

UNIVERSIDADE DE SANTO AMARO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

GILMAR MATOS PEREIRA

REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA

SÃO PAULO

2015

GILMAR MATOS PEREIRA

REUSO DE AGUA NA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade de Santa Amaro, sob orientação do Profº. Renato Marco.

SÃO PAULO

2015

GILMAR MATOS PEREIRA
REUSO DE AGUA NA INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado para Obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia Ambiental do Curso de Engenharia da Universidade de Santo
Amaro.

Aprovada em ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.

Universidade de Santo Amaro

Prof.

Universidade de Santo Amaro

Prof.

Universidade de Santo Amaro

CONCEITO FINAL: _____.

Aos meus pais e a minha noiva, que com amor, força e compreensão sempre me ajudaram a conquistar meus objetivos e vencer obstáculos.

AGRADECIMENTOS

A Deus que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida, me dando força para vencer as dificuldades e adversidades da vida.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao professor Renato Marco, pela orientação, apoio e confiança.

Agradeço a todos os professores que me acompanharam durante a graduação.

Aos meus colegas de classe, por tudo que vivenciamos no mundo universitário e aprendemos juntos nessa jornada de cinco anos.

Às empresas Ecolab Química S.A. e a Metal Forte LTDA., em especial ao Engenheiro Edvaldo Soares que me deu suporte e subsídios para a elaboração desse trabalho e pelo material disponibilizado.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“A vida não dá e nem empresta, não se comove e nem se apieda. Tudo quanto ela faz é retribuir e transferir aquilo que nós lhe oferecemos”.

(Albert Einstein)

RESUMO

PEREIRA, Gilmar Matos. **Reuso de água na Indústria de Galvanoplastia**. 2015. 70f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade de Santo Amaro, São Paulo, 2015.

O reuso de águas provenientes de estação de tratamento de efluentes é uma das alternativas desenvolvidas para a escassez de água, que o setor industrial busca para suprir seu consumo e continuar o ritmo de produção. Basicamente o processo de galvanoplastia envolve uma sequência de banhos químicos consistindo em etapas de pré tratamento, de revestimento, e de fechamento de deposição. Entre cada etapa, a peça sofre um processo de lavagem e desta forma são gerados efluentes líquidos com alta carga de contaminação, que necessitam de tratamento para posteriormente ser descartado conforme a legislação vigente. Nesse trabalho há a descrição sobre o recurso água, suas características e o seu uso, descrição dos tipos de reusos existentes, suas formas e seus potenciais usos, a tecnologia e metodologia aplicada para a transformação do efluente galvânico na ETE e seu reuso no processo. Assim o foco deste trabalho, foi o processo desenvolvido pela Empresa de Metal Forte e os ganhos com a aceitabilidade da reutilização e da cultura sobre as técnicas de produção mais limpa, que gerou mais credibilidade para empresa no diz respeito ao meio ambiente, por outro lado, a Companhia teve um ganho econômico em comum com as das exigências ambientais do sector.

Palavras-chave: Reuso da água, Escassez, Galvanoplastia, Produção Mais Limpa, Reutilização

ABSTRACT

Keywords: The reuse of water from treatment station effluents is an alternative to water scarcity, that the industry search to supply the consume and continue the production rhythm. Basically the electroplating process involve a sequence of chemical baths subdivided in steps of pretreatment, coating and deposition closing. Between these steps, the part has a wash process, with this are created effluents with a high load of contamination, and need a treatment to be discarded in accordance with current legislation.

In this job, there is a description about water, its characteristics and use, description of types of reuse and its ways and potentials, the technology and methodology applied for transforming the electroplating effluent in ETE and its reuse in the process.

The focus of this job, was the process of Company Metal Forte and the gains with the acceptability of reuse and the culture about on cleaner production techniques, it created more credibility in according to environment, on the other hand the Company had an economic gain with accomplishment the environmental requirements of the sector.

Keywords: Water Reuse, Shortage, Electroplating, Cleaner Production, Reutilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Uso da Agua	19
Figura 2 - Ciclo hidrológico.....	20
Figura 3 - Distribuição da agua na em km ³	21
Figura 4 – Sistema de Desmineração para abastecimento de processos industriais .	29
Figura 5 - Sistema de captação e reuso de agua.....	31
Figura 6 - Utilização de Agua de reuso para jardinagem	32
Figura 7 - Modelo de reuso para irrigação de jardins	35
Figura 8 - Utilização de Agua de reuso para agricultura	36
Figura 9 - Utilização de Agua de reuso em torres de resfriamento	37
Figura 10 - Utilização de Agua de reuso na lavagem de ruas e calçadas.....	38
Figura 11 - Esquema de deposição através da eletrolise.....	40
Figura 12 - Linha automática de galvanoplastia	40
Figura 13 - Esquema de preparo do tanque eletrolítico	42
Figura 14 - Fluxo do processo Metal Forte.....	46
Figura 15 - Tanques de deposição zinco rotativo.....	47
Figura 16 - Tanque com solução de zinco	49
Figura 17 - Esquema para tratamento de esgoto.....	51
Figura 18 - Tanques de separação do efluente.....	59
Figura 19 - Tanque de floculação.....	61
Figura 20 - Tanques de precipitação/neutralização.....	62
Figura 21 - Tanque de Pulmão/polimento	63
Figura 22 - Tanque de decantação	64
Figura 23 - Filtro prensa	65
Figura 24 - Tanque de Transferência	65
Figura 25 - Filtro do efluente.....	66
Figura 26 - Filtração.....	66
Figura 27 - Kits de análise.....	67
Figura 28 - Efluente final Tratado.....	68
Figura 29- Fluxo de tratamento e reuso do efluente.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As várias atividades humanas e o acúmulo de usos múltiplos produzem diferentes ameaças e problemas para a disponibilidade de água e causam riscos elevados.23

Tabela 2 - Limites estabelecidos pela legislação para diversos parâmetros para o lançamento de efluentes51

LISTA DE ABREVIATURAS

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes/ Esgoto.

ANA – Agência Nacional de Águas

MMA – Ministério do Meio Ambiente

ONU – Organização das Nações Unidas

FAO – Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e Agricultura.

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira de Regulamentação

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Tema e Problema.....	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 JUSTIFICATIVA	16
4 METODOLOGIA.....	17
5. ÁGUA	18
5.1 Características da água	22
5.2 Classificação das águas	25
5.3 Legislações relacionadas às águas	25
6 REUSO DE ÁGUA	30
6.2 Tipos de Reuso	33
6.2.1 Reuso indireto não planejado de água.....	33
6.2.2 Reuso indireto planejado da água.....	34
6.2.3 Reuso direto planejado das águas.....	34
6.2.4 Reciclagem de água	34
6.3 Aplicações do Reuso da água	34
6.3.1 Irrigação paisagística	35
6.3.2 Irrigação de campos para cultivos.....	36
6.3.3 Usos industriais.....	36
6.3.4 Recarga de aquíferos.....	37
6.3.5 Usos diversos.....	37
6.3.6 Finalidades ambientais	37
6.3.7 Usos urbanos não potáveis.....	37
7 A INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA.....	39
7.1 Etapas da Galvanoplastia	43
7.1.1. Desengraxantes	43
7.1.2. Decapantes	44
7.1.3. Revestimento metálico	44

	12
7.1.4. Revestimento metálico com o zinco.....	45
8. EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	50
8.1. Geração de efluentes na indústria de galvanoplastia - processo de zinco.....	54
8.2 efeitos toxicológicos do efluente galvânico	55
9. TRATAMENTO DE EFLUENTES DO PROCESSO NA EMPRESA METAL FORTE	58
10. REUSO DO EFLUENTE NA EMPRESA METAL FORTE	69
11. CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema e Problema

A conscientização da sociedade para as questões ambientais tem sido alertada pela ocorrência de alguns desastres ecológicos que deixaram marcas, muitas ainda visíveis e até permanentes, em ecossistemas espalhados pelo planeta. A água, essencial ao surgimento e a manutenção da vida em nosso planeta, é indispensável para o desenvolvimento das diversas atividades criadas pelo ser humano, e apresenta, por essa razão, valores econômicos, sociais e culturais (Mierzwa, Hespanhol p.14,2005).

Os despejos industriais dos processos de galvanoplastia causam, em geral, graves problemas de poluição hídrica por conterem metais pesados, que acima dos seus limites de concentrações podem ser tóxicos ao meio ambiente e ao ser humano. A reciclagem ou reuso das águas residuárias para fins diversos pode diminuir a demanda de água dos sistemas de abastecimento e lençol freático e minimizar a quantidade de efluentes lançados nas redes públicas de esgotos ou rios.

As indústrias de galvanoplastia utilizam grandes volumes de água em seus processos. O reuso dessas águas pode conduzir a uma economia significativa dentro do contexto global da empresa. Em muitas indústrias já é comum o reuso das águas em sistemas de refrigeração, alimentação de caldeiras, lavagens de gases e em lavagens de pisos e equipamentos. A galvanoplastia é uma técnica produtiva, por via eletrolítica, de deposição de determinados íons metálicos na superfície de corpos metálicos ou não, que visa, principalmente, proteger as peças contra corrosão e dar um acabamento superficial. As peças são submetidas a banhos químicos ou eletrolíticos, seguidos de lavagens com água para limpeza. Para cada tipo de acabamento existe uma sequência de tratamento, que necessita de águas de lavagem, produzindo efluentes líquidos com características diversas. Na galvanização de zinco-alcálico, geralmente, as peças passam por um banho desengraxante, para remoção de óleos e graxas, seguido de um banho decapante, para remoção de óxidos, e uma série de outros banhos químicos que visam limpar a peça para receber a deposição metálica.

O presente trabalho tem por objetivo estudar e apresentar a viabilidade do reuso das águas residuárias geradas em processos de galvanoplastia, já que a possibilidade do reuso de uma parcela, ou mesmo a quase totalidade dos efluentes, conduz a uma economia significativa dentro do contexto global da empresa, por meio de tratamento físico-químico de coagulação-floculação de metais pesados¹.

¹ Floculação de metais pesados: O processo realizado após a coagulação química realizado pela ação de um eletrólito que resulta das várias forças de atração que atuam entre partículas neutralizadas que se agregam umas nas outras formando os denominados flocos, processo propicia a remoção de cor e turbidez do efluente a ser tratado.

2 OBJETIVOS

A partir da problemática frente ao tema, foram formulados os objetivos deste trabalho, que se subdividem em objetivo geral e objetivos específicos.

2.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho é apresentar-identificar, através de levantamento bibliográfico e atividade de campo, a importância ambiental e econômica do aproveitamento de água em processo de galvanoplastia.

2.2 Objetivos Específicos

Visando alcançar o objetivo geral, são objetivos específicos deste trabalho:

- Apresentar a situação e características do recurso natural de valor incalculável “água”.
- Apresentar as vantagens e desvantagens do reuso de água, de forma sustentável e econômica.
- Apresentar processo de Galvanoplastia e seus impactos gerados.
- Mostrar a importância Ambiental e econômica que o reuso de água oferece.
- Identificar riscos potenciais de contaminação originário dos metais pesados e o seu tratamento.

3 JUSTIFICATIVA

A água é um recurso que vem se tornando cada vez mais escasso, devido a voracidade das atividades humanas no planeta. Atividade de deposição metálica, mais comumente chamada de galvanoplastia, possui um enorme potencial poluidor, devido aos elementos químicos utilizados que geram grande volume de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas.

O reuso de efluente tratado não é só um pequeno passo dado pelas indústrias poluidoras, mas é uma alternativa para a busca do desenvolvimento sustentável, que aliado com técnicas de produção mais limpa, busca diminuir o impacto causado ao meio ambiente, e acompanha ganhos econômicos com redução de despesas, manutenção da qualidade e credibilidade no mercado.

4 METODOLOGIA

O trabalho desenvolveu-se com base em bibliografia, estudos e pesquisas sobre implantação de reuso de água, literatura científica disponível nos bancos de dados da GOOGLE ACADÊMICO, consultas a sites especializados, além de dados obtidos através de livros e artigos.

Foi realizada visita em campo na empresa Metal forte para conhecimento e visualização do seu processo, já que a mesma possui a metodologia do reuso implantada no seu processo. Foram realizadas consultas também em livros disponíveis na biblioteca da Universidade de Santo Amaro.

5. ÁGUA

Desde o início da vida no planeta Terra e do início da espécie humana a água foi sempre essencial e imprescindível à vida humana e a qualquer forma de vida, tanto para sua sobrevivência quanto para o seu desenvolvimento. Conforme Tundisi (2009, p.3) “mesmo os organismos que vivem em desertos, formas de vida muito primitivas que põem seus sacos ovíferos em cistos para resistir a dessecação, dependem da água para a continuidade da espécie, pois os ovos só eclodem quando há água.”

A água é um recurso estratégico e um bem comum que deve ser compartilhado por todos. É o que nutre as plantações e florestas, mantém a biodiversidade e os ciclos no planeta e tem o poder de gerar paisagens de grande e variada beleza, ela forma um padrão nos oceanos, calotas polares, grandes rios, lagos e nuvens, tudo isso nos remete a presença da água em nosso dia a dia.

A disponibilidade da água define a estrutura e atividades de um ambiente responsável pela sobrevivência da fauna e flora assim como todas as substâncias em circulação no meio celular que constituem o ser vivo. As necessidades humanas por água são complexas e representam em primeiro lugar uma demanda fisiológica. Segundo Tundisi, (2009, p.32) “cerca de 60% a 70% do peso humano em média é constituído por água, e em níveis bioquímicos e celulares, há necessidade de água para atuar como solvente e para o funcionamento do organismo.” A água tem profunda importância, no desenvolvimento de diversas atividades econômicas como produção de bens de consumo para a sociedade, a agricultura e agropecuária, caracterizando-se uma substância vital presente na natureza como bem de importância global, responsável por aspectos ambientais, financeiros, econômicos e sociais das populações.

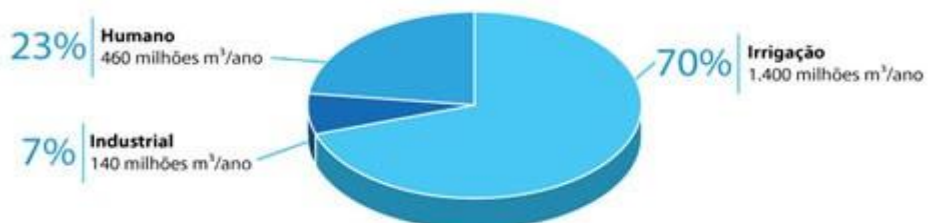
“Durante décadas a água foi considerada um recurso infinito no Brasil e no mundo, devido sua abundância na natureza e os inúmeros corpos hídricos.” (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p.9). A água tem múltiplos usos na manutenção da vida no planeta Terra como geração de energia elétrica, navegação, recreação, piscicultura, aquicultura, irrigação na agricultura e nos diversos processos na indústria. Enfim onde não há água não há vida.

Figura 1 – Uso da água.

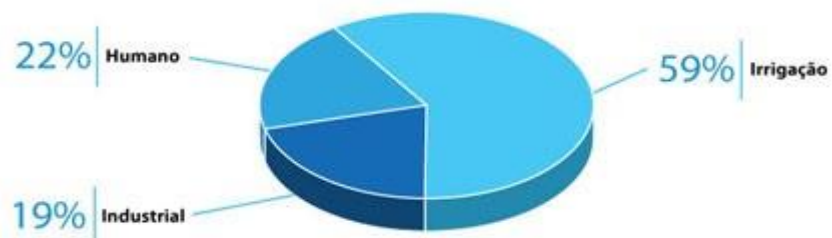
Onde a água é usada?



Usos da água no mundo



Usos da água no Brasil



Fonte: Aquastats (Relatório da FAO-ONU de 2003); World Development Indicators (Relatório do Banco Mundial, de 2003); Atlas da Água (2005), de Robin Clarke e Jannet King

Calcula-se que apenas 2,5% da água do planeta esteja disponível para o consumo estando dividida em: 0,3% nos rios e lagos, 68,9% nos polos, geleiras e icebergs, 29,9% em leitos subterrâneos, 0,9% outros. Sendo os restantes 97,5% água salgada disposta em mares e oceanos. No Brasil encontramos cerca de 8% de água doce da superfície da terra, estando 80% desse volume na região amazônica, o que mostra a importância do nosso país na questão hídrica. (COSTA; TELLES, 2010, p. 3)

Figura 2 – Ciclo hidrológico.



Fonte: www.mma.gov.br.

Não é à toa que o nosso planeta é chamado “planeta água”, pois em sua maior extensão ele é constituído por água. Através da transformação de seus estados físicos que a água se recicla na natureza sob as formas líquida, gasosa ou sólida.

Pelas condições climáticas, geográficas e meteorológicas apresenta-se em vapor, neblina, chuva ou neve, atingindo as superfícies dos

oceanos, mares, continentes ou ilhas, justificando-se, dessa forma, como um recurso renovável e móvel, de caráter aleatório, de forma a manter constante o seu volume no planeta. Todo esse processo ecológico favorece o perfeito equilíbrio do ciclo hidrológico, alternando-se no espaço e no tempo. (COSTA; TELLES, 2010, p.3).

Contudo além da sua quantidade ser igual ela se distribui de forma irregular no tempo e no espaço.

A superfície terrestre, ao receber a precipitação pluvial, interage com o solo através da infiltração, do escoamento superficial e da infiltração. Estes contribuem para as recargas hídricas, tanto em forma de alimentação dos fluxos de água subterrâneos como em descargas nos reservatórios superficiais, além da umidade dos solos e da atmosfera.

Figura 3 – Distribuição da água na Terra em km³.

Tipo	Ocorrência	Volumes (Km ³)
Água doce superficial	Rios	1.250
	Lagos	1.125.000
Água doce subterrânea	Umidade do solo	67.000
	Até 800 m	4.164.000
	Abaixo de 800m	4.164.000
Água doce/gelo	Geleiras e Glaciais	29.200.000
Água salgada	Oceanos	1.320.000.000
	Lagos e Mares salinos	105.000
Vapor de água	Atmosfera	12.900
Total		1.360.000.000

Fonte: www.aguasubterranea.hpg.ig.com.br/ciclo.htm.

Conforme Tundisi (2009, p.22)

O volume de água recebido através das precipitações pode ser estimado através de estudos de longos períodos de tempo que utilizam a diferença entre precipitação e evaporação a partir dos

continentes, Essas informações meteorológicas aplicam-se quando há insuficiência de dados e medições hidrológicas e onde o número de estações meteorológicas permite ampla cobertura de território.

Embora dependam da água para a sobrevivência e para o desenvolvimento econômico, o aumento e a diversificação dos usos múltiplos da água geraram inúmeros impactos de diversas magnitudes pelas sociedades humanas que poluem e degradam este recurso, tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas (TUNDISI, 2009, p.8). A diversificação dos vários usos da água, o despejo de resíduos líquidos e sólidos em rios, lagos e represas sem tratamento, a supressão de mata ciliar, destruição de áreas alagadas tem produzido contínua e sistemática deterioração e impactos graves com perdas extremamente elevadas em quantidade e qualidade da água disponível para o consumo.

5.1 Características da água

A água nunca é encontrada em estado absoluto de pureza. Ela possui a capacidade de dissolver e transportar as mais variadas formas de matérias em solução ou em suspensão, representando, dessa forma, a obtenção de características conforme a concentração dessas substâncias. A água é um recurso natural de inestimável valor econômico, estratégico e essencial à existência e bem-estar da humanidade, mas atualmente o mundo vem sofrendo com a queda da disponibilidade hídrica devido à inserção de vários fatores como a junção de ações produzidas pelas atividades humanas, o desenvolvimento econômico, o aumento de demanda das indústrias, o uso agrícola, a expansão da população em áreas urbanas de forma desorganizada e a falta de políticas públicas na questão do saneamento básico.

Tabela 2 – As várias atividades humanas e o acúmulo de usos múltiplos produzem diferentes ameaças e problemas para a disponibilidade de água e causam riscos elevados.

Atividade humana	Impacto nos ecossistemas aquáticos	Valores/serviços em risco
Construção de represas.	Altera o fluxo dos rios e o transporte de nutrientes e sedimentos e interfere na migração e reprodução de peixes.	Altera habitais e a pesca comercial e esportiva. Altera os deltas e suas economias.
Construção de diques e canais.	Destrói a conexão do rio com as áreas inundáveis.	Afeta a fertilidade natural das várzeas e os controles das enchentes.
Desmatamento/ uso do solo.	Altera padrões de drenagem, inibe a recarga natural dos aquíferos, aumenta a sedimentação.	Altera a qualidade e a quantidade da água, pesca comercial, biodiversidade e controle das enchentes.
Poluição não controlada.	Diminui a qualidade da água	Altera o suprimento de água. Aumenta os custos de tratamento. Altera a pesca comercial. Diminui a biodiversidade. Afeta a saúde humana.
Mudanças globais no clima.	Afeta drasticamente o volume dos recursos hídricos. Altera padrões de distribuição de precipitação e evaporação.	Afeta o suprimento de água, transporte, produção de energia elétrica, produção agrícola e pesca e aumenta enchentes e fluxo de água em rios.
Crescimento da população e padrões gerais do consumo humano.	Aumenta a pressão para construção de hidroelétricas e aumenta a poluição da água e a acidificação de lagos e rios. Altera ciclos hidrológicos.	Afeta praticamente todas as atividades econômicas que dependem dos serviços dos ecossistemas aquáticos.

Poluentes do ar (chuva ácida) e emissão de metais pesados.	Altera a composição química de rios e lagos.	Altera a pesca comercial. Afeta a biota aquática. Afeta a saúde humana. Afeta a agricultura.
---	--	--

Fonte: Tundisi, J.G, (2001).

A qualidade da água é estabelecida conforme sua utilização e aplicação. Assim, o controle de qualidade quantifica e qualifica o limite aceitável de impurezas e contaminantes sendo estabelecido conforme a finalidade de uso final. (Costa; Telles, p27. 2010) afirma que se faz necessário, que a relação qualidade/aplicação detenha o conceito de sustentabilidade, considerando sua viabilização técnica, econômica, política e ambiental.

As características da água derivam dos ecossistemas naturais e antrópicos onde nasce, infiltra ou fica alojada e são divididas em três tipos de análises que diagnosticam as impurezas da água.

Características físicas: relativas aos sólidos presentes na água. Comumente são tidas como de menor importância, uma vez que envolvem aspectos de ordem estética e subjetiva, como cor, sabor, turbidez, odor e temperatura. Por causar repugnância e falta de conhecimento levam a preferência pela água de melhor aparência, que pode inclusive ser de pior qualidade.

Características biológicas: referem-se à parte viva da água analisada através da microbiologia, que revela a presença dos reinos animal, vegetal e protista, compreendendo organismos como bactérias, algas, fungos, protozoários, vírus e helmintos. Os parâmetros estabelecidos pelas análises biológicas condizem com os interesses da Engenharia Sanitária e Ambiental e visa principalmente o controle de transmissão de doenças.

Características químicas: referem-se às substâncias dissolvidas que podem causar alteração nos valores dos parâmetros: pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro e manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio, matéria orgânica e inorgânica. Tais parâmetros, determinados por análises químicas, são rigorosos, uma vez que têm consequências diretas, desejáveis ou evitáveis, sobre os tipos de uso e consumo da água. (COSTA; TELLES, 2010, p.28)

5.2 Classificação das águas

A água pode ser classificada de acordo com a sua origem, concentração de sais local de captação conforme descrito pela Agência Nacional da Água (ANA):

- **Água doce:** é a água captada de rios e lagos, represas e aquíferos subterrâneos e é destinada, preferencialmente, para consumo humano e atividades recreação.
- **Água salgada:** origina -se dos mares e oceanos, sendo que no mar são liberadas a realização de atividades de pesca e transportes de mercadorias.
- **Água salobra:** proveniente da junção da água salgada e água doce e ocorre em ambientes diversificados como em estuários e lagoas.
- **Água Mineral:** é captada de fontes naturais ou artificiais, e possuem composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas dos outros tipos de água devido sua composição.
- **Água bruta:** pode conter um alto teor de impurezas, o que requer tratamento para sua utilização devido aos materiais nocivos à saúde presentes nela.
- **Água potável:** pode ser consumida sem tratamento, mas é recomendado dar preferência a água tratada. Tem como principal característica ser inofensiva do ponto de vista fisiológico e organoléptico.
- **Águas subterrâneas:** é a água contida no subsolo, e podem ser captadas em obras de engenharia como poços artesianos.
- **Água superficial:** é toda água que compõem os corpos de hídricos como rios, lagos, barragens e lagoas.

5.3 Legislações relacionadas às águas

Em 1997 a Lei federal n.º 9.433, do dia 08 de janeiro, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos com o intuito de assegurar, à atual e às futuras gerações, água em qualidade e disponibilidade suficientes através da utilização racional e integrada,

da prevenção e da defesa dos recursos hídricos contra eventos hidrológicos críticos e severos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece em seu 1º artigo como pontos principais, os planos de recursos hídricos, a autoria dos direitos de uso do recurso hídrico e a cobrança pelo uso desse recurso hídrico. O Brasil foi o primeiro País da América Latina e do Caribe a ter este tipo de plano, que faz parte das Metas do Milênio. Seu objetivo é “estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando ser a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social.”

O Brasil vem criando legislações e políticas que buscam paulatinamente consolidar uma forma de valorização de seus recursos hídricos no decorrer dos anos. Levando em consideração o contexto sócio econômico da época e a finalidade de uso da água foi publicado o Decreto 24.643 em 10 de Julho de 1934, que aprovou o Código de Águas Brasileiro, dando início a legislação sobre águas no Brasil. (ROSA, D. et al., 2009, p.15.)

Anos depois com a crescente preocupação ambiental na década de 70, assistimos à emergência e expansão das agências estatais de meio ambiente, assim como do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. E na década seguinte já aparecem os partidos verdes tendo um expressivo papel na institucionalização das questões ambientais. Alguns anos mais tarde foi publicada a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981 que disciplinou a Política Nacional do Meio Ambiente instituindo o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, integrado por órgãos federais, estaduais e municipais, responsáveis pela proteção ambiental. O órgão superior desse Sistema é o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, ao qual compete, entre outras atribuições, “estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos”.

No exercício de sua competência, o CONAMA editou a Resolução 020, de 18 de junho de 1986, que inaugurou, no âmbito nacional, a gestão da qualidade das águas. A Resolução CONAMA 20/1986, foi revogada pela Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Esta última trata da classificação das águas de acordo com suas utilizações e respectivos padrões de qualidade. A Resolução CONAMA 357/2005 classifica as águas doces, salobras e salinas no território nacional, definindo os padrões de qualidade de cada uma dessas classes, segundo os seus usos preponderantes. Recentemente a mesma sofreu modificações e complemento com a vigoração do CONAMA 430 de Maio de 2011.

Esta resolução trouxe novidades como a separação das Condições de Padrões de Lançamento para Efluentes e Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários. Esta separação não existia, fazendo com que todos os empreendimentos que descartavam seus resíduos líquidos em corpos d'água, seguissem as mesmas regras. No que tange a potabilidade o Ministério da Saúde, através da portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, define as características físico-químicas e biológicas que estão associadas à qualidade da água fornecida no sistema de abastecimento urbano. Essa portaria veio em substituição a portaria nº 518/04 de 25 de Março de 2004.

A resolução Conama nº 357 de março de 2005 classifica os recursos hídricos de acordo com:

Aguas Doces

- a) Classe Especial.
 - Para o abastecimento doméstico sem prévia ou com desinfecção simplificada.
 - A preservação do equilíbrio natural das espécies aquáticas.

- b) Classe 1.
 - Abastecimento doméstico após tratamento simplificado
 - Proteção de comunidades aquáticas
 - Irrigação de frutas e hortaliças consumidas cruas
 - Recreação de contato primário (natação, esqui, etc)
 - Aquicultura.

- c) Classe 2
 - Abastecimento doméstico após tratamento convencional
 - Proteção de comunidades aquáticas
 - Recreação de contato primário
 - Irrigação de frutas e hortaliças consumidas cruas

- Aquicultura

d) Classe 3

- Abastecimento doméstico após tratamento convencional
- Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras
- Dessedentação de animais

e) Classe 4

- Navegação
- Harmonia Paisagística
- Usos menos existentes

Águas Salinas

f) Classe 5

- Recreação de contato primário
- Proteção de comunidades aquáticas
- Aquicultura

g) Classe 6

- Navegação Comercial
- Paisagismo
- Recreação de contato secundário

Águas Salobras

h) Classe 7

- Recreação de contato primário
- Proteção de comunidades aquáticas
- Aquicultura

i) Classe 8

- Navegação comercial
- Harmonia paisagística
- Recreação de contato secundário.

As águas classificadas até a classe 3 podem ser utilizadas para abastecimento humano (potável) após a realização do tratamento adequado que estabelece a portaria 2.914 do Ministério da Saúde que apresenta as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. As demais classes podem ser utilizadas para outros fins industriais e recreativos. O uso de água no processo de galvanoplastia necessita-se atentar a procedimentos técnicos de equipamentos como abrandadores, desmineradores e processos de osmose reversa em alguns casos, para gerar água com qualidade razoável, assim diminuindo a

quantidade excessiva de sais minerais e componentes orgânicos que podem prejudicar o processo.

Figura 4 – Sistema de desmineralização para abastecimento de processos industriais.



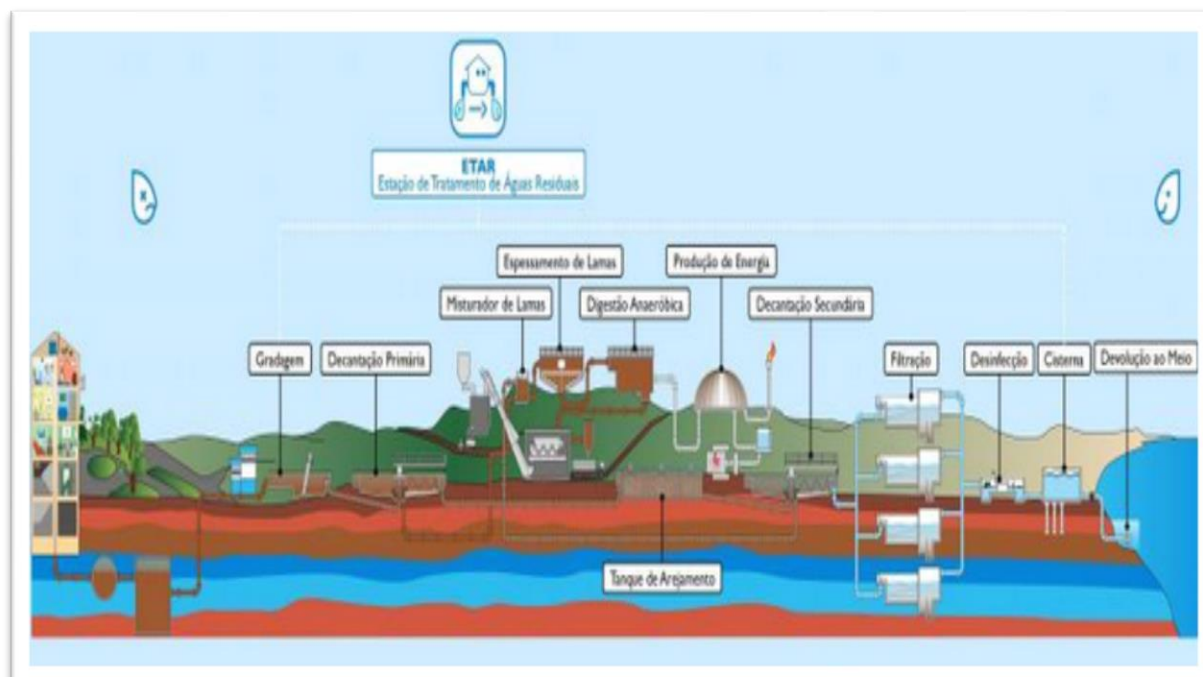
Fonte: <http://www.acquaservice.com.br>.

6. REUSO DE ÁGUA

A partir de quadros de escassez de água, populações que convivem com a falta de chuvas constantes em algumas regiões, o aumento do consumo e grande demanda por água nas grandes regiões urbanizadas, mobilizações, estudos e pesquisas veem surgindo para modificar a sociedade em relação à racionalização do uso da água. “O reuso de água não é uma técnica nova e é praticado em todo mundo há vários anos devido à necessidade de se manter água potável disponível para a vida.” (MANCUSO e SANTOS, 2003).

O Brasil ainda caminha lentamente na questão do reuso de água, mas aparece com força no cenário empresarial brasileiro e está diretamente ligada a relação custo-benefício, já que o preço do produto, ao lado de sua qualidade, é fator determinante para o sucesso de uma empresa. E a indústria passou a procurar, dentro de suas próprias plantas, a solução para o problema, tentando reaproveitar ao máximo os seus próprios efluentes. Esses benefícios do reuso podem ser alcançados com a ajuda da metodologia e tecnologia da vivência sustentável como o único caminho de avanço do desenvolvimento humano para as próximas gerações conforme menciona (COSTA; TELLES, 2010, p. 154.). Sua realização ainda ocorre de forma tímida e limitada e atualmente vem se espalhando devidos aos quadros atuais de escassez de água em diversas regiões do Brasil.

Figura 5 – Sistema de captação e reuso de água.



Fonte: Grupo Águas de Portugal.

Além da escassez, o reuso de água para fins não potáveis compensa a dificuldade de atendimento da demanda de água em processos industriais e pode substituir mananciais com qualidade adequada conforme as legislações vigentes. Com essa técnica pode-se poupar grandes volumes de água potável e utilizar água de qualidade inferior conforme (SABESP, 2015).

Figura 6– Utilização de Água de reuso para jardinagem.



Fonte: Prefeitura de Mogi das Cruzes

Por meio do ciclo hidrológico, a natureza recicla e reutiliza a água há milhões de anos. Além disso, estudos históricos confirmam que os israelitas, há centenas de anos, já faziam o reaproveitamento de água nas lavouras, já que havia escassez do recurso natural naquele local. Esse pioneirismo de Israel ainda refletiu nos meandros legislativos do país, que em 1955 tornou o reuso de água política nacional.

Ao longo da história da humanidade é possível encontrar relatos de crises hídricas e soluções práticas para correção do problema. Mancuso e Santos (2003) relatam “que os vales fluviais que dispunham de água em abundância foram os berços iniciais da civilização, onde a maior parte da água utilizada destinava-se à irrigação e à agricultura, enquanto somente uma pequena parcela era consumida pela população.”

Naquela época muitas doenças tinham sua proliferação e veiculação devido à qualidade e uso da água e o tratamento da mesma tinha como objetivo somente a melhora do aspecto visual e de seu sabor. (COSTA; TELLES, 2010, p.50.).

Já no final do século XIX, Grã-Bretanha, Alemanha e Estados Unidos aplicavam o conceito de tratamento de efluentes domésticos para disposição nos solos sem reutilização dos mesmos. O enfoque central dessa técnica era reduzir a

poluição nos rios, porém, a ação não se configurava em um método conservacionista de recarga de aquíferos ou mesmo de aumento de nutrientes para o solo (MANCUSO e SANTOS, 2003.). Essas atividades foram se aperfeiçoando até os dias atuais em que as técnicas de reuso priorizam a proteção do meio ambiente no todo e com o objetivo de vencer a crescente demanda por água.

A partir desses relatos e fatos o reuso de água é uma atividade mais abrangente que o uso racional ou eficiente da água e temos, atualmente, um avanço na tecnologia que ratifica a vivência sustentável como o único caminho de continuidade do desenvolvimento humano (TUNDISI, 2009). O reuso da água subtende um processo desenvolvido em maior ou menor grau, dependendo dos fins a que se destina a água e de como ela tenha sido usada anteriormente, com ou sem investimentos adicionais. Em alguns tipos de efluentes ou esgoto gerado não precisar passar por processo de tratamento para ser reutilizado. Em outros casos há a necessidade de adequação da qualidade da água a sua utilização para atender a norma ABNT 13969/97.

6.2 Tipos de Reuso

Devido às diversas formas de reuso da água reutilizada, consideram-se algumas de suas aplicações como reuso, podendo ser classificada como direta e indireta (COSTA e TELLES, 2010, p. 159)

6.2.1 Reuso indireto não planejado de água

É quando o esgoto ou efluente, após ser tratado ou não, é descarregado em um corpo hídrico (lago, rio, reservatório ou aquífero subterrâneo) onde ocorre a sua diluição, e após um tempo de ação de depuração, este mesmo corpo hídrico é utilizado como manancial, sendo efetuada a captação, seguida de tratamento adequado e posterior disposição da água. Assim, pode-se dizer que o reuso indireto não planejado acontece quando a água utilizada em alguma atividade humana é

lançada no meio ambiente e novamente utilizada à jusante, de forma diluída, de maneira não intencional e não controlada.

6.2.2 Reuso indireto planejado da água

Diz respeito ao caso em que o efluente tratado é lançado de maneira planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneos para serem utilizadas à jusante, de forma controlada, no atendimento a algum uso benefício. É necessário que o corpo receptor intermediário seja um corpo hídrico não degradado, para, através de diluição adequada, restringindo a carga poluidora a níveis consideráveis.

6.2.3 Reuso direto planejado das águas

Acontece quando os efluentes, depois de tratados, são direcionados diretamente de seu ponto de lançamento até o ponto do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É a situação de maior ocorrência, com destino à indústria ou à irrigação.

6.2.4 Reciclagem de água

É o reuso direto da água, antes de sofrer qualquer tipo de tratamento ou ir para o descarte. A reciclagem funciona como fonte suplementar de abastecimento do uso original e é um caso particular do reuso direto planejado ocorrendo de forma contínua em residências.

6.3 Aplicações do Reuso da água

Existem várias aplicabilidades para a água do reuso, quando se pensa em volume do esgoto e efluente. A tecnologia para o tratamento adequado desses

efluentes e os custos dos sistemas de tratamentos nos leva à inviabilidade econômico-financeira para o abastecimento público, não garantindo ainda a proteção adequada da saúde dos consumidores. É difundido que o uso dos efluentes para fins não potáveis deve ter a qualidade sanitária garantida através de tratamento adequado conforme alternativas para aplicação (AMBIENTE BRASIL, 2015).

6.3.1 Irrigação paisagística

Realizada em cemitérios, parques, campos de futebol, campos de golfe, áreas de escape de autoestradas, cinturões verdes e áreas verdes públicas.

Figura 7 – Modelo de reuso para irrigação de jardins.



Fonte: Revista ConstruarTE.

6.3.2 Irrigação de campos para cultivos

Utilizada em plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas.

Figura 8 – Utilização de Água de reuso para agricultura.



Fonte: Embrapa

6.3.3 Usos industriais

Uso em refrigeração, lavagem de pisos, alimentação de caldeiras, águas de processamento para resfriamento de equipamentos.

Figura 9 – Utilização de Água de reuso em torres de resfriamento.



Fonte: <http://www.alpina.com.br/>

6.3.4 Recarga de aquíferos

Utilizada para recarga de aquíferos potáveis, controle de cunho salino e controle de recalques de subsolo, devendo passar por tratamento para evitar contaminação.

6.3.5 Usos diversos

Usos em aquicultura, construções, controle de poeira, limpezas de ruas, áreas de animais em zoológico.

6.3.6 Finalidades ambientais

Usado para o aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca.

6.3.7 Usos urbanos não potáveis

Usos em irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar-condicionado, lavagem de ruas e pontos de ônibus etc.

Figura 10 – Utilização de Água de reuso na lavagem de ruas e calçadas.



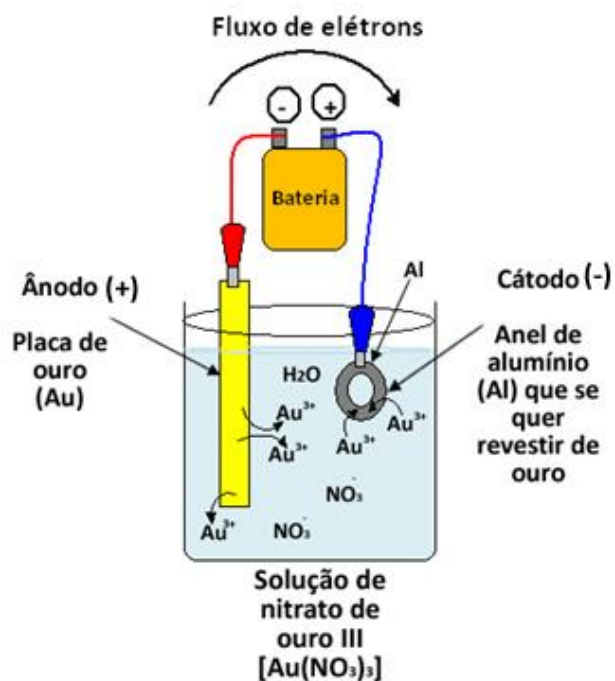
Fonte: Prefeitura de Mogi das Cruzes

7. A INDÚSTRIA DE GALVANOPLASTIA

O processo de eletrodeposição chamado comumente de galvanoplastia é um processo industrial do ramo industrial metal-mecânico que consiste na deposição metálica sobre uma superfície de metal ou de plástico, para que essa adquira resistência à corrosão, proteção contra oxidação, tendo assim maior durabilidade, e também aspecto decorativo. Conforme Schelle, revisado por Ponte (1998), o termo galvanização nasceu da descoberta do cientista Luigi Galvani em meados do século XVI. O processo é constituído por uma sequência de “banhos químicos” ou soluções eletrolíticas seguidas por uma lavagem com água. As peças são inicialmente submetidas aos processos de limpeza por solventes ou banhos químicos alcalinos para remoção de óleos e graxas e submersas em soluções ácidas para remoção de óxidos, para depois ir para o processo de eletrodeposição que são compostos por metais tóxicos e poluentes, utilizando em todas as etapas uma grande quantidade de água.

O eletrólito, onde se processa a deposição e que contém íons do metal a ser depositado, é genericamente chamado de banho. As peças a serem beneficiadas são ligadas ao polo negativo da fonte externa de corrente contínua gerada por um retificador, constituindo o cátodo, enquanto que o polo positivo (ânodo) é constituído pelo metal a ser depositado. É um processo que gera como consequência, efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões gasosas com considerável grau de toxicidade.

Figura 11 – Esquema de deposição através da eletrolise.



Fonte: <http://www.mundoeducacao.com>

Figura 12 – Linha automática de galvanoplastia.



Fonte: Apostila de galvanoplastia Cetesb 1998.

Schelle, revisado por Ponte (1998, p.9), relata que os principais metais utilizados para proteção contra corrosão são chumbo e zinco e para efeitos decorativos são cobre, níquel e cromo e são utilizados em diferentes tipos de Galvanização. Dentre as indústrias que necessariamente precisam de linhas de galvanoplastia em suas atividades, destacam-se:

- Eletrodomésticos.
- Materiais de acabamento para a construção civil.
- Automobilística.
- Equipamentos eletrônicos
- Elétrica.
- Moveis para cozinha e escritórios.

Como se pode perceber, as galvanoplastias são de grande importância no contexto da economia de um país, tanto pela diversidade de aplicação de seus produtos como pelos aspectos sociais a elas estritamente ligados, devido ao grande número de empregos que elas geram. Entretanto, especial atenção deve ser dada quanto aos impactos ambientais que são gerados principalmente os seus despejos líquidos industriais, que podem causar sérios danos ao meio ambiente que as circundam, tendo-se em conta a enorme variedade de substâncias potencialmente tóxicas nele contidos, e que, se não devidamente tratados e descartados, poderão resultar em problemas ecológicos irreversíveis que comprometerão não só a geração atual, mas o futuro das novas gerações.

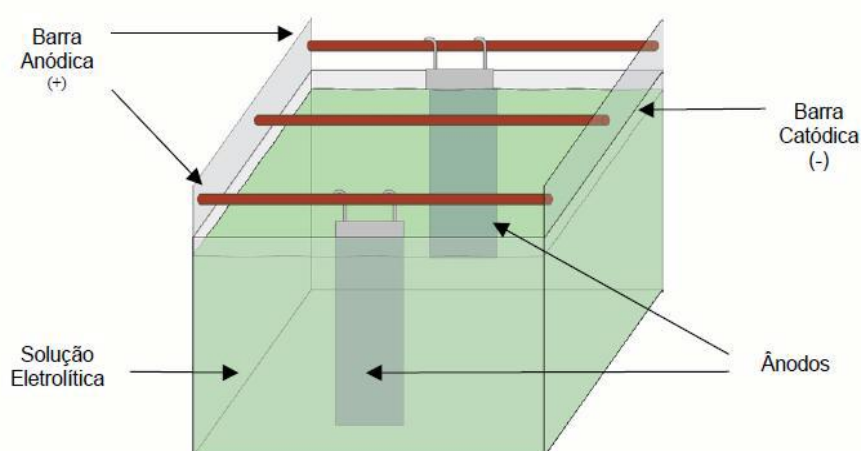
A indústria de galvanoplastia é configurada como altamente poluidora e geradora potencial de impactos ambientais devido aos resíduos sólidos e resíduos líquidos gerados no decorrer do processo. Os sólidos são classificados como perigosos de classe I, de acordo com a NBR 10004 (2004). A utilização do cianeto e de diversos metais pesados como cromo, níquel, prata, cobre e zinco entre outros configuram um efluente com alta complexidade para tratamento e disposição conforme a legislação atual, que no estado de São Paulo compreende os artigos 19º e 18º do decreto nº 8468 de 1976.

Existem diferentes tipos de galvanização, conforme Gentil (1996, p10), como a frio, a fogo e eletrolítica, sendo um dos mais antigos e eficazes a zincagem por

imersão a quente, ou galvanização a fogo, que tem como principal objetivo impedir o contato do material base, o aço liga de Ferro Carbono, com o meio corrosivo já que sua técnica e prática foram as pioneiras do processo o que contribuiu para melhoria do processo no decorrer dos séculos.

Nesse trabalho vamos abordar principalmente o processo de galvanoplastia eletrolítica, já que a pesquisa foi desenvolvida em cima desse processo. O processo da galvanoplastia eletrolítica, conforme Gentil (1996, p15), consiste num metal que, ao ser submerso num substrato, transfere íons para outra superfície (metálica ou não), através da eletrólise. O objeto cuja superfície será revestida sofre a redução e deve estar ligado ao polo negativo, o cátodo, de uma fonte de energia, enquanto o metal que sofre a oxidação deve ser ligado a um polo positivo, o ânodo. No processo, as reações não são espontâneas. É necessário fornecer energia elétrica para que ocorra a deposição dos elétrons (eletrólise). Trata-se, então, de uma eletrodeposição na qual o objeto que recebe o revestimento metálico é ligado ao polo negativo de uma fonte de corrente contínua enquanto o metal que dá o revestimento é ligado ao polo positivo. Para que a película do metal se ligue a outro, além de uma perfeita limpeza e desengorduramento da superfície, é preciso conhecer suas naturezas e propriedades químicas.

Figura 13 – Esquema de preparo do tanque eletrolítico.



Fonte: (GENTIL 1996).

7.1 Etapas da Galvanoplastia

O processamento industrial em galvanoplastias pode ser considerado como tendo duas atividades básicas que consistem na limpeza da peça (preparação da sua superfície para recebimento da camada de revestimento) e a aplicação da camada metálica propriamente dita. Essas etapas podem sofrer algumas variações de acordo com o metal base da peça a ser processada.

7.1.1. Desengraxantes

A etapa desengraxe ou limpeza das peças para o recobrimento metálico, utiliza as operações de desengraxamento e/ou decapagem mencionadas anteriormente a fim de que as camadas galvânicas possam ser perfeitamente depositadas e não ocorrer imperfeições depois de todo processo finalizado. Devido ao desenvolvimento da técnica e dos processos torna-se difícil, hoje em dia, traçar uma separação nítida dos conceitos de desengravar e decapar, uma vez que existem banhos desengraxantes com ação desoxidante, bem como banhos decapantes com propriedades desengraxantes. Podem-se identificar os seguintes tipos de desengraxamento conforme CETESB (1984):

- Com solventes orgânicos,
- Alcalino,
- Emulsionante
- Eletrolítico

O uso dessas técnicas está convencionado ao tipo de peça a ser realizado, à limpeza e ao tipo de óleo e graxa a ser utilizado. Esse processo também requer um bom sistema de tratamento para o descarte dessas substâncias já que podem conter materiais como organoclorados, cianeto, soda cáustica entre outros.

7.1.2. Decapantes

A decapagem é uma operação que se executa para obter uma superfície metalicamente limpa, isto é, isenta de impurezas e óxidos, que são gerados no processo de desengraxamento ou no simples contato com o oxigênio, tendo desta forma, a finalidade de remover a casca de fundição ou laminação, camadas de ferrugem através de soluções ácidas apropriadas. Geralmente a remoção dessas impurezas ocorre com a utilização de misturas ácidas concentradas, constituídas de ácidos nítrico e sulfúrico, dando-se o nome de queima conforme Wenkel (2006, p. 55).

Os ácidos utilizados em soluções decapantes comumente são ácido clorídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico entre outros que são determinados conforme a material base.

7.1.3. Revestimento metálico

Com a preparação da superfície da peça a mesma está apta a receber a camada de revestimento pelo processo de eletrodeposição cujo metal a ser depositado irá depender das características necessárias a sua futura utilização.

O proposito original do processo de galvanoplastia é o de proteger a superfície das peças metálicas contra a corrosão e deterioramento do decorrer do tempo, mas ocorrem variações nas etapas do processo, nos reagentes e metais utilizados, como nas finalidades de cada processo, que vão desde o aspecto decorativo até a proteção contra oxidação de grandes estruturas metálicas, resultando em impactos variados ao meio ambiente e ao homem. Existem diversos tipos de banho de galvanização específicos para cada metal de revestimento. Segundo Wenkel (2006, p. 58) embora existam mais de meia dúzia de revestimentos possíveis, os mais utilizados nas galvanoplastias nacionais são os seguintes:

a) Cianídricos de cobre: utilizado para fins de decoração e proteção de superfícies metálicas da ação de soluções ácidas que se sucedem como o níquel. São usados para revestimento de peças de ferro, latão, ligas de zinco e alumínio, com a deposição de uma fina camada e bom poder de penetração;

b) Cianídricos de zinco: finalidade para fins de decoração e proteção de superfícies metálicas da ação de soluções alcalinas compostas por óxido de zinco. O zinco é utilizado como metal de sacrifício em várias peças como de ferro e de aço carbono no processo eletrolítico. O processo oferece maior qualidade no acabamento e brilho caso a peça não necessite de um acabamento mais decorativo como o cromo.

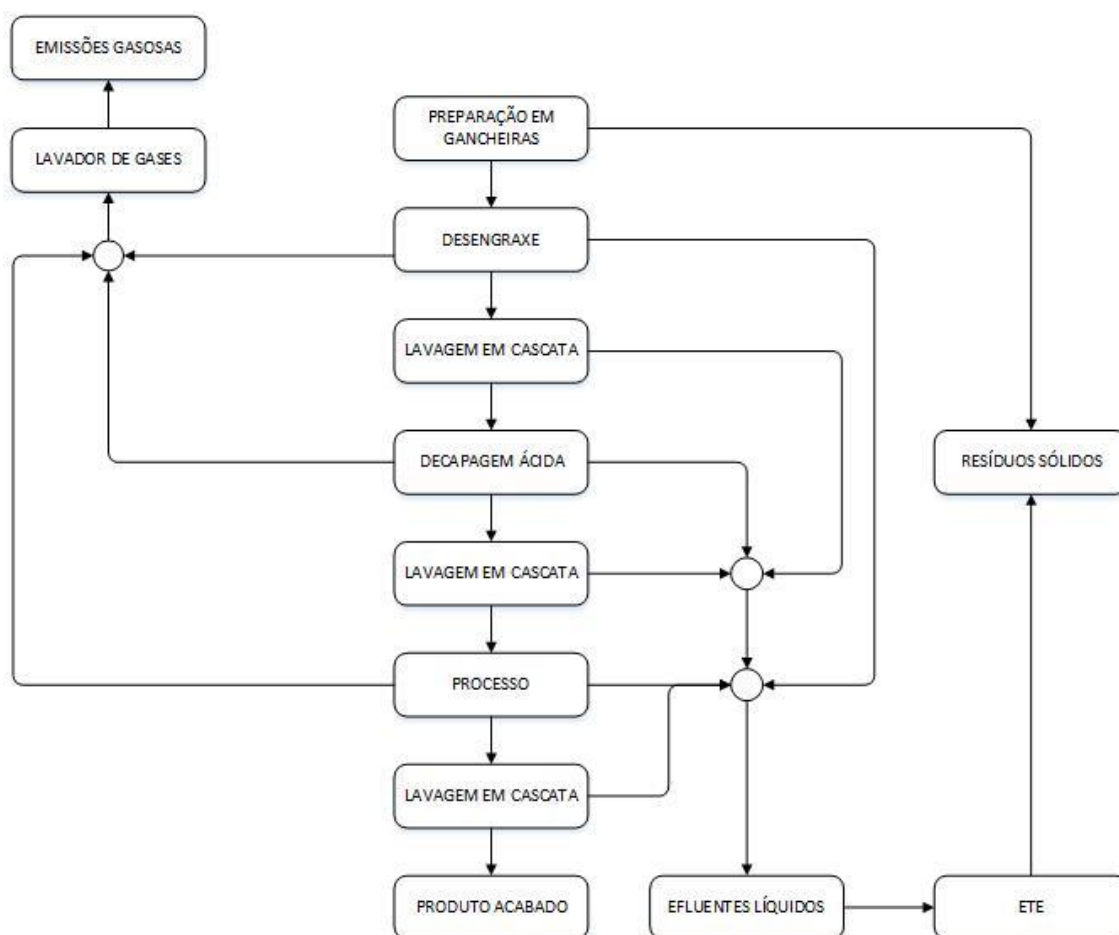
c) Níquel: formados com sulfato e cloreto de níquel são muito empregados devido ao bom controle qualitativo da deposição da peça e recebe posterior depósito de cromo em cima da sua camada. O cloreto de níquel libera maior condutividade elétrica proporcionando melhor nivelamento da peça.

d) Cromo: a deposição de camada de cromo, chamada de cromo brilhante ou cromo duro, proporciona dureza e resistência ao desgaste. Em meio ácido, óxidos de cromo formam ânion dicromato que será reduzido pela reação que ocorre no tanque depositando-se sobre a peça.

7.1.4. Revestimento metálico com o zinco

O zinco é um metal brilhante encontrado na crosta terrestre e pode se combinar com outros elementos formando ligas como o latão e o Zamak. Possui alta resistência à corrosão graças a produção de um óxido protetor formado à temperatura ambiente. É bastante maleável à temperatura entre 100 a 150°C, mas apresenta pouca resistência aos ataques de ácidos e quando exposto à intempéries. Devido a essas características o zinco tem grande aplicação como metal de sacrifício em estruturas submetidas a ambientes oxidantes com o objetivo de ser oxidado e proteger o metal base como ferro e aço carbono.

Figura 14 – Fluxo do processo Metal Forte.



Fonte: Metal Forte LTDA.

Na galvanoplastia a solução de eletrodeposição do zinco pode ser formulada com diversas composições, cada uma delas com suas vantagens e desvantagens. Conforme SENAI-SP (2007), três processos se destacam pela sua maior utilização:

- Banho de zinco alcalino com cianeto.
- Banho de zinco levemente ácido a base de cloretos.
- Banho de zinco alcalino sem cianeto.

Em uma escala de utilização, o primeiro processo é usado por 80% das instalações, o segundo 15% e o terceiro 5%. As escolhas para o tipo de processo vão desde o custo até ao funcionamento e poder de penetração do processo.

Esse processo será nosso principal objeto de estudo já que é utilizado pela empresa Metal Forte estudada nesse trabalho. O processo à base de cianeto tem o fato de requerer pouco controle, poder receber peças cujo desengraxamento não tenha sido tão perfeito e o custo econômico baixo do processo.

Figura 15 – Tanques de deposição de Zinco Rotativo.

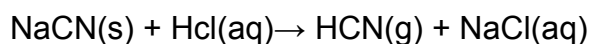


Fonte: (Metal Forte LTDA.)

A grande desvantagem desse processo é a utilização do cianeto de sódio ou potássio que é tóxico e poluente quando manipulado de forma errada. A toxicidade do cianeto (CN⁻) é conhecida há mais de dois séculos. Em literaturas que retratam a espionagem a partir da segunda guerra mundial, os espões andavam com uma cápsula de cianeto embutida nas cavidades dentárias e quando presos pelos seus

inimigos deveriam ingerir a cápsula, a fim de evitar pela própria morte, a revelação dos segredos durante o interrogatório.

Nesse ato, ao atingir o estômago, o cianeto reage com o ácido clorídrico presente no suco gástrico, formando o ácido cianídrico que é mortal ao ser inalado, conforme a reação abaixo:



A composição do banho para se obter uma solução cianídrica para deposição do zinco compreende os compostos óxido de zinco, cianeto de sódio e soda cáustica. Cada componente da solução do banho de zinco alcalino desempenha uma função específica: o óxido de zinco fornece o metal para a solução juntamente com os ânodos de zinco que são colocadas no barramento do tanque, o cianeto de sódio complexa o zinco proporcionando depósitos de granulação fina com maior tendência ao brilho e a soda cáustica melhora a condutividade do banho, auxiliando ainda na dissolução dos ânodos de zinco, conforme SENAI-SP (2007). Observando a reação abaixo se verifica o mecanismo da dissolução do óxido de zinco, juntamente à ocorrência da reação com os outros componentes.



O equilíbrio da reação tem que ser considerado na ocasião de preparação do banho e nas futuras reposições. Além dos componentes básicos, adiciona-se à solução, aditivos como o abrillantador e purificador. O primeiro tem a função de permitir que o depósito metálico tenha brilho e uma aparência mais agradável e o segundo é composto principalmente por sulfetos e tem a finalidade de remover impurezas metálicas do tipo chumbo e cádmio, que já em baixos teores, fornecem um depósito escuro de má aparência conforme relata Wenkel (2006, p. 65). Outro fator que impacta diretamente na qualidade da deposição é a composição dos ânodos de zinco, que devem ser de alta pureza, pois os poluentes se dissolvem durante o funcionamento do banho e contaminam toda a solução. O tempo de processo pode variar de acordo com o diâmetro da peça e situação do banho, vale lembrar que após o processo no banho de zinco as peças são lavadas em tanques com 3 estágios de água, gerando assim efluentes com diferentes concentrações de

metais. Os principais metais que causam contaminação são o cobre, ferro, cádmio, estanho e chumbo (SENAI-SP, 2007).

Figura 16 – Tanque com solução de Zinco.



Fonte: (Metal Forte LTDA.)

Após passar pela a primeira etapa do processo, em sequência a segunda etapa envolve o selamento da camada de depósito de zinco, com aplicação de um filme de cromo.

O cromo possui elevada dureza e ótima resistência contra a corrosão quando exposto à atmosfera, conforme SENAI-SP (2007). Esta resistência vem do fato dele se recobrir com uma camada de óxidos invisíveis que proporcionam uma ótima passivação ao metal. Na eletrodeposição o cromo sempre foi depositado a partir de soluções onde o metal está presente na forma hexavalente, como ácido crômico. Atualmente desenvolvem-se tecnologias que se utilizam sais de cromo trivalente, como o sulfato de cromo ou o cloreto de cromo, que visam diminuir o impacto no meio ambiente e reduzir gastos para o tratamento e disposição desse efluente. O processo é basicamente igual ao do zinco, tendo a diferença do pH que trabalha na faixa ácida e componentes da solução que utiliza ácido crômico e ácido sulfúrico.

8. EFLUENTES INDUSTRIAIS

Os despejos indústrias comumente chamados de águas residuais ou efluentes industriais são correntes líquidas originárias basicamente de operações ou utilidades industriais, podendo vir acompanhadas também de águas pluviais contaminadas e esgotos sanitários (VALENZUELA. J, 1999, p.20). Suas características originais impedem o seu uso em termos técnicos e econômicos na sua própria fonte geradora destinando-se, de forma direta ou indireta, a um corpo receptor.

Os efluentes são extremamente variáveis, em composição ou quantidade gerada e dependem da diversidade dos produtos fabricados, natureza e porte da indústria, do grau de modernidade de seus processos produtivos, tipos de matérias primas empregadas no processo e do nível de automação desses processos e também das práticas de reciclagem e reuso da fonte geradora. É fato que algumas indústrias produzem efluentes diversos mesmo sendo do mesmo ramo produtivo. Isso ocorre conforme menciona Mierzwa e Hespanhol (2005, p.34) “devido às variações dos processos produtivos, práticas de produção mais limpa, minimização dos despejos, recirculações internas, bem como da origem das matérias primas e insumos.”

“Os efluentes industriais e esgotos sanitários possuem características físico-químicas e bioquímicas bastante diversificadas, podendo agregar constituintes biológicos como as bactérias” (MIERZWA e HESPANHOL, 2005, p.68).

Entretanto, nas descargas dos efluentes industriais em corpos hídricos ou em rede de esgotos sanitários, seus constituintes necessitam de tratamento em níveis de conformidade da legislação ambiental vigente de lançamento e qualidade. Esse procedimento visa a preservação de um meio ambiente sustentável, principalmente a manutenção da integridade das águas receptoras que se destinam aos diversos usos como mencionado anteriormente, tendo como prioridade o abastecimento humano (MANCUSO e SANTOS, 2003).

A água é utilizada de diversas formas nas indústrias desde a incorporação aos produtos à lavagem de áreas comuns. Ela também tem seu uso sanitário onde são gerados os esgotos sanitários pela população.

Os órgãos que se ocupam com o saneamento básico são responsáveis pelo seu tratamento e correto lançamento sem interferir no meio ambiente. Já as indústrias tratam o seu esgoto internamente, separados em tratamentos específicos ou tratados conjuntamente nas etapas biológicas dos tratamentos de efluentes industriais.

Os esgotos sanitários, em sua maioria, contêm excrementos humanos líquidos e sólidos, produtos diversos de limpezas, resíduos alimentícios, produtos desinfetantes e até pesticidas. Os excrementos humanos são a principal fonte de origem de microrganismos presentes no esgoto. (VALENZUELA. J, 1999, p.26)

A composição em geral dos esgotos é de materiais orgânicos e inorgânicos. Já os efluentes industriais têm sua composição variada devido ao tipo de processo e produto fabricado, o uso e entradas e saídas de processos assim carreando diversas impurezas no seu descarte.

Figura 17 – Esquema para tratamento de Esgoto.



Fonte: (Sabesp)

Tabela 2 – Limites estabelecidos pela legislação para diversos parâmetros para o lançamento de efluentes.

Parâmetros	Conama 430	Decreto Estadual 8.468 Art. 18	Decreto Estadual 8.468 Art. 19
Temperatura	< 40 °C	< 40 °C	< 40 °C
PH	5,0 a 9,0	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Arsênio Total	0,5mg/l	0,2mg/l	1,5mg/l
Bário Total	5,0mg/l	5,0mg/l	-
Boro Total	5,0mg/l	5,0mg/l	-
Cádmio Total	0,2mg/l	0,2mg/l	1,5mg/l
Chumbo Total	0,5mg/l	0,5mg/l	1,5mg/l
Cianeto Total	1,0mg/l	0,2mg/l	0,2mg/l
Cianeto Livre	0,2mg/l	0,2mg/l	0,2mg/l
Cobre livre	0,2mg/l	1,0mg/l	1,5mg/l
Cromo Total	1,0mg/l	5,0mg/l	5,0mg/l
Cromo Hexavalente	0,1mg/l	0,1mg/l	1,5mg/l
Cromo Trivalente	1,0mg/l	-	-
Estanho Total	4,0mg/l	4,0mg/l	4,0mg/l
Ferro Dissolvido	15,0mg/l	15,0mg/l	15,0mg/l
Fluoreto Total	10,0mg/l	10,0mg/l	10,0mg/l
Manganês Dissolvido	1,0mg/l	1,0mg/l	-
Mercúrio Total	0,01mg/l	0,01mg/l	1,5mg/l
Níquel Total	2,0mg/l	2,0mg/l	2,0mg/l
Nitrogênio amoniacal total	20,0mg/l	-	-
Prata Total	0,1mg/l	0,02mg/l	1,5mg/l
Selênio Total	0,30mg/l	0,02mg/l	1,5mg/l
Sulfeto	1,0mg/l	1,0mg/l	1,0mg/l
Zinco Total	5,0mg/l	5,0mg/l	5,0mg/l

Parâmetros Orgânicos		-	-
Benzeno	1,2mg/l	-	-
Clorofórmio	1,0mg/l	-	-
Dicloroetano	1,0mg/l	-	-
Estireno	0,07mg/l	-	-
Etilbenzeno	0,84mg/l	-	-
Fenóis totais	0,5mg/l	-	-
Tetracloroeto de Carbono	1,0mg/l	-	-
Tolueno	1,2mg/l	-	-
Tricloroetano	1,0mg/l	-	-
Xileno	1,6mg/l	-	-

Fonte: (Ministério do Meio Ambiente).

Outros muitos critérios classificatórios visando o enquadramento dos diversos ramos de atividades industriais impactam para a determinação do grau de controle de poluição por despejos de efluentes. Um deles é a localização da indústria geradora, conforme menciona VALENZUELA, J. (1999, p.30). Caso alguma esteja localizada, por exemplo, em uma bacia de classe especial e que não poderá lançar nem mesmo seus efluentes tratados conforme a legislação terá um grande custo para destinar esse efluente, já que, além do tratamento, terá que arcar com o transporte do mesmo para outra bacia que permita o despejo. Isso mostra que, além de atender aos requisitos específicos para o lançamento de efluentes, as características dos efluentes tratados devem ser compatíveis com o local receptor. O estabelecimento, a determinação e implantação desses critérios contribuem drasticamente para um controle eficaz da poluição por efluentes industriais devido a uma melhor gestão das indústrias potencialmente poluidoras.

O tratamento de efluentes por parte da atividade industrial atualmente foca não somente em atender os padrões legais ambientais de lançamento em corpos hídricos ou em sistemas de público de esgoto, como também, eventualmente, o de

reuso e incorporação de volta ao processo. O reuso direto do efluente na própria fonte é o objeto de estudo desse trabalho.

O efluente do processo de galvanoplastia de zinco é tratado e reinserido nas etapas de lavagem das peças dos processos que não causam interferência na qualidade final do produto e como água de reuso nos vasos sanitários.

8.1. Geração de efluentes na indústria de galvanoplastia - processo de zinco

A geração de efluentes na indústria de galvanoplastia no processo de zinco pode alcançar aspectos amplos caso a planta trabalhe com uma gama de processos além do zinco. Segundo Wenkel (2006, p28) existem várias etapas em que os efluentes são gerados:

- Extravasores dos tanques de preparação e lavagem de superfície, com solventes orgânicos de óleos e graxas, banhos ácidos, alcalinos eletrolíticos e alcalinos comuns;
- Extravasores dos tanques de lavagem das peças retiradas dos banhos eletrolíticos, ácidos e alcalinos;
- Descarga de fundo dos tanques para renovação dos banhos eletrolíticos;
- Respingos entre tanques devido a transferência de objetos de uma unidade à outra;
- Vazamento de tanques e canalizações;
- Descargas dos lavadores de gases para renovação da água de lavagem.

A caracterização dos efluentes líquidos pode evidenciar o potencial poluente da atividade e identificar a presença de elementos contaminantes. Os mais comuns são Cr^{+6} , Cr^{+3} , CN^- , Fe, Zn, Cu, Ni, Sn, óleos e graxas nos processos de galvanização. Conforme a origem dos processos de galvanização podem ser caracterizados, conforme NUNES (2008, p. 28) em:

- Efluentes crômicos – banhos de cromo em geral abrillantadores e passivadores e suas águas de lavagem.

- Efluentes cianídricos – banhos de cobre, zinco, cádmio, prata, ouro e certas soluções de desengraxantes e suas águas de lavagem contendo cianeto;
- Efluentes gerais ácidos - soluções decapantes, soluções desoxidantes e suas águas de lavagem;
- Efluentes gerais alcalinos - desengraxantes químicos por imersão e eletrolíticos e decapagem alcalino.

8.2 Efeitos toxicológicos do efluente galvânico

Como já mencionado anteriormente a atividade de galvanoplastia é uma atividade com enorme potencial poluidor devido, principalmente, às características de seus efluentes líquidos. A presença de metais pesados alerta para a necessidade de um tratamento eficaz que possa removê-los em concordância com a legislação ambiental vigente. Caso contrário, seus efeitos são extremamente prejudiciais à fauna, flora e a população, enfim a todo ecossistema inserido na região. Por ser objetivo deste trabalho serão apresentados a seguir apenas os componentes mais impactantes ao ambiente: cianeto, cromo e zinco.

Cianeto

De acordo com Pascalicchio (2002), quantidades de cianeto livre entre 0,005 e 0,007 mg/l ocasionam efeitos adversos na vida e reprodução dos peixes, que são seres aquáticos mais sensíveis a este composto, e concentrações entre 0,05 e 0,2, limite instituído por lei para lançamentos de efluentes, são fatais para a maioria da fauna aquática. Ainda que das reações de composição de complexos e sais de equilíbrio instável que ocorrem no meio ambiente, o cianeto é tóxico para muitos organismos em proporções bastantes baixas. Alguns efeitos contrários podem ser identificados pela contaminação com cianeto: mortalidade adiantada, patologias, disposição à predação fácil, alteração de respiração e padrões de crescimento alterado de animais e vegetações.

As consequências tóxicas do íon cianeto não são significantes, mas se torna a partir da reação do composto com a água formando o cianeto de hidrogênio (HCN)

que é altamente tóxico para a vida aquática afetada. Em aves as manifestações de intoxicação por cianeto incluem respiração ofegante, piscar de olhos, salivação e adormecimento alguns minutos após a ingestão.

Nos mamíferos a contaminação é comparativamente comum devido ao consumo de plantas rasteiras cianogênicas com elevada concentração de cianeto no período do florescimento. Segue alguns sintomas de intoxicação com cianeto são: nervosismo com desequilíbrio musculares, salivação, lacrimação, diarreia, urina em demasia, dificuldade de respiração, seguida de falta de coordenação motora e convulsões.

Cromo

Conforme informações de Pascalicchio (2002), o cromo se apresenta em Cr^{+6} e Cr^{+3} . O cromo hexavalente é o mais utilizado no processo galvânico, e seus efeitos ao ser lançado sem tratamento pode gerar efeitos tóxicos graves entre moderados e agudos sobre plantas, aves, peixes e mamíferos. O cromo hexavalente não se deteriora facilmente, havendo uma grande capacidade para acumulação em animais e plantas.

Os relevantes prejuízos na saúde humana são: alteração gastrintestinal, insuficiência hepato-renal, lesões nasais, reações alérgicas na pele e renais. Os compostos de cromo podem adentrar no organismo por exposição crônica e afetar diversos processos do corpo humano. Ao ser ingerido por períodos longos originam irritações, úlceras, hepatite etc.

Zinco

Pertencente à família dos metais de transição, o zinco é essencial para a vida animal e seus metabolismos, com funções específicas como a estrutura e função em mais de 300 enzimas (VALENZUELA. J, 1999). Em Processos industriais é empregado em materiais galvanizados, fios elétricos, pigmentos para pinturas,

cosméticos, produtos farmacêuticos, inseticidas, podendo encontrar-se em muitos resíduos industriais.

Contudo, o excedente contato ao zinco pode ser prejudicial. O zinco pode se acumular em animais aquáticos em concentrações de até 1130 vezes a concentração presente na água (VALENZUELA. J, 1999). Em ecossistemas aquáticos, a toxicidade do zinco é muito maior do que em organismos de sangue quente (CETESB, 1984). Como são conhecidos seus efeitos em peixes, bem como para certos tipos de algas, no corpo humano causa falhas no crescimento e perda do paladar.

Sua toxicidade depende de diversos fatores como a espécie contaminada, composição do solo e água. Alguns sais de zinco como cloreto de zinco, sulfato de zinco são muito solúveis em água, outros sais de zinco como carbonato de zinco, hidróxido de zinco, óxido de zinco, sulfeto de zinco são insolúveis na água e, por isso, algumas quantidades de zinco são removidas por decantação nos processos de tratamento de água, devido a sua solubilidade ser variável dependente do pH e alcalinidade.

9. TRATAMENTO DE EFLUENTES DO PROCESSO NA EMPRESA METAL FORTE

O processo comumente utilizado para o tratamento de efluentes galvânicos é uma junção de processos químicos e processos físicos. O processo físico-químico tem a função de transformar em flocos as impurezas em estado coloidal e em suspensão para posterior remoção em tanques de decantação.

Os tratamentos físicos são operações unitárias em que atuam forças físicas promovendo a separação de fases de modo a que cada uma destas fases segregadas sofra tratamentos específicos ou complementares

As principais operações unitárias utilizadas em tratamentos físicos de efluentes são:

Gradeamento e Peneiramento

Sedimentação

Separação por gravidade diferencial

Flotação

Filtração

Aeração

Adsorção

(Nunes, 2008).

Já o tratamento químico remove os sólidos em suspensão e coloidais, nutrientes e solubilizam os metais pesados, além de modificar por reação a estrutura de compostos orgânicos persistentes tornando-os acessíveis a degradação biológica segundo PONTES (2006).

A seleção de métodos químicos utilizados depende dos requisitos dos efluentes a serem tratados e a disposição final do mesmo, se será reutilizado no processo ou como água de reuso para outros fins conforme relata PONTES (2006).

O início do tratamento do efluente galvânico dá-se pela separação dos efluentes ácidos dos efluentes alcalinos visando a eficácia do processo, proteção dos trabalhadores envolvidos e redução de custos operacionais. Os efluentes contendo cromo têm características ácidas e passam por um processo diferenciado, contendo duas etapas já que se deve reduzir o cromo hexavalente para trivalente.

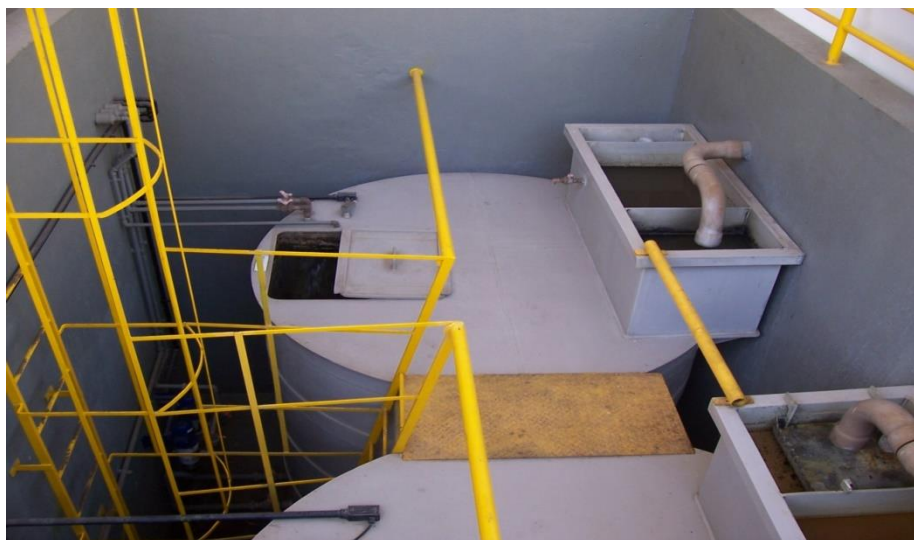
Os outros efluentes alcalinos contendo cianetos são oxidados e posteriormente são unificados com o processo de tratamento do cromo para realizar o polimento e equalização sem adição de produtos químicos em alguns casos.

No processo de estudo desse trabalho, são gerados efluentes ácidos provenientes do processo de decapagem e deposição de cromo, e os efluentes caracterizados como alcalinos de origem do processo de limpeza e desengraxamento e o do processo de cianídrico de deposição de zinco. Ao todo são gerados 8 m³/dia.

O processo descrito a seguir é realizado em batelada² devido às peculiaridades do efluente, como o descarte descontrolado de desengraxantes, decapantes, ativadores e águas de lavagem das secções do processo.

Os efluentes são separados em dois tanques e tratados separadamente conforme a estrutura da empresa Metal forte abaixo.

Figura 18 – Tanques de separação dos efluentes.



Fonte: Metal Forte LTDA.

² Processos em batelada são processos que são recarregáveis, uma determinada carga passa por um processo e ao fim é introduzida outra carga.

Na etapa seguinte a essa segregação dos efluentes iniciam-se os tratamentos específicos em cada tipo de efluentes. O efluente contendo cianeto é transformado em cianato através da reação de oxidação com um reagente oxidante. Os reagentes mais utilizados para a oxidação do cianeto são o gás cloro e o hipoclorito de sódio segundo VALENZUELA, J. (1999). A faixa de pH ideal para essa etapa é entre 10,5 a 12,0 evitando a formação de gases tóxicos como o HCN. Na Metal Forte é utilizado o hipoclorito de sódio devido ao custo do gás cloro.



Após a transformação do cianeto em cianato não há necessidade de tratamento para a transformação do cianato, devido a legislação atual não restringir seu lançamento, por ele hidrolisar em meio aquoso ao longo do tempo. Porém o cianato pode ainda ser convertido em gás carbônico e gás hidrogênio em uma segunda reação com o pH na faixa de 8,0 a 8,5, situação que não ocorre nesse processo.

Há outros reagentes que também realizam essa oxidação, como o peróxido de hidrogênio e o sulfato ferroso, entretanto seus custos são mais altos que os outros usuais. Após essa etapa que pode durar cerca de 2 horas o efluente tem seu pH acertado dentro da faixa de descarte. O mesmo não passa para o processo de neutralização devido a carga de metais já terem precipitados devido ao alto valor do pH do processo. Ele é enviado para o tanque de floculação e posteriormente decantação e polimento.

No tanque de floculação é adicionado um polímero aniônico³ para juntar as partículas e assim aumentar seu peso para que as mesmas decantem mais rapidamente no tanque de decantação.

³ É um polímero de alto peso molecular e de alta carga aniônica, usado na separação de líquido/sólido nos sistemas de decantação e flotação.

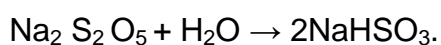
Figura 19 – Tanque de Floculação.



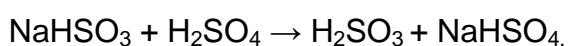
Fonte: Metal Forte LTDA.

O efluente contendo cromo depois de segregado no tanque de separação precisa sofrer o processo de redução, devido o mesmo estar sob a forma de cromato e dicromato utilizados no processo que são altamente tóxicos.

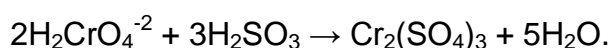
Conforme menciona Ponte (2006), o cromo hexavalente é facilmente reduzido para a forma trivalente. No processo estudado é utilizado o metabisulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) que em água forma o bissulfito de sódio conforme a reação:



A reação de redução dá-se em meio ácido com o pH em torno de 2,5 a 3,0. Em meio aquoso o bisulfito de sódio converte-se em ácido sulfuroso e bissulfato de sódio:



A reação de redução do cromo hexavalente para trivalente ocorre rapidamente:



Após essa reação inicia-se o processo de precipitação dos outros metais. Os efluentes são encaminhados para o processo chamado de neutralização. Neste processo há a estabilização do pH em uma faixa ideal para que ocorra a precipitação dos metais ao nível da legislação de descarte. Nesse caso o artigo 19 A, cada metal possui um pH de solubilidade mínima conforme menciona PONTE (2006). No processo estudado os metais com alta concentração são o zinco e cromo.

Figura 20 – Tanques de Precipitação/neutralização.



Fonte: Metal Forte LTDA.

Nessa etapa são utilizados produtos alcalinos como soda cáustica, cal virgem para a precipitação dos metais e cloreto de alumínio para o clareamento do efluente, e ácido clorídrico para o acerto de pH. Após essa etapa de neutralização os efluentes alcalinos e ácidos são misturados em uma operação chamada de polimento. Essa operação é realizada em tanque separado em algumas estações de tratamento. O processo de polimento traz resultados também econômicos e operacionais como a equalização de pH e redução de consumo de produtos para a estabilização do efluente no processo.

Figura 21 – Tanques Pulmão\ Polimento.



Fonte: Metal Forte LTDA.

Na ETE da empresa Metal Forte o tanque de polimento também funciona como tanque pulmão conforme o anexo acima. O tanque pulmão tem a função de armazenar o lodo caso haja saturação do tanque de decantação e filtro prensa.

Após o efluente passar pela neutralização e polimento ele segue para o tanque de decantação onde ocorre a separação da fase sólida da aquosa. Nessa etapa o efluente tem sua vazão reduzida para que todos os sólidos decantem e evitem a saturação dos filtros na próxima etapa do processo.

Figura 22 – Tanque de decantação.



Fonte: Metal Forte LTDA.

Na próxima etapa o efluente vai para um tanque de transferência onde é realizada uma nova medição de pH e sólidos totais. Caso haja algo fora do parâmetro o efluente é bombeado novamente para o tanque pulmão, ou neutralização onde é realizada a correção.

O lodo gerado desde o processo de oxidação, neutralização e floculação é enviado para o adensamento no filtro prensa, onde é possível retirar até 80% de água contida no mesmo.

Após esse processo ele é acondicionado em tambores e enviado para disposição final para o processo de produção de sais metálicos.

Figura 23 – Filtro Prensa.



Fonte: Metal Forte LTDA.

Figura 24 – Tanque de Transferência.



Fonte: Metal Forte LTDA.

Após essa etapa o efluente é bombeado para a etapa de filtragem. Nessa etapa o efluente passará por filtros de carvão ativado, areia fina e pedregulho com dois tipos de granulometria conforme o a ilustração a seguir.

Figura 25 – Filtro de Efluente



Fonte: (www.naturaltec.com.br.)

Figura 26 – Filtração.



Fonte: Metal Forte LTDA.

Nessa etapa busca-se a eliminação de materiais particulados originários do processo de floculação que não se depositaram no tanque de decantação, podendo interferir na qualidade das peças no processo.

No decorrer do processo são realizadas análises visando manter a qualidade do efluente dentro da legislação exigida pela CETESB, como sólidos totais, residual de cromo hexavalente, residual de cianeto, residual de sulfato, óleos e graxas, pH, condutividade e temperatura, sendo utilizados os testes de campo e apoio da empresa contratada para realizar amostra do efluente.

Figura 27 – Kits de análise



Fonte: Ecolab Química S.A.

Figura 28 – Efluente final Tratado.



Fonte: Metal Forte LTDA.

10. REUSO DO EFLUENTE NA EMPRESA METAL FORTE

A empresa Metal Forte LTDA iniciou suas atividades em 2006, na cidade de São Paulo, na região Oeste. Seu ramo de atuação é beneficiamento de peças de base ferro e zamak. Possui atualmente 25 funcionários na produção e 10 funcionários na área administrativa.

Sua produção mensal atualmente é em torno de 1,5 toneladas de peças. Sua planta conta com equipamentos relativamente novos e não possui laboratório próprio, devido ao alto custo. Também possui um sistema para tratamento dos gases gerados pelo processo dentro da própria planta. Além do sistema de tratamento dos gases gerados no processo também merece destaque a ETE, pois os dois são os equipamentos responsáveis para evitar a poluição ambiental.

De acordo com Valenzuela, J. (1999), há quatro caminhos que podem minimizar o consumo de água nos processos industriais de um modo geral: mudanças no próprio processo industrial, reuso direto das águas residuárias, reuso após o tratamento e a reciclagem como meta direta.

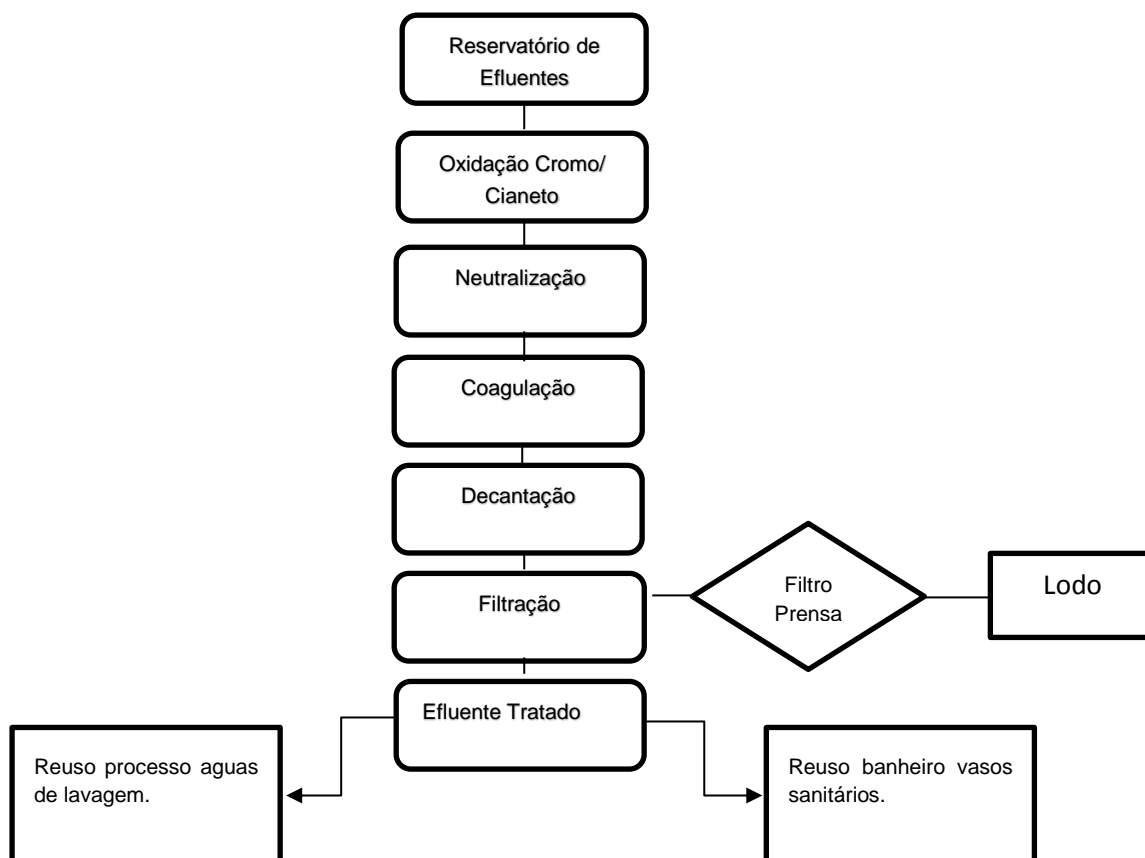
A Metal Forte apresenta-se como uma empresa responsável com seus resíduos tóxicos gerados e com o conceito de respeito pelo meio ambiente e comprometimento com a legislação ambiental. O reuso do efluente é tratado com prioridade pela empresa já que além de trazer benefícios econômicos é ambientalmente correto e gera credibilidade no mercado. São reutilizados em torno de 4 m³/dia do efluente tratado dos 8 m³ que são gerados diariamente.

O reuso é dividido em retorno ao processo e uso nos banheiros. A ideia de reutilização do efluente iniciou-se desde a mudança da planta para o local atual e de uma reavaliação do processo e testes na área fabril visando sempre manter a qualidade do processo.

A empresa realiza mensalmente análise em laboratório do efluente para manter o tratamento dentro do artigo 19 A do decreto 8.468 do estado de São Paulo, e pretende montar um laboratório futuramente para auxiliar os operadores nas

análises preliminares que são realizadas diariamente para controle do efluente tratado.

Figura 28 – Fluxo de tratamento e reuso do efluente.



Fonte: Metal Forte LTDA.

Em conjunto com a reutilização do efluente gerado a Metal Forte criou e implantou procedimentos na produção, seguindo o conceito da Produção Mais Limpa (P+L).

A Produção Mais Limpa apresenta, através do conceito da Galvanoplastia, uma análise de todos os processos e etapas, identificando em algumas delas a redução da geração de resíduos líquidos e aproveitamentos dos recursos inseridos como os reagentes.

Segundo Valenzuela, J. (1999), a “Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada a processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência total e reduzir riscos aos seres humanos e ao meio ambiente”.

A Produção Mais Limpa busca aumentar a eficiência no uso de matérias primas, água, energia e insumos através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo, podendo ser líquidos sólidos ou gasosos. Assim, desta forma, consegue eliminar a poluição durante o processo produtivo e não depois dele.

Ela pode trazer, além dos benefícios ambientais, economia com a contenção de custos e aumento de competitividade no mercado de atuação.

Conforme as técnicas e informações disponíveis no mercado a Metal Forte implantou:

- Controle analítico semanal do seu processo, visando reduzir perda de matéria prima, produção não conforme e uso de grande quantidade de produtos químicos para correção.
- Tratamento mensal dos “banhos químicos” para remover impurezas como produto orgânico e impurezas, visando o aumento da vida útil do banho assim gerando menos efluente.
- Instrução de lavagem de peças, para diminuir o arraste do banho para a próxima etapa, visando diminuir a perda de produtos químicos e o consumo de água.
- Prevenção de vazamentos, com a inspeção diária de tanques e tubulações visando evitar geração de resíduos desnecessários.
- Diluição de despejos concentrados como desengraxantes e águas primárias de lavagem, visando manter o funcionamento da ETE conforme processo atual.

11. CONCLUSÃO

O processo de reutilização de água se mostra uma alternativa indiscutível na sociedade atual visando manter a água potável exclusivamente para o consumo humano, já que os quadros de escassez de água vêm se tornando a realidade de diversas populações. O reuso de água do processo de Galvanoplastia é tecnicamente viável, mas requer um trabalho analítico rigoroso, já que a caracterização físico-química dos efluentes também ajuda a entender as dificuldades de operação e controle da ETE.

O processo da Metal Forte não é complexo já que apenas se trabalha com o zinco e cromo, não gerando efluentes que requerem mais etapas para o seu tratamento, e em conjunto com as técnicas de Produção Mais Limpa, sendo seguidas corretamente, visa mitigar a produção desnecessária de efluente, tendo um ganho ambiental e econômico do processo.

Durante a realização desse estudo constatou-se que a ampliação da utilização das técnicas de reuso esbarra em questões legais e políticas. Mas é consenso que o uso eficiente da água, abrangendo o componente reuso, conduz ao alcance de outros objetivos que são considerados intangíveis, como a melhoria da imagem da indústria através da otimização dos recursos e a redução dos impactos ambientais e desta forma contribuindo para a sustentabilidade de uma atividade potencialmente poluidora.

Conclui-se que o reuso realizado pela empresa Metal Forte atende perfeitamente suas necessidades sem alterar seu produto final, passando a ser um exemplo no seu segmento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBIENTE BRASIL. http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/aspectosambientais_e_toxicologicosdos_metais_pesados.html acessado em 26 de fevereiro de 2015.

AMBIENTE BRASIL. **Uso e reuso da água.** Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_aguas_urbanas.html> Acessado em 20 de abril de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13969:** Reuso local –. Brasil, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de utilização de recursos hídricos.** Brasília: ANA, 2013.

CARABOLANTE, H. S. (Coord.). **Galvanoplastia e Tratamento de Efluentes.** São Paulo: SENAI Mario Amato, 2007.

CARDOSO, L. M. N. **Ecotoxicologia do Cadmio e seus compostos.** Salvador: CRA, 2001.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANAMENTO AMBIENTAL (1984). **Tratamento de efluentes de Indústrias de Galvanoplastia.** Série Atas da CETESB. São Paulo.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Apostila de Galvanoplastia,** São Paulo, 1984.

GENTIL, V., **Corrosão,** 3ª Edição, Rio de Janeiro, LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. 1996. p.05 – 40.

MANCUSO, C.S; SANTOS, H.F (Ed); **Reuso de água.** São Paulo: NISAM-USP, 2003.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. – **Água na Indústria: Uso Racional e Reuso**, Editora Oficina dos Textos, São Paulo, 2005.

Ministério do Meio Ambiente. **Legislação**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>; Acessado em 10/04/2015.

NETO, J. T. **Revista Meio Ambiente Industrial**, Ano: 15 Edição: 090, p.32-42. SÃO PAULO, 2011.

PASCALICCHIO, A. **Contaminação por metais pesados**: Saúde pública e medicina ortomolecular. São Paulo. Annablume. 2002.

PONTE, H. A. **Tratamento de efluentes líquidos de galvanoplastia**. Departamento de tecnologia Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ROSA, D. et al. **Apostila de capacitação de gestores ambientais**. Brasília, DF, Ministério do meio Ambiente, p.15 2009.

SABESP. **Atividades de água de reuso e aplicações**. Disponível em (<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=97> acessado em 20-02-2015).

SCHELLE, G. **Manual de procedimentos para utilização de tecnologia limpa na indústria galvânica**. Revisado por Haroldo A. Ponte. Curitiba. 1998.p.5-30. Série SIDEE nº 18.

TELLES, D. D; COSTA, R. H. P. G.S. **Reuso da Água**: conceitos, teorias e práticas. 2º Edição. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, p.3,4, 5,18,28,27, 50, 154,159 (2010).

TUNDISE, J.G, **Gerenciamento da qualidade da água**: interações entre pesquisa, desenvolvimento tecnológico e políticas públicas. Rev. Bras. Pesq. E Desenvolvimento, v.3, n.2, p.57-68 (2001).

TUNDISI, J. G. **A água no século XXI - Enfrentando a Escassez**. 3º Edição, Editora RiMa São Carlos –SP, p.3,8,12,22. 2009.

VALENZUELA. J. **Tratamento de efluentes em indústrias galvanotécnicas.** São Paulo: Editora Pagina e Letras. 1999 p 20 – 89.

WENKEL, J. **A historia da Galvanoplastia no Brasil.** 1º Edição, Editora Andreato Comunicação e Cultura p.55,58,63,64,65 São Paulo, 2006.