

ANÁLISE DO REUSO DE EFLUENTE DE GALVANOPLASTIA: ESTUDO DE CASO

Luana Oliveira de Carvalho – luana.oliveira_14@hotmail.com
Universidade Luterana do Brasil, Engenharia Ambiental e Sanitária
Av. Farroupilha, 8001
92425900 – Canoas – RS

Nádia Teresinha Schröder – nadia.schroder@gmail.com
Universidade Luterana do Brasil, Engenharia Ambiental e Sanitária

Renata Farias Oliveira – renata@rebambiental.com.br
Universidade Luterana do Brasil, Engenharia Ambiental e Sanitária

Resumo: Com a alta demanda de utilização de água potável, para suprimento das necessidades humanas, tem se evidenciado a crise hídrica que o país sofre. A compreensão de se adotar estratégias sustentáveis nos processos industriais, traz pontos positivos para a sociedade e meio ambiente. O reuso de efluente tratado, traz consigo uma ampla rede de benefícios agregados a esta prática. Desse modo, este estudo se propôs realizar uma avaliação da aplicação de reuso de efluente tratado em vasos sanitários de um empreendimento localizado no município de Novo Hamburgo/RS. Como o objetivo de reutilizar um efluente em vasos sanitário, há necessidade de enquadramento desse efluente com legislações pertinentes. Os resultados obtidos nas análises dos efluentes tratados demonstraram ser eficientes para a reutilização. Avaliou-se, também, os valores de consumo tanto em reais quando em metro cúbico de água e constatou-se que a aplicação do reuso trouxe benefícios financeiros ao empreendimento, bem como uma diminuição de água potável para as descargas de vasos sanitários.

Palavras-chave: demanda por água potável, reutilização, benefícios financeiros, necessidades humanas, crise hídrica

ANALYSIS OF REUSE OF GALVANOPLASTY EFFLUENT

Abstract: With the high demand for the use of drinking water to meet human needs, the water crisis that the country is suffering has become evident. Understanding how to adopt sustainable strategies in industrial processes brings positive points for society and the environment. The reuse of treated effluent brings with it a wide range of benefits added to this practice. Therefore, this study proposed to carry out an evaluation of the application of reuse of treated effluent in toilets from a project located in the city of Novo Hamburgo/RS. As the objective of reusing effluent in toilets, there is a need to comply with relevant legislation. The results obtained from the analyzes of treated effluents demonstrated that they are efficient for reuse. The consumption values were also evaluated both in reais and in cubic meters of water and it was found that the application of reuse brought financial benefits to the enterprise, as well as a reduction in drinking water for flushing toilets.

Keywords: demand for drinking water, reuse, financial benefits, human needs, water crisis.

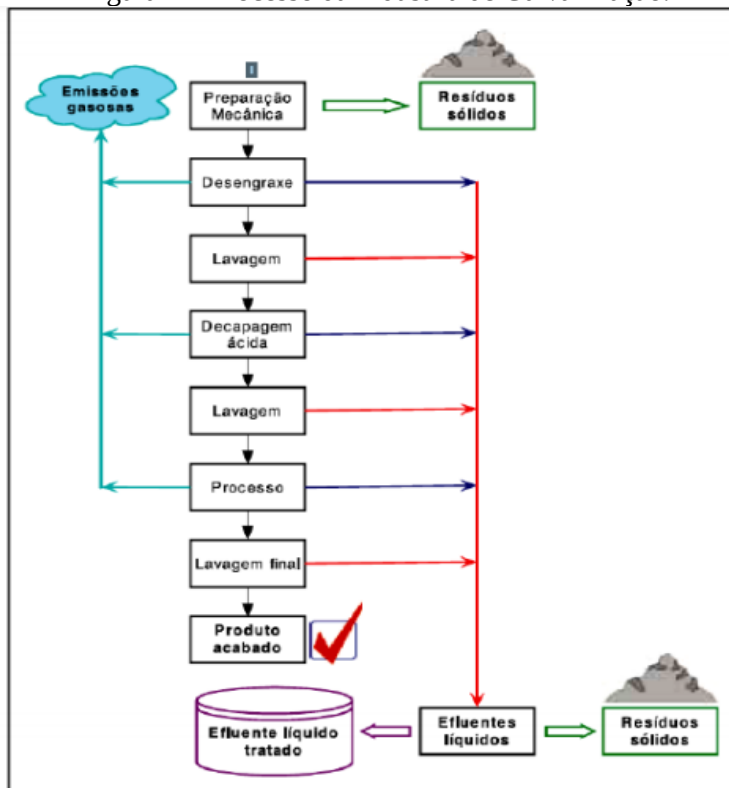


1. INTRODUÇÃO

A galvanoplastia é um ramo da indústria metalmeccânica dedicada ao tratamento de superfícies metálicas ou plásticas com diversos elementos, como: cádmio, cobre, níquel, estanho, ouro, prata, cromo ou zinco, mediante processos químicos ou eletrolíticos (PASQUALINI, 2004). É um processo eletrolítico aquoso, utilizada para revestir peças de metais não nobres, como nobres, sob a finalidade de os proteger de futuras corrosões ou realizar um acabamento esteticamente mais agradável, transformando o objeto em uma peça de decoração (SILLOS, 2009). Na Figura 1 é possível visualizar o fluxograma do processo galvânico. A peça chega no setor, passa pelo desengraxe (eliminação de óleos, graxas etc.), lavagem da peça para retirar os produtos provenientes do desengraxe e a decapagem (eliminar impureza encrostada). Novamente a lavagem é realizada para retirar o produto da decapagem e então a eletrodeposição ocorre conforme o banho, para em seguida ocorrer a lavagem final com alta quantidade de resíduos do banho (VAZ, 2009).

Nesta atividade, o tratamento de superfície gera efluente com altas concentrações de metais pesados como, por exemplo: cianeto, zinco, cromo, níquel e cobre. Os impactos negativos associados a esse efluente carregado de metais pesados não tratados e dispostos de forma incorreta no meio ambiente têm como consequência graves danos ambientais, com reflexos sobre a saúde pública. A descarga de efluentes contaminados causa degradação orgânica, devido sua alta toxicidade, prejudicando às vidas aquáticas e eutrofização. O reuso apresenta uma redução de custo direto, o que também acarreta uma diminuição do descarte de água previamente tratada, evitando impactos associados, além de representar uma alternativa sustentável de abastecimento (PASQUALINI, 2004). Deste modo, a reutilização permite que a água permaneça no ambiente industrial ou seja disposta para suprir outras necessidades. (BRAGA *et al.*, 2008; VAZ *et al.*, 2010).

Figura 1 – Processo da Indústria de Galvanização.



Fonte: VAZ (2009)



Os efluentes industriais e sanitários devem ser avaliados de acordo com a Resolução CONSEMA nº 355/2017 e CONAMA nº 430/2011. O ajuste à legislação ambiental é essencial as atividades potencialmente poluidoras e geradoras de efluentes, e, portanto, se torna indiscutível um investimento constante no sistema de tratamento de efluentes líquidos para que esse se torne efetivo, de maneira a garantir o atendimento a legislação.

Os efluentes industriais provenientes da galvanoplastia contêm vários tipos de substâncias tóxicas, como cianetos, agentes de limpeza alcalinos, solventes desengordurantes e metais danosos ao meio ambiente e não podem ser descartados sem tratamento prévio (AKBAL & CAMCI, 2010). Diferentes técnicas podem ser aplicadas e permitem uma eficiência maior ou menor no tratamento dos efluentes líquidos, de tal modo a se ter a possibilidade de reuso, ou até mesmo reciclagem total das águas residuais, bem como a recuperação de produtos químicos, podendo, portanto, reduzir o volume final dos despejos lançados pelas indústrias. O tratamento de efluente é projetado conforme a quantidade de contaminantes absorvidos em seu processo, tendo sempre como finalidade remover a maior fração possível de contaminantes da água, oriundos das etapas de tratamento de superfície. Para se obter isso é necessário tratamento prévio combinado com as tecnologias associadas, cujas escolhas devem ser pautadas nas características do efluente para a reutilização (PERINI *et al.*, 2014).

A reutilização da água no setor industrial pode estar vinculada a diversas etapas do processo produtivo, ou, em algum ponto, para suprir a necessidade de uso da água. A aplicação do reuso no setor industrial parte da vantagem inicial de redução dos custos em dois aspectos: na conta de água e no fato de que o tratamento aplicado ao efluente reduz a captação de mananciais e descarte de efluentes líquidos ao meio ambiente.

As águas residuais podem ter finalidades diferentes, quando não são descartadas como em atividades agrícolas (irrigação de plantas), usos domésticos (descargas sanitárias), processos industriais (sistemas de resfriamento), entre outros. Sendo assim, a técnica de reuso deve ser realizada de forma responsável, para que não traga riscos à sociedade ou ao sistema em que será aplicado. Para isso, devem ser avaliados certos parâmetros de qualidade, exigidos pelos fins específicos de utilização (RODRIGUES *et al.*, 2012).

O reuso de efluentes pode causar melhorias significativa nas indústrias que o exerce além de trazer benefícios ambientais, econômico e sociais. Nesse contexto, ele se apresenta como importante estratégia na gestão da demanda de água em atividades industriais, pois o efluente gerado em uma etapa do processo produtivo pode ser utilizado em outra, substituindo, portanto, a água potável, com ou sem tratamento preliminar, o que depende da qualidade do efluente e do uso pretendido, resultando na redução de consumo (HESPANHOL & GONÇALVES, 2004). A partir do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar o reuso dos efluentes oriundos do tratamento de superfície de uma empresa privada do ramo galvânico, localiza-se em um município do Rio Grande do Sul, com vistas a redução de custo devido ao uso racional da água.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de caso, com caracterização quali-quantitativa do efluente. Foi realizado o levantamento em documentos, com o apoio do operador da estação de tratamento e coleta de dados. A partir deles foi possível realizar o comparativo de volume de efluente reusado, analisando a viabilidade econômica de aplicar o reuso em indústria. Desta forma o trabalho foi dividido em 5 etapas: Etapa 1 – Identificação do setor responsável pela geração de efluente

O tratamento de superfície é o processo produtivo do empreendimento a ser avaliado para posterior reuso, pois realiza a geração de efluente em quantidade significativa se comparado com outros setores produtivos. Para obter informações dos processos quanto a geração de efluente, foram solicitados o croqui do setor de geração de efluente e o descritivo do processo



Etapa 2 – Avaliação da qualidade do efluente de reuso

A fim de avaliar a qualidade do efluente gerado no tratamento de superfície da indústria foram coletadas duas amostras de 1000 mL uma na saída do tanque de decantação, e outra na entrada do tanque de tratamento. As amostras foram submetidas a análises de laboratório para quantificar os parâmetros recomendados pelo órgão licenciador. A partir das análises de laboratório foi possível verificar se a qualidade do efluente tratado está de acordo com a legislação citada. Os parâmetros descritos na Tabela 1 foram utilizados para avaliação dos resultados das análises.

Tabela 1: Padrão de emissão

PARÂMETROS	PADRÃO DE EMISSÃO
Alumínio (mg/L)	≤10
Cádmio (mg/L)	≤0,1
Chumbo (mg/L)	≤0,2
Cianeto Total (mg/L)	≤0,2
Cobre (mg/L)	≤0,5
Cor Verdadeira (mg)	Não deve conferir mudança de coloração ao CHR
Cromo Total (mg/L)	≤0,5
DBO ₅	≤120 (de acordo com a vazão outorgada em m ³ /dia)
DQO (mg/L)	≤330 (de acordo com a vazão outorgada em m ³ /dia)
Ferro Total (mg/L)	≤10
Fósforo Total (mg/L)	≤4 (de acordo com a vazão outorgada em m ³ /dia)
Níquel (mg/L)	≤1
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	≤20 (de acordo com a vazão outorgada em m ³ /dia)
Óleos e Graxas Minerais (mg/L)	≤10
pH (mg/L)	6 ≤ pH ≤ 9
Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	≤1
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	≤140 (de acordo com a vazão outorgada em m ³ /dia)
Surfactantes (c/ Azul de Metileno) (mg MBAS/L)	≤2
Zinco Total (mg/L)	≤2

Fonte: CONSEMA (2017)

A Norma ABNT NBR 13969/97 é a regulamentação que aborda o tratamento de efluentes, e suas utilizações, categoriza o grau de qualidade da água de reuso em classes. A “classe 1” representa o grau máximo de qualidade exigido e “classe 4” o grau mínimo. Conforme a classificação do efluente de reuso é denominado de classe 3, quando seu uso previsto se determina em reuso em descargas de bacias sanitárias (Tabela 2).

Os parâmetros de águas cinzas para reuso em bacia sanitária estão descritos no manual do Sindicato da Construção (SINDUSCON, 2009). A descarga em vasos sanitários é classificada como uso irrestrito e seus padrões são apontados na Tabela 3.

Tabela 2: Parâmetros e limites de emissão

Parâmetro	Unidade	Limite de emissão
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	< 500 NMP / 100 mL
Turbidez	NTU	10 UT

Fonte: ABNT/NBR 13969 (1997)



Tabela 3: Parâmetros limites para análises

Parâmetro	Limite de emissão
Aparência	Não desagradáveis
Cor aparente	< ou =10 UH
DBO5	< ou =10 mg/L
Fosforo Total	< ou = 0,1 mg/L
Nitrato	<10 mg/L
Nitrito	<ou = 1 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	< ou = 20 mg/L
Odor	Não desagradáveis
Óleos e Graxas Totais	<ou = 1 mg/L
pH	Entre 6,0 e 9
Sólidos Dissolvido Totais	< ou = 500 mg/L
Sólidos Suspensos Totais	< ou = 5 mg/L
VOC's	Ausente

Fonte: SINDUSCON (2009).

Etapa 3 – Descrição do tratamento empregado

A realização do tratamento aplicada foi acompanhada do operador, de maneira que foi possível selecionar o máximo de informação sobre o método de tratamento utilizado para a adequação do efluente aos padrões ambientais, haja vista a finalidade de reuso. Nesta etapa foi possível levantar os equipamentos e produtos utilizados no tratamento.

Etapa 4 – Avaliação de quantidade de efluente tratado no tratamento da superfície

Após realizar todos os tratamentos, uma tabela com informações de produtos utilizados volume em metro cúbico tratado é preenchida, de forma que a avaliação de quantidade de efluente tratado foi obtida através do acesso a planilha fornecida pela indústria. A partir desses dados pode-se obter a média de água utilizada no setor.

Etapa 5 - Quantidade de água utilizada nos vasos sanitários

Para o cálculo do consumo estimado de água em vasos sanitárias, utilizou-se a metodologia proposta por Tomaz (2003). Ela aponta o volume total de água consumido em vaso sanitário.

Etapa 6 – Análise econômico-financeira (análise dos custos e da redução de consumo)

A fim de avaliar o reuso de efluente, foi obtido dados de consumo de água anterior a inclusão do reuso e após, avaliando a redução alcançada com a implementação do sistema de reuso em dois pontos: volume de água e dinheiro (redução dos gastos nas contas de água). A partir de gráficos e tabelas é demonstrado o consumo de água utilizado, médias de volume e valor, a fim de se comparar e verificar a porcentagem de economia após a aplicação do reuso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram identificados a partir de cada etapa utilizada na metodologia.

Etapa 1 Identificação do processo gerador:

O setor produtivo denominado tratamento de superfície, possui tanques onde as peças sofrem imersão em soluções químicas, e após são submetidas a lavagem com água. Neste procedimento é gerado efluentes concentrados. Os processos posteriores como a lavagem geram efluentes diluídos. A operação interna determina vários aspectos como tempo de imersão para melhor qualidade das peças, a composição de cada banho, o caminho que a peça irá percorrer no processo de tratamento. A fim de

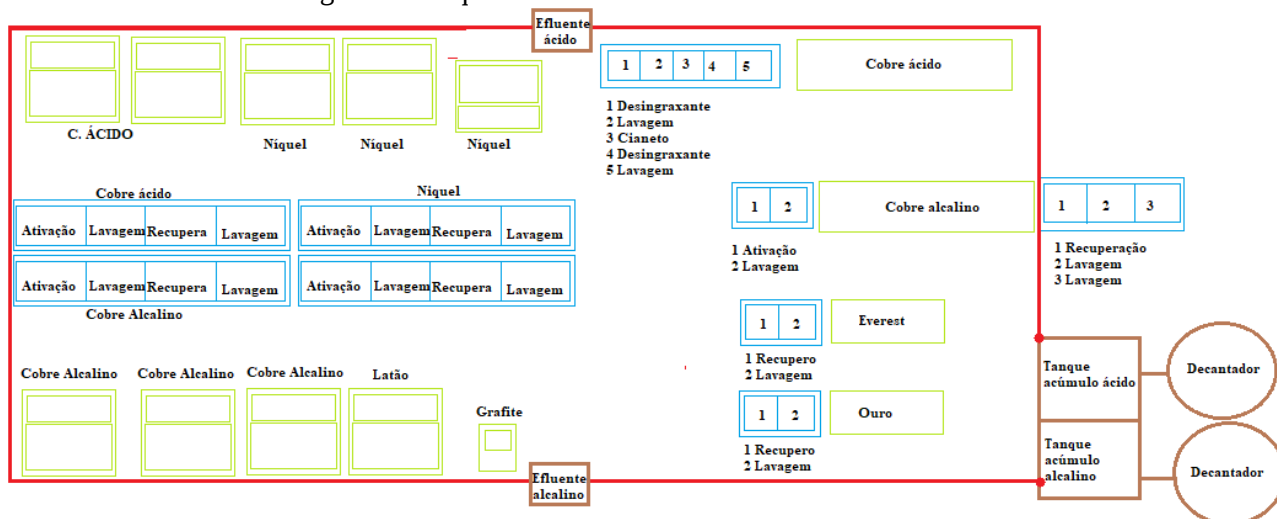


atender o máximo a qualidade das peças fabricadas, são realizadas análises nas soluções contidas nos tanques, onde é determinada a necessidade de repor os produtos do banho, ou o descarte gerando os efluentes.

No processo de tratamento de superfície, o procedimento adotado é o revestimento com características não metálico e inorgânico, realizados pela reação química e eletroquímica, o tratamento de superfície tem como objetivo realizar um revestimento anticorrosivo nas peças. Primeiramente as peças são submetidas a decapagem. Elas estão dispostas nos tanques contendo solução concentrada de desengraxante. Como procedimento o banho é aquecido e o seu objetivo é remover óleos e realizar a limpeza da peça. Após o desengraxe, as peças são submetidas à lavagem com água. Os banhos são regenerados nas colunas de troca iônica ácido e alcalino, não sendo descartados diretamente para a estação de tratamento e sim reusado no processo produtivo.

A última etapa do pré-tratamento é a lavagem das peças no tanque tendo um efluente de características contaminadas, mas somente com o arraste dos resíduos das peças. As peças são submetidas ao banho de preferência (banhos cobre ácido, cobre alcalino, níquel, latão, grafite, ouro, everest), conforme é possível identificar na Figura 2. Após o banho, as peças são novamente repassadas nas águas de lavagens para que seja finalizada o tratamento nas peças, gerando um efluente com arraste de resíduo do banho.

Figura 2: Croqui do setor de tratamento de efluente



Etapa 2 – Avaliação da qualidade do efluente de reuso

A avaliação dos resultados obtidos em relação a qualidade do efluente gerado foi analisado conforme a Resolução CONSEMA Nº355/17. Obteve-se duas amostragens, a primeira de efluente bruto, retirada da caixa de acúmulo sem nenhum tipo de tratamento, e a de efluente tratado retirado após a passagem do efluente no filtro de carvão ativado. Uma terceira amostragem foi realizada a fim de verificar se o efluente tratado atende as concentrações determinadas para o reuso de efluente em vasos sanitários. Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 é possível identificar se os valores obtidos nas análises de efluente bruto, tratado com seus padrões de emissão e a análise de efluente tratado estão com seus parâmetros dentro do permitido para o reuso em vaso sanitário.



Tabela 4 - Análise de efluente bruto

Parâmetro	Resultado	Unidade
Alumínio	<0,02	mg/L Al
Cádmio	<0,005	mg/L Cd
Chumbo	<0,01	mg/L Pb
Cianeto total	129442,7	mg/L CN
Cobre	46,8	mg/L Cu
Cor verdadeira	40	mg/L Pt-Co/L
Cromo Total	0,15	mg/L Cr
DBO	120,8	mg/L O ₂
DQO	306	mg/L O ₂
Ferro Total	11,1	mg/L Fe
Fósforo Total	19,2	mg/L P
Níquel	2,3	mg/L Ni
Nitrogênio Amoniacal	<5	mg/L N
Óleos e Graxas Totais	33,7	mg/L
pH	3	
Sólidos Sedimentáveis	0,1	mg/L
Sólidos Suspensos Totais	27	mg/L
Surfactantes (c/ Azul de Metileno)	0,034	mg/L MBAS
Zinco Total	102,5	mg/L Zn

Fonte: Laboratório de análises Químioambiental (2021).

Tabela 5 - Análise de efluente tratado

Parâmetro	Resultado	Unidade	Limite de Emissão CONSEMA 355/17
Alumínio	0,03	mg/L Al	10 mg/L
Cádmio	<0,005	mg/L Cd	0,1 mg/L
Chumbo	<0,01	mg/L Pb	0,2 mg/L
Cianeto total	<0,1	mg/L CN	0,2 mg/L
Cobre	<0,115	mg/L Cu	0,5 mg/L
Cor verdadeira	Não detectável	mg/L Pt-Co/L	Não confere mudança de cor ao corpo hídrico receptor
Cromo Total	<0,024	mg/L Cr	0,1 mg/L
DBO	70	mg/L O ₂	120
DQO	97	mg/L O ₂	330
Ferro Total	< 0,21	mg/L Fe	10 mg/L
Fósforo Total	0,2	mg/L P	4 mg/L
Níquel	<0,08	mg/L Ni	1,0 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	<5,0	mg/L N	20 mg/L
Óleos e Graxas Totais	10	mg/L	≤ 10 mg/L



pH	8,2		Entre 6 e 9
Sólidos Sedimentáveis	<0,01	mg/L	≤ 1,0 mL/L
Sólidos Susp. Totais	<8,0	mg/L	140 mg/L
Surfactantes	0,15	mg/L MBAS	2,0 mg MBAS/L
Zinco Total	0,09	mg/L Zn	2,0 mg/L

Fonte: Laboratório de análises Químioambiental (2021).

Tabela 6: Análise de água tratada para aplicação reuso

Parâmetro	Resultado	Unidade	Limite de emissão
VOC's	<5	mg/L	Ausente
Aparência	Não Objetável		Não desagradáveis
Cor aparente	<10	mg Pt-Co/L	< ou =10 UH
DBO5	25	mg/L O2	< ou =10 mg/L
Fosforo Total	0,1	mg/L P	< ou = 0,1 mg/L
Nitrato	1,2	mg/L N	<10 mg/L
Nitrito	0,01	mg/L N	<ou = 1 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	<5,0	mg/L N	< ou = 20 mg/L
Odor	Não desagradáveis		Não desagradáveis
Óleos e Graxas Totais	1	mg/L	<ou = 1 mg/L
pH	8		Entre 6,0 e 9
Sólidos Dissolvido Totais	70	mg/L	< ou = 500 mg/L
Sólidos Suspensos Totais	<8,0	mg/L	< ou = 5 mg/L

Fonte: SINDUSCON (2009).

Tabela 7: Análise de água tratada para aplicação reuso

Parâmetro	Resultado	Unidade	Limite de emissão pela
<i>Escherichia coli</i>	<1,8 x 10	NMP/100mL	< 500 NMP / 100 mL
Turbidez	1,74	NTU	10 UT

Fonte: ABNT NBR 15527 (2007)

Após os resultados obtidos e comparados com a legislação descrita, verificou-se que o tratamento de efluente está dentro do que determina a legislação pelo órgão ambiental, estando todos os parâmetros dentro do limite de concentração. Além disso, eles estão de acordo com os padrões referidos pela SINDUSCON (2009) e ABNT 15527/2007 para aplicabilidade do reuso do efluente tratado para os vasos sanitários.

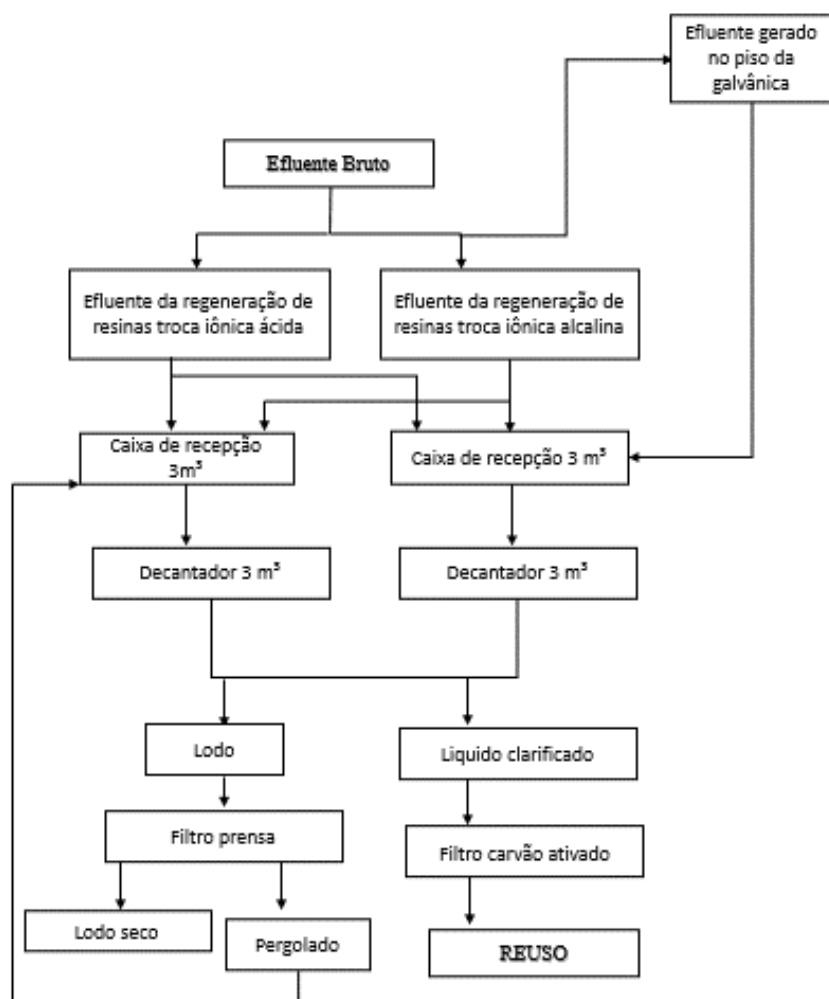
Etapa 3 – Descrição do tratamento empregado

O tratamento de efluente é realizado pelo operador, treinado e com experiência em tratamento de efluente de galvanoplastia. Os efluentes gerados no piso da galvanica escoam, por gravidade, até as caixas de recepção, e são bombeados aos tanques decantadores, para o tratamento físico-químico.

Concluídas as reações de redução dos metais por meio de decantação e clarificação, o efluente tratado, gera o lodo que passa pelo filtro prensa e o líquido clarificado passa no filtro de carvão ativado e segue para o reuso. O lodo é ensacado e enviado ao destino correto. Na Figura 3 pode-se visualizar o fluxo que o efluente percorre na empresa.



Figura 3 – Procedimento do tratamento de efluente



Os efluentes armazenados nos decantadores, passam pelo procedimento de tratamento nos decantadores. A equalização é realizada sob agitação de inflação de ar. O pH da solução é ajustado e para o ajuste é utilizado o próprio efluente como acidificante ou alcalinizante para a equalização. Por exemplo, em banhos de lavagem com característica alcalina é misturado, efluente ácido concentrado. Com a finalidade de redução de metais pesados adiciona-se soda líquida 50 % para elevar o pH, para 12. Com o pH elevado acrescenta-se hipoclorito de sódio que tende a oxidar o cianeto e aos metais ligados a ele. Após o tempo de reação deixa-se o efluente decantar. Depois disso, ele passa pelo filtro de carvão ativado, e continua o processo de tratamento com o efluente filtrado. Nele é acrescentando o cloreto férrico, para ajustar o pH em 8. Ainda sob agitação de inflação de ar é adicionado polímero aniônico como floculante. A decantação do efluente ocorre no mesmo decantador de tratamento, então a água clarificada é encaminhada ao filtro de carvão ativado e posteriormente a caixa de reuso. O lodo é passado pelo filtro prensa e posteriormente o percolado é enviado aos decantadores.

Etapa 4 – Avaliação de quantidade de efluente tratado no tratamento da superfície

Os volumes registrados na estação de tratamento durante os respectivos meses do ano encontram-se identificados na Tabela 8.



Tabela 8: Quantidade de efluente tratado nos respectivos meses

Mês tratamento	Volume m ³
Janeiro	8 m ³
Fevereiro	12 m ³
Março	4 m ³
Abril	8m ³
Maio	12m ³
Junho	8 m ³
Julho	8 m ³
Agosto	8m ³
Setembro	12 m ³

Fonte: Tratamento realizado pela empresa (2021).

Etapa 5 - Quantidade de água utilizada nos vasos sanitários

O consumo estimado de água em vasos sanitárias pode ser estimado pela Equação 1.

$$\frac{CTA = Vb \cdot NT \cdot NS \cdot DL}{1000}$$

Equação 1

Onde:

CTA = volume total de água consumido em aparelhos sanitários (m³ por mês);

Vb = Volume consumido na bacia sanitária (litros por descarga);

NT = Número total de pessoas envolvidas na indústria;

NS = Número de vezes em que alguém saudáveis utiliza o sanitário;

DL = Número de dias letivos no mês;

Dados

CT= ?

Vb= 90,56

NT= 30

NS= 3

DL= 22

$CTA = \frac{9,056 \times 30 \times 3 \times 22}{1000} = 17,93 \text{ m}^3$

Considerando não poder efetuar medições de vazão dos vasos sanitárias, adotou-se para um volume de água consumida em cada descarga de 9,056 litros (DEBOITA & BACK, 2014). Valor de acordo com a ABNT NBR 5.626/1998, que recomenda para vaso sanitários com válvula de descarga valores de vazão de 1,7 litros/segundo.

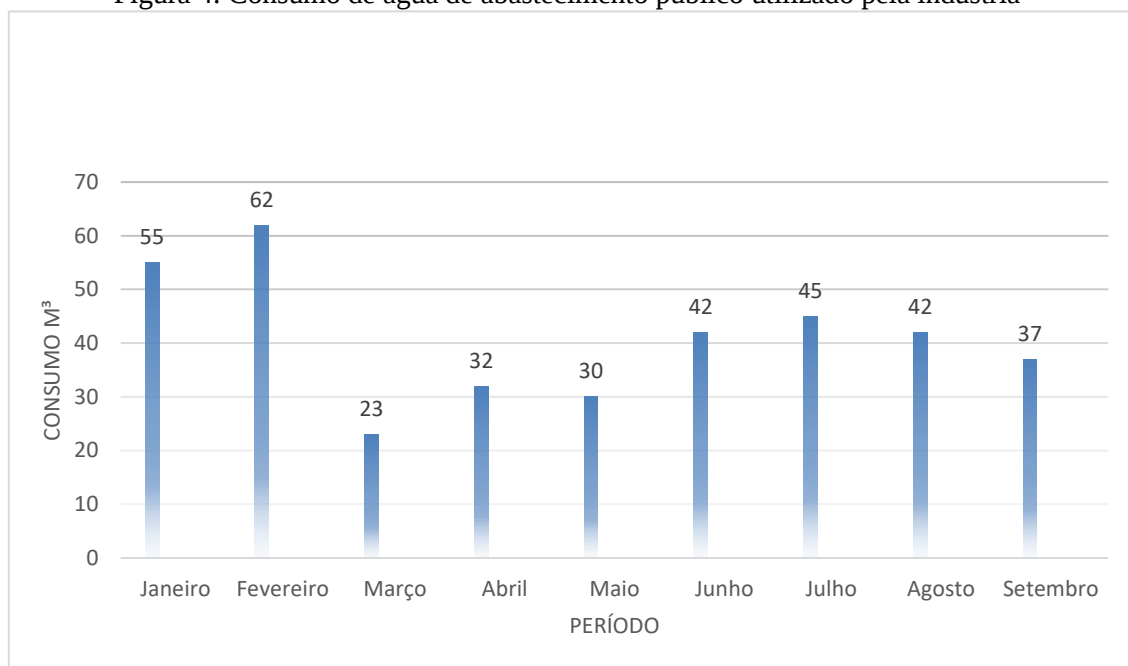
De acordo com Deboita e Back (2014), uma pessoa saudável e em condições normais utiliza o aparelho sanitário de uma a duas vezes em um período de 4 horas, ou seja, a cada turno. Porém, para fins da estimativa do volume de água consumido em bacias sanitárias foi considerado o uso de uma vez por indivíduo. O empreendimento conta com um grupo de 30 colaboradores, com jornada de trabalho de 22 dias. Conclui se que ao mês utiliza se em torno 17,93 m³ de água para os banheiros somente nos vasos sanitários.



Etapa 6 – Análise econômico-financeira

Para verificar a viabilidade economia-financeira do reuso aplicado realizou, primeiramente, um levantamento na conta de abastecimento de água verificando os metros cúbicos utilizados antes da aplicação de reuso. Na Figura 4 é possível visualizar o destaque para os meses de janeiro e fevereiro, bem como após a aplicação do reuso a partir de março.

Figura 4: Consumo de água de abastecimento público utilizado pela indústria



Para o cálculo utilizou-se o custo tarifário em reais do metro cúbico de abastecimento de água obtido pela companhia COMUSA. Conforme a característica industrial o custo cobrado por cada metro cúbico na empresa é de R\$7,46. Sendo assim foi realizado o cálculo a seguir utilizando-se a Equação 2:

$$V = PC \cdot CM$$

Equação 2

Onde:

V = valor mensal da conta de água em R\$;

PC = preço mensal da água, que é de R\$7,76/m³ (COMUSA, 2021);

CM = consumo mensal na indústria em m³.

Com o cálculo acima realizado foi elaborado a Tabela 10, que indica o valor mensal de água consumida mensalmente.

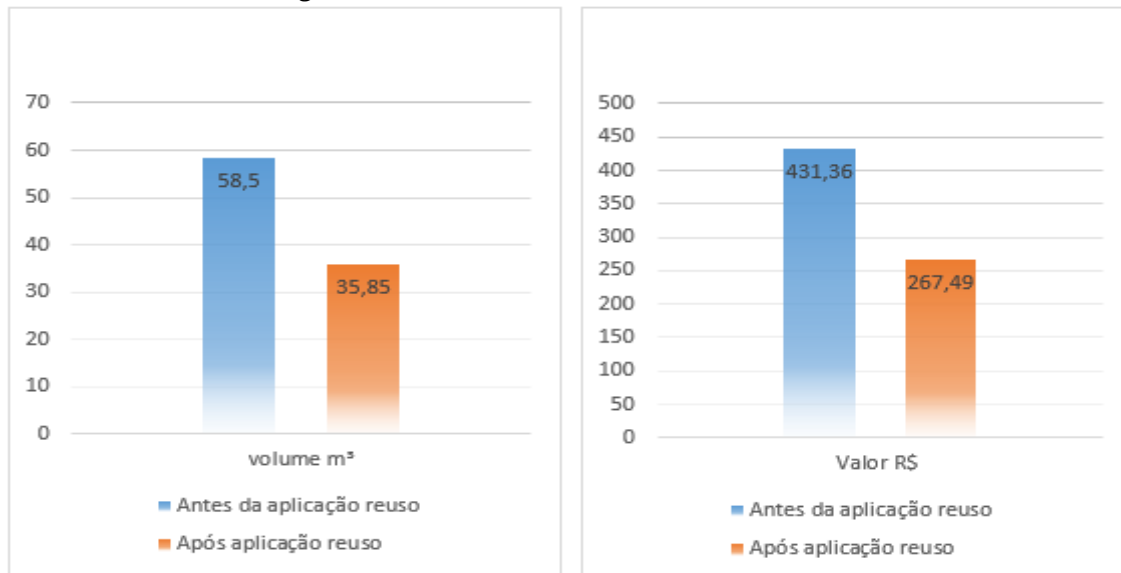
Tabela 10: Demonstrativo de consumo em m³ x custo em R\$

Competência	Consumo m³	Valor R\$	Competência	Consumo m³	Valor R\$
Janeiro	55	410,3	Junho	42	313,32
Fevereiro	62	462,52	Julho	45	335,7
Março	23	171,58	Agosto	42	313,32
Abril	32	238,72	Setembro	37	276,02
Maio	30	223,8			



Na Figura 5 é possível visualizar a média de metros cúbicos utilizados antes do reuso e após a aplicação e, respectivamente, a média em valores antes da aplicação e após o reuso.

Figura 5: Médias de consumo e valores em reais



Com isso foi possível demonstrar que o percentual de reuso em metros cúbicos foi em torno de 38,7 %. Dessa forma foi possível constatar uma redução de 58,5 para 35,85 m³. Além disso, verificou-se uma porcentagem de redução em torno de 37,90 % em valores em reais, onde antes da inclusão do reuso, a média em custo de abastecimento de água era R\$ 431,36 e passou após para R\$ 267,49.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, verificou-se que, quanto ao aspecto econômico, a implantação do reuso resultou em uma redução financeira em torno de 37,9%. O consumo em metros cúbicos apresentou a redução de 38,70%. Verificando em médias de redução do processo de reuso, a média anterior era 58,5 m³ e passou a 35,85 m³, e em valores em reais a média era de R\$ 431,36 passou a R\$ 267,49.

Ao se analisar o reuso aplicado no mês de março, foi possível verificar que no primeiro mês, o consumo de água teve uma queda de mais 50 %, visto que foi o mês efetivo do reuso. Além disso, houve um rodízio de funcionários pelo fato que ocorreu um surto na indústria de Covid. Também foi identificada uma queda na produção em três meses consecutivos. Como resultado teve-se uma redução na quantidade de água tratada e na água reusada nos vasos sanitários.

Neste contexto, os resultados apresentados neste estudo de caso mostraram-se viável tanto na redução de custo, quanto o enquadramento do efluente tratado as legislações sob reuso. A implantação do sistema na indústria foi efetivo. Cabe destacar que a porcentagem de reuso é de significativa importância pois ajuda no combate a crise hídrica, extinguindo o uso de água potável para vasos sanitário.

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR13696/1997. **Tanques Sépticos, unidade de tratamento complementar e disposição de efluentes líquidos**. Rio de Janeiro, set. 1997, 60 pág.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15527/2007. Água de chuva aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis requisitos. Rio de Janeiro, set. 2007, 8 pág.

AKBAL, F.; CAMCI, S. Copper, chromium and nickel removal from metal plating wastewater by electrocoagulation. **Desalination**. v. 269, n.1-3, p: 214-222, mar. 2011.

BRAGA, B. P. F. et al. Pacto federativo e gestão de águas. **Estudos avançados**. v. 22, n. 63, p: 17-42, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2011. Disponível em <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/CONAMA/RE0430-130511.PDF>>.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA). **Resolução nº 355/2017**. Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. 2017. Disponível em:

<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padroes-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>

DEBOITA, Michele; BACK, Nestor. **Consumo de Água em Bacias Sanitárias com a Utilização de Descarga de Duplo Acionamento: Estudo de Viabilidade Econômica**. Monografia. Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O. M. **Conservação e Reuso de Água** – Manual de Orientações para o setor industrial – Volume 1. FIESP/CIESP (org.): São Paulo, 2004.

PASQUALINI A. **Minimização de efluentes: Estudo de Caso Aplicado a Galvanoplastia**. 2004. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/polif/2051.pdf>>.

PERINI, S. J. B.; SOUZA H.C.M.; MOLIN M.L.; PERINI B.L.B. Avaliação dos processos de precipitação química de efluente galvânico com hidróxido de cálcio e carbonato de sódio. **In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química COBEQ**. Florianópolis/ SC, p. 1–6, out, 2014.

SINDICATO DA CONSTRUÇÃO (SINDUSCON). **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo. 2005, 152 P.

RODRIGUES, L. Di B. **Reuso de água em sistemas aeroportuários utilizando o processo de ultrafiltração**. 2012. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

SILLOS, R. M. **Manual Técnico: Tratamento de Superfícies**. 3ª Ed. São Bernardo do Campo: SurTec do Brasil, 2009

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis, São Paulo: Navegar, 2003.

VAZ, LUIZ G. de L. et al. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Ecl. Quím.**, São Paulo, v. 35, n. 4, p: 45 - 54, 2010.

VAZ, Luiz G. de L. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento do efluente líquido gerado na galvanoplastia**. 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.

