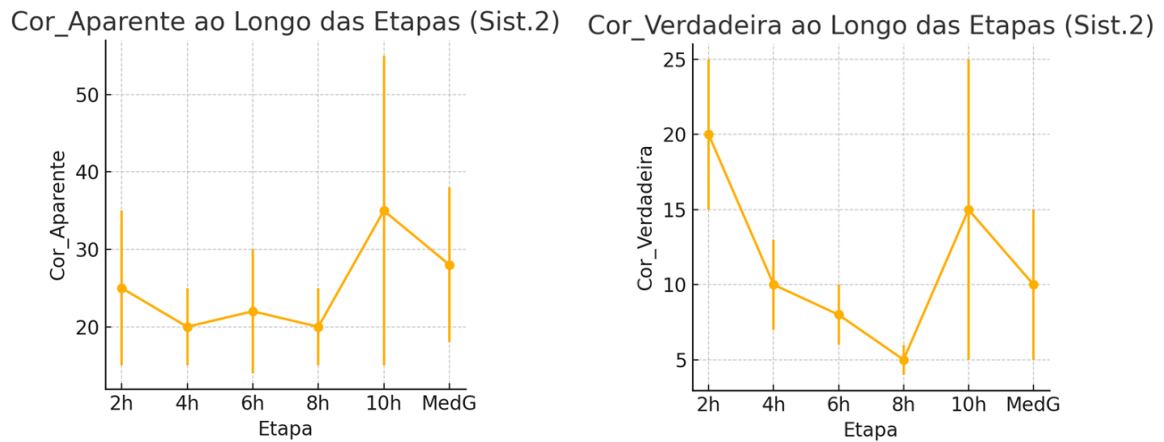


Fonte: Autora.



Fonte: Autora.

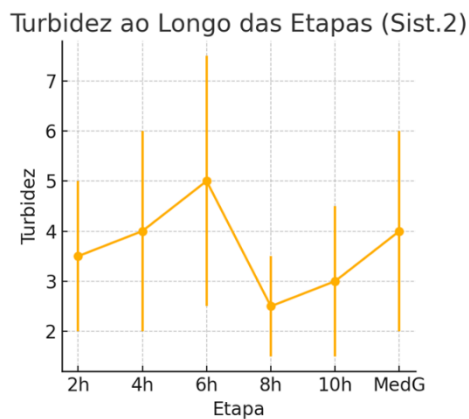
Figura 8: Análise de cor ao longo das etapas do sistema 2. Figura 9: Análise da cor verdadeira ao longo das etapas do sistema 2.



Fonte: Autora.

Fonte: Autora.

Figura 10: Análise de turbidez ao longo das etapas do sistema 1.



Fonte: Autora.

Durante a avaliação do sistema de tratamento 2, constatou-se que os níveis de turbidez estavam em conformidade com as exigências da NBR13969 para a categoria 1, destinada especificamente à lavagem de veículos. Esta norma, contudo, não especifica parâmetros para os limites de cor. Para preencher essa lacuna, o estudo em questão recorreu ao manual da ANA/FIESP/SINDUSCON-SP como referencial para a análise da qualidade da água no que se refere à cor.

Em comparação ao sistema 1, os indicadores de qualidade do sistema 2 mostraram-se mais satisfatórios. No entanto, a vazão no sistema 2 era inferior, o que implica em uma série de desafios operacionais. Para atingir uma performance ótima, seria necessário ampliar a área de tratamento ou realizar a troca do material filtrante atual. Sistemas operando com vazões reduzidas normalmente possuem uma vantagem: o aumento do tempo de contato da água com o meio filtrante, o que potencialmente melhora a eficiência na remoção de contaminantes. Esta condição propicia a purificação mais aprofundada da água, pois permite um contato mais extenso e, conseqüentemente, uma filtragem mais completa.

Por outro lado, essa eficiência vem com uma contrapartida: uma quantidade menor de água é processada. Esse aspecto limita a capacidade do sistema de cumprir com demandas mais elevadas, o que pode ser um entrave, especialmente em cenários onde a necessidade de água tratada é alta. Portanto, apesar dos avanços qualitativos do sistema 2 em termos de padrões de turbidez e cor, é preciso avaliar cuidadosamente o equilíbrio entre a qualidade do tratamento e a quantidade de água tratada para assegurar que o sistema seja capaz de atender eficientemente às necessidades operacionais sem comprometer o desempenho.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que o sistema de tratamento de águas residuais avaliado no estudo apresenta eficiência significativa, embora com algumas limitações. O sistema 1, por exemplo, mostrou-se eficiente para a lavagem de veículos segundo os parâmetros da SABESP, que permitem turbidez de até 20 UNT, mas não atendeu aos padrões mais rigorosos da NBR 13969 para classes 1 e 2, que exigem turbidez inferior a 5 UNT. No entanto, ele foi considerado adequado para usos menos exigentes, como descargas de vasos sanitários, onde a turbidez admissível é inferior a 10 UNT.

Por outro lado, o sistema 2 apresentou melhores resultados qualitativos, com uma vazão média de 9312 litros por hora e parâmetros de pH, cor aparente, cor verdadeira e

turbidez dentro dos limites aceitáveis conforme a NBR 13969. No entanto, sua menor vazão de tratamento implica desafios operacionais, como a necessidade de ampliar a área de tratamento ou modificar o material filtrante para atender a demandas mais elevadas. Portanto, embora ambos os sistemas tenham demonstrado potencial para o reúso da água, ajustes e melhorias são necessários para otimizar a eficiência e a viabilidade prática dos sistemas de tratamento, especialmente em cenários de alta demanda.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da crescente preocupação com o impacto ambiental causado pela atividade industrial, a gestão adequada na lavagem de veículos se apresenta como uma estratégia promissora para a minimização desses efeitos. Este estudo abordou a importância do gerenciamento da lavagem de veículos como uma forma eficaz de reduzir o impacto ambiental decorrente das atividades industriais.

Ficou evidente ao longo deste trabalho que o reúso de água, o tratamento de efluentes e a adequada gestão de resíduos são medidas fundamentais para a promoção da sustentabilidade na operação desses estabelecimentos. A implementação de sistemas de baixo custo e de fácil operação e manutenção torna-se essencial para a viabilidade dessas práticas, sobretudo para empreendimento de lavagem de veículos de pequeno e médio porte.

Ao longo deste estudo, procedeu-se a uma análise comparativa entre dois sistemas de tratamento de águas de lava rápido, visando avaliar a eficiência operacional e a qualidade da água tratada em ambos. Identificou-se que o sistema 2, embora tenha demonstrado uma qualidade superior da água tratada, enfrentou desvantagens operacionais devido à sua menor vazão de tratamento. Esta característica resulta em um volume menor de água processada, uma questão que não pode ser desconsiderada no contexto de aplicação prática.

Ademais, o sistema 2 foi assolado por uma série de problemas operacionais, tais como colmatção e transbordamentos em suas unidades, que impactaram a efetividade do processo de tratamento. Esses contratempos enfatizam a necessidade de revisões e

ajustes nos procedimentos e infraestrutura do sistema, para garantir continuidade e eficiência.

No que tange ao reúso das ARLJ, o sistema 2 atende aos propósitos deste trabalho, alinhando-se às exigências da NBR 13969, o que o torna apto para o reúso em atividades como a lavagem de veículos. Por outro lado, o sistema 1, embora não cumpra com os padrões mais rígidos, enquadra-se nas diretrizes estabelecidas pela SABESP. Isso permite que a água tratada seja empregada não só na lavagem de veículos, mas também na limpeza de pisos, irrigação de jardins e descarga de bacias sanitárias. Além disso, apresenta-se a possibilidade de reintrodução da água tratada ao lençol freático, por meio de poços ou valas de infiltração, contribuindo para a sustentabilidade do recurso hídrico.

Portanto, conclui-se que, embora ambos os sistemas apresentem viabilidade para o reúso de água em diferentes aplicações, o sistema 2 requer atenção especial no que diz respeito à ampliação da sua capacidade operacional e à resolução de seus problemas técnicos. O sistema 1, com suas conformidades ajustadas a normativas menos exigentes, proporciona uma gama mais ampla de reúso, apesar de sua qualidade de água tratada ser relativamente inferior. Recomenda-se, assim, a implementação de melhorias contínuas e avaliações periódicas para otimizar o desempenho de ambos os sistemas, visando sua eficácia a longo prazo e a preservação do meio ambiente.

Além disso, a conscientização dos gestores e funcionários desses estabelecimentos acerca da importância da gestão ambiental e do cumprimento das normativas vigentes é um fator determinante para o sucesso dessas iniciativas. A capacitação e educação ambiental também desempenham um papel relevante na promoção de boas práticas ambientais.

Portanto, o gerenciamento de lavagem de veículos como estratégia de redução do impacto ambiental é um tema que merece destaque nas discussões sobre sustentabilidade industrial. A busca por alternativas que aliem eficiência operacional e responsabilidade ambiental é um caminho promissor para a preservação dos recursos naturais e a promoção do desenvolvimento sustentável na indústria.

Nesse contexto, é essencial que os órgãos reguladores, a sociedade civil e o setor privado atuem de forma colaborativa na promoção e fiscalização das práticas sustentáveis

nas lavagem de veículos, visando não apenas a conformidade com a legislação ambiental, mas também a construção de um futuro mais limpo e equilibrado para as gerações presentes e futuras.

7. REFERÊNCIAS

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

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, 200

BOHN, F. P. **Tratamento do efluente gerado na lavagem de veículos**. 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>>.

CARVALHO, Alba Veronica Paz de et al. **Reuso De Água De Hidrojateamento Em Uma Empresa De Construção Naval**. Revista De Trabalhos Acadêmicos-Universo Recife, 2016.

COELHO, Antonio; DA SILVA, Ailton Braz. **Reúso de água em empreendimentos de lavagem de veículos**. Atena Editora. 2019.

CONAMA. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Dispõe sobre o uso de efluentes tratados. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

COSTA, R. P. **Tecnologias avançadas para o reúso de água**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 27, n. 2, p. 123-134, 2022.

COSTA, A. L.; ALMEIDA, P. F. **Contaminação por metais pesados em águas residuais de lavagem de veículos**. Revista de Engenharia Ambiental, v. 14, n. 3, p. 123-134, 2019.

EPA. **Guidelines for Water Reuse**. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency, 2012.

EUROPEAN UNION. **Directive 2020/741 of the European Parliament and of the Council of 25 May 2020 on minimum requirements for water reuse**. Official Journal of the European Union, 2020.

FERREIRA, L. S. **A viabilidade econômica do reuso de água em diferentes regiões**. Revista de Recursos Hídricos, v. 25, n. 2, p. 150-165, 2019.

FREIRE, Antônio Pires et al. **Comparação de sistemas de tratamento de águas residuárias em lava rápido, visando ao reúso**. 2023.

GRIFFIN, David. **It's Been Over 100 Years Since The First Car Wash Opened. Since Then, Things Have Changed**. CapitolShine. Disponível em: <<https://www.capitolshine.com/blog/its-been-over-100-years-since-the-first-car-wash-opened>>

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

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>>.

JERONIMO, Carlos. ASEVEDO, Kalinne. **Diagnóstico ambiental de postos de lavagem de veículos (lava jato) em Natal-RN**. Scientia Plena. 2012.

JETVAP. 2022. Disponível em: <<https://www.jetvap.com.br/conheca-a-historia-da-limpeza-a-vapor/>>

KLAUTAU, Judith; GONÇALVES, Mariane Furtado. **REUSO DE ÁGUA: um projeto e sua viabilidade aplicada a lavagem de veículos**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2007.

KRUGER, Raphael. **Características da limpeza a Vapor**. IPC BRASIL. 2020.

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, 2013.

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

MANCUSO, Pedro. **Reuso de Água**. Editora Malolne. Universidade de São Paulo – USP – Faculdade de Saúde Pública. 2003.

MENDES, A. B.; RODRIGUES, L. P. **Eficiência de filtros biológicos no tratamento de águas residuais para reuso**. Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, v. 37, n. 3, p. 123-135, 2022.

MENDES, A. L.; ALMEIDA, P. R. **Políticas públicas e incentivos fiscais para o reuso de água no setor agrícola**. Revista de Recursos Hídricos, v. 25, n. 3, p. 189-203, 2020.

MUNDIM, K. R.; RIBEIRO, M. S. C; MENDES, A. H. S; FERREIRA, B. G. **Reúso e aproveitamento de água em lava rápido**. Gurupi, 2019. Disponível em: http://semanaacademica.com.br/system/files/artigos/reuso_e_aproveitamento_de_agua_em_lava_jatos_-_rev005.pdf

MARTINS, A. P.; SILVA, T. R. **Custos e benefícios do tratamento e reuso de águas residuárias**. Engenharia Ambiental, v. 33, n. 1, p. 89-104, 2020.

OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de, et al. **A evolução da sustentabilidade na prática da remoção de borracha acumulada em pistas de pouso e decolagem.** 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Lucas-Almeida-4/publication/309124208_a_evolucao_da_sustentabilidade_na_pratica_da_remocao_de_borracha_acumulada_em_pistas_de_pouso_e_decolagem/links/57ffe4c708aebab2012bde61/a-evolucao-da-sustentabilidade-na-pratica-da-remocao-de-borracha-acumulada-em-pistas-de-pouso-e-decolagem.pdf>

OLIVEIRA, F. S.; ALMEIDA, T. R.; CARVALHO, R. P. **Avaliação de sistemas de reuso de água em contextos industriais.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 2, p. 89-98, 2020.

OLIVEIRA, F. S. **Impactos do reuso de água em indústrias e edificações urbanas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 24, n. 1, p. 78-90, 2019.

OMS. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards.** Report of a WHO Meeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.

OLIVEIRA, M. R. **Práticas sustentáveis na lavagem de veículos.** São Paulo: Editora Sustentável, 2017.

PEREIRA, T. C. **Impacto dos detergentes e solventes na qualidade das águas residuais.** Revista de Ciências Ambientais, v. 12, n. 1, p. 45-58, 2020.

PEREIRA, M. G. **Estratégias econômicas para a reutilização de águas residuárias em indústrias.** Journal of Water Reuse and Desalination, v. 11, n. 4, p. 372-385, 2021.

PINTO, Anderson Cardoso et al. **Cabine de jateamento.** 2022.

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. 2016.

RODRIGUES, João Manuel Ventura; ARACRUZ CELULOSE, S. A. **Hidrojateamento: Eficiência técnica e grande risco aliados à segurança máxima.** In: Congresso Brasileiro de Corrosão. Salvador. 2002.

RODRIGUES, F. J.; ALMEIDA, R. P. **Reutilização de águas residuárias e seus impactos na imagem corporativa.** Gestão Sustentável, v. 22, n. 3, p. 210-225, 2018.

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.** Ambi-Água, 2011.

SANTOS, J. F.; SILVA, R. T. **Análise de sistemas de tratamento de águas residuais aplicados em lavagens de veículos.** Engenharia e Ciência Ambiental, v. 22, n. 1, p. 45-58, 2019.

SANTOS, J. F. **Tratamento de águas residuais em lava jatos** Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 4, p. 789-802, 2018.

SANTOS, J. A. **Desafios e perspectivas para a reutilização da água no Brasil.** Revista de Engenharia Ambiental, v. 22, n. 4, p. 567-580, 2020.

SILVA, R. M. **Programa Nacional de Conservação de Água (Proagua) e suas contribuições para o reuso de água.** Revista de Políticas Públicas, v. 18, n. 2, p. 345-359, 2021.

SOUZA, L. M.; PEREIRA, M. G. **Tecnologias de membranas para tratamento avançado de águas residuais.** Journal of Environmental Engineering, v. 28, n. 4, p. 567-580, 2021.

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.