



**BEATRIZ CUNHA MELLO OLIVEIRA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA  
IMPLEMENTAÇÃO DO REÚSO DE ÁGUA EM UMA  
INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

**LAVRAS – MG  
2023**

**BEATRIZ CUNHA MELLO OLIVEIRA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO  
DO REÚSO DE ÁGUA EM UMA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2023**

**BEATRIZ CUNHA MELLO OLIVEIRA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO  
DO REÚSO DE ÁGUA EM UMA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

02 de março de 2023.

Prof. Dr. Ronaldo Fia UFLA

Mestre Paulo Henrique Brito Junior UFLA

Mestrando Rodolfo Appoloni Crippa UFLA

Mestre Matheus Quintão Braga UFLA

Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha mãe, Eliana, que trabalhou muito para me dar as melhores oportunidades e que é para mim exemplo de força e determinação. Às minhas irmãs Ingrid e Raissa, que nunca me deixaram faltar amor e boas risadas. Aos meus cunhados Bernardo e Fabricio, que sempre me dão bons conselhos e que são a parte que faltava na nossa família. Aos meus sobrinhos, Francisco e Maria Flor, que trouxeram mais cor para minha vida. À minha madrinha, Giovanna, que sempre abraçou todos os meus sonhos e que é meu maior exemplo de bondade e generosidade. Ao meu tio Cabrito, que salvou a minha infância se tornando o pai que eu não tive e à Nanda, que é a minha irmã de coração. Às minhas amigas Iza, Thais, Cris e Rafa, que passaram por todos os momentos difíceis da graduação ao meu lado e que nunca deixaram eu me sentir sozinha, mesmo longe de casa. Ao meu namorado, Luiz, que está sempre cuidando de mim nos pequenos detalhes e que é o meu melhor amigo. Ao meu orientador, Mateus, que me deu todo o suporte necessário para a escrita e desenvolvimento do TCC e, por fim, à Universidade Federal de Lavras por proporcionar um Ensino Público de qualidade.

Sou grata por ter em minha vida pessoas tão incríveis. Se cheguei até aqui, foi graças à cada um de vocês!

## RESUMO

A demanda por água cresce cada vez mais, ao passo que a poluição e as mudanças climáticas têm causado dificuldades no acesso às reservas hídricas em parte ou em todo ano. Assim, o gerenciamento adequado desse recurso pode contribuir para economia e preservação do meio ambiente. Dentre as práticas utilizadas para a redução do consumo de água, pode-se citar o reúso direto industrial, prática que permite menor retirada dos mananciais e redução do lançamento de águas residuárias no meio ambiente, além de gerar economia para o empreendimento. Em uma empresa do setor de autopeças, é utilizada uma cortina d'água, que é recirculada no ciclo de uma semana, para contenção do *over spray* de tinta em cabines para pintura de amortecedores, transformando-os em borra, para que não seja lançado na atmosfera sem tratamento prévio, água essa que não precisa apresentar alto padrão de qualidade. Dessa forma, com a realização do presente trabalho, objetivou-se avaliar a viabilidade técnica e econômica do uso de efluente tratado da indústria em substituição à água limpa no processo de pintura de amortecedores. Para isso, foi feita a caracterização do efluente bruto e tratado da ETAR (estação de tratamento de águas residuárias) e da água das cabines em três diferentes estágios (água mais limpa, água em estado médio de conservação e água mais concentrada, em um ciclo de recirculação), além de contar com dados do monitoramento mensal da empresa. Também foram utilizadas informações da média do consumo mensal de água, custo com captação de água e tratamento de esgoto, e o resultado dos indicadores de água no ano de 2022. Com base nessas informações, e utilizando normas brasileiras que dispõe sobre o reúso de água (para outras finalidades – não há para reúso industrial), chegou-se à conclusão de que o reaproveitamento, sem um tratamento complementar na ETAR, não se apresenta como uma boa alternativa. O retorno financeiro é baixo, diante do menor volume de água utilizada para contenção do spray de tinta (em comparação com o montante total consumido na indústria); o custo para implementação é alto e a qualidade da água do efluente não se assemelha à qualidade da água hoje utilizada para esse fim.

**Palavras-chaves:** cabine de pintura, efluente industrial, reaproveitamento de água, redução do consumo de água.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3 MATERIAIS E MÉTODOS	3
3.1 Área de estudo	3
<b>3.1.1 Descrição da indústria e do processo produtivo</b>	<b>3</b>
<b>3.1.2 Pintura de amortecedores</b>	<b>7</b>
<b>3.1.3 Estação de tratamento de efluente industrial</b>	<b>8</b>
3.2 Coleta e acondicionamento das amostras	10
3.3 Análises realizadas	11
3.4 Dados secundários da empresa	11
3.5 Cálculo dos impactos	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 ETAR	14
4.2 Cabines de pintura	16
4.3 Efluente tratado x água das cabines de pintura	18
4.4 Economia com o reúso de água e o impacto da prática no indicador ambiental	20
4.5 Custo para implementação do reúso	21
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	22
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Caracterização de DBO e DQO no esgoto industrial bruto e tratado referente ao ano de 2022.....	15
<b>Tabela 2</b> - Comparação do esgoto industrial tratado com os limites estabelecidos pela COPASA, COPAM/CERH e CONAMA.....	16
<b>Tabela 3</b> - Resultado das análises das águas das cabines de pintura. ....	17
<b>Tabela 4</b> - Distribuição de pontuação para determinação de amostra com melhor e pior padrão de qualidade.....	18
<b>Tabela 5</b> - Comparação entre o efluente tratado da ETAR e a água obtida no início do ciclo das cabines (A1). ....	19
<b>Tabela 6</b> - Comparação entre o efluente tratado da ETAR e a água obtida no meio do ciclo das cabines (A2). ....	19
<b>Tabela 7</b> - Comparação entre o efluente tratado da ETAR e o padrão estabelecido nas NBR's 16783, 15527 e 13969. ....	20
<b>Tabela 8</b> - Resultado dos impactos em se implementar o sistema de reúso. ....	21
<b>Tabela 9</b> - Custo para implementação do reúso.....	22

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 - Fluxograma do processo de fabricação de um amortecedor estrutural.	5
Figura 2 - Fluxograma do processo de fabricação de um amortecedor convencional.	6
Figura 3 - Cabine de pintura.	8
Figura 4 - Fluxograma do tratamento na ETAR.	10



## 1 INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos hídricos, seja quantitativa ou qualitativa, é uma questão de preocupação no mundo inteiro. Essa condição é resultado da contribuição de vários fatores combinados, como a demanda crescente da água para diferentes usos; o mau uso e conservação do solo; as mudanças climáticas e a poluição das águas. Como consequência, há distribuição irregular (espacial e temporal) de chuvas e das reservas hídricas; necessidade hídrica superior à disponibilidade; e encarecimento ou mesmo inviabilidade técnica e econômica do uso da água de alguns mananciais (LOURENÇO, 2019)

Estima-se que 9% de toda água consumida no Brasil é utilizada pelo setor industrial, e que de 2020 até o ano de 2040, haverá um crescimento de aproximadamente 36% no uso de água por esse setor (ANA, 2021). A demanda por água em indústrias apresenta grande variabilidade, e depende de fatores como o ramo de atividade, capacidade de produção, condições climáticas da região, disponibilidade, método de produção, idade da instalação, práticas operacionais, cultura da empresa e da comunidade local (DE LUCCA 2014). Porém, a quantidade requisitada para o uso pode ser reduzida com a adoção de boas práticas e pela maturidade na gestão do recurso hídrico. Tendo em vista o cenário de aumento da demanda e dos custos de uso do recurso hídrico, o consumo consciente pode, além de reduzir o capital utilizado, garantir também maior disponibilidade de água para outras finalidades e contribuir para a preservação ambiental.

Dentre as práticas conhecidas de gestão ambiental visando a redução do consumo de água, pode-se citar o reúso direto. Essa prática é definida, de acordo com a Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005, como o uso planejado de água residuária ou água de qualidade inferior, tratada ou não, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos (BRASIL, 2005).

De modo geral, com a adoção do reúso, é possível ter a redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água; consequente mitigação de impactos ambientais da deposição de despejos; diminuição do volume de água captado em mananciais superficiais e subterrâneos; elevação da capacidade de diluição e depuração dos cursos d'água; aumento da disponibilidade de água para outras finalidades; obtenção de selos de certificação ambiental, aumentando a competitividade do setor; além da redução nos custos de produção e no tratamento de águas residuárias (DA SILVA; SANTANA, 2014).

No Brasil existem algumas regulamentações para reúso em algumas modalidades. As orientações nacionais vigentes são as normas brasileiras ABNT NBR 13.969, ABNT NBR 16.782, ABNT NBR 16.783 e ABNT NBR 15.527 (BRASIL, 1997, 2019). A norma de tanques sépticos (ABNT NBR 13.969), por exemplo, apresenta condições para o aproveitamento do esgoto sanitário pós tanque séptico e tratamentos complementares (BRASIL, 1997). Já a NBR 16.782, estabelece orientações, diretrizes, requisitos e procedimentos para a captação de água em edifícios, novos e existentes, inclusive a água de chuva, enquanto a NBR 15.527 define critérios e condições para aproveitamento da água pluvial. O aproveitamento de água não potável em edificações é abordado na NBR 16.783, podendo ainda serem encontradas diretrizes para reúso urbano, ambiental e agrícola na Deliberação Normativa (DN) COPAM 65/2020 (MINAS GERIAS, 2020), porém que trata especificamente do aproveitamento do esgoto sanitário. Nenhuma dessas normas contempla o reúso no setor industrial. Acredita-se que, somente com a maior utilização e demanda por uso nesse ramo, é que irão surgir normas e resoluções específicas. Portanto, quando se trabalha com reúso em indústrias, é necessário fazer analogias com o que já se tem de informação.

Em uma empresa de autopeças, o processo de pintura de amortecedores ocorre em uma cabine de pintura com uso de cortina d'água para contenção do *over spray* de tinta, que é a fração de tinta que ao ser jateada, não fixada na peça e que acaba ficando dispersa no ambiente. Seu funcionamento consiste na exaustão dessas partículas por uma corrente de ar que as direciona para a cortina, onde são misturadas com a água e encaminhadas para um reservatório. Essa prática evita a contaminação e a poluição do ambiente externo, preserva a saúde dos operadores e evita efeitos indesejáveis na peça produzida por sobreposição de tinta. Por outro lado, gera poluição secundária, resultando na produção de uma água residuária, que, por sua vez, demanda tratamento antes do retorno ao meio ambiente (NOVAES, 2016).

Existem estudos que caracterizaram a água residuária dessas cabines para indústrias de diferentes segmentos. Na indústria moveleira, por exemplo, Santos et. al (2010) verificaram que a água das cabines apresenta elevada carga orgânica, devido à presença de tintas e solventes utilizados no acabamento dos móveis, baixa condutividade elétrica e concentração de metais inferior ao que é considerado tóxico.

Atualmente, a empresa objeto deste estudo, já faz um circuito fechado de aproveitamento de água da cortina d'água por uma semana (havendo o descarte após esse período), e a proposta do presente trabalho é de que a água residuária gerada na empresa

possa substituir a água limpa consumida nesse processo. Uma das motivações desse trabalho é pautada no sucesso em implementar o reúso de efluente em indústrias do segmento de autopeças, como mostra, por exemplo, Souza (2012), em seu estudo de caso que objetivou estimar o impacto do reúso industrial direto e planejado como instrumento de gestão social, econômica e ambiental das águas residuárias. Tal estudo comprovou a viabilidade do projeto e o impacto direto propiciado. Assim, enxerga-se nesse cenário a oportunidade de se fazer o uso do efluente tratado da empresa para finalidade de cortina d'água, ou seja, empregar o reúso de água na indústria.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar a viabilidade do uso direto do efluente industrial tratado na cortina d'água das cabines de pintura, a partir de uma análise da viabilidade técnica e financeira.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar a água utilizada na cortina d'água, limpa e após alguns estágios no ciclo de reaproveitamento, considerando a qualidade e a quantidade demandada;
- Caracterizar a água residuária, oriunda de vários setores da indústria (inclusive da cortina d'água), após o tratamento na Estação de Tratamento de Águas Residuárias (ETAR);
- Comparar a água residuária tratada na ETAR com a água utilizada na cortina d'água e
- Estimar o impacto da implantação dessa prática no consumo de água da empresa, no indicador de água e nos gastos com captação de água.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudo**

#### **3.1.1 Descrição da indústria e do processo produtivo**

A indústria para a qual o estudo foi realizado está localizada no sul do estado de Minas Gerais e é do segmento de autopeças. A empresa fabrica amortecedores para diversas montadoras de veículos, produzindo uma média de 50 mil unidades por dia.

Na referida instalação, são fabricados dois diferentes tipos de amortecedores: estrutural e convencional. O amortecedor estrutural é aquele fixado na parte da frente do

veículo, enquanto o convencional pode ser de vários tipos: mola a gás (amortecedor comumente em porta-malas), 45mm (amortecedor de caminhão), de direção (utilizado em equipamentos agrícolas, e traseiros (utilizados na parte de trás do automóvel). De modo geral, eles têm a função de controlar as oscilações da mola e visam manter as rodas dianteiras e traseiras, respectivamente, sempre em contato com o chão, garantindo dessa forma a estabilidade e conforto do veículo (no caso do mola a gás, ele tem a função de reduzir o esforço necessário para se abrir portas).

O processo de fabricação dos amortecedores estruturais e convencionais é bem diferente em seus detalhes e especificações, mas as etapas, de modo geral, são similares, estando os fluxogramas apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente. De forma resumida, o procedimento inicia com o recebimento e inspeção dos componentes e das matérias primas. Os componentes nível 1, que são as peças que não necessitam de preparação, vão direto para área de montagem. Já os componentes nível 2 (que necessitam de preparação), são transportados para as áreas de preparação, onde são feitos os subconjuntos. A grande diferença entre os dois processos de fabricação é justamente na preparação dos subconjuntos. Para os amortecedores estruturais, por exemplo, a haste e o tubo reservatório utilizados são comprados, enquanto os utilizados nos convencionais não confeccionados *in loco*.

Após a montagem ou usinagem dos tubos reservatórios, e a fixação de ferragens e soldagem de outros tipos de estruturas, eles são encaminhados para a área de pintura para que sejam pré tratados, pintados e então lavados. Com todas as partes prontas (componentes nível 1 e peças preparadas a partir de componentes nível 2), acontece a montagem do amortecedor e a dosagem do óleo em seu interior. Após montado, esse é embalado e identificado e passa por uma auditoria final de qualidade. Caso o produto seja aprovado, segue para a expedição. Porém, caso reprovado, há o descarte como sucata e sua venda para reciclagem.

**Figura 1** - Fluxograma do processo de fabricação de um amortecedor estrutural.

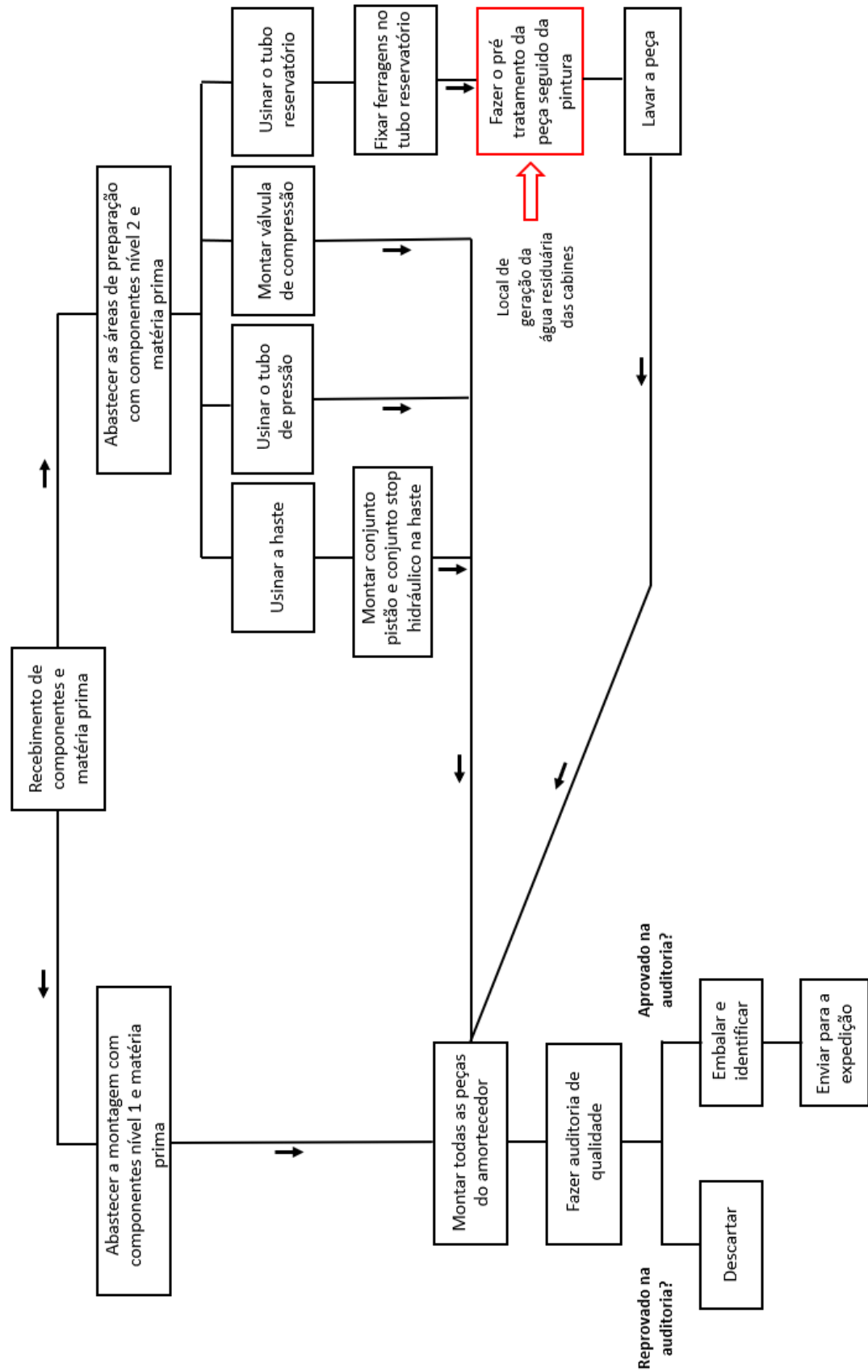
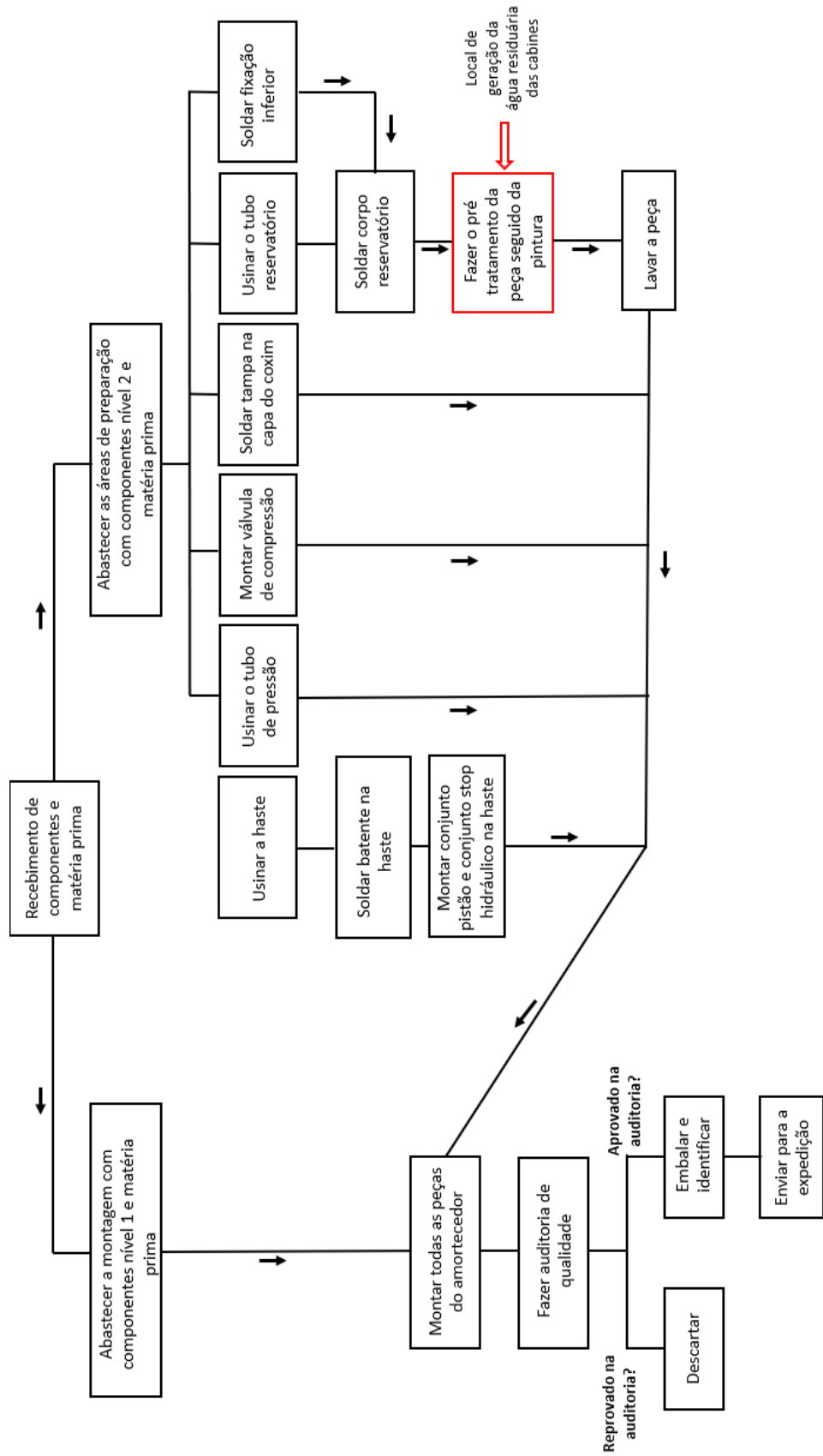


Figura 2 - Fluxograma do processo de fabricação de um amortecedor convencional.



Fonte: Da Autora (2023).

### 3.1.2 Pintura de amortecedores

O processo de pintura, citados nas Figuras 1 e 2, envolve várias etapas de pré-tratamento para a preparação da superfície metálica. De modo geral, as principais são o desengraxe, enxagues, fosfatização e o enxague final com água deionizada (WIEMES, 2003).

A função do desengraxe é remover contaminantes, como óleos e graxas, limalhas e outros tipos de sólidos da superfície da peça. Nos enxagues, é utilizada água para remover o residual do banho antecedente. No banho de fosfato, forma-se uma camada de cristais, que melhora a adesão e a resistência à corrosão. Por fim, o enxágue com água deionizada (DI) ocorre em razão da necessidade do uso de uma água com valor de condutividade  $\leq 10 \mu\text{S/cm}$ , a qual tem a finalidade de remover os sais residuais e a acidez em excesso (AUDI, 2016).

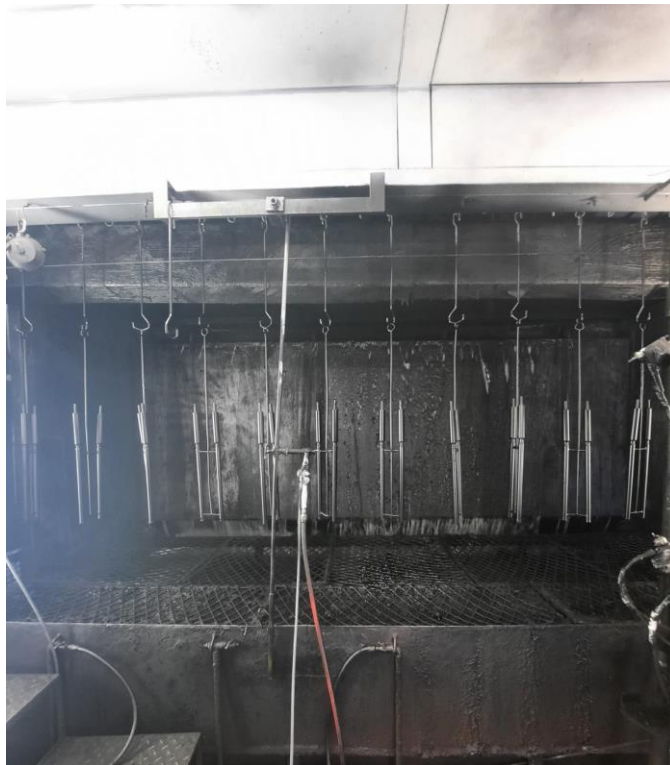
Após o pré-tratamento, os amortecedores são encaminhados para a estufa para secar toda a água da superfície, e só então seguem para as cabines de pintura. Primeiro é aplicado o *primer* (C2), que é um tipo de tinta que tem a função de corrigir imperfeições na superfície da peça e prepará-la para o retoque e/ou acabamento. Alguns modelos de amortecedores possuem uma estrutura que dificulta a deposição de tinta. Nesses casos, após a aplicação do *primer*, os amortecedores passam pela cabine de reparo (C3), onde as áreas de difícil acesso são cuidadosamente pintadas. A última cabine (C4) é a de acabamento, onde é aplicada a última camada de tinta. Quando, eventualmente, a pintura do amortecedor é danificada durante o transporte dentro da fábrica, ele retorna para a quarta cabine (C1), destinada exclusivamente para o retoque de peças.

O objetivo da utilização das cabines de pintura na indústria é realizar a remoção de contaminantes do meio ambiente, injetando uma corrente de ar para que o *over spray* da tinta seja conduzido para a lavagem (cortina d'água), antes da dispersão do ar na atmosfera (ACCI, 2018). Dessa forma, a estrutura aumenta a qualidade do produto, proporciona um ambiente seguro para os pintores e reduz os impactos à atmosfera. No entanto, é gerada a chamada poluição secundária, resultando na produção de uma água residuária. O movimento descendente da água na cortina, leva o *over spray* da tinta para o reservatório, onde é formado uma borra. Um exemplo de uma cabine de pintura pode ser visto na Figura 3.

Atualmente, de forma a reduzir o consumo de água, já é feita a recirculação e o reaproveitamento da água do processo. A água presente no reservatório, e que já foi utilizada com a finalidade de “lavar a atmosfera” das cabines, volta para a cortina e é recirculada sempre que o sistema é ativado, tendo esse ciclo duração de uma semana. Após esse período,

o reservatório e a parede da cortina já estão saturados de borra e precisam ser lavados, pois a borra pode atrapalhar o processo de recirculação, entupindo as tubulações, além de diminuir a capacidade da água em aderir mais partículas de tinta. Então esvazia-se o tanque para limpá-lo e, em seguida, o mesmo é enchido novamente com água limpa para dar continuidade ao processo. Esse efluente gerado é então encaminhado para a Estação de Tratamento de Águas Residuárias (ETAR) da empresa, que será descrita a seguir.

**Figura 3** - Cabine de pintura.



Fonte: Da Autora (2023).

### **3.1.3 Estação de tratamento de efluente industrial**

O processo de fabricação dos amortecedores gera uma quantidade muito grande de resíduos sólidos, líquidos (efluentes) e gasosos, que se não gerenciados de forma adequada podem causar contaminações no solo, na água e na atmosfera. Pensando nisso, a empresa se encarregou de buscar alternativas sustentáveis para mitigar ou até mesmo erradicar esses impactos, além de atender os requisitos para a obtenção de licença ambiental de operação. Uma dessas alternativas foi a instalação de uma estação de tratamento de efluente industrial, que recebe e trata a água residuária do processo produtivo e a encaminha para a concessionária local, COPASA, que por meio de contrato do tipo PRECEND (Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos).



A estação de tratamento da empresa possui 4 diferentes linhas de tratamento (Figura 4), sendo uma para efluentes alcalinos (proveniente do descarte dos banhos de desengraxante), uma para efluente ácido (proveniente do descarte dos banhos de decapante, fosfato, refinador e cabines de pintura), outra para efluente contendo cromo (gerado no descarte dos banhos de cromo) e uma última para água de lavagem de piso (resultante de atividades de limpeza da indústria como um todo), que contêm baixa concentração de produtos químicos.

Os efluentes alcalinos e ácidos, quando necessário, são neutralizados (separadamente) e então, gradativamente, são direcionados para um tanque de mistura, junto com a água de lavagem. Do tanque de mistura, o efluente é bombeado para a caixa separadora de água e óleo, onde o óleo sobrenadante é retirado manualmente. Em seguida, por gravidade o efluente combinado chega ao tanque de coagulação, no qual se utiliza o cloreto férrico para a precipitação dos metais pesados.

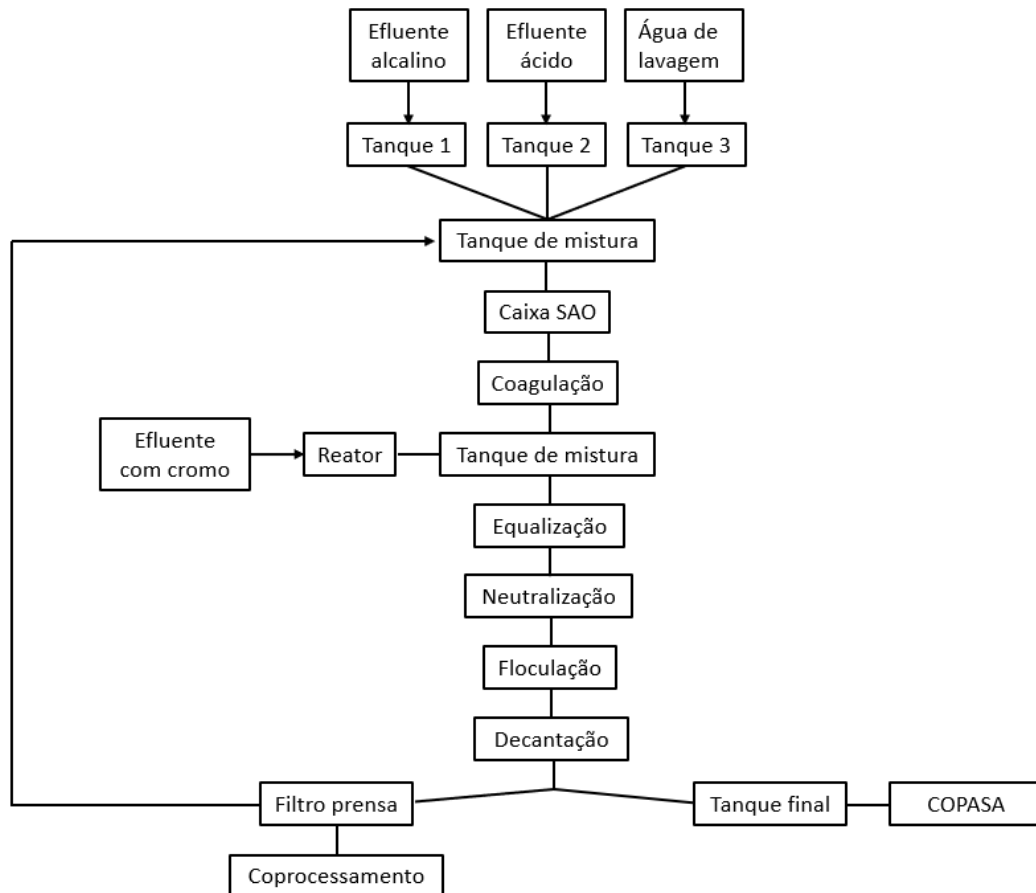
Do tanque de coagulação, a água residuária segue para outro tanque de mistura, onde encontra o efluente contendo cromo trivalente. O efluente contendo  $\text{Cr}^{3+}$  é gerado a partir de tratamento prévio do efluente com cromo hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ), onde é feita a aplicação de metabissulfito de sódio nessa água residuária.

Em seguida, essa mistura flui para o tanque de equalização, que regula a vazão, para só então ir para o tanque de neutralização, onde o controlador de pH, devidamente ajustado, regula automaticamente o pH entre 7,0 e 7,5, com a dosagem de emulsão alcalina ou ácido clorídrico de acordo com a necessidade. Após a neutralização, a água residuária passa para o tanque de floculação, onde é feita a adição do polímero. O tanque fica sob uma mistura lenta para evitar a quebra dos flocos, ao mesmo tempo que proporciona o contato entre as partículas.

A próxima etapa é a decantação, que irá separar os sólidos da água por diferença de massa específica. O decantador, do tipo lamelar de alta taxa, é composto por placas paralelas dispostas para dificultar a ascensão do lodo. Por transbordo, a água alcança o tanque final, que direciona o efluente tratado para a rede da COPASA, ao passo que o lodo contido no fundo do tanque de decantação é bombeado para uma prensa filtro. A parte sólida fica retida em um *bag* e é tratada por coprocessamento por uma empresa licenciada, enquanto a água retorna para o início da estação.

Além desse fluxo descrito, a ETAR conta com dois tanques reservas para situações emergenciais. Quando acontece algum tipo de vazamento de produto químico, ou alguma outra situação que possa causar um aumento na concentração de poluentes do efluente gerado, os operadores fazem a diluição dessa água residuária nos tanques reservas para só então tratá-la.

**Figura 4** - Fluxograma do tratamento na ETAR.



Fonte: Da Autora (2023)

### 3.2 Coleta e acondicionamento das amostras

Para a caracterização da água utilizada nas cortinas d'água, da água residuária gerada nas cabines de pintura e do efluente tratado na ETAR, coletou-se amostras, acondicionando-as em garrafas plásticas de 500 mL, identificadas com etiquetas adesivas. Até serem analisadas, as amostras foram refrigeradas a 4°C, no escuro, a fim de manter suas características físicas e químicas.

Em cada uma das quatro cabines (C1, C2, C3 e C4), foram coletadas: uma amostra de água limpa que vem da caixa d'água (A1), logo após a limpeza dos reservatórios, no dia

04/02/2023; uma amostra de água em estado médio de conservação (A2), no 4º dia dos 6 dias do ciclo de uso (no domingo não há produção, portanto ele não conta como um dia do ciclo), no dia 08/02/2023; e uma amostra de água residuária (A3), pouco antes de esvaziar os reservatórios para limpeza, também no dia 04/02/2023. Na ETAR, a coleta foi feita no tanque final, após todo o tratamento descrito na Figura 4, no dia 04/02/2023.

### **3.3 Análises realizadas**

As amostras coletadas foram encaminhadas primeiramente para o laboratório químico da empresa, onde foram feitas as análises de pH, para só então serem levadas para o laboratório de Águas Residuárias e Reúso de Água do Departamento de Engenharia Ambiental (DAM), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), para a caracterização de condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos em suspensão totais (SST). Todas as análises foram realizadas em triplicata, com uso das metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

As medições das variáveis pH, turbidez e CE foram feitas em equipamentos específicos, respectivamente, peagâmetro, turbidímetro e condutivímetro, com leitura direta *in loco*. Já para a determinação dos ST, SDT e SST, utilizou-se estufas e filtros, com secagem das amostras (e filtrados) por 24 horas à 105 °C, empregando a gravimetria após secagem e resfriamento das mesmas. Ressalta-se que as análises de SST foram realizadas 13 dias após a coleta, devido à um problema ocorrido na primeira tentativa de análise, tendo sido mantidas refrigeradas durante todo esse tempo. Visto que não havia tempo suficiente para realização de uma nova coleta (por burocracias e procedimentos da empresa), optou-se por reaproveitar as amostras que já estavam disponíveis. As demais análises foram realizadas dentro dos prazos estipulados na metodologia seguida.

### **3.4 Dados secundários da empresa**

Além dos resultados das análises das amostras coletadas na ETAR, foi fornecido pela empresa o histórico de análises mensais do efluente bruto e tratado, realizadas no ano de 2022 por um laboratório contratado. Os laudos contemplam resultados de análises de pH, temperatura, agentes tensoativos, DBO, DQO, óleos e graxas, sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis, chumbo total, cromo hexavalente, cromo total, cromo trivalente, ferro solúvel, manganês solúvel e zinco total.

Os procedimentos seguidos pelo laboratório contratado também estão de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). As variáveis escolhidas nas análises feitas no DAM, para as amostras das ETAR, com exceção de SST, não estão incluídas no monitoramento frequente, e foram realizadas com o intuito de complementar e também poder comparar às normas técnicas existentes (para reúso para outras finalidades). A decisão em realizar análises de SST, ainda que o monitoramento frequente já contemple, foi pautada na necessidade de também determinar as concentrações de SDT, calculada a partir da diferença entre ST e SST.

### 3.5 Cálculo dos impactos

A proposta é que a água de reúso seja utilizada para preencher os reservatórios das quatro cabines de pintura. Sabendo que esses esvaziam e enchem a cada 1 semana (4x por mês), e tendo o volume de cada reservatório, é possível calcular o volume de água a ser reutilizado, a partir da fórmula descrita na Equação 1:

$$\text{Vol}_r = (0,792 + 1,38 + 3,46 + 6,92) \times 4 \quad (1)$$

O indicador de água da empresa é calculado, conforme descrito na Equação 2, a partir da razão entre o volume de água captado no mês ( $\text{m}^3$ ) e o tempo total gasto para produzir os amortecedores faturados no mês (h).

$$I = \frac{\text{Vol}_c}{T} \quad (2)$$

Em que:

I = Indicador de água ( $\text{m}^3/\text{h}$ );

$\text{Vol}_c$  = Volume de água captado no mês ( $\text{m}^3$ );

T = Tempo gasto para produzir os amortecedores faturados no mês (h);

Já o impacto do reúso no resultado do indicador mensal pode ser dado pela diferença entre o volume médio captado e volume reutilizado, dividido pela média do T, como mostra na Equação 3.

$$\text{NI} = \frac{\text{Vol}_c \text{ med} - \text{Vol}_r}{T \text{ med}} \quad (3)$$

Em que:

NI = Novo indicador (m<sup>3</sup>/h);

Vol<sub>c med</sub> = Volume médio captado em um mês (m<sup>3</sup>);

Vol<sub>r</sub> = Volume de água reutilizado em um mês (m<sup>3</sup>);

T med = Tempo médio gasto para produzir os amortecedores faturados em um mês (h)

Para calcular a economia com o custo de captação de água, será feita uma multiplicação entre o volume de água reutilizado e o preço pago pela água à Fundação Abraham Kasinski (FAK), como descrito na Equação 4.

$$EA = \text{Vol}_r \times 8,27 \quad (4)$$

Em que:

EA = economia com o custo de captação de água (R\$);

8,27 = Valor da tarifa paga pela indústria (R\$/m<sup>3</sup>);

Vol r = Volume de água reutilizado em um mês (m<sup>3</sup>)

Como o contrato PRECEND estipula um valor mensal fixo para o tratamento do esgoto industrial gerado na empresa, a prática do reúso não trará nenhuma economia com relação a esse custo. Entretanto, também é previsto uma cobrança que incide sobre o fator k, cobrado na fatura mensal de esgoto de acordo com as concentrações de DQO e SST do efluente. De forma resumida, o fator k é uma multa aplicada nos casos em que os valores de DQO e SST ultrapassem, respectivamente, 450 mg/L e 300 mg/L, limites estipulados pela COPASA na sua norma técnica T187/6 (COPASA, 2014). Quando esses valores se encontram abaixo do limite, o fator k é igual a 1, enquanto que caso haja violações, o seu valor é calculado com base na Equação 5.

$$K = 0,63 + 0,19 \times \frac{\text{DQO}}{450} + 0,36 \times \frac{\text{SST}}{300} \quad (5)$$

Em que:

K = Fator k;

DQO = Concentração de DQO (mg/L);

SST = Concentração de SST (mg/L)

A prática do reúso pode também reduzir os gastos com multas, seja no lançamento da rede da companhia de água de esgoto (caso do PRECEND), seja nas infrações nas deliberações normativas e resoluções referentes ao lançamento direto em cursos d'água. Isso pode acontecer pois, muitas vezes, a aplicação do reúso traz redução das concentrações desses poluentes, como por exemplo quando é aplicado um tratamento complementar à ETAR para o polimento do efluente antes do reúso.

Com o intuito de comparar os custos e economias, de forma a possibilitar a inferência sobre a viabilidade econômica do projeto, foi solicitado um orçamento para uma empresa de engenharia que já presta serviços para a indústria objeto deste estudo. O orçamento foi elaborado considerando a compra de materiais e a instalação de toda a rede tubular, reservatório aerado e bombas necessários para que a água residuária tratada seja direcionada para as cabines de pintura. O gasto energético da bomba também foi estimado pela empresa de engenharia, que considerou as concentrações de sólidos das amostras para o seu dimensionamento.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 ETAR**

A partir da disponibilização dos dados de monitoramento da ETAR da empresa, foram calculadas as eficiências de remoção de DBO e DQO para o ano de 2022. Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Caracterização de DBO e DQO no esgoto industrial bruto e tratado referente ao ano de 2022.

Mês	Concentrações (mg/L)				Eficiências (%)	
	Entrada		Saída		DBO	DQO
	DBO	DQO	DBO	DQO		
<b>Jan</b>	263	635	151	360	43	43
<b>Fev</b>	288	739	77	191	73	74
<b>Mar</b>	103	241	30	84	71	65
<b>Abr</b>	222	537	27	73	88	86
<b>Mai</b>	106	265	45	126	58	53
<b>Jun</b>	203	483	66	201	68	58
<b>Jul</b>	89	194	54	126	39	35
<b>Ago</b>	121	360	67	199	45	45
<b>Set</b>	86	211	32	81	63	62
<b>Out</b>	455	1170	38	94	92	92
<b>Nov</b>	361	754	30	84	92	89
<b>Dez</b>	423	1057	40	83	91	92
<b>Média</b>	209	508	55	142	68	66

Fonte: Da Autora (2023).

Com base no apresentado na Tabela 1, verifica-se que não há atendimento da DN COPAM 08/2022 (MINAS GERAIS, 2022), que preconiza eficiência média anual superior a 90% para DBO e 85% para DQO para ser permissível o lançamento em cursos d'água. As concentrações finais também foram superiores a 60 e 180 mg/L, respectivamente, para DBO e DQO em quatro meses de 2022, o que indica a necessidade de se realizar o pós tratamento ou fazer a disposição na rede coletora da companhia de água e esgoto.

Como dito anteriormente, o efluente tratado da empresa é enviado para a COPASA, com base no Programa do PRECEND, que possui como vantagens os parâmetros estabelecidos menos restritivos do que o das legislações vigentes para o descarte de efluente em curso d'água (COPAM CERH 08/2022 e CONAMA 430/2011), além de economia com implementação da ETAR, mão de obra e produtos químicos, e demandar menor área para o tratamento. Consequentemente, a ETAR não precisa apresentar elevados níveis de eficiências, somente atender ao que está exigido na COPASA T187-6. Na Tabela 2, é feito um comparativo.

**Tabela 2** - Comparação do esgoto industrial tratado com os limites estabelecidos pela COPASA, COPAM/CERH e CONAMA.

Variável	Unidades	Resultados	COPASA T187/6	COPAM/CERH 08/2022	CONAMA 430/2011
pH	-	7,14	6 a 10	5 a 9	5 a 9
Temperatura	°C	24	< 40	< 40	< 40
Agentes Tensoativos	mg/L	0,43	5	2	-
DBO	mg/L	55	-	60 *	remoção mínima de 60%
DQO	mg/L	142	450	180 *	-
Óleos e Graxas	mg/L	<10	150	20	20
Sólidos em Suspensão	mg/L	38	300	100	-
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	1,76	20	1	1
Chumbo Total	mg/L	0,02	10	-	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	0,05	1,5	0,1	0,1
Cromo Total	mg/L	0,68	10,0	-	-
Cromo Trivalente	mg/L	0,63	-	1,0	1,0
Ferro Solúvel	mg/L	0,22	15,0	15,0	15,0
Manganês Solúvel	mg/L	0,83	-	1,0	1,0
Zinco Total	mg/L	0,39	5,0	5,0	5,0

\* Ou eficiências anteriormente citadas.

Fonte: Da Autora (2023)

Verifica-se na Tabela 2, que apesar da baixa eficiência constatada, o tratamento da água residuária no ano de 2022, conferiu resultados que permitiriam o atendimento até mesmo dos limites estabelecidos pela COPAM-CERH 08/2022 e CONAMA 430/2011 para todas as variáveis (com base nos valores médios), com exceção dos sólidos sedimentáveis (SP), que, no entanto, está dentro do preconizado na norma do PRECEND. Assim, no futuro, caso seja de interessa da indústria, basta a inserção de mais algumas etapas para ser possível o lançamento no curso d'água. Porém, ressalta-se que também deve ser avaliado as condições do curso d'água quanto à qualidade e a vazão.

Outra constatação importante feita com base na Tabela 2, é que a empresa não paga multas à COPASA, já que há atendimento das variáveis SST e DQO, não havendo incidência do fator k sobre a tarifa que é paga mensalmente.

## 4.2 Cabines de pintura

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados referentes às análises das amostras A1, A2 e A3 de cada cabine.



**Tabela 3** - Resultado das análises das águas das cabines de pintura.

		ST (mg/L)	SST (mg/L)	SDT (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade Elétrica (mS/cm)
<b>C1</b>	<b>A1</b>	83	3	80	5,9	3	68
	<b>A2</b>	230	33	197	4,6	46	131
	<b>A3</b>	368	85	283	5,2	141	153
<b>C2</b>	<b>A1</b>	113	13	100	5,9	3	104
	<b>A2</b>	793	20	773	5,1	16	491
	<b>A3</b>	2490	53	2437	5,3	13	121
<b>C3</b>	<b>A1</b>	170	67	103	5,9	16	73
	<b>A2</b>	213	38	175	5,6	40	113
	<b>A3</b>	625	117	508	4,9	110	185
<b>C4</b>	<b>A1</b>	97	5	92	5,8	3	83
	<b>A2</b>	678	12	667	4,5	7	291
	<b>A3</b>	1203	17	1187	4,5	3	555

A1: Água limpa, após a limpeza do reservatório.

A2: Água em estado médio de conservação, após 4 dias da limpeza do reservatório.

A3: Água suja, anterior a limpeza do reservatório.

Fonte: Da Autora (2023)

Em relação à qualidade de água em diferentes estágios durante o uso na contenção do *over spray* da cabine de pintura, a análise é importante para ponderar sobre o possível aproveitamento do efluente da ETAR. Ademais, pode-se avaliar as mudanças nas características durante o processo, à medida que ocorre a recirculação e a água fica mais concentrada.

Verifica-se, por exemplo, que a maior parte dos sólidos é dissolvido, havendo importantes aumentos nas concentrações de SDT à medida que a água vai ser utilizada. Também são observadas elevações dos valores de condutividade elétrica (CE) e da turbidez das amostras A1 para A2 e A3, havendo piora da qualidade. A perda de qualidade de água ao longo do tempo de recirculação de um sistema, também foi observado por Raggi et. al (2008) em seu estudo sobre a avaliação de sistemas de tratamento de águas em recirculação no processamento de frutos de cafeeiro.

Para análise comparativa, foi estabelecido neste trabalho, um critério para pontuar, de 1 a 4 (do melhor ao pior), cada um dos resultados da Tabela 3, de forma a identificar qual das cabines, para cada uma das amostras, apresentou o pior padrão de qualidade. Essa metodologia foi baseada na utilizada por von Sperling (2011) ao realizar uma avaliação relativa dos sistemas de tratamento de esgoto doméstico. Os resultados dessas pontuações estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4** - Distribuição de pontuação para determinação de amostra com melhor e pior padrão de qualidade.

		ST	SST	SDT	pH	Turbidez	Condutividade Elétrica	Resultado
A1	C1	1	1	1	1	1	1	6
	C2	3	3	3	1	3	4	17
	C3	4	4	4	1	4	2	19
	C4	2	2	2	2	2	3	13
A2	C1	2	3	2	2	4	2	15
	C2	4	2	4	3	2	4	19
	C3	1	4	1	4	3	1	14
	C4	3	1	3	1	1	3	12
A3	C1	1	3	1	4	4	2	15
	C2	4	2	4	2	2	1	15
	C3	2	4	2	3	3	3	17
	C4	3	1	3	1	1	4	13

Fonte: Da Autora (2023)

É possível perceber que para A1 e A3, a cabine 3 apresentou os piores resultados. Já para A2, o pior resultado foi encontrado na cabine 2. A diferença na qualidade dos efluentes de cada cabine ocorre em razão das diferentes finalidades que cada cabine possui, tendo distintas frequências de uso e demandas. Na cabine 1 é onde ocorre o reparo de pintura, quando a peça mesmo após pintada, apresenta algum defeito. Na cabine 2 é feita a aplicação do *primer*. Na cabine 3 é feita a pintura nas áreas de difícil acesso, presentes em alguns modelos de amortecedores de estrutura complexa, e na cabine 4 é feito o acabamento, também com tinta. Segundo informações fornecidas pelo supervisor da área de pintura, as cabines 2 e 4 são as usadas com maior frequência, pois, obrigatoriamente, todos os amortecedores produzidos precisam passar por elas, o que condiz parcialmente com o resultado mostrado na Tabela 4. É possível que, na semana em que as amostras tenham sido coletadas, tenham sido pintados mais amortecedores do tipo estrutural (que tem estrutura mais complexa) do que do tipo convencional, de forma que a cabine 3 tenha sido utilizada com maior frequência.

### 4.3 Efluente tratado x água das cabines de pintura

Nas Tabelas 5 e 6, há comparação entre as variáveis da possível água de reúso (efluente tratado) e da água utilizada em diferentes fases do ciclo da cabine de pintura (A1 e A2 respectivamente). O A3 não foi utilizado para comparação pois não representa uma água de uso, e sim uma água de descarte.

**Tabela 5** - Caracterização do efluente tratado da ETAR e da água obtida no início do ciclo das cabines (A1).

	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>ETAR</b>
<b>ST</b>	mg/L	83	113	170	97	1482
<b>SST</b>	mg/L	3	13	67	5	73
<b>SDT</b>	mg/L	80	100	103	92	1408
<b>pH</b>	-	5,9	5,9	5,9	5,8	7,14
<b>Turbidez</b>	NTU	3	3	16	3	23
<b>Condutividade Elétrica</b>	μS/cm	68	104	73	83	180

Fonte: Da Autora (2023)

**Tabela 6** - Caracterização do efluente tratado da ETAR e da água obtida no meio do ciclo das cabines (A2).

	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>ETE</b>
<b>ST</b>	mg/L	230	793	213	678	1482
<b>SST</b>	mg/L	33	20	38	12	73
<b>SDT</b>	mg/L	197	773	175	667	1408
<b>pH</b>	-	4,6	5,1	5,6	4,5	7,14
<b>Turbidez</b>	NTU	46	16	40	7	23
<b>Condutividade Elétrica</b>	μS/cm	131	491	113	297	180

Fonte: Da Autora (2023)

Com base no apresentado nas Tabelas 5 e 6, verifica-se que o efluente tratado da ETAR já apresenta CE, turbidez e concentrações de sólidos superior à água captada, à observada no meio do processo e mesmo ao efluente descartado (Tabela 3). No entanto, não há uma diretriz da empresa que impeça o seu uso em substituição à água limpa fornecida. Torna-se importante, então, a avaliação em comparação com normas técnicas para reúso para outras finalidades (Tabela 7), até que exista uma NBR específica para essa finalidade.

**Tabela 7** - Comparação entre o efluente tratado da ETAR e o padrão estabelecido nas NBR's 16783, 15527 e 13969.

Parâmetros	Unidade	ETAR	NBR 16783	NBR 15527	NBR 13969 classe 1	NBR 13969 classe 2	NBR 13969 classe 3	NBR 13969 classe 4
Turbidez	NTU	23	5	5	5	5	10	-
Condutividade Elétrica	µS/cm	180	3200	-	-	-	-	-
pH	-	7,14	6 a 9	6 a 9	6 a 8	-	-	-
Sólidos Totais	mg/L	1482	-	-	-	-	-	-
Sólidos em Suspensão Totais	mg/L	73	-	-	-	-	-	-
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1408	2000	-	200	-	-	-
DBO	mg/L	55	20	-	-	-	-	-

Fonte: Da Autora (2023)

Novamente, não houve o atendimento do que está previsto nas NBRs. Ressalta-se que os usos preconizados são diferentes dos propostos e que para lavagem do ar de cabines de pintura não é necessário água de qualidade como para uso doméstico para lavagem de calçadas ou para limpeza de veículos (usos sem EPIs especiais).

Essas variáveis que estão desacordo com as normas, quando não controlados, favorecem o desenvolvimento de microrganismos, provocando odores fétidos, além de causar incrustações e entupimentos nos circuitos hidráulicos e bombas e diminuição da vazão e do nível de água no sistema, prejudicando a sua performance. Tudo isso onera os custos operacionais, de limpeza e de manutenção (ROVAI, 2021).

Em contrapartida, um estudo realizado por Possamai et. al (2018), mostrou que, em uma indústria metalúrgica, a água utilizada nas cabines de pintura apresenta uma maior concentração de contaminantes e ainda assim é recirculada por 1 ano, sem apresentar danos para a empresa. O objetivo do autor foi propor um tratamento que pudesse aumentar ainda mais o tempo de recirculação. Esse resultado é um ponto a favor para a implementação do reúso nas condições observadas no presente trabalho. De toda forma, o aspecto econômico também precisa ser levado em consideração para definir a viabilidade do projeto.

#### **4.4 Economia com o reúso de água e o impacto da prática no indicador ambiental**

Na Tabela 8, estão apresentados valores gastos pela empresa e as possíveis economias que seriam alcançadas com a implementação do reúso na indústria.

**Tabela 8 - Resultado dos impactos em se implementar o sistema de reúso.**

<b>Cálculo dos Impactos</b>		
Indicador de água sem o reúso	m <sup>3</sup> /HBP	80,25
Volume de água reutilizado em um mês	m <sup>3</sup>	27,68
Indicador de água com o reúso	m <sup>3</sup> /HBP	80,027
% de redução no indicador	%	0,28
Gasto médio mensal com água	R\$	66.685,11
Economia com o custo de captação de água	R\$	228,914
Economia com o custo de tratamento de esgoto	R\$	0

Fonte: Da Autora (2023).

O gasto da empresa com captação de água é de R\$8,27 por m<sup>3</sup>. Já o gasto para o tratamento de esgoto enviado à COPASA, é fixo em R\$ 98.037,87, valor definido no contrato PRECEND. Dessa forma, a economia que poderia ser gerada com a implementação do reúso de água nas cabines de pintura seria muito pequena, em comparação com o montante gasto na captação de água para todas as atividades. Caso a empresa ainda não fosse certificada pela ISO 14001, norma que dispõe sobre Sistema de Gestão Ambiental, essa poderia ser uma motivação pela implementação do projeto de reúso apesar do alto custo e baixo retorno financeiro. Entretanto, como a empresa em questão já concluiu o objetivo de obtenção do certificado e vem conseguindo mantê-lo ao longo dos anos, não é possível justificar a viabilidade sob essa perspectiva.

Além disso, como já discutido, avaliando os valores de DQO e SST do efluente tratado da empresa, foi possível perceber que ela não está sob risco de incidência do fator k na conta de esgoto, uma vez que o tratamento realizado na ETAR é eficiente na remoção desses poluentes de forma que essas variáveis em todos os meses de 2022 estão dentro dos limites estipulados pela COPASA. Portanto, a ideia da implementação do reúso também não é reforçada sob esse aspecto.

#### **4.5 Custo para implementação do reúso**

O orçamento com o valor detalhado de cada serviço a ser prestado para a implementação do reúso na empresa, está descrito na Tabela 9.

**Tabela 9 - Custo para implementação do reúso**

<b>Descrição dos serviços</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço total</b>
Mobilização/Desmobilização/Canteiro de Obras	vb	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Placa de obra padrão	und	1	R\$ 600,00	R\$ 600,00
Confecção de projetos de tubulações, bombas e quadros de comando	vb	1	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
Instalações provisórias de água e energia elétrica	vb	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
Fornecimento e instalação de tubulações em PVC marrom 40mm rede de recalque (rede aérea em eletrocalha galvanizada 100,00 mm)	m	365	R\$ 169,90	R\$ 62.013,50
Fornecimento e instalação de sistema elétrico para comando de motobombas (cabos, quadros de comando e distribuição de energia) conforme NR10	und	1	R\$ 19.200,00	R\$ 19.200,00
Fornecimento e instalação de motobombas centrífuga 7,5 Cv trifásica 440v	und	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
Limpeza diária da obra	vb	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Limpeza final para entrega da obra	vb	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
			<b>Total:</b>	<b>R\$ 106.513,50</b>

Fonte: Da Autora (2023)

Com base no apresentado na Tabela 9, seriam necessários aproximadamente 38 anos para compensar o custo com as obras de implementação a partir da economia de R\$ 228,94 mensais com o custo de captação de água. Além disso, o sistema iria requerer um gasto energético de 40 kw/mês, representando R\$10,72 a mais na conta de energia todo mês, valor que, apesar de baixo, também deve ser considerado para a avaliação da viabilidade. Dessa forma, considera-se o projeto inviável financeiramente.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que:

- O efluente tratado da Estação de Tratamento de Águas Residuárias (ETAR) apresenta qualidade inferior à utilizada nas cabines de pintura, mesmo no final do ciclo de recirculação;
- O efluente da ETAR apresenta elevados níveis de turbidez e sólidos, que poderiam causar problemas com odores, incrustações e entupimentos, quando do reúso do efluente tratado;

- O aproveitamento do efluente da ETAR não traria benefícios econômicos uma vez que a economia com captação de água seria muito baixa comparada com os custos para implementação do projeto;
- O baixo impacto do projeto no indicador de água (redução de apenas 0,28%), torna-o ainda menos atrativo para a empresa;

Como recomendações:

- Como alternativa, estudos posteriores podem ser realizados para avaliar a implementação do reúso em alguma finalidade industrial que possa apresentar maior impacto nos ganhos da empresa, como por exemplo nas torres de resfriamento, caldeira e lavadores de gases que demandam maior quantidade de água e/ou
- Incluir o tratamento terciário na ETAR, que pode vir a ser: filtração em membranas, filtração por carvão ativado, entre outros, a depender da finalidade do reúso.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCI INSTALAÇÕES DE PINTURA INDUSTRIAL, São Paulo. Cabine de pintura automotiva. 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2021**. Informe Anual. ANA. Brasília, 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua>. Acessado em 29 de jan. de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527** Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. **T.187-5**. Estabelece condições e critérios para o lançamento de efluentes líquidos não domésticos – END's, no sistema de esgotamento sanitário da COPASA. 15 jan. 2014.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (2011). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. 13 de mai. de 2011.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. 28 nov. 2005.

COPAM-CERH - CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL E O CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE MINAS GERAIS (2022). **Deliberação Nº 8, de 21 de novembro de 2022**. Dispões sobre a classificação de



corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 21 nov. 2022.

DA LUZ POSSAMAI, André et al. Tratamento de efluente líquido oriundo de processos de pintura em cabines com cortina de água por processo de pulverização de tinta líquida, visando seu reúso. **Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC**, v. 3, n. 2, p. 217-240, 2018.

DA SILVA, Mayssa Alves; SANTANA, C. G. Reuso de água: Possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. **Periódico do centro de estudos em desenvolvimento sustentável da UNDB**, v. 1, p. 1-14, 2014.

DE LUCCA, Rafael Antonio. Estudo de um sistema de captação de água da chuva para uso no processo industrial de uma termelétrica na torre de resfriamento. **Engenharia Ambiental e Sanitária-Pedra Branca**, 2015.

LOURENÇO, Luciano; DE CASTRO, Fátima Velez. **Catástrofes antrópicas: uma aproximação integral**. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2019.

NOVAES, Livia Nadur. Caracterização da borra de tinta desativada gerada pela indústria automotiva. 2016.

RAGGI, Luiz Gustavo de Rezende; MATOS, Antonio Teixeira de; LUIZ, Fátima Aparecida Resende. **Avaliação de sistemas de tratamento de águas em recirculação no processamento dos frutos do cafeeiro**. 2008.

SANTOS, Anselmo R. Lage et al. Caracterização e tratabilidade biológica dos efluentes líquidos gerados em cabines de pintura de uma indústria moveleira. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 15, p. 357-366, 2010.

SANTOS, Samuel Audi R. dos. **Proposta de reúso não potável de efluente industrial na indústria automobilística: Estudo de caso para fábrica de cabines de caminhões**. 2016. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.

SOUZA, Felipe Henrique Silva et al. Reuso industrial direto e planejado das águas residuárias como instrumento de gestão social, econômica e ambiental: estudo de uma empresa em contagem-Minas Gerais. 2013.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. rev. Belo Horizonte, 2011. 452 p. v. 1.

WIEMES, L. Minimização de resíduos no processo de pintura de uma indústria automobilística. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.