

Projeto básico de estação de tratamento de água para reúso de efluente da lavagem de veículos em lava-rápido

Basic design of water treatment station for reuse of vehicle washing effluent in car wash

João Lucas Melo de Oliveira^{1*} , Andressa Duarte Gil¹ , Antonio Mardonis Silva Santos¹ ,
Thaynara Ribeiro Felismino¹ , Alexandre Saron¹ 

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de um projeto básico de engenharia de uma estação de tratamento de água para reúso de efluente da lavagem de veículos em um lava-rápido da cidade de São Paulo, em atendimento ao Decreto Municipal nº 56.634/2015, o qual determina que lava-rápidos da cidade de São Paulo pratiquem o reúso. Após visita ao lava-rápido utilizado como área de estudo, foram utilizadas referências normativas e literatura técnica sobre o dimensionamento de estação de tratamento de água para reúso (ETAR) pelo processo físico-químico convencional de fluxo contínuo. Além do dimensionamento, foram elaborados desenhos técnicos, fluxograma, custos de implantação e operação, balanço de massa de sólidos dissolvidos totais e avaliação de aspectos e impactos ambientais da ETAR. Com as análises financeiras OPEX e CAPEX do projeto, considerando-se o custo do consumo de água do local de implementação do projeto, a estimativa de retorno do investimento ficou em aproximadamente seis meses, visto como bastante satisfatório.

Palavras-chave: efluente oleoso; tratamento físico-químico; estação compacta; análise econômica; balanço de massa.

ABSTRACT

The present work had as objective the elaboration of a basic engineering project of a water treatment plant for the reuse of effluent from the washing of vehicles in a car wash of the city of São Paulo in compliance with municipal Decree No. 56.634/2015, which determines that car washes in the city of São Paulo must practice water reuse. After visiting the car wash used as the study area, normative references and technical literature on the subject were used to design a Water Treatment Plant for Reuse by the conventional physical-chemical process of continuous flow. In addition to the sizing, technical drawings, flowchart, implementation and operation costs, mass balance of total dissolved solids and evaluation of the Water Treatment Plant for Reuse environmental aspects and impacts were prepared. Through the OPEX and CAPEX financial analysis of the project, considering the cost of water consumption at the project implementation site, the estimated return on investment was approximately 6 months, considered extremely satisfactory.

Keywords: oily wastewater; physical-chemical treatment; compact station; economic analysis; mass balance.

1. INTRODUÇÃO

Em razão da poluição ambiental nas áreas urbanas e rurais, seja por esgotos domésticos ou industriais, seja por vazamentos, disposição inadequada de resíduos sólidos, emissões atmosféricas, entre outras formas de poluição, a qualidade natural dos recursos hídricos (rios, lagos, represas, córregos etc.) tem sido negativamente impactada. Com isso, é necessário que a água desses recursos passe

por tratamentos adequados para que a população e suas atividades possam se utilizar de água apropriada e de boa qualidade (MOTA, 2016).

Entretanto, muitos usos da água não exigem um nível de qualidade tão elevado quanto aquele necessário para o consumo humano. Logo, grande volume de água tratada e potável é consumido em atividades como descarga de vaso sanitário, lavagem de quintais, calçadas e carros,

¹Centro Universitário Senac Santo Amaro - São Paulo (SP), Brasil.

*Endereço para correspondência: Avenida Engenheiro Eusébio Stevaux, 823, Santo Amaro, São Paulo, SP. CEP: 04696-000. e-mail: joao_lucasm@hotmail.com

irrigação de plantas e hortas, entre outras atividades que não exigem água potável.

Em consciência disso, foi publicado na cidade de São Paulo o Decreto Municipal nº 56.634, de 24 de novembro de 2015, o qual preconiza que postos de serviços e abastecimento de veículos e lava-rápidos devem instalar sistemas e equipamentos exclusivos para captação, tratamento e armazenamento da água, visando a seu reúso em atividades que admitam o uso de água de qualidade não potável.

Para subsidiar o projeto de uma estação de tratamento de água para reúso (ETAR) em um lava-rápido e a escolha da tecnologia de tratamento adequada, é necessário atentar-se aos parâmetros de qualidade do efluente da lavagem de veículos. A **Tabela 1** apresenta os parâmetros de qualidade de efluentes de lavagem de veículos em lava-rápidos.

Observa-se que o pH de efluentes de lavagem de veículos em lava-rápidos se situa próximo à neutralidade, distanciando-se pouco dessa característica, o que é benéfico para sistemas de tratamento que utilizam coagulação química por estar próximo da faixa de varredura otimizada (RICHTER, 2009). Há uma quantidade considerável de *Escherichia coli*, indicando a necessidade de desinfecção do efluente. A alta turbidez indica a presença de sólidos suspensos e totais.

Observando-se as concentrações de demanda bioquímica de oxigênio (DBO)₅ e demanda química de oxigênio (DQO) do efluente, pode-se dizer que este possui fração orgânica considerável em relação à fração inorgânica. A relação DQO/DBO desse efluente de aproximadamente

2,4 indica, segundo Von Sperling (2014), o uso de tratamento biológico, mas por ele possuir baixíssima carga orgânica (DBO), não seria viável manter o metabolismo microbiano de uma tecnologia de tratamento biológico. Assim, é seguro afirmar que, para efluentes de lava-rápidos, é indicado o tratamento físico-químico.

Entretanto, deve-se avaliar a aplicabilidade do tratamento biológico e as características do efluente para cada caso. Subtil *et al.* (2016) alcançaram elevadas eficiências de tratamento do efluente de lavagem de caminhões utilizando um contator biológico rotativo (DBO inicial = 169 ± 4 mg/L e DBO final = 14 ± 7 mg/L). Já Rodrigues *et al.* (2021) também utilizaram um sistema com uma etapa de tratamento biológico, neste caso um biodigestor.

Altas concentrações de óleos e graxas no efluente tornam necessária a etapa de separação de água e óleo, presente também em diversas outras propostas e sistemas de tratamento e reúso de efluentes em lava-rápidos. Os principais processos de tratamento de água utilizados em lava-rápidos são o tratamento físico-químico convencional por coagulação química, floculação, decantação e filtração, além de variações de tratamentos biológicos como contator biológico rotativo, filtro percolador anaeróbio e biodigestor (ZANETI, ETCHEPARE e RUBIO, 2013; ALTHAUS e ROSA, 2014; CRUVINEL *et al.*, 2015; SUBTIL *et al.*, 2016; CARVALHO, DUARTE e MANCA, 2020; RODRIGUES *et al.*, 2021).

Já os sólidos dissolvidos totais (SDT) não são eficientemente removidos por sistemas biológicos nem

Tabela 1 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos de efluentes de lavagem de veículos em lava-rápidos.

Parâmetro	Unidade	Valor			Valores típicos
		Zaneti, Etchepare e Rubio (2013)	Althaus e Rosa (2014)	Carvalho, Duarte e Manca (2020)	
pH	-	7,4 ± 0,8	7,8 ± 0,005	6,4 ± 0,1	6 a 8
<i>E. coli</i>	NMP/100 mL	2,1 . 10 ⁴	-	1,98 . 10 ⁴	2 . 10 ⁴
Turbidez	uT	103 ± 57	535 ± 3	-	319 ± 30
DBO _{5,20}	mg/L	68,0 ± 13,0	75,0 ± 3,0	17 ± 2	53 ± 18
DQO	mg/L	191,0 ± 22,0	-	64 ± 7	127 ± 15
Óleos e graxas	mg/L	-	65,6 ± 5,0	115,0 ± 3,0	180,6 ± 4,0
SDT	mg/L	345,0 ± 27,5	-	356 ± 30	350 ± 29

DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio; SDT: sólidos dissolvidos totais.
Fonte: adaptado de Zaneti, Etchepare e Rubio (2013); Althaus e Rosa (2014); Carvalho, Duarte e Manca (2020).

físico-químicos e, portanto, acumulam-se no sistema de tratamento. Esse parâmetro foi tratado como contaminante crítico passível de análise de balanço de massa em outros trabalhos, assim como ocorreu neste, para a determinação da fração máxima de reúso que se pode alcançar (MORELLI, 2005; SUBTIL *et al.*, 2016).

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo a elaboração de um projeto básico de engenharia, de acordo com os critérios estabelecidos pela Resolução nº 361, de 10 de dezembro de 1991, do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), para uma ETAR de efluente da lavagem de veículos em um lava-rápido da cidade de São Paulo, em atendimento ao Decreto Municipal nº 56.634/2015.

2. METODOLOGIA

2.1. Determinação da vazão de projeto

Em um primeiro momento, foi realizada uma visita técnica à área de estudo, um lava-rápido de um posto de combustível na zona sul da cidade de São Paulo, para a obtenção de informações a respeito do número de carros atendidos pelo lava-rápido, consumo de água e tecnologia utilizada na lavagem e para a realização de registros fotográficos. Com base na coleta de informações, eram atendidos em média cem carros por dia, a lavagem era

realizada por equipamento automático do tipo *rollover*, o qual consumia em média 90 litros de água por lavagem, e a água era oriunda do sistema de abastecimento público, sendo fornecida pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

Com base na referida média de veículos e no consumo médio de 90 litros de água do equipamento de lavagem utilizado, estabeleceu-se a vazão de projeto da ETAR em $9 \text{ m}^3/\text{dia}$.

2.2. Projeto da estação de tratamento de água para reúso

Neste trabalho, optou-se pela utilização de tratamento físico-químico, como em diversas propostas apresentadas por outros autores (MORELLI, 2005; ZANETI, ETCHEPARE e RUBIO, 2013; ALTHAUS e ROSA, 2014; CRUVINEL *et al.*, 2015; CARVALHO, DUARTE e MANCA, 2020). Suas principais etapas são comentadas brevemente, como ilustrado na **Figura 1**.

A mistura (1) de produtos químicos, geralmente sulfato de alumínio a 50 mg/L , cloreto férrico a 25 mg/L e/ou polieletrólitos (polímeros) para a coagulação na água bruta deve ser rápida (no máximo 5 segundos) e com alto gradiente de velocidade (entre 700 e 1.100 s^{-1}), podendo ser hidráulica ou mecanizada. Na etapa de floculação (2)

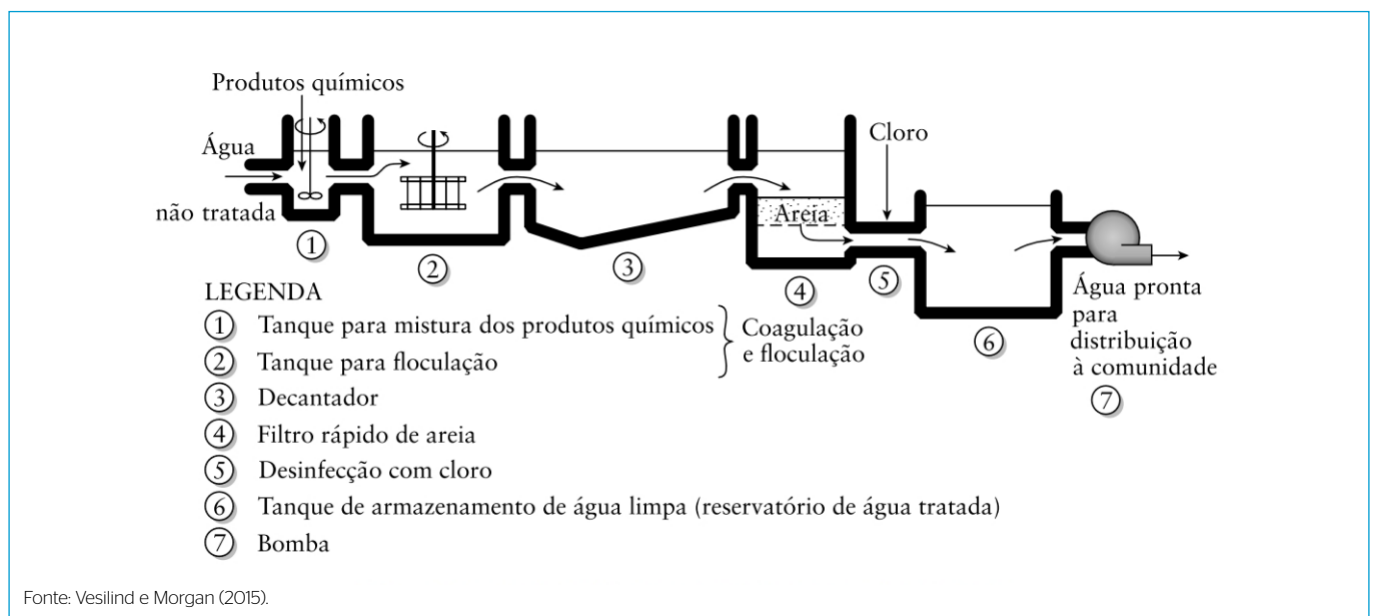


Figura 1 – Fluxograma do processo de tratamento físico-químico convencional da água.

ocorrerá a agregação de flocos de partículas e sólidos em suspensão com baixo gradiente de velocidade. Em seguida, os flocos formados serão separados da fase líquida por processo de sedimentação (3) em escoamento laminar. A filtração (4) removerá partículas menores remanescentes. Por fim, a desinfecção com cloro (5) terá como função eliminar microrganismos patogênicos da água e realizar a oxidação de outras impurezas causadoras de cor (RICHTER, 2009; VESILIND e MORGAN, 2015; HOWE, *et al.*, 2016).

Procedeu-se ao dimensionamento da ETAR, utilizando como referências as normas brasileiras NBR 12216/92 para parâmetros de projeto e NBR 16783/19 para parâmetros de qualidade de água de reúso; Saron e Leite (2001) para o cálculo de produção de lodo; Richter (2009) para o dimensionamento das etapas de tratamento; e Azevedo Netto e Fernández (2018) para cálculos hidráulicos.

O processo de tratamento de água da ETAR consiste em coagulação química com sulfato de alumínio em misturador estático em linha, floculação mecanizada, decantador convencional e filtro de dupla camada de areia e antracito. Após o tratamento, o tempo de contato para a desinfecção com hipoclorito de sódio ocorrerá no tanque de água tratada. Foram especificados diferentes equipamentos necessários à operação da ETAR, estimativa de custos de implantação e custos de operação, desenho técnico, fluxograma, balanço de massa de SDT, avaliação do período de retorno do investimento e avaliação de aspectos e impactos ambientais. A desidratação do lodo (enquadrado pela NBR 10004/2004 como resíduo sólido classe II A — não perigoso e não inerte) será realizada com *bag* geotêxtil vertical e o lodo desidratado posteriormente será destinado a aterro sanitário por empresa de gerenciamento de resíduos sólidos habilitada.

Nos custos de implantação (CAPEX) da ETAR, foram considerados custos com equipamentos (caixa separadora de água e óleo, bombas centrífugas, bombas dosadoras, floculador mecânico, fluxostatos e misturador estático), tubulações e seus acessórios, medidores de vazão, *bag* geotêxtil para desidratação de lodo, bombonas de produtos químicos, painel elétrico, projetos hidráulico, civil e elétrico, tanques de água bruta e tratada, estrutura principal da ETAR e custos de mão de obra para sua instalação.

Os custos associados ao descarte do lodo desidratado e reposição do *bag* (em função do tempo de saturação/enchimento), assim como de manutenção e reposição dos equipamentos, não foram contemplados, podendo fazer parte de estudos complementares futuros, uma vez que o tipo de estrada e as condições climáticas podem afetar tais custos.

Foram elaborados desenhos técnicos e fluxograma do projeto da ETAR, análise de balanço de massa de sólidos dissolvidos totais, avaliação do período de retorno do investimento (economia financeira gerada pelo reúso de água) e avaliação de aspectos e impactos ambientais.

2.3. Análise de balanço de massa de sólidos dissolvidos totais

Como o tratamento físico-químico convencional não é eficiente na remoção de SDT, há a necessidade de analisar um balanço de massa para determinar a máxima fração de reúso que pode ser usada para atender à NBR 16783/19, a qual determina que o valor máximo de SDT na água para fins não potáveis deve ser de 2.000 mg/L.

Considerando-se que a lavagem de um veículo consome 90 litros de água, que o efluente tratado possui concentração estimada de SDT em 328 mg/L (MORELLI, 2005) e que a água potável fornecida pela rede pública possui concentração de SDT estimada em 50 mg/L, obtém-se a carga de SDT de 25.020 mg/L por veículo lavado. A **Figura 2** apresenta o balanço de massa do lava-rápido com reúso.

De acordo com Morelli (2005), o balanço de massa do lava-rápido com reúso é dado pelas Equações 1, 2 e 3, em que F representa a fração de reúso:

$$C_{reuso} = \frac{Carga_{SDT} + [Q_{lavagem} (1 - F) C_{\acute{a}gua}]}{Q_{lavagem}(1 - F)} \quad (1)$$

$$C_{lavagem} = [(1 - F) C_{\acute{a}gua}] + (F C_{reuso}) \quad (2)$$

$$Q_{lavagem} = Q_{\acute{a}gua} + Q_{reuso} \quad (3)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características gerais

A **Tabela 2** resume as características da ETAR obtidas no dimensionamento.

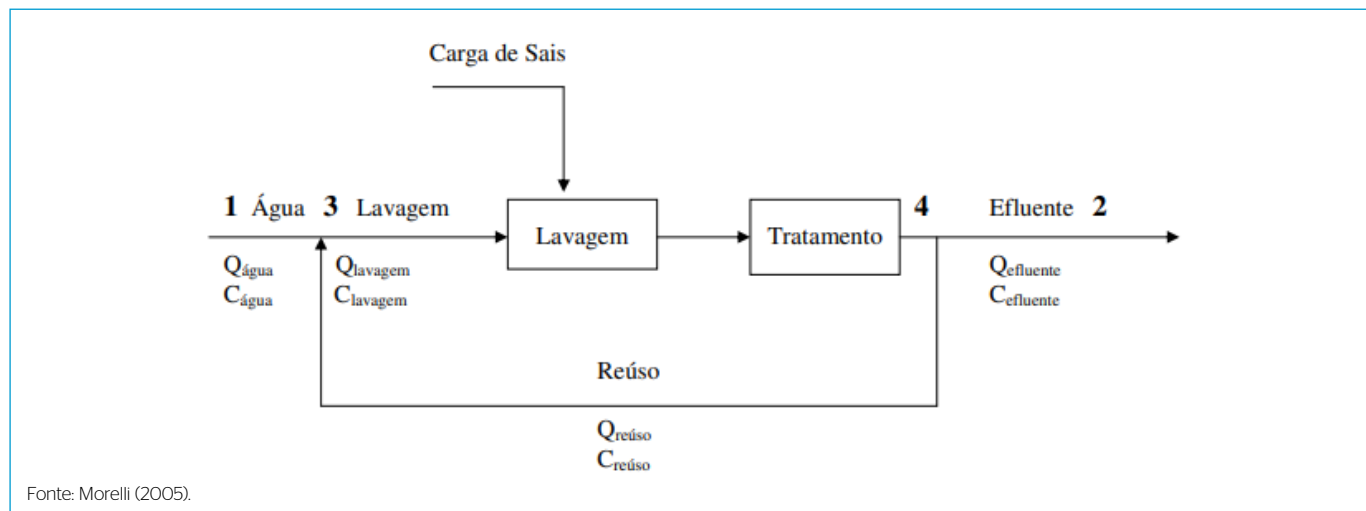


Figura 2 – Balanço de massa do lava-rápido com reúso.

Tabela 2 – Características da estação de tratamento de água para reúso obtidas no dimensionamento.

Processo/equipamento	Dimensões (m) Larg. x Comp. x Altura	Descrição/características
Bomba de recalque de água bruta	-	Potência de 0,33 cv
Mistura rápida/coagulação	-	Dosagem de sulfato de alumínio a 50 mg/L com bomba dosadora e misturador estático em linha ($G = 1.000\text{ s}^{-1}$ e $t = 5\text{ s}$).
Floculação mecânica	0,5 x 0,5 x 1	Floculador mecânico de fluxo axial com potência de 0,25 cv e gradiente de velocidade de 70 s^{-1}
Decantação convencional	0,5 x 0,72 x 1	Taxa de sedimentação de $25\text{ m}^3/\text{m}^2\text{ dia}$
Filtro rápido de dupla camada	0,5 x 0,2 x 1,9	0,45 m de carvão (antracito) e 0,25 m de areia
Desinfecção	-	Dosagem de solução de hipoclorito de sódio a 5 mg/L com bomba dosadora e tempo de contato mínimo de 30 min ($V\text{ útil} = 9,4\text{ m}^3$)
Bomba de retrolavagem	-	Potência de 0,5 cv, tempo de retrolavagem de 10 min e taxa de 60 cm/min.
Desidratação de lodo	1,0 x 1,0 x 1,5	Desidratação de lodo com <i>bag</i> geotêxtil vertical e posterior destinação para aterro sanitário

Fonte: elaborada pelos autores.

3.2. Desenhos técnicos

Na **Figura 3** é apresentado o fluxograma do processo de tratamento da ETAR.

O separador de água, areia e óleo promove a separação de areia, óleos e graxas presentes no efluente bruto.

Esses resíduos são armazenados e, de tempos em tempos, devem ser devidamente encaminhados para aterro sanitário.

O efluente livre de areia, óleos e graxas é então armazenado em um tanque, de onde é bombeado para o tratamento. A jusante da bomba de recalque se encontram o misturador estático e o ponto de dosagem do coagulante sulfato de alumínio a 50 mg/L, o qual será responsável por desestabilizar sólidos coloidais em suspensão, preparando-os para a etapa subsequente (RICHTER, 2009).

No floculador, ocorre a agregação das partículas coaguladas com baixo gradiente de velocidade, formando flocos mais densos, os quais irão sedimentar no decantador em regime de escoamento laminar. Após a decantação, a maior parte dos sólidos causadores de cor, turbidez, DBO e DQO presentes na água bruta é removida, estando a água com turbidez de cerca de 5 uT, além de 40 a 99% de microrganismos patogênicos (RICHTER, 2009; HOWE *et al.*, 2016; RODRIGUES *et al.*, 2017; LACERDA, RÄDER e LOPES, 2018).

Após a filtração, a qual promove a remoção de flocos remanescentes, a água apresentará turbidez < 1 uT. No processo de desinfecção, com dosagem de hipoclorito de sódio a 5 mg/L e contato no tanque de água tratada, é garantida a ausência de microrganismos e a manutenção de cloro residual livre, estando a água pronta para ser utilizada no processo de lavagem de veículos (RICHTER, 2009; HOWE *et al.*, 2016).

O desenho técnico do projeto da ETAR em vista superior (planta) é apresentado no **Figura 4** e, em vista lateral (corte), no **Figura 5**.



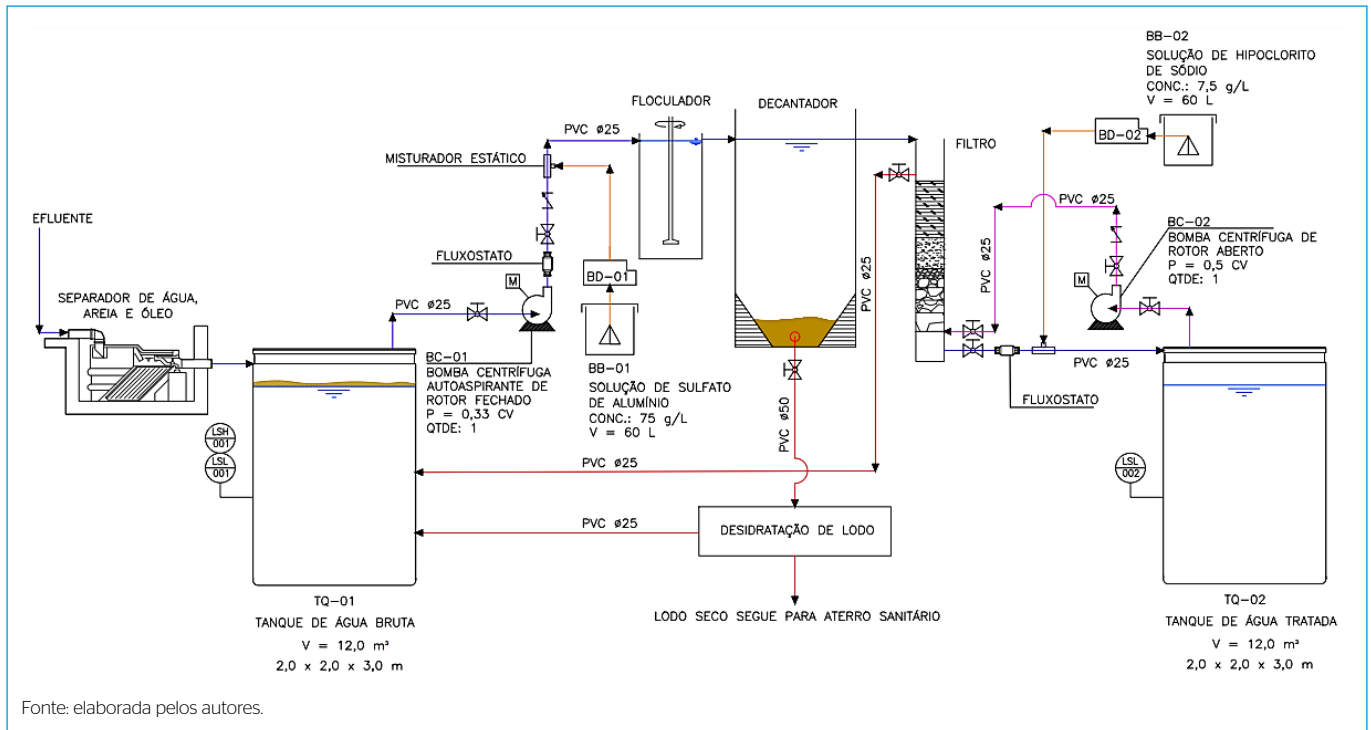


Figura 3 – Fluxograma do processo de tratamento da estação de tratamento de água para reúso.

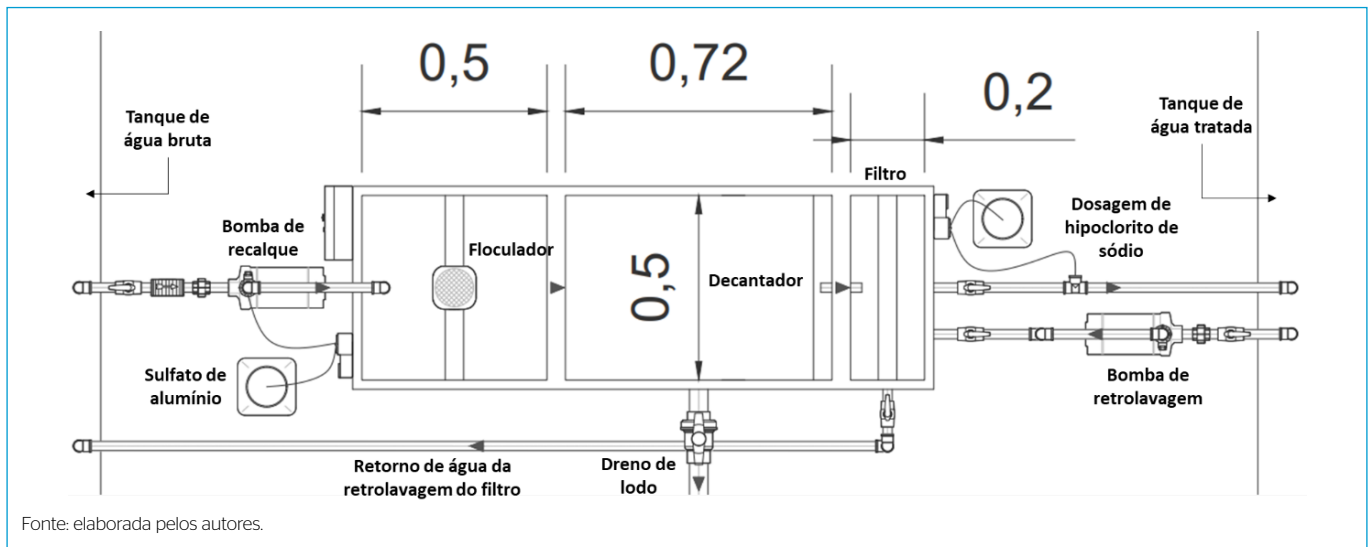


Figura 4 - Desenho técnico do projeto da estação de tratamento de água para reúso em vista superior (planta).

3.3. Custos de implantação (CAPEX) e operação (OPEX) da estação de tratamento de água para reúso

A estimativa do custo de implantação (CAPEX) do projeto, levantada entre os meses de março e maio de 2021, é de R\$ 49.155,64, e seguirá para o cliente no desenvolvimento futuro do projeto executivo. A **Tabela 3** apresenta os custos de operação (OPEX) mensal da ETAR, os quais incluem:

- consumo mensal de energia elétrica dos equipamentos com base em suas potências, período de operação diária e na tarifa média de R\$ 0,542/KWh em São Paulo;
- reposição mensal de sulfato de alumínio e hipoclorito de sódio;
- reposição mensal do *bag* de desidratação de lodo;
- transporte de lodo desidratado;

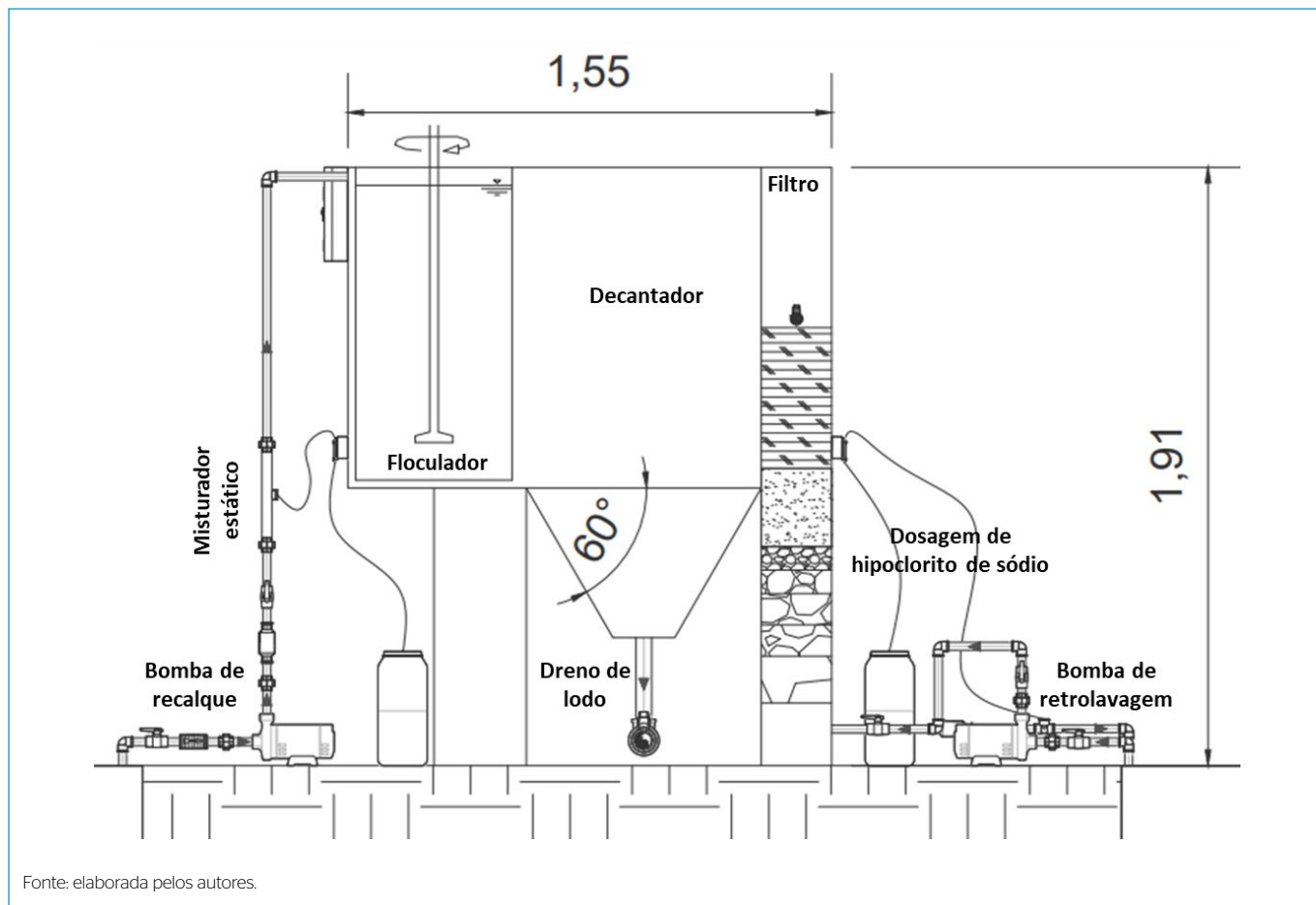


Figura 5 - Desenho técnico do projeto da estação de tratamento de água para reúso em vista lateral (corte).

Tabela 3 - OPEX mensal da estação de tratamento de água para reúso.

Equipamento/material	Período de operação (h/dia)	Potência consumida (kW)	Custo mensal (R\$)
Bomba de recalque de água bruta	12	0,24	47,33
Bomba de retrolavagem	0,007	0,37	0,04
Floculador mecânico	12	0,18	35,85
Produtos químicos: sulfato de alumínio e hipoclorito de sódio	-	-	85
Análises laboratoriais	-	-	200
Reposição de peças, equipamentos e leito filtrante	-	-	200
Transporte de lodo desidratado	-	-	100
Reposição de <i>bag</i> para desidratação de lodo	-	-	289,44
Total			957,66

Fonte: elaborada pelos autores.

- reposição de peças, equipamentos e leito filtrante;
- análises laboratoriais mensais da água tratada (parâmetros da NBR 16783/2019: pH, *Escherichia coli*, turbidez, DBO_5 , cloro residual livre e SDT).

3.4. Balanço de massa de sólidos dissolvidos totais

Resolvendo-se o balanço de massa para diferentes frações de reúso, foi determinado que o lava-rápido poderá utilizar, para cada lavagem, 80% de água de reúso e 20% proveniente da rede pública (ou outras fontes, como poços devidamente outorgados e água de chuva com menor concentração de SDT) para atender aos requisitos de qualidade de água de reúso da NBR 16783/19, evitando a corrosão de peças e pinturas dos carros lavados, como mostrado na **Tabela 4**.

A avaliação da fração de água de reúso que poderá ser utilizada deve ser recalculada periodicamente em função da

variabilidade da qualidade da água fornecida pela rede pública, o que poderá ter influência da época do ano. A qualidade da água fornecida também pode sofrer variações em função da localidade, mesmo nos limites do mesmo município.

3.5. Avaliação do período de retorno do investimento e viabilidade financeira

Sabendo-se que o lava-rápido poderá usar no máximo 80% de água de reúso nas lavagens dos veículos, é possível estimar o período de retorno do investimento do projeto. Deve-se levar em consideração também a tarifa de água e esgoto da Sabesp na cidade de São Paulo, a qual é apresentada na **Tabela 5**.

Sem reúso, o lava-rápido consome 270 m³/mês de água nas lavagens, o que gera o custo de R\$ 10.824,92 com conta de água. Utilizando-se 80% de água de reúso nas lavagens, esse consumo cai para 54 m³/mês, gerando o custo de R\$ 1.705,40 com a conta de água.

Tabela 4 - Carga de sólidos dissolvidos totais na água de lavagem para diferentes frações de reúso.

F (%)	C _{reúso} (mg/L)	C _{lavagem} (mg/L)	Q _{água} (L/veículo)	Q _{reúso} (L/veículo)	Q _{lavagem} (L/veículo)	Q _{efluente} (L/veículo)
0	328	50	90	0	90	90
10	358,9	80,9	81	9	90	81
20	397,5	119,5	72	18	90	72
40	513,3	235,3	54	36	90	54
50	606	328	45	45	90	45
60	745	467	36	54	90	36
80	1.440	1.162	18	72	90	18
90	2.830	2.552	9	81	90	9

Fonte: elaborada pelos autores.

Tabela 5 - Tarifa de água da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo na categoria comercial comum, na cidade de São Paulo, a partir de 15 de agosto de 2020.

Classes de consumo (m ³ /mês)	Tarifa de água (R\$)	Tarifa de esgoto (R\$)
Até 10	54,36/mês	54,36/mês
11 a 20	10,58/m ³	10,58/m ³
21 a 30	20,27/m ³	20,27/m ³
31 a 50	20,27/m ³	20,27/m ³
Acima de 50	21,11/m ³	21,11/m ³

Fonte: Sabesp (2020).

Somando-se o OPEX mensal da ETAR com a conta de água com reúso e subtraindo-se da conta de água sem reúso, tem-se a economia mensal proporcionada pelo projeto, de acordo com a Equação 4:

$$\text{Economia mensal} = \text{R\$ } 10.824,92 - (\text{R\$ } 957,66 + \text{R\$ } 1.705,40) = \text{R\$ } 8.161,86 \quad (4)$$

Com o reúso, haveria economia mensal de R\$ 8.161,86 na conta de água. Dividindo-se o CAPEX do projeto pelo valor economizado por mês, obtém-se o período de retorno do investimento em meses, de acordo com a Equação 5:

$$\text{Período de retorno do investimento} = \frac{\text{R\$ } 49.155,64}{\text{R\$ } 8.161,86} = 6 \text{ meses} \quad (5)$$

Assim, o período de retorno do investimento é de seis meses. Logo, o projeto é financeiramente viável e atraente do ponto de vista econômico.

3.6. Avaliação de aspectos e impactos ambientais

A avaliação de aspectos e impactos ambientais foi realizada para cada etapa do processo de tratamento da ETAR, conforme a **Tabela 6**.

Tabela 6 - Avaliação de aspectos e impactos ambientais da estação de tratamento de água para reúso.

Etapa	Aspectos ambientais	Impactos
Separação de água, areia e óleo	Geração de resíduos (areia e óleo)	Poluição sonora Consumo de recursos hídricos Emissões atmosféricas Risco de contaminação do solo e das águas subterrâneas Risco de acidentes com produtos químicos
Recalque de água bruta	Geração de ruídos e consumo de energia elétrica	
Coagulação	Armazenamento e uso de produtos químicos, consumo de energia elétrica e geração de ruídos	
Floculação	Geração de ruídos e consumo de energia elétrica	
Decantação	Geração e transporte de lodo	
Filtração	Geração de águas servidas	
Desinfecção	Armazenamento e uso de produtos químicos, consumo de energia elétrica e geração de ruídos	

Fonte: elaborada pelos autores.

4. CONCLUSÕES

Com a implantação da ETAR, o lava-rápido poderá utilizar até 80% de água de reúso nas lavagens dos veículos, como demonstrado pelo balanço de massa de SDT, e atender aos critérios da NBR 16783/19 e ao Decreto Municipal de São Paulo nº 56.634/15. A realização do projeto executivo representa também relevante contribuição sustentável para o uso racional de água no meio urbano.

Além disso, a conta de água do lava-rápido com lavagem de veículos é de R\$ 10.824,92 mensais. Com o reúso, esse valor cai para R\$ 1.705,4 por mês. Logo, considerando-se o custo mensal de operação da ETAR, a estimativa de retorno do investimento com a economia na conta de água é de seis meses, caracterizando um projeto financeiramente viável.

A avaliação de aspectos e impactos ambientais da ETAR mostra que o principal impacto que pode ocorrer é a poluição sonora, devendo o empreendimento atender às legislações trabalhistas relacionadas. Já os riscos de contaminação do solo, águas subterrâneas e acidentes com produtos químicos podem ser evitados alocando-se os tanques em pequenos diques de contenção apropriados e atentando-se ao correto cuidado no manejo do lodo e das águas servidas da retrolavagem.

Por fim, em projetos de reúso de água em lava-rápidos, recomenda-se a análise periódica da qualidade da água fornecida pela rede pública para se reavaliar a fração de água de reúso que poderá ser utilizada nas lavagens dos veículos, a fim de manter a qualidade da água para reúso nos padrões estabelecidos pela NBR 16783/2019.

REFERÊNCIAS

- ALTHAUS, M.; ROSA, G.S. Caracterização e tratamento do efluente oriundo de lavagens automotivas do município de Bagé/RS. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 10., 2014, Vassouras. *Anais* [...]. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10004/2004*: classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 12216/1992*: projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 16783/2019*: uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- AZEVEDO NETTO, A.J.M.; FERNÁNDEZ, M.F. *Manual de hidráulica*. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2018.
- CARVALHO, R.; DUARTE, P.; MANCA, R.S. Tratamento da água para reúso na lavagem automotiva. *Revista Prospectus*, v. 2, n. 2, p. 244-271, ago./fev. 2020.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). *Tarifas para os serviços de abastecimento de água e/ou coleta de esgoto, para o município de São Paulo, a partir de 15 de agosto de 2020*. São Paulo: SABESP, 2020. Disponível em: <https://www9.sabesp.com.br/agenciavirtual/pages/template/siteexterno.iface?idFuncao=13>. Acesso em: 21 abr. 2021.
- CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). *Resolução nº 361, de 10 de novembro de 1991*. CONFEA, 1991.
- CRUVINEL, K.A.S.; RUGGERI JÚNIOR, H.C.; CRUVINEL, I.B.; FERREIRA, E.M.; DUARTE, L.V. Caracterização do efluente gerado em lavagem de veículos para projeto de reúso de água. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2015, Rio de Janeiro. *Anais* [...]. 2015.
- HOWE, K.J.; HAND, D.W.; CRITTENDEN, J.C.; TRUSSELL, R.R.; TCHOBANOGLIOUS, G. *Princípios de tratamento de água*. São Paulo: Cengage, 2016.
- LACERDA, A.B.; RÄDER, A.S.; LOPES, E.S. A eficiência de remoção de coliformes em uma estação de tratamento de água convencional. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO DA ASSEMAE, 48., 2018, Fortaleza. *Anais* [...]. 2018.
- MORELLI, E.B. *Reúso de água na lavagem de veículos*. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2016.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. *Decreto nº 56.634, de 24 de novembro de 2015*. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-56634-de-24-de-novembro-de-2015>. Acesso em: 1 mar. 2021.

RICHTER, C. A. *Água: métodos e tecnologia de tratamento*. São Paulo: Blucher, 2009.

RODRIGUES, A.B.M.; GIULIATTI, N.M.; BRITO, V.L.; SILVA, I.A.V.; PEREIRA JÚNIOR, A. Eficiência na remoção de coliformes totais no tratamento da água: o caso de Paragominas - PA. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL*, 9, 2017, Belo Horizonte. *Anais [...]*. 2017.

RODRIGUES, A.R.D.; COELHO, C.R.; SOUSA, L.L.S.; ROCHA, R.A.M.; OLIVEIRA, T.C.S.; FERREIRA, B.C.S. Uma proposta de implementação de reuso de água e economia hídrica em um lava-rápido da cidade Caarapó-MS. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 1, p. 4279-4296, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-288>

SARON, A.; LEITE, V.M.B. Quantificação de lodo em estação de tratamento de água. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 21., 2001. *Anais [...]*. 2001.

SUBTIL, E.L.; MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I.; RODRIGUES, R. Potencial de reúso de água na lavagem de caminhões utilizando contator biológico rotativo. *Ambiente & Água*, v. 11, n. 4, p. 851-866, 2016. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1788>

VESILIND, P.A.; MORGAN, S.M. *Introdução à engenharia ambiental*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

ZANETI, R.N.; ETCHEPARE, R.; RUBIO, J. Car wash wastewater treatment and water reuse - a case study. *Water Science and Technology*, v. 67, n. 1, p. 82-88, 2013. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.492>