

**INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO
PAULO**

Flávio Bueno Sarro

Uso da água na indústria de galvanoplastia visando atender critérios conservacionistas. Estudo de Caso: Protesuper, São Paulo.

**São Paulo
2007**

Flávio Bueno Sarro

Uso da água na indústria de galvanoplastia visando atender critérios conservacionistas. Estudo de Caso: Protesuper, São Paulo.

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Gestão Ambiental

Orientador: Dr Wolney Castilho Alves
Co –Orientador: Me. Luciano Zanella

São Paulo
Fevereiro/2007

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Departamento de Acervo e Informação Tecnológica – DAIT
do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

S247u Sarro, Flávio Bueno

Uso da água na indústria de galvanoplastia visando atender critérios
conservacionistas. Estudo de caso: Protesuper, São Paulo. / Flávio Bueno Sarro. São
Paulo, 2007.

75p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas
Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Wolney Castilho Alves
Co-orientador: Me. Luciano Zanella

1. Indústria de galvanoplastia 2. Consumo de água 3. Reaproveitamento da água
4. Conservação de água 5. Responsabilidade social 6. Responsabilidade ambiental
7. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
Coordenadoria de Ensino Tecnológico II. Título

10-29

CDU 628.178(043)

Dedicatória

Dedico esta dissertação aos meus pais Wilson Sarro, Cecília Bueno Sarro, meus irmãos Fábio e Fernanda Bueno Sarro, a minha esposa Cláudia Karolkovas Zultauskas Sarro pelo apoio e incentivo durante estes anos, ao Sr Rubens Carlos Filho pela amizade, pelo auxílio, incentivo e possibilitar minha dedicação a elaboração deste trabalho, aos meus orientadores Prof. Dr. Wolney Castilho Alves, Me Luciano Zanella pela orientação, auxílio e dedicação sem as quais esta dissertação não se realizaria de forma satisfatória.

Agradecimentos

Agradeço ao Sr Hermes Antônio Moreno Gonçalves pelo apoio e entusiasmo e por permitir utilizar as instalações de sua fábrica na busca de dados para a realização desta dissertação, ao Sr Glicério Pedro Rosa a Sra Ivone e a todos os funcionários da empresa por dispensarem horas valiosas de seus dias de trabalho no auxílio da coleta de dados.

Resumo

A indústria de galvanoplastia tem como um dos seus principais insumos a água, a qual deve atender parâmetros de qualidade que não impactem de forma negativa o processo de eletrodeposição, este segmento industrial caracteriza-se também pelo alto potencial poluidor conferido pela presença em seus efluentes, de metais pesados como cromo, zinco, níquel, ferro e por ânions como cloretos, sulfatos e cianetos que possuem alta toxicidade.

Em um cenário tanto global como local onde se nota a forte valorização dos recursos hídricos, amparada pela organização de fóruns mundiais e nacionais que visam estabelecer diretrizes e programas de conservação de água, tais ações têm como resposta o surgimento de legislação específica que estabelece parâmetros de qualidade, estabelecem diretrizes para o uso, reúso e cobrança da água e proporciona mecanismo de participação para a sociedade ser agente deste processo de mudança e adequação. A magnitude destes fatos não permite a exclusão de nenhum segmento social, seja qual for a sua importância neste processo.

Nesse contexto as indústrias devem dar a sua parcela de contribuição, especialmente nas quais a água desempenha papel fundamental e portanto mais afetadas pelas questões relativas a este tema. As grandes empresas pela sua capacidade de aporte financeiro e captação de pessoas com alta qualificação têm por motivos óbvios, uma maior facilidade de atingir os objetivos conservacionistas para os recursos hídricos.

A indústria de galvanoplastia caracteriza-se notadamente por microempresas, com poucos recursos financeiros e rara mão de obra qualificada, este cenário justifica a escolha deste segmento como tema desta dissertação, pois apesar de constituído por pequenas unidades industriais, estas, são muitas e situadas em diversas localidades brasileiras com concentrações expressivas nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais.

Para se elaborar um projeto de uso racional e conservacionista específico para a indústria de galvanoplastia foi necessário à compreensão dos processos galvânicos e suas interações, identificar neste fluxo produtivo a tecnologia utilizada, as etapas que demandam maior consumo de água, a lógica de processo e sua coerência com as recomendações das empresas fornecedoras de matéria prima.

Assim sendo a presente pesquisa identificou os fluxos dos diversos processos vigentes, a produção anual de cada uma destas variantes, os consumos de água para cada etapa destas fases, através de acompanhamentos periódicos este trabalho identificou as linhas de fluxo para cada processo produtivo. Concluída a fase de levantamento de dados, buscou-se em nas bibliografias disponíveis soluções que já fossem consagradas, ou que pudessem ser adaptadas ao caso da empresa objeto desta dissertação, aliada a experiência deste autor no segmento de galvanoplastia construiu-se a base para as propostas que constituem o objeto principal deste trabalho.

Esta dissertação obteve como resultados, a proposição de alterações de lay out, a alteração de fluxo produtivo e de tecnologia, a identificação das possibilidades de reúso indireto de água, que compõem um plano de conservação de água que propiciam uma redução de 86 % da água consumida.

Palavras chave: Conservação de água, reúso de água, reciclagem de água, galvanoplastia.

Abstract

The electroplating industry has water as one of its main inputs, which has to attempt quality parameters that do not interfere in the electroplating process as a whole, that kind of industry has the high pollution potential as a mark mostly because of presence of heavy metals as chromium, zinc, nickel and anions like chloride, sulfate and specially cyanide which is known for its high toxicity.

In global and local scene that we perceive a strong valorization of hydric resources supported by international and national water forums that aim establish directions and water conservation programs, those actions find as an answer the creation of specific legislation for, quality parameters, water use and reuse, charge for water use and promote mechanism for the society participate of that entire process of changing and adequacy. The importance of all these facts does not allow the exclusion of any tie of society no matter how important it is.

In this context the industry has to give its contribution, specially which ones, water has a fundamental participation and therefore strongly affected for all these subjects.

The big companies by its financial port and capacity to attract qualified crew have for obvious reason more facility to reach the conservation goal for hydric resources.

The electroplating industry is noted characterized for be mainly composed by micro enterprises, with low financial port and rare well qualified workers, just these fact justify the choose the electroplating industry to be a theme for a paper, therefore in the spite of been be constituted of small companies, there are so many of these enterprises spread all over the country with expressive concentrations in São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais states.

To elaborate a specific project for rational use and water conservation was necessary to understand the galvanic process as a whole including the processes interactions, identify the productive flow, the technologies in use, the steps that consumes more water, the logical of the process and coherence with recommendations of raw material suppliers.

This dissertation identify the current productive flow of each one process in Protesuper, the annual production of all of them, the water consume of each step.

Collected all the data, started a searching at available publications, successful solutions, brand new solutions that could be used at Protesuper case, these sources allied to experience of this author at electroplating industry provided the bases for suggested modifications at Protesuper plant.

This dissertation obtained as a result, propose a new lay out, modifications at production flow, technology change, water reuse possibilities, these entire proposal make part of water conservation plan that resulted in a reduction of 86 % of the consumed water.

Key words: water conservation, water reuse, water recycling, electroplating.

Lista de Ilustrações.

Figura 1	Ponte Salina.	06
Figura 2	Fluxo de Processo de Zincagem	19
Figura 3	Ciclo Hidrológico	22
Figura 4	Evolução do Consumo de Água por setor usuário entre 1950 e 1995.	24
Figura 5	Balanco Hídrico no Estado de São Paulo. Demanda <i>versus</i> Disponibilidade	27
Figura 6	Qualidade dos Corpos d'água no Estado de São Paulo	29
Figura 7	Bacias Hidrográficas do Brasil	30
Figura 8	<i>Lay Out</i> da Galvanoplastia	44
Figura 9	Fluxo de Produção de Zincagem Ácida Rotativa	45
Figura 10	Fluxo de Produção do Zincagem Alcalina Parada	46
Figura 11	Fluxo de Produção do Zincagem Alcalina Rotativa	47
Figura 12	Consumo Comparativo de Água para os Tanques 1 a 25	48
Figura 13	Consumo Comparativo de Água para os Tanques 26 a 49	48
Figura 14	Média de Peças Produzidas por Processo entre Junho/04 a Junho/05	49
Figura 15	Novo <i>Lay Out</i>	51
Figura 16	Placas Defletoras	52
Figura 17	Diminuição de arraste	53
Figura 18	Lavagem por Chuveiro	54
Figura 19	Lavagem por Spray	54
Figura 20	Lavagem por Spray sobre o Banho	55
Figura 21	Lavagem por “Skip”	55
Figura 22	Proposta de Sistema de Lavagem para o Pré Tratamento	56
Figura 23	Proposta de Sistema de Lavagem para a Linha Rotativa	57
Figura 24	Comparativo entre Custos de Processos de Zinco	59
Quadro 1	Série Galvânica	05
Quadro 2	Origens das Contaminações em Galvanoplastia	10
Quadro 3	Formulação de Banhos de Zinco. Processo Decorativo e Protetivo	12
Quadro 4	Relação Temperatura x NaCN/CN	13
Quadro 5	Formulação de Zinco Baixo Cianeto	15
Quadro 6	Formulação de Zinco sem Cianeto	16
Quadro 7	Formulação para Zinco Ácido	17
Quadro 8	Novas Formulações para Zinco Ácido	17
Quadro 9	Qualidade Mínima de Água para Diversos Banhos Galvânicos	20
Quadro 10	Concentração Máxima de Contaminantes em Banhos de Lavagem	20
Quadro 11	Conferências e Fóruns Globais sobre Água	22
Quadro 12	Consumo de Água por Setor Usuário entre 1950 e 1995	23
Quadro 13	Disponibilidade Hídrica Mundial	25
Quadro 14	Caracterização da Região Metropolitana de São Paulo	28
Quadro 15	Resumo das Principais Leis, Decretos e Resoluções Federais	31

Quadro 16	Resumo das Principais Leis, Decretos e Resoluções e Portarias Do Estado de São Paulo	33
Quadro 17	Relação entre Parâmetros Legais, Limites de Emissão e Origem na Galvanoplastia	35
Quadro 18	Consumo de água por quantidade produzida por setor industrial	40
Quadro 19	Matriz de Processos da Protesuper	42
Quadro 20	Caracterização de Processos na Protesuper	43

Lista de Tabelas

Tabela 1	Porcentual de Água Doce e População por Região no Brasil	25
Tabela 2	Vazão Média por Habitante no Brasil	26
Tabela 3	Classificação das UGRHI pela Relação Demanda versus Disponibilidade	27
Tabela 4	Arraste conforme geometria da peça	53

Sumário

1.	Introdução	01
2.	Objetivos	02
2.1	Gerais	02
2.2	Específicos	02
3.	Justificativa	03
4.	Métodos e Procedimentos Metodológicos	04
5.	Revisão Bibliográfica	03
5.1	Princípios de Galvanoplastia	03
5.1.1	Origem	03
5.1.2	Galvanoplastia e Teoria Atômica	04
5.1.3	Termos Aplicados á Industria de Galvanoplastia	07
5.1.4	Formulação de Banhos	08
5.1.5	Banhos de Zinco	11
5.1.5.1	Química do Banho de Zinco Alcalino	11
5.1.5.2	Função dos Componentes	12
5.1.5.3	Condições Operacionais	14
5.1.5.4	Banhos de Zinco de Baixo Cianeto	15
5.1.5.5	Função dos Componentes	16
5.1.5.6	Zinco Ácido	16
5.1.5.7	Banhos a Base de Sulfato e Cloreto	17
5.1.5.8	Condições Operacionais	17
5.1.6	Processos Posteriores á Zincagem	18
5.1.6.1	Cromatização	18

5.1.6.2 Selantes	18
5.1.6.3 Verniz	19
5.1.7 Qualidade da Água para Galvanoplastia	19
5.2 Conservação de Água	20
5.2.1 Classificação dos Recursos Naturais	20
5.2.2 Ciclo Hidrológico	22
5.2.3 Consumo Mundial de Água e Possibilidades de Escassez	23
5.2.4 Cenários de Disponibilidade Hídrica	25
5.2.4.1 No Brasil	25
5.2.4.2 No Estado de São Paulo e na Região Metropolitana de São Paulo	26
5.2.5 Política Nacional de Recursos Hídricos	29
5.2.6 A Gestão de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo	32
5.2.7 Fontes de Abastecimento	33
5.2.7.1 Parâmetros físico-químicos para lançamento da água como efluente	34
5.2.8 O Princípio Poluidor-Pagador e a Cobrança pelo Uso da Água como instrumento de Conservação	35
5.2.9 Conceitos de Reúso de Água	36
5.2.10 Possibilidades de Reúso e Reciclagem	37
5.3 Princípios da Produção Mais Limpa	37
5.3.1 Aplicação dos Princípios de Produção Mais Limpa na Indústria Galvanoplastia	39
5.3.2 A Importância de Conservação da Água na Indústria	40
6. Caracterização Descritiva da Empresa	41
6.1 Coleta de Dados	41

7.	Resultados e Discussões	41
7.1	Inspeção Preliminar	41
7.1.1	Processos em Prática na Protesuper	41
7.1.2	Identificação das Tecnologias em Uso	43
7.1.3	Lay Out	43
7.1.4	Fluxos de Processos	43
7.1.5	Balanço Hídrico por Processo	48
8.	Proposta de Redução de Consumo e Conservação de Água para a Protesuper	50
8.1	Treinamento dos Funcionários	50
8.2	Adequação de Processos	50
8.3	Adequação de Lay Out	51
8.4	Adequação de Equipamentos para Produção	52
8.5	Mudança de Tecnologia	58
9.	Conclusões	59
10.	Recomendações	61
	Referências	62

1 – Introdução

A água é elemento essencial a todas as espécies do planeta. É geradora e mantenedora da vida. Os seres humanos extrapolaram o uso deste recurso para satisfação de suas necessidades básicas desse recurso, a incorporaram em diversos processos industriais, que propiciam os confortos e facilidades do mundo moderno, aumentou-se de tal forma a importância da água que o mundo moderno torna-se inimaginável com restrições de utilização de água ou com a concretização de conflitos de interesse no uso deste recurso natural.

A imensa disponibilidade de água do planeta, a percepção da existência de um ciclo de renovação, fez crer que este recurso seria infinito, porém o contínuo crescimento populacional combinado com um aumento do desenvolvimento industrial e agrícola especialmente após a segunda guerra mundial tem aumentado a demanda por água em todo o planeta. A má compreensão das novas tecnologias sejam elas no setor industrial ou agrícola, que geram poluentes que não são capazes de serem eliminados do ciclo hidrológico em tempo hábil para o reúso humano, afeta direta e indiretamente a todos os usuários, deve-se considerar ainda o desperdício e o mau uso como agravantes na problemática da disponibilidade de água considerando o uso múltiplo.

Se a percepção do problema ocorreu a tempo, somente este dirá, mas é fato que o entendimento da água como bem universal tem evoluído, do começo, com tratamento dos efluentes industriais, passando por estudos de tecnologias mais limpas, culminando em técnicas de reúso que nos auxiliam na compreensão que, apesar de ainda não ser um conceito totalmente difundido, os recursos hídricos são um bem finito e extremamente vulnerável.

Esta nova conceituação é fundamental para que a disponibilidade adequada seja mantida para todos. Para tanto é necessário que todos os segmentos da sociedade estejam alinhados em suas ações locais de conservação que, integradas, farão parte de uma grande ação global.

Para que as ações locais sejam realizadas a contento é necessário que os diversos usuários tenham um fórum de discussões baseado em documentos consensuados por todos os participantes.

Cabe às diversas instâncias institucionais promover as condições para a integração de interesses e dar base uniforme, através da legislação, de forma a orientar e fornecer parâmetros para as ações.

No cenário internacional destaca-se a realização, no Brasil, em 1992, da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), encontro mundial que consagrou décadas de discussões e acordos preliminares sobre o meio ambiente, de forma democrática, participativa e global. O encontro gerou um documento de intenções que deveria ser levado a cabo pelos governos participantes. Este documento, em seu capítulo dezoito, trata exclusivamente sobre água e tem sido referência para o desenvolvimento

ulterior sobre a temática. Merece destaque também a realização dos fóruns mundiais sobre água, como os realizados no Marrocos (1º), na Holanda (2º).

No Brasil coube ao Estado de São Paulo o pioneirismo na conservação de água com a promulgação do Decreto 8468 de 1976 que regulamenta a Lei 997 de 31 de maio do mesmo ano, que contém entre outras disposições, padrões de emissão nos corpos d'água, posteriormente, no ano de 1991, a Lei 763 estabelecia normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. A iniciativa paulista influenciou fortemente a Lei de Recursos Hídricos 9433 em 1997, que estabeleceu, em nível nacional, um moderno patamar legal pelo qual assume-se a água com bem finito, dotado de valor econômico e que deve privilegiar às necessidades básicas do seres humanos. A Lei 9433/97 consagra a região hidrográfica como unidade de gerenciamento de recursos hídricos e abre à sociedade o poder maior de comando das ações por meio de comitês de bacia, amplos na sua composição e de caráter deliberativo. A agenda desses comitês, inspirada na própria lei, elegeu a conservação e a recuperação da qualidade das águas como prioridade. Um dos instrumentos legais postos a disposição é a instituição do princípio poluidor-pagador e a cobrança pelo uso água, tal ferramenta não deve ser entendida de forma punitiva, mas como um importante mecanismo de gestão, pelo qual se objetiva a conservação dos recursos hídricos através da redução da geração de poluentes e da demanda.

Neste cenário é necessário que as indústrias instaladas no país e que tem a água como um dos seus principais recursos, participem de forma ativa no processo de conservação objetivando, além de benefícios diretos e imediatos em seus custos de processos produtivos, a inserção da empresa dentro dos conceitos de responsabilidade ambiental, colaborando, inclusive na melhoria da imagem da empresa perante o público consumidor, através de seus representantes dos comitês de bacias, pois os interesses são vários:

- Impacto direto em seus custos e processo produtivo
- Responsabilidade ambiental
- Responsabilidade social

As grandes empresas, em função de seu porte e sua capacidade financeira, serão privilegiadas neste processo, pois terão maiores facilidades de acesso à tecnologia e recursos financeiros, porém uma parcela significativa da indústria nacional, as empresas de médio e pequeno porte poderão encontrar dificuldades de adequação. É neste segmento que se enquadram as empresas de galvanoplastia, ramo de atividade com alto potencial poluidor, alta demanda de água, carente de profissionais qualificados, com um nível de informalidade considerável, o que lhe dificulta o acesso a financiamentos governamentais ou privados perpetuando um ciclo de estagnação nos níveis de informação e tecnologia.

A proposição de um plano de conservação de água eficaz que atenda a pequena indústria de galvanoplastia, tão escassa de mão de obra qualificada e recursos financeiros, trará as milhares de empresas deste ramo, espalhadas pelo território nacional (com especial concentração na região metropolitana de São Paulo, Limeira, Guaporé e Juazeiro) além de benefícios financeiros, adequação a legislação de recursos hídricos, responsabilidade social ambiental.

2. Objetivos

2.1 Gerais

Avaliar a situação de uma pequena indústria galvânica no que tange ao uso da água no processo produtivo e elaborar uma proposta de racionalização no uso do recurso mediante a implementação de medidas simples que promovam a conservação de água.

2.2 Específicos

Os objetivos específicos são os seguintes:

- a) identificar e caracterizar os processos que mais consomem água na indústria em questão,
- b) Propor alternativas para o uso racional da água,
- c) Lançar as bases para a implementação de um Programa de Conservação de Água.

3. Justificativa.

A proposição de um plano de conservação de água para indústria de galvanoplastia se justifica pelo potencial poluidor deste segmento industrial, pelo consumo de água destas empresas que individualizado pode não representar um volume considerável, mas torna-se significativa quando se identifica que segundo o banco de dados do Projeto Tiête havia na Bacia do Alto Tiete I,II e III um total de 152 empresas cadastradas e em funcionamento (Meneses,2001)e que se considerar que as soluções desenvolvidas nesta dissertação podem ser aplicadas aos demais segmentos de tratamento superficial só nesta bacia hidrográfica seriam atingidas 633 empresas formais (Meneses, 2001)

4. Métodos e procedimentos metodológicos

Este estudo foi desenvolvido em duas etapas para atingir o objetivo geral e os específicos, na primeira etapa realizou-se uma revisão bibliográfica com o propósito de descrever o processo galvânico para desta forma compreender química da galvanoplastia, seus insumos e suas fontes de efluentes, esta etapa também se buscou na bibliografia disponível trabalhos de reuso e reciclagem de água aplicados na indústria de galvanoplastia ou em outras empresas cujos métodos e resultados pudessem ser aplicados às galvânicas.

A segunda etapa utilizou o método do estudo de caso, onde se buscou identificar uma micro galvânica na região metropolitana de São Paulo atuante no segmento de zincagem e que representasse o perfil da maioria destas indústrias, seguiu-se após a identificação do local de estudo de caso a caracterização descritiva da empresa e a coleta de dados relativos aos consumos de água em seus processos.

5. Revisão Bibliográfica.

5.1 Princípios da Galvanoplastia.

5.1.1 Origem

Galvanoplastia significa alterar ou modificar a superfície de um material seja ele metálico ou não, por processo químico ou eletroquímico com o intuito de adequá-lo às necessidades técnicas ou visuais desejadas. O fonema “plastia” originado da palavra *plassein* tem justamente este significado modelar, corrigir, alterar. Além da adequação técnica e/ou visual, o processo de galvanoplastia pode melhorar a resistência à corrosão, a condutância elétrica, a resistência mecânica ou tornar determinado material visualmente idêntico a metais mais nobre (Lyons, 1973).

O prefixo “galvano” é uma homenagem ao cientista e médico italiano Luigi Galvani (1737-1798) que foi o descobridor da eletricidade animal e da eletricidade produzida por reações químicas e que incentivaram Alessandro Volta, físico italiano, a realizar experimentos que resultaram nas primeiras pilhas eletroquímicas. (Oky, 2000)

Á época de Galvani o conceito de energia elétrica era entendida como um fluido invisível, sem peso e transferível de um corpo a outro (Oki, 2000).

Diversas explicações vieram para explicar os estados da energia elétrica, inclusive tentativa de “engarramento” da energia, o que resultou no primeiro capacitor conhecido a garrafa de Leyden. A partir deste momento as centelhas elétricas começam a ser utilizadas para diversos experimentos científicos como o da síntese da água por Cavendish. Os experimentos nesta época careciam de uma fonte de energia mais duradoura ou, como se entende hoje, energia dinâmica. Foi Luigi Galvani, com seus estudos iniciais de eletrofisiologia, que começou a relacionar energia e matéria, em um de seus estudos observou fenômenos elétricos após o contato de uma peça de cobre contra uma peça de ferro, porém creditou aos metais somente o papel de condutores. Seu contemporâneo Alessandro Volta acreditava que os metais seriam os geradores de energia, provou sua teoria construindo um dispositivo que consistia no empilhamento de camadas alternadas de Cu/Sn ou Zn/Ag e tecido embebido com água salgada, a primeira pilha construída (Oky,2000).

5.1.2 Galvanoplastia e teoria atômica

O primeiro modelo atômico, o modelo de Dalton, foi proposto em 1803 e não previa a existência de elétrons já que os fenômenos elétricos eram poucos compreendidos e energia e matéria não eram relacionados.

A matéria é essencialmente composta por partículas eletricamente carregadas denominadas genericamente de íons, quando predominam as cargas positivas os íons são denominados de cátions, quando carregadas negativamente recebem a denominação de ânions. A característica elétrica de um íon é convencionalmente medida pela quantidade de elétrons presentes na camada de valência. Assim, quanto mais próximo da estabilidade, ou seja, de oito elétrons na última camada, mais eletronegativo é o íon; quanto mais distante da estabilidade ou menos elétrons na camada de valência mais eletropositivo é o íon. Exemplificando, um íon com três elétrons é considerado com carga positiva três, enquanto um íon com 6 elétrons será considerado com carga negativa dois. Átomos e íons diferentes tem cargas elétricas diferentes. Portanto quando íons ou mesmo átomos em estado fundamental entram em contato através de um condutor poderá haver um fluxo de energia que resulte em uma reação eletroquímica que envolve dois fenômenos: oxidação e redução.

Se os íons envolvidos tiverem potencial eletroquímico suficiente ocorrerá a reação. O potencial eletroquímico é uma escala que tem seu zero associado ao eletrodo padrão de hidrogênio.(Espinosa, 1995). O Quadro 1 lista diversos potenciais de eletrodo.

Quadro 1 – Série Galvânica

Metal Reduzido	Metal Oxidado	E ⁰ Volts
Li	Li ⁺ + e ⁻	+ 3,02
K	K ⁺ + e ⁻	+ 2,92
Ba	Ba ⁺⁺ + 2 e ⁻	+2,90
Sr	Sr ⁺⁺ + 2 e ⁻	+ 2,89
Ca	Ca ²⁺ + 2 e ⁻	+ 2,87
Na	Na ⁺ + e ⁻	+ 2,71
Mg	Mg ²⁺ + 2 e ⁻	+ 2,34
Al	Al ³⁺ + 3 e ⁻	+ 1,67
Mn	Mn ²⁺ + 2 e ⁻	+ 1,05
Zn	Zn ²⁺ + 2 e ⁻	+0,76
Cr	Cr ³⁺ + 3 e ⁻	+ 0,71
Fe	Fe ²⁺ + 2 e ⁻	+0,44
Cd	Cd ²⁺ + 2 e ⁻	+ 0,44
Ni	Ni ²⁺ + 2 e ⁻	+ 0,25
Sn	Sn ²⁺ + 2 e ⁻	+ 0,14
H	H ⁺ + e ⁻	Zero
Cu	Cu ²⁺ + 2 e ⁻	- 0,35
Ag	Ag ⁺ + e ⁻	- 0,8
Pt	Pt ²⁺ + 2 e ⁻	- 1,2
Au	Au ³⁺ + 3 e ⁻	- 1,42

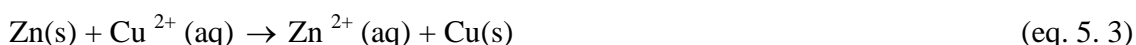
Fonte: Espinosa, 1995

A série galvânica mostrada no Quadro 1 indica a escala para que uma reação espontânea aconteça, ou qual a diferença de potencial que deve ser fornecida para induzir uma reação. Os elementos no alto da tabela têm maior potencial, ou seja, tem maior capacidade de deslocar elementos abaixo de si na tabela.

Pode-se exemplificar o fenômeno da seguinte forma:

Se uma lâmina de zinco for mergulhada dentro de uma solução de sulfato de cobre, uma fina camada de cobre começa a recobrir a lâmina de zinco, simultaneamente a solução de cobre começa a ter sua coloração azul cada vez mais clara em função do consumo deste elemento da solução (Espinosa, 1995).

O fenômeno que ocorre é a transferência de elétrons do zinco metálico para o cobre em solução, que pode ser representado esquematicamente pelas equações 5.1, 5.2 e 5.3:



Ou seja, ocorre a oxidação do zinco (eq. 5.1) e a redução do cobre (eq. 5.2), isto é possível graças a maior eletronegatividade do zinco em relação ao cobre o que torna o zinco capaz de retirar do cobre os elétrons que lhe são necessários para atingir a estabilidade. A reação de oxi-redução irá depender dos elementos envolvidos e se há ou não aplicação de energia se a reação será espontânea ou não, podemos também exemplificar estas reações.

Substituindo-se a lâmina de zinco por uma lâmina de prata, observa-se que a reação não ocorrerá porque a configuração eletrônica não lhe permitir potência suficiente para retirar o elétron do cobre para atingir a estabilidade (Espinosa, 1995).

Os potenciais de eletrodo podem ser medidos instalando-se um amperímetro, conforme a figura 1:

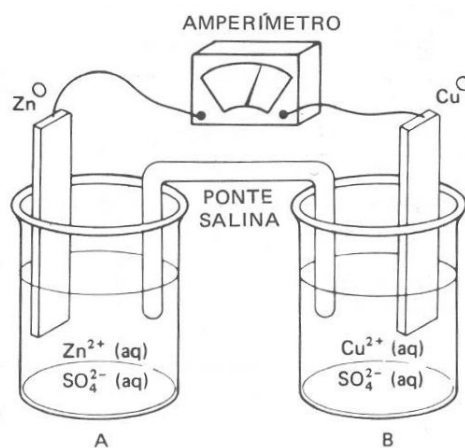


Figura 1 – Ponte Salina

Fonte: Espinosa, 1995

A figura 1 representa uma pilha de Daniell, onde o copo A contém uma lâmina de zinco imerso em uma solução de sulfato de zinco de concentração um molar, o copo B contém uma lâmina de cobre imerso em uma solução de sulfato de cobre também de concentração um molar, as soluções estão em contato entre si por meio de uma ponte salina que se constitui de um gel saturado de sal (nitrato de potássio ou cloreto de amônio) que tem a

função de conduzir os elétrons de um copo a outro. As lâminas estão ligadas ao amperímetro.

As reações envolvidas em cada um dos copos são as demonstradas pelas equações 5.4 e 5.5.



Ao ligar-se o amperímetro e permitir a passagem dos íons, as reações de equilíbrio se rompem e observa-se um aumento da concentração de íons Zn^{2+} na solução que passa para o copo B por meio da ponte salina. Ao mesmo tempo, íons de Cu^{2+} , presentes na solução do copo B, depositam-se sobre a lâmina de cobre que se encontra imersa neste mesmo copo. Observa-se que no copo A ocorre a oxidação do zinco do estado metálico para Zn^{2+} (equação 5.4), enquanto no copo B ocorre a redução do Cu^{2+} para cobre metálico (equação 5.5). O pólo em que ocorre a oxidação convencionou-se chamar de anodo, o pólo onde ocorre a redução é chamado de catodo. A DDP medida para o exemplo é de 1,11 V. Esta mesma diferença de potencial pode ser calculada utilizando a série galvânica mostrada na Quadro 1 (Espinosa, 1995).



$$\text{DDP} = 0,76 - (-0,35) = 1,11 \text{ V} \quad (\text{eq. 5.8})$$

Se na pilha de Daniell acima descrita for instalado um gerador ao invés de um amperímetro podemos ter três situações

- a) A DDP aplicada é inferior a 1,11 V:

A reação espontânea conforme descrita acima continuará, porém em velocidade inferior a que ocorreria sem o gerador.

- b) A DDP aplicada é 1,11 V:

Como a DDP gerada é igual ao potencial da pilha, as forças se anulam, não havendo fluxo de energia não há reação.

- c) A DDP aplicada é superior a 1,11 V

Como a DDP do gerador é maior que a gerada pela pilha, o fluxo de energia se inverte e uma reação não espontânea ocorre, ou seja, haverá a deposição do cobre na lâmina de zinco.

O depósito obtido é escuro, esponjoso e não tem aderência ao metal base, portanto não é adequado aos fins da galvanoplastia: melhorar as características físicas de um material de modo a adequá-lo as especificações de dureza, condutividade elétrica, dureza, resistência mecânica que sua aplicação exigirá.

Para que o processo de eletrodeposição ocorra de modo a produzir camadas depositadas adequadas as exigências de aplicação, os banhos galvânicos apresentam em sua constituição diversos componentes que auxiliam a condutividade elétrica e que controlam as saídas dos metais a serem depositados (velocidade de deposição). Tais constituintes muitas vezes apresentam formulações danosas ao meio ambiente, como é o caso dos cianetos.

5.1.3 Termos aplicados a indústria de galvanoplastia

- Banho: Solução aquosa contendo produtos químicos os quais proporcionarão a eletrodeposição
- Desengraxante Químico: Solução aquosa contendo sais alcalinos e tensoativos, têm a função de retirar óleos e sujidades das peças
- Decapante: Solução aquosa contendo quantidades variáveis de ácido podendo ser ácido clorídrico, fosfórico têm a função de remover oxidações presentes nas peças
- Gancheira: Suporte onde as peças são fixadas para a imersão no banho, também designa o sistema produtivo.
- Tambores rotativos: Cestos sextavados onde as peças são colocadas e imergidas no banho, estes tambores possuem movimento rotacional, nas indústrias de galvanoplastia são conhecidos apenas como rotativos e designa a forma de produção.
- Barramento: Barras de cobre onde as gancheiras e tambores são apoiados, nos barramentos é aplicada energia elétrica que promove a deposição metálica.
- Passivação: Solução aquosa de produtos químicos, que promove a reação química do zinco aumentando sua resistência à corrosão, o principal componente dos passivadores são os cromatos, os passivadores de acordo com sua formulação e concentração promovem as seguintes “cores de passivação” branca ou azul, amarela, verde e preta há ainda o processo de lixiviação no qual a peça após passivada e imergida em uma solução de hidróxido de sódio.
- Cromatização: O mesmo que passivação.
- Selantes: Produtos químicos que por reação química promovem a uniformidade da camada de passivação.
- Verniz: Solução de produtos químicos orgânicos utilizados como pós-aplicação a selagem.

5.1.4 Formulação dos banhos.

Os banhos galvânicos apresentam diversas formulações que diferem entre si principalmente no que se refere a desempenho funcional e a toxicidade ao meio ambiente. Embora com produtos químicos diferentes, as funções que estes desempenham são as mesmas, referentes à:

- *carga do metal* – o ânion carrega consigo o cátion a ser depositado, sua principal característica é controlar a saída destes cátions para serem depositados, para isso a solubilidade destes sais no meio aquoso é extremamente importante.
- *concentração de sais* – do equilíbrio existente entre as concentrações dependerá a correta deposição da camada desejada, se o banho for um banho de liga (dois ou mais componentes) esta relação torna-se ainda mais importante. Estes sais podem ser apresentados na forma de sais simples ou sais complexos.

- *condutividade* – alguns compostos estão presentes nos banhos para proporcionar a correta condutividade ao banho, lembrando que o processo é eletrolítico esta é uma característica de fundamental importância e, para que desempenhe corretamente sua função, sua concentração deve ser adequada e proporcional ao sal constituinte do banho.

Os principais constituintes dos banhos são:

a) Banhos a base de sais simples.

Para evitar que haja uma rápida exaustão dos íons metálicos da solução, o que alteraria rapidamente a concentração do banho, soluções concentradas são usualmente utilizadas. Em função destas concentrações a solubilidade dos íons nos banhos é um fator que deve ser considerado. Apesar dos ânions não participarem diretamente da eletrodeposição, sua influência é significativa já que podem provocar efeitos profundos no processo, por exemplo, se fortemente adsorvidos no catodo exercerão uma forte influência na estrutura do depósito e na atividade dos íons em si. Se compararmos, a uma mesma concentração molar, soluções de cloreto de níquel, fluorborato e sulfamato conferem um limite maior de densidade de corrente que o sulfato em função da maior atividade química do íon níquel, estes sais também são mais solúveis que os sulfatos. Assim, com uma condutividade maior se diminui a quantidade de energia elétrica que deve ser oferecida ao banho, esta é a razão dos banhos de níquel possuírem em sua formulação tais sais. Os sais sulfato e hidróxido de sódio realizam estas funções nos banhos alcalinos isentos de cianeto e cloretos e ácido bórico nos banhos ácidos com o auxílio de sulfonatos orgânicos presentes nos aditivos.

b) Banhos a base de sais complexos.

O cianeto é mais importante sal desta categoria ele está presente nos banhos galvânicos de cobre, ouro, prata, cádmio e zinco. Embora seja uma tecnologia que está sendo superada por outras ambientalmente mais corretas, ainda existem algumas vantagens desse tipo de banho já que, para alguns metais, as alternativas não são funcionais, como no caso dos banhos de prata, ou por questões econômicas, como no caso do cobre, zinco e ouro onde ainda são utilizados banhos com esta base química (Lyons, 1973).

Em geral os banhos cianídricos são alcalinos, já que em pH ácidos ocorre a liberação de gás cianídrico, venenoso com dose letal DL 50 do cianeto de 1 a 4 mg/kg. Nestes banhos o cianeto também está presente em forma de sais simples seja como cianeto de sódio ou potássio, a única exceção a banhos cianídricos fortemente alcalinos são os banhos de ouro que possuem estabilidade mesmo com um pH em torno de 4 a 5 já que não possuem cianetos livres (Lyons, 1973).

Os cianetos livres existentes na forma associada a potássio ou sódio têm duas funções importantes para o processo, melhorar a condutividade do banho aumentando o seu desempenho em relação ao consumo de energia e prevenir a formação de ácido cianídrico pela ação de gás carbônico. No caso dos banhos de zinco, proporcionam depósitos mais sedosos, de aspecto agradável (Lyons, 1973).

c) Umectantes.

Durante o processo de eletrodeposição é comum a formação de hidrogênio em forma de bolhas que podem produzir *pitting* (pequenos pontos na superfície) que conferem ao depósito uma certa aspereza. Os umectantes agem reduzindo as tensões superficiais, evitando a formação de *pitting* (Lyons, 1973).

d) Sais condutores e soluções tampões.

Para cada tipo de banho existem sais ou soluções tampões que são adicionados aos banhos galvânicos com a função de aumentar a condutividade do meio aquoso, agindo como tampões estes sais denominados de condutores desempenham sua função aumentando a polarização no catodo e diminuindo no anodo. São exemplos destes compostos o ácido sulfúrico para os banhos de sulfato de estanho, ácido bórico para os banhos de níquel e acetatos e sais de alumínio para os banhos de zinco ácido (Lyons, 1973).

e) Aditivos.

Algumas substâncias, geralmente orgânicas, são adicionadas aos banhos e mesmo em pequenas quantidades podem influenciar profundamente a forma ou a estrutura do depósito. A adição de tais substâncias produz acabamentos mais nivelados e mais brilhantes. Os mais comuns são os abrillantadores, substâncias que refinam os grãos do metal possibilitando um depósito mais homogêneo e brilhante (Lyons, 1973).

f) Efeito das Impurezas.

É praticamente impossível manter um banho galvânico isento de impurezas, as impurezas são adicionadas aos banhos por meio do arraste de uma solução anterior. As lavagens, que são umas das maiores fontes de consumo de água na galvanoplastia, têm como função diminuir a quantidade de contaminantes adicionados aos banhos. As contaminações, além de serem provenientes de etapas anteriores do processo, podem também se originar do ambiente, e até mesmo das próprias peças, assim como do próprio banho, com tantas possibilidades de origem, as características destas contaminações são inúmeras.

As contaminações metálicas mais comuns são descritas no Quadro 2 e contam com impurezas de origem metálica podem ser provenientes das gancheiras, peças caídas dentro do banho, anodos, sais de pureza inadequada ou arraste de outras soluções que depositaram outros acabamentos (para cada processo há uma seqüência operacional). As informações contidas no Quadro 2 são baseadas nas ocorrências rotineiras de uma galvanoplastia.

Quadro 2 Origens das contaminações em Galvanoplastia.

Contaminante	Origem
Cobre	Peças de latão, barramento, tratamentos anteriores.
Ferro	Peças
Chumbo	Peças (zamak)
Níquel	Tratamentos anteriores

5.1.5 Banhos de Zinco

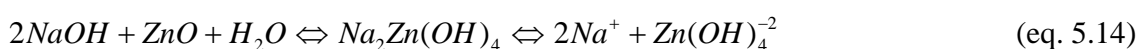
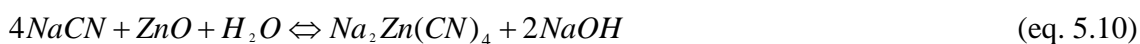
Os banhos de zinco serão alvo de considerações mais detalhadas objetivando o melhor embasamento do presente trabalho que será desenvolvido visando a conservação de água em uma indústria de eletrodeposição de zinco.

A zincagem por processo eletrolítico é conhecida desde a primeira guerra mundial (Mackey, 1973) á época o processo utilizado era o de zinco alcalino cianídrico, atualmente existem os processos de zinco alcalino isento de cianeto e zinco ácido, o processo a base de cianeto ainda é utilizado, embora em escalas cada vez menores, por empresas de tratamento superficial. Esse abandono em sua utilização deve-se principalmente ao alto impacto ambiental intrínseco ao processo.

5.1.5.1 Química do banho de zinco alcalino

Banhos de deposição de zinco podem ser formulados com cianeto de zinco ou óxido de zinco e quantidades apropriadas de cianeto de sódio e hidróxido de sódio, apesar de ser possível depositar zinco de ambas as soluções, os resultados mais eficientes são obtidos com uma mistura destas duas formulações. O importante é que o zinco esteja em equilíbrio estequiométrico simultaneamente com o cianeto de zinco e com o hidróxido de zinco (Mackey, 1973).

As equações 5.9 a 5.15 representam as formulações possíveis para o zinco alcalino e as reações químicas ocorridas no processo de eletrodeposição.



A experiência mostra que as análises químicas convencionais usadas para estimar as concentrações totais de hidróxido e cianeto em suas formas sódicas podem ser usadas para regular o desempenho máximo do banho, lembrando que a concentração de zinco deve ser considerada para esta medição, valor este que é obtido por meio de análises químicas. É importante ressaltar que as formulações podem variar de acordo com a aplicação e o equipamento, portanto estabelecer uma simples tabulação de concentrações mínimas e máximas para cada componente poderia resultar em nulidade, a adequada relação deve ser desenvolvida em conjunto pelo aplicador e pelo fornecedor do banho. Há, porém fórmulas

que estabelecem relações estequiométricas entre os componentes, conforme descrito nas equações 5.16 a 5.18.

$$\frac{[NaCN] + [NaOH]}{[Zn(CN)_2]} \quad (\text{eq. 5.16})$$

$$\frac{[Zn],[NaOH]}{[Zn],[NaCN]} \quad (\text{eq. 5.17})$$

$$\frac{[Zn]}{[Zn]}$$

$$\frac{[Zn],[NaOH],[NaCN]}{[Zn]} \quad (\text{eq. 5.18})$$

As expressões mais comumente usadas são as equações 5.17 e 5.18 por se referirem a concentração de zinco.

Em função das diversas formulações possíveis podemos definir algumas concentrações de utilização dependendo do tipo de aplicação de zinco utilizado, com fins decorativos ou com fins protetivos, conforme apresentado no quadro 3.

Quadro 3 – Formulação de banhos de Zinco. Processo Decorativo e Protetivo.

Componente (g/L)	Decorativo		Protetivo
	Diluído	Convencional	
Zn	7-20	20-45	45-60
NaCN total	7-50	50-140	90-150
NaOH total	75-110	60-120	90-140
Na ₂ CO ₃	20-100	20-120	30-75
Relação NaCN/Zn	1,0-2,5	2,5-3,1	2,0-2,5

Fonte: Mackey, 1973

5.1.5.2 Função dos componentes.

a) Zinco.

A principal função do complexo de zinco é prover uma reserva de onde o zinco depositado será repostado. O tamanho desta reserva pode variar de acordo com o processo e suas diferentes formulações assim como com as condições operacionais (Mackey, 1973).

Em banhos que estejam operando corretamente a reposição de zinco através de seus sais não é necessária, pois os anodos são capazes de prover a quantidade consumida pela eletrodeposição e pelas perdas *dragout*. Eventualmente algumas perdas podem ocorrer por precipitação de sais de zinco insolúveis ou por algum desequilíbrio ocasionado por alterações nas concentrações de outros componentes ou nos parâmetros de processo (Mackey, 1973).

b) Cianeto.

A principal função dos cianetos é tornar possível a eletrodeposição do zinco. A proporção de cianeto confere ao depósito brilho e lustro, proporciona aderência em uma larga faixa de amperagem, regula as relações eficiência catódica-temperatura-densidade de corrente, promove uma boa corrosão dos anodos e melhora a eficiência dos aditivos (Mackey, 1973).

A concentração ótima de cianeto dependerá das concentrações de outros componentes do banho como, por exemplo, a concentração de zinco. Uma relação baixa de zinco/cianeto é caracterizada por alta eficiência catódica e baixa força de transferência, a medida que a relação aumenta a eficiência catódica diminui, produzindo uma sensível melhora na área de alta densidade de corrente e forçando uma taxa maior de corrente na área de baixa densidade de corrente, produzindo uma camada de depósito mais uniforme (Mackey, 1973). Porém se esta taxa aumentar além do nível ótimo, haverá uma excessiva produção de gás e conseqüente diminuição da velocidade de deposição. A relação entre zinco e cianeto pode ser afetada pela concentração de hidróxido e pela temperatura que, recomenda-se, não deve variar mais do que 2 °C (Mackey, 1973). O Quadro 4 indica alguns valores entre temperatura e taxa de NaCN/Zn.

Quadro 4. Relação Temperatura X NaCN/Zn.

Temperatura, °C	Relação NaCN/Zn
20 - 25	2,5 - 2,8
25 - 30	2,6 - 2,9
30 - 35	2,7 - 3,0
35 - 40	2,8 - 3,2

Fonte: Mackey, 1973.

O cianeto é consumido nas reações que ocorrem durante o processo de zincagem, entre elas a oxidação eletrolítica nas superfícies inertes dos anodos e a hidrólise do cianeto e nas perdas por *dragout*. Além do consumo na reação, pode ocorrer a perda do cianeto devido à presença de ferro como contaminante, cada parte de ferro consome, aproximadamente, 5,25 partes de NaCN formando cianeto de ferro (FeCN₂).

c) Hidróxido.

O hidróxido atua em diversas funções no banho de zinco, auxilia na corrosão do anodo, contribuindo desta forma para manter a concentração de zinco nos níveis normais, promove uma maior velocidade de deposição e minimiza as perdas por eletrólise do cianeto, mesmo em pequenas quantidades o hidróxido é necessário para prevenir a polarização dos anodos (Mackey, 1973).

d) Carbonato.

Nas operações normais de deposição de zinco, o carbonato é gerado pelas reações de decomposição do cianeto e do dióxido de carbono, que é absorvido do ar. Pequenas concentrações (20-30 g/L) de carbonato são benéficas ao processo de zincagem, porém quantidades acima de 50 g/L até 100 g/L não possuem mais nenhum efeito benéfico, ao contrário, diminuem a velocidade de deposição e ocasionam manchas no depósito o que para aplicações decorativas não é desejável. A remoção de carbonato do banho de zinco pode ser feita através de resfriamento, o carbonato de cálcio precipitará e poderá ser

separada por filtração, estas operações, principalmente a de resfriamento, deverão ser realizadas em um tanque em separado do sistema de zincagem (Mackey, 1973).

e) Aditivos.

Como descritos anteriormente aditivos são compostos normalmente adicionados aos banhos de forma a melhorar seu desempenho. Os principais aditivos são os abrillantadores, sulfetos e surfactantes.

- **Abrillantadores:** têm como finalidade refinar os grãos de zinco possibilitando um depósito mais brilhante e uniforme (Mackey, 1973).
- **Sulfetos ou Polisulfetos:** estes compostos são largamente empregados na eliminação de contaminações metálicas como chumbo, cádmio e ferro que formam sulfetos insolúveis. A melhor forma de utilização dos sulfetos é preventiva, portanto é aconselhável a manutenção de pequenas concentrações de sulfeto no banho do que promover a precipitação das contaminações após a verificação de contaminação do banho. A adição preventiva de sulfetos pode ser realizada através de adições freqüentes e periódicas, porém deve se atentar para que esta operação afetar de forma sensível o brilho do banho, quando houver uma grande quantidade de lama de precipitado de sulfeto. Manchas na média densidade de corrente também podem ser efeito de uma recente adição em excesso de sulfeto (Mackey, 1973).
- **Surfactantes:** também conhecidos como umectantes ou molhadores, tem como objetivo reduzir a tensão superficial e melhorar a deposição. Os surfactantes formam sobre o banho uma fina espuma que evita a evolução do efeito spray o excesso de espuma pode, entretanto, causar manchas de secagem ou um padrão irregular de deposição. A quantidade recomendada de aditivo é 0,003 a 0,005 % em relação ao volume do banho, o excesso pode ser removido por adição de carvão ativado (Mackey, 1973).

5.1.5.3 Condições operacionais.

São parâmetros externos às características dos banhos, que devem ser corretamente controlados para que o processo de deposição galvânica ocorra de maneira satisfatória, temperatura, densidade de corrente entre outras, são as condições operacionais a serem descritas.

a) Temperatura.

O controle deste parâmetro de processo é importante para um desempenho consistente do banho de zinco, variações maiores que cinco graus da temperatura são capazes de alterar a qualidade do depósito. Evidentemente, como já dito, os banhos podem ser formulados para trabalhar em diversas faixas de temperatura (Mackey, 1973).

b) Densidade de corrente catódica

A densidade de corrente catódica deve ser mantida dentro dos parâmetros especificados pelo fabricante, de acordo com a composição e temperatura de trabalho do banho. Uma corrente insuficiente pode provocar uma cobertura pobre da superfície metálica e uma baixa velocidade de deposição. Em oposição, a alta densidade de corrente pode provocar a queima do depósito ou a deposição de contaminantes (Mackey, 1973).

c) Densidade de corrente anódica.

A densidade de corrente anódica é regulada basicamente pela área dos ânodos e pela concentração de zinco, os ânodos desempenham duas funções importantíssimas na eletrodeposição. Uma delas é regular a distribuição de densidade de corrente, isto é feito pela posição que eles ocupam dentro do tanque, a outra é repor a quantidade de zinco no banho. É importante que a dissolução do anodo se processe a uma densidade de corrente adequada, pois, caso ocorra a uma baixa corrente, o zinco dissolvido resultará em depósitos ásperos. Por outro lado, com uma elevada densidade de corrente, a concentração de zinco baixa rapidamente (Mackey, 1973).

d) Agitação.

Embora a agitação não seja estritamente necessária, um pouco de agitação é recomendável para prevenir a estratificação do banho o que provocaria depósitos de diferentes camadas e características (Mackey, 1973).

e) Filtração.

Esta operação evita que sólidos suspensos sejam incorporados ao depósito, geralmente são realizadas continuamente (Mackey, 1973).

5.1.5.4 Banhos de zinco alcalino e baixo cianeto

Os riscos toxicológicos do banho de zinco cianídrico levaram ao desenvolvimento de tecnologias mais limpas e menos impactantes ao homem e ao meio ambiente. As primeiras evoluções neste sentido foram os banhos de baixo cianeto (LCZ) (Quadro 5) e posteriormente os banhos alcalinos isentos de cianeto (NCZ) (Quadro 6) (Saubestre, 1973).

Quadro 5. Formulação de banho de zinco de baixo cianeto.

Componente	Concentração g/L
Zinco (metal)	5-15
NaOH	70-100
NaCN	5-15
Abrilhantadores	Variam com as formulações do fabricante

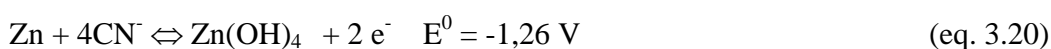
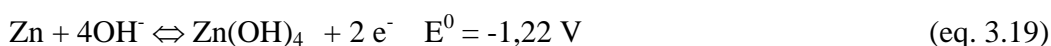
Fonte: Saubestre, 1973

Quadro 6 . Formulação de banho de zinco sem cianeto

Componente	Concentração g/L
Zinco (metal)	5-15
NaOH	70-150
Abrilhantadores	Variam com as formulações do fabricante

Fonte: Saubestre, 1973

O zinco é anfótero, ou seja, pode ter comportamento aniônico ou catiônico, isto significa que a formação de um complexo químico pelo cianeto ou pelo hidróxido tem a mesma facilidade, conforme representado nas equações 3.19 e 3.20:



Nos banhos de baixo teor de cianeto, este deve ser considerado como um aditivo, que melhora os tamanhos do grão do depósito e o nivelamento e prolongam a vida dos abrilhantadores.

5.1.5.5 Função dos componentes.

Basicamente, as funções dos componentes dos banhos de zinco isento ou de baixo cianeto são iguais as dos banhos de alto cianeto, porém, em virtude da baixa concentração ou ausência deste componente, os demais componentes assumem outras funções desempenhadas pelo cianeto. As principais diferenças são:

- a) Zinco: as mesmas funções dos banhos de alto cianeto.
- b) Hidróxido: auxilia a condutividade e a corrosão dos anodos, nos banhos isentos de cianeto a relação NaOH/Zn deve ser em torno de 10:1 (Saubestre, 1973).
- c) Cianeto: nos banhos que possuem este componente, o cianeto atua como um aditivo. Deve-se atentar para que, caso a concentração deste componente esteja muito alta, a eficiência catódica pode ser afetada (Saubestre, 1973).
- d) Abrilhantadores: atuam da mesma forma, refinando os grãos de zinco do depósito, tornando o mais brilhante e proporcionando uma deposição mais uniforme.
- e) Condições operacionais: as condições operacionais para estes banhos são as mesmas que as dos banhos de alto cianeto.

5.1.5.6 Zinco ácido.

Os banhos de zinco ácido são a mais recente evolução dos banhos de zinco, caracterizam-se basicamente por terem maior velocidade de deposição e melhor tratabilidade, ou seja, são ambientalmente melhores. Existem diversas formulações para este tipo de banho e, portanto, diversas condições operacionais que se adequam as características dos produtos zincados.

5.1.5.7 Banhos a base de sulfato e cloreto.

Estes banhos são formulados com sulfato hidratado de zinco e cloreto de zinco. Apesar do sulfato de zinco ser um condutor moderado, a adição de cloretos, sejam eles de sódio, amônio, zinco ou alumínio, aumenta de forma considerável a condutividade do banho, assim como a adição de ácido livre. Estes banhos também utilizam soluções tampões como acetatos, sais de alumínio e ácido bórico (McGraw, 1973). Algumas formulações são mostradas no quadro 7.

Quadro 7. Formulações para zinco ácido.

Componentes	Formulação g/L					
	1	2	3	4	5	6
ZnSO ₄ .7H ₂ O	240	360	410	240	-	-
ZnSO ₄	-	-	-	-	90	270
NH ₄ Cl	15	30	-	-	-	-
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	30	-	-	30	-	-
Licorice	1	-	-	1	-	-
NaC ₂ H ₃ O ₂ .3H ₂ O		15	*	15		
AlCl ₃ .6H ₂ O	-	-	20	-	-	-
Na ₂ SO ₄	-	-	75	-	90	90
NaCl	-	-	-	-	30	30
H ₃ BO ₃	-	-	-	-	19	203
Glucose	-	120	-	-	-	-

Fonte: McGraw, 1973

As formulações apresentadas no quadro 7 são antigas, importantes para a mudança de tecnologia. Atualmente existem novas formulações muito mais velozes em termos de deposição e brilho, mais simples e eficientes, como as apresentadas no quadro 8

Quadro 8. Novas formulações de banho de zinco.

Componentes	Formulação g/L			
	1	2	3	4
Zinco Metal	35	~35	~35	45
Cloreto Total	150	~150	~120	150
Cloreto de Zinco Anidro	70	75	55	168
Cloreto de Potássio	230	175	175	200
Ácido Bórico	30	30	30	20
Abrilhantador, mL/L	45	4	2	1,5

Fonte: McGraw, (1973)

5.1.5.8 Condições Operacionais.

- a) **Densidade de corrente catódica:** não é algo crítico para este processo, podendo variar de 0,5 a 3,0 A/dm² e, dependendo do tipo de trabalho e de acordo com a agitação do banho, pode chegar até 10 A/dm² (McGraw, 1973).
- b) **Temperatura:** os banhos ácidos trabalham na faixa de 24 a 50 °C.
- c) **Faixa de pH:** os boletins técnicos indicam a faixa adequada de trabalho deste parâmetro, sendo a mais comum é entre 3,5 a 4,5. O controle de pH é importante, pois caso este aumente, ocorrerá a formação e a precipitação de óxido de zinco hidratado ou de sais básicos de zinco, tal ocorrência pode formar um filme sobre os anodos passivando-os. A passivação dos anodos pode tornar a deposição inadequada (McGraw, 1973).
- d) **Filtração:** é sempre recomendável que seja efetuada, mesmo que periodicamente. Quando a agitação é por ar torna-se ainda mais recomendável (McGraw, 1973).
- e) **Purificação:** as maiores fontes de contaminação de um banho são as de origens metálicas, provenientes de peças e arraste de processos anteriores, a remoção pode ser feita por um processo chamado chapa seletiva, que consiste na imersão de uma chapa de área consideravelmente grande e aplicar-se uma densidade de corrente baixa, abaixo da especificada para a deposição de zinco (McGraw, 1973).

Atualmente os processos de zinco mais utilizados são os isentos de cianeto e zinco ácido, pouquíssimas empresas utilizam banhos com alta concentração de cianeto, a tendência é que esta tecnologia seja completamente eliminada em virtude da pressão exercida pela comunidade para uma ação ambientalmente correta das empresas.

5.1.6 Processos posteriores à zincagem.

A eletrodeposição de zinco não é a última etapa do processo. Existem outras que completam o ciclo e influenciam diretamente na propriedade de resistência a corrosão.

5.1.6.1. Cromatização.

Também conhecida como passivação, tem como função melhorar a aparência do depósito e aumentar a proteção à corrosão, embora existam processos eletrolíticos, os processos mais comuns são os por imersão (Miranda, 1995).

O zinco em contato com o cromato da solução forma uma película de cromato de zinco insolúvel a concentração de cromato no passivador e outras diferenças de formulação determinam diferentes cores de acabamento, azul, amarelo, verde e preto (Miranda, 1995). Esta etapa é obrigatória para se obter uma resistência á corrosão adequada. O cromo presente nos banhos de passivação pode ser hexavalente ou trivalente. A primeira, embora com maior toxicidade, é ainda a mais difundida devido ao menor custo de aquisição. O cromo trivalente, porém, aos poucos vem substituindo o hexavalente principalmente devido às imposições legais de eliminação de substâncias tóxicas especialmente na Europa com a adoção do ciclo de vida de veículos (End of Life Vehicle). As etapas de passivação são realizadas de forma independente uma da outra, ou seja, não há necessidade de passivações subseqüentes.

5.1.6.2 Selantes.

Os selantes são aplicados posteriormente a camada de conversão de zinco e tem a função de corrigir quimicamente possíveis falhas da camada de passivação. Não é uma etapa obrigatória, sua aplicação deve ser condicionada as necessidades de uso do material.

5.1.6.3 Verniz.

Sua aplicação é recomendada para uma proteção extra para corrosão e aparência, são constituídos basicamente de polímeros orgânicos e necessitam de cura à estufa.

De forma geral o fluxo de processo de uma zincagem pode ser descrito conforme indicado na figura 2.

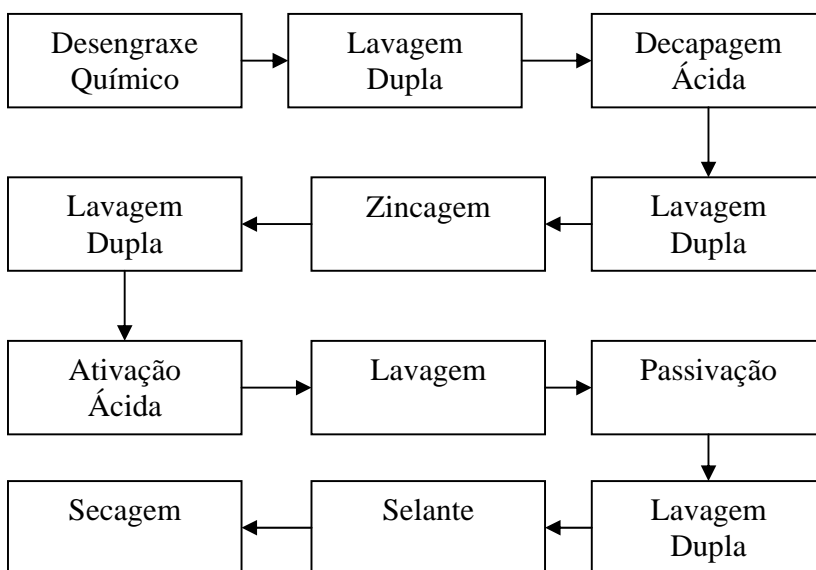


Figura 2
Fluxo de Processo de Zincagem.

Etapas de desengraxe eletrolítico e de neutralização alcalina podem ser requeridas, dependendo das peças e processos a serem utilizados.

5.1.7 Qualidade da água para a galvanoplastia.

A água representa papel fundamental na galvanoplastia seja como solvente dos componentes descritos na seção 4.1.4 ou como substância de limpeza e redução de contaminação por *dragout* entre as etapas de um processo de galvanoplastia, conforme descrito na Figura 2. Algumas etapas da galvanização são especialmente sensíveis à contaminação como a cromatização de peças zincadas, é comum a troca semanal e até mesmo diária deste processo. Em geral o volume da água de lavagem acompanha o volume da etapa anterior, tomando como exemplo uma linha automática de 5000 litros de zinco, considerando que existe duas etapas de pré-tratamento à zincagem e uma posterior e, que as boas práticas de galvanoplastia recomendam lavagem dupla, tem-se 6 águas de lavagem com 5000 litros cada. A qualidade requerida de água varia de acordo com o processo em uso, conforme os Quadros 9 e 10

Quadro 9. Qualidade Mínima de Água para Diversos banhos Galvânicos.

Aplicação	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Água Requerida
Desengraxantes, Zincagem, Cobreação Alcalina	250-1000	Natural
Banhos de Níquel, Cobre Ácido, Deposição de Vernizes, Circuitos Impressos	5-100	Desmineralizada
Banhos de Metais Preciosos, Semicondutores	< 2	Destilada

Fonte: Surtec do Brasil, 2006

Quadro 10. Concentração Máxima de Contaminantes em Banhos de Lavagem

Contaminantes	Concentração (mg/L)
Metais	10-20
Cianeto	10-20
Ácido Crômico	16
Álcalis	100
Ácidos	100

Fonte: Surtec do Brasil, 2006.

5.2 Conservação de água.

A relação do homem com a água é de total dependência, este recurso natural é vital para a sobrevivência do ser humano seja na forma do consumo direto, seja na sua utilização na agricultura ou na pecuária, além disso, é utilizada em diversos processos industriais que possibilitam todos os confortos da vida moderna.

A civilização se originou e se desenvolveu próximo a vales fluviais férteis, onde a água era abundante, esta abundância e o fato da água estar sempre se renovando levou à interpretação de que este recurso natural seria inesgotável e a autodepuração seria suficiente para que o fornecimento de água fosse adequado, infinitamente, os usos industriais da água e a crescente demanda dos diversos setores por água têm nos feito repensar os conceitos sobre os recursos hídricos (Bicarato, 2001).

5.2.1 Classificação dos recursos naturais.

Os recursos naturais exerceram um papel central na análise econômica nos primórdios da formação da ciência econômica, inclusive no final do século XVIII faz se um alerta sobre

um possível comprometimento ao crescimento capitalista em decorrência da escassez destes recursos (Silva, 2003).

O progresso técnico e o alargamento das fronteiras geográficas e a própria evolução do pensamento econômico diluíram a importância dos recursos naturais sob a alegação de que a abundância dos recursos naturais era tamanha que deveriam ser considerados economicamente gratuitos, não se convertendo, portanto, em bens econômicos e tampouco em fatores de produção. Desta forma os recursos naturais, a água incluída foram negligenciados por décadas. A reintrodução dos recursos naturais no pensamento econômico se deu a partir da década de 70 quando estudos anteriores a esta data foram trazidos novamente à discussão, mais especificamente após os debates promovidos pelo “Clube de Roma” (Silva, 2003).

Os recursos naturais são resultantes de ciclos naturais do planeta Terra que têm tempos variados de recomposição. A capacidade de recomposição destes recursos dentro horizonte de vida humana é o principal critério para a classificação dos recursos naturais, que podem ser renováveis ou reprodutíveis e não renováveis. Os minerais e os combustíveis fósseis são considerados não renováveis devido ao elevado tempo necessário à sua recomposição, datado em eras geológicas (Silva, 2003).

Os solos, o ar, as florestas e a água são considerados recursos renováveis, por seus ciclos de recuperação estarem compatíveis com o ciclo de vida humano (Silva, 2003).

É necessário, entretanto, que se considere a possibilidade do esgotamento dos recursos renováveis ou a inviabilidade econômica da recomposição do recurso, algo que é perfeitamente aplicável à água, caso os níveis e as características dos poluentes ou as mudanças climáticas geradas pelo desmatamento ou pelo aquecimento global afetem o ciclo de água. Outro fator a ser considerado é o aumento da população mundial o que impacta tanto o consumo direto de água, quanto o consumo indireto, na agricultura e na manufatura de bens industriais. A sociedade de forma global não está desatenta a esta nova conceituação é o que demonstram as diversas ações realizadas em prol da conservação dos recursos hídricos, sejam elas desenvolvidas nas conferências da ONU sobre Meio Ambiente ou nos fóruns mundiais sobre a água. Estas ações de destaque refletem a necessidade de uma tratativa da água com um bem global, resta saber se estas ações descritas no quadro 11 transformarão se em ações locais.

Quadro 11. Conferencias e fóruns mundiais sobre água

Evento	Local	Ano	Temas Principais
Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1)	Brasil	1992	Água como bem global e dotada de valor econômico
1º Fórum Mundial sobre a Água (2)	Marrocos	1997	Água e o desenvolvimento sustentável. Mudanças Climáticas e o Gerenciamento da Água a nível Global
2º Fórum Mundial sobre a Água (2)	Holanda	2000	Propriedade da Água e o direito a água
3º Fórum Mundial sobre a Água (2)	Japão	2003	Valoração da água
4º Fórum Mundial sobre a Água (2)	México	2006	Água para o crescimento e desenvolvimento. Fornecimento da Água para a Geração de Alimentos. Remoção de Barreiras que impeçam ações locais

Fonte: (1) Palmieri, 2003

(2) www.worldwatercouncil.org, 2006.

5.2.2 Ciclo Hidrológico

Na natureza, em sua três fases a água se encontra em continua circulação por meio de um fenômeno conhecido como ciclo hidrológico (Marques, 2006). A Figura 3 ilustra as fases envolvidas neste fenômeno. As águas dos oceanos, rios, lagos, da capa superficial dos solos e das plantas evaporam e transpiram por ação dos raios solares e ventos. O vapor formado irá forma as nuvens que sob as condições climáticas adequadas precipitará sob a forma de chuva, neve ou granizo (Marques, 2006). Durante as fases do ciclo hidrológico, caso a água entre em contato com substâncias com potencial poluidor, agirá como multiplicadora da contaminação podendo afetar o solo, aquíferos e outras reservas de água. A intervenção humana é fator preponderante no processo de poluição.

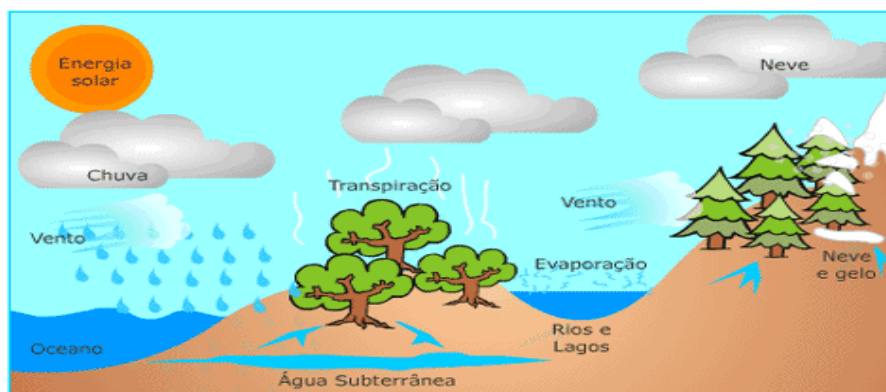


Figura 3. Ciclo Hidrológico.

Fonte: www.sabesp.com.br,2006.

5.2.3 Consumo de água mundial e possibilidades de escassez.

O consumo global de água apresentou um enorme crescimento a partir da década de 50, o aumento da taxa de consumo por habitante se deve ao aumento da população mundial, que trouxe consigo uma forte demanda de alimentos, produtos industriais necessários a atender os habitantes do globo, o crescimento do consumo de água é demonstrado como conforme representado na quadro 12.

Quadro 12. Consumo de água por setor usuário entre 1950 e 1995.

	1950	1995
AGRICULTURA		
Utilização m ³ x10 ⁶ /ano	1100	2500
m ³ /habitante/ano	437	436
Porcentagem do total	79	69
INDÚSTRIA		
Utilização m ³ x10 ⁶ /ano	200	750
m ³ /habitante/ano	79	131
Porcentagem do total	14	21
USO DOMÉSTICO		
Utilização m ³ x10 ⁶ /ano	100	350
m ³ /habitante/ano	40	61
Porcentagem do total	7	10
TOTAL		
Utilização m ³ x10 ⁶ /ano	1400	3600
Per capita m ³	556	628
Porcentagem do total	100	100

Fonte: Modificado de Bicarato, 2001

A Figura 4 apresenta o aumento do consumo, em percentual, de acordo com as atividades econômicas entre os anos de 1950 e 1995 com base nos dados do quadro 12.

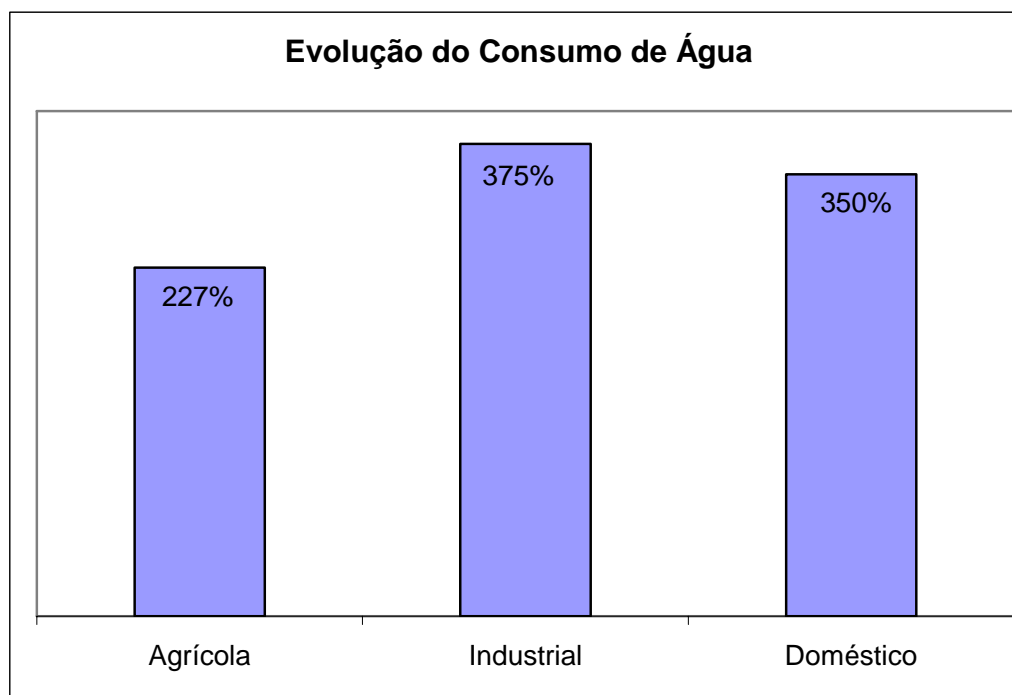


Figura 4 – Evolução do consumo de água por setor usuário entre 1950 e 1995.

Fonte: Bicarato, 2001

Considerada por muitos como o insumo do século, e possível causa de conflitos regionais e internacionais, a disponibilidade de água de qualidade a qualquer um dos setores esbarra no já citado aumento da demanda e nos níveis de poluição, além disso, novos mananciais estão cada vez mais distantes dos grandes centros urbanos.

Deve-se considerar que algumas regiões do planeta não são privilegiadas em recursos hídricos, outras regiões também sofrem mais severamente com as ações humanas de desmatamento, assoreamento de rios e etc.

Consideram-se como valores de potencial escassez ofertas de 1000 a 2000 m³/hab/ano casos de países como África do Sul, Líbano e Nigéria e de real escassez com disponibilidade hídrica inferior a 1000 m³/hab/ano como nos casos de Egito e Arábia Saudita. A disponibilidade hídrica mundial e sua classificação estão apontadas no Quadro 13. Deve-se, porém, ressaltar que deste quadro 40.000.000 m³ de água são transferidos dos oceanos para a terra, a cada ano, renovando o suprimento de água doce em quantidade muitas vezes superior à necessária para a população mundial. O problema reside na má distribuição dos recursos hídricos e na qualidade adequada de consumo da água, outros fatores que devem ser considerados para a diminuição da oferta são o desperdício e o mau uso.

Quadro 13. Disponibilidade hídrica mundial

Classificação em relação à água	Disponibilidade hídrica m³/(hab.ano)	Exemplo de países
Países muito pobres	Menor que 500	Arábia Saudita, Israel, Líbia, Jordânia e Cingapura.
Países Pobres	Entre 500 e 1.000	Cabo Verde, Egito, Quênia
Países com abastecimento regular	Entre 1.000 e 2.000	Bélgica, Paquistão, Polônia e Ucrânia.
Países com abastecimento suficiente	Entre 2.000 e 10.000	Alemanha, Cuba, Espanha, EUA, França, Índia, Japão, México e Reino Unido.
Países ricos	Entre 10.000 e 100.000	Albânia, Angola, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá e Rússia
Países muito ricos	Maior que 100.000	Gabão, Guiana Francesa, Islândia e Suriname.

Fonte: modificado de Marques, 2006.

5.2.4 Cenário de disponibilidade hídrica.

5.2.4.1 No Brasil.

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2005) apesar de não expressar a real disponibilidade de água na bacia, o quociente entre a vazão média anual e a população residente é frequentemente utilizada pelas Nações Unidas como indicador de disponibilidade hídrica por habitante em grandes regiões (Marques, 2006). Segundo Alves e Zanella (2004) a disponibilidade hídrica brasileira gira em torno de 33.000 a 35.000 m³/(hab.ano), o que posicionaria o Brasil como um país rico em recursos hídricos (quadro 13), entretanto há uma grande diferença entre disponibilidades hídricas ao longo do território brasileiro (Marques, 2006), conforme mostrado pela Tabela 1 – Porcentual de água doce e de população por região no Brasil e Vazão média por habitante no Brasil na Tabela 2 que referênciam a disponibilidade hídrica por região hidrográfica.

Tabela 1. Porcentual de água doce e de população por região no Brasil.

Região	Porcentual de água doce	Porcentual da População
Norte	68,5	7,6
Nordeste	3,3	28,1
Sudeste	6,0	42,6
Sul	6,5	14,8
Centro-oeste	15,7	6,9

Fonte: Leite, 2005

Tabela 2. Vazão média por habitante no Brasil

Região Hidrográfica	População (10 ⁶ hab)	Vazão Média	
		m ³ /s	m ³ /(hab.ano)
Amazônia	8	131.947	533.096
Tocantins /Araguaia	7	13.364	59.858
Atlântico Nordeste Ocidental	5	2.683	15.958
Parnaíba	4	763	6.456
Atlântico Nordeste Oriental	21	779	1.145
São Francisco	13	2.850	7.025
Atlântico Leste	14	1.492	3.362
Atlântico Sudeste	25	3.179	3.972
Atlântico Sul	12	4.174	11.316
Brasil	170	179.433	33.376

Fonte: Marques, 2006

5.2.4.2 No Estado de São Paulo e Região Metropolitana de São Paulo

Segundo a Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, em dados publicados no *Relatório de Qualidade Ambiental de São Paulo 2006*, o estado possui abundância de água superficial e subterrânea, graças à localização intertropical, ao clima e a geologia, ocorrendo escassez apenas em áreas localizadas de excessiva concentração de demanda. A chuva média no território é de 13.800 mm/ano ou 10.800 m³/s, deste total 30 % se constitui a vazão que escoar pelos rios.

A demanda de água superficial para o Estado de São Paulo, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos para o quadriênio 2004-2007, é de 380 m³/s distribuídos da seguinte forma: (Secretária de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2006)

- Abastecimento público: 128 m³/s
- Uso industrial: 99 m³/s
- Irrigação: 155 m³/s.

Estes números indicam que a disponibilidade é bem superior à demanda. Porém quando a relação demanda/disponibilidade é distribuída nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) as diferenças regionais se destacam (Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2006) conforme ilustrado na Figura 5 – Balanço Hídrico no Estado Demanda X Disponibilidade.

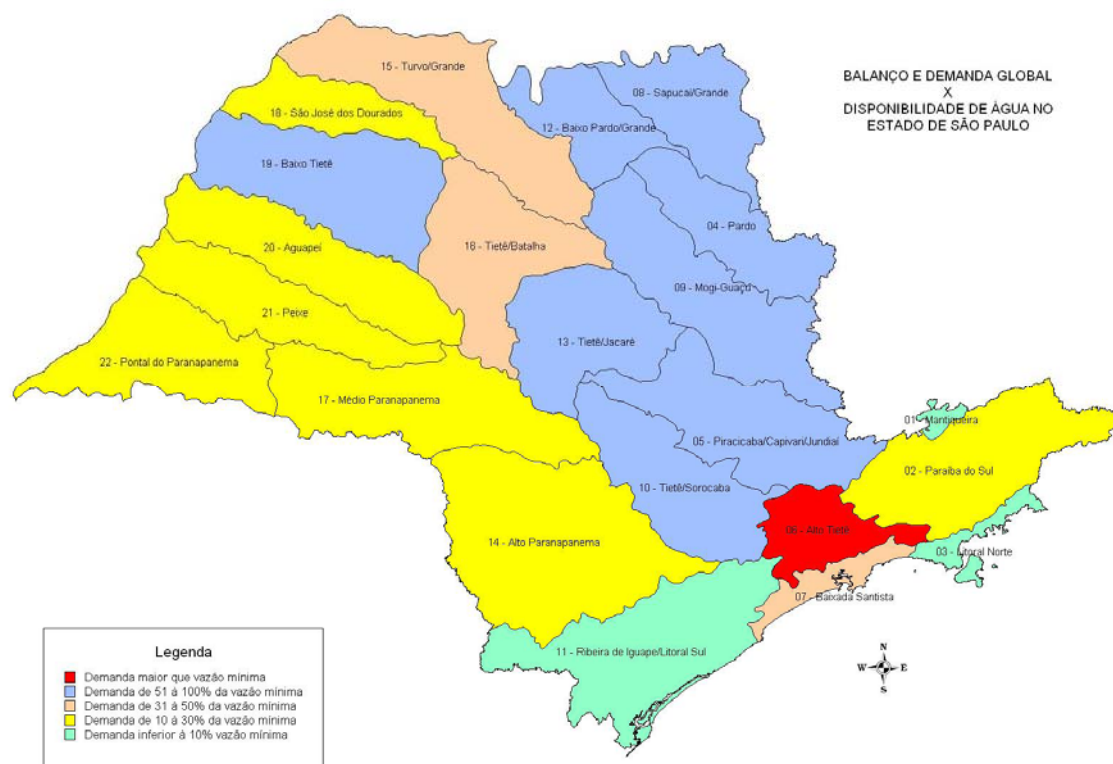


Figura 5. Balanço Hídrico no Estado de São Paulo. Demanda *versus* Disponibilidade

Fonte: Secretária do Meio Ambiente do estado de São Paulo, 2006.

A Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo também classifica as UGRHI conforme a criticidade da relação entre a demanda e a disponibilidade em cinco categorias descritas na tabela 3 – Classificação das UGRHI pela relação demanda x disponibilidade.

Tabela 3. Classificação das UGRHI pela relação demanda x disponibilidade.

Categoria	Relação Demanda/Disponibilidade	UGRHI
Primeira	Demanda maior que Disponibilidade	6
Segunda	51 a 100%	4, 5, 8, 9, 10, 12, 13 e 19
Terceira	31 a 50 %	7, 15 e 16
Quarta	10 a 30 %	2, 14, 17, 18, 20, 21 e 22
Quinta	Menor que 10 %	1, 3 e 11

Fonte: Secretária do meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2006.

A relação mais crítica encontra-se na UGRHI 6 (Bacia do Alto Tietê) a bacia compreende a Região Metropolitana de São Paulo, caracterizada no Quadro 14.

Quadro 14. Caracterização da Região Metropolitana de São Paulo

Número de municípios	39 municípios
Área total	8051 km ²
Área urbanizada	1747 km ²
População (2004)	18 milhões
Bacia do Alto Tietê (UGRHI-06)	34 municípios
Área dos municípios da Bacia	6657 km ²
Área da Bacia	5650 km ²

Fonte: SABESP, 2004

A disponibilidade hídrica da região descrita é de 158 m³/hab/ano (Alves e Zanella, 2004), o que caracteriza uma situação de real escassez (quadro 13), a demanda de água é suprida através de um complexo sistema de transferência da Bacia dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari, pertencentes a UGRHI 5, a transposição de águas era possível pela concessão de outorga concedida a SABESP em 1974, o documento garantia a seção de direitos por trinta anos. Neste ínterim, a promulgação da Lei 9433 em 1997 alteraria o cenário legal e a concessão de um novo direito de outorga deveria ser discutido com base no imposto pela lei federal, onde se estabelece entre outras disposições a cobrança pelo uso da água. A renovação da outorga foi concedida pela Agência Nacional de Águas (ANA), a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) ficará com uma vazão de 24,8 m³/s e a Região de Campinas com uma vazão 3m³/s. A disponibilidade hídrica para as duas regiões juntas é de 1500 m³/hab/ano (Alves e Zanella, 2004), conforme o Quadro 13 este patamar classifica a região com de abastecimento regular, porém, a UGRHI 5, conforme a Secretária do Meio Ambiente, possui um quadro de disponibilidade hídrica crítico (Tabela 3) em função da crescente demanda exercida pelo aumento da densidade demográfica e o aumento da atividade industrial.

Ainda segundo a Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo ambas as regiões não possuem água de boa qualidade, conforme ilustrado pela figura 6 – Qualidade dos corpos d'água para abastecimento público, em destaque a RMSP.

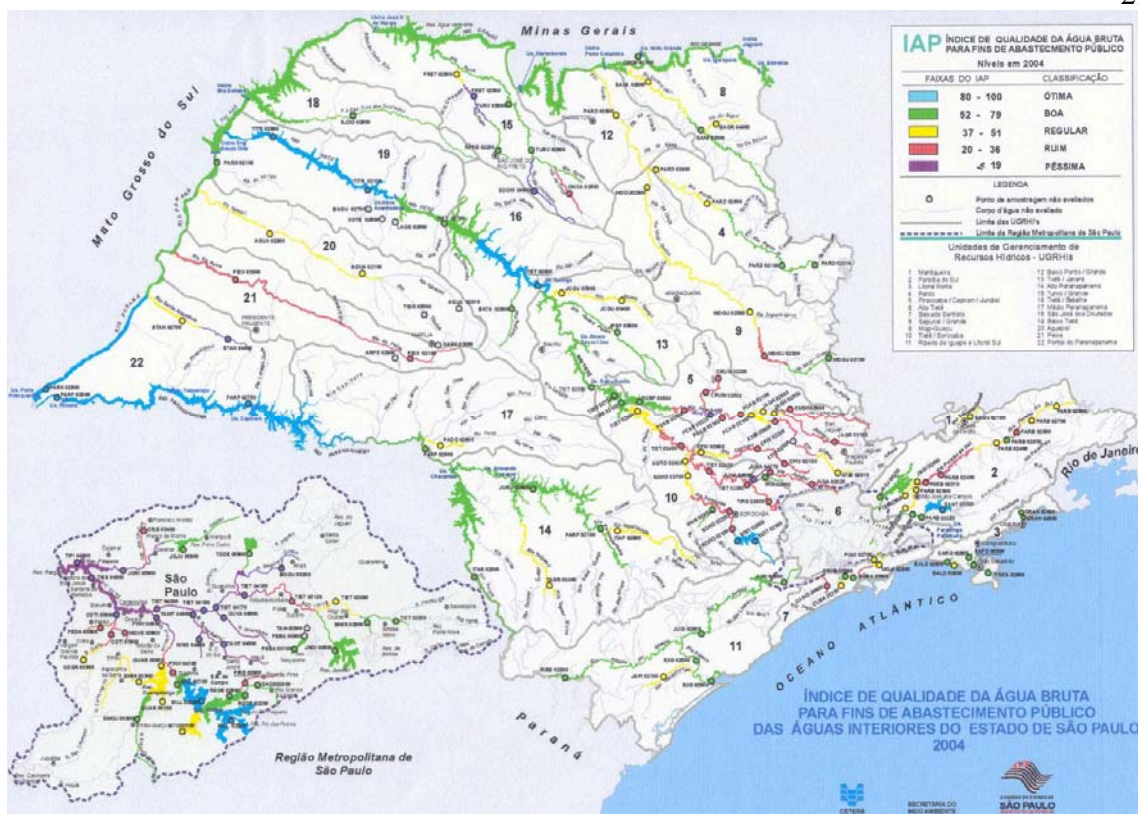


Figura 6. Qualidade dos corpos d'água no Estado de São Paulo

Fonte: Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2006.

5.2.5 Política Nacional de Recursos Hídricos

A atual Política Nacional de Recursos é fruto de um longo processo político institucional ainda não completado, que evoluirá conforme as discussões a respeito do uso múltiplo da água e da gestão das bacias traga a tona os diferentes interesses das partes interessadas.

A primeira ação federal em relação à gestão dos recursos hídricos ocorreu em 1934 com a promulgação do Código de Águas, á época as atribuições e competências da gestão dos recursos hídricos estavam sob a responsabilidade do Ministério da Agricultura, o que de certa forma acabou privilegiando o setor agrícola no que se refere a investimentos nos recursos hídricos, sem visão de futuro, porém aceitável devido à exclusiva vocação agrícola do país na década de 30. Tal fenômeno se repetiu na década de 60, porém nesta época o país vivia uma fase de investimentos no setor de infra-estrutura, principalmente no setor de geração de energia, especificamente na elétrica de geração hidráulica, portanto é perfeitamente compreensível que a gestão dos recursos hídricos tenha ficado a cargo do Ministério da Minas e Energia, enquanto esteve sob a conduta do Ministério das Minas e Energias a gestão de recursos hídricos desenvolveu instrumentos de modernização para o setor.

A responsabilidade do Ministério das Minas e Energias pela gestão simultânea da geração de energia e administração dos recursos hídricos durou até 1995 quando foi criada a Secretária de Recursos Hídricos, órgão do Ministério do Meio Ambiente.

Com os debates ocorridos na elaboração e promulgação da Constituição de 1988, iniciaram se também os debates para a adequada gestão das águas. De forma efetiva foi apresentado em 1991 um Projeto de Lei número 2249, que culminou com a promulgação da Lei 9433/97 da Política Nacional de Recursos Hídricos, que:

- Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo as bacias hidrográficas, representadas na figura 7, como as unidades primárias deste sistema;
- Definiu a água com bem público e dotado de valor;
- Instituiu a cobrança pelo uso da água;
- Prioridade ao abastecimento humano.



Figura 7. Bacias Hidrográficas do Brasil

Fonte: Ministério do Meio ambiente, 2005.

Outras leis, decretos e resoluções se seguiram a Lei 9433/97 é importante notar a evolução regulatória dos recursos hídricos ao longo história para que se entendam os reflexos destas ações no atual status da água, que se compreenda que existe uma base legal que possibilite a efetiva conservação dos recursos hídricos no país. A cronologia destes eventos está referida no Quadro 15 onde se aponta de forma resumida as principais leis, decretos e resoluções federais.

Quadro 15. Resumo das principais leis,decretos e resoluções federais.

Instrumento	Ano	Sumário
Decreto nº 24.643 Alterado pelo Decreto nº 3.763, 25 de outubro de 1941.	1934	Institui o Código de Águas e dispõe sobre águas pluviais
Decreto nº 50.877	1961	Dispõe sobre o lançamento de resíduos tóxicos ou oleosos nas águas interiores ou litorâneas do país e da outras providências
Portaria Minter nº124	1980	Estabelece a distância mínima de 200 m dos cursos de d'água para a localização de atividades potencialmente poluidoras e exige sistemas de contenção para estas atividades
Lei nº 6.938	1981	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Proíbe a poluição e obriga o licenciamento ambiental. Determina a utilização adequada dos recursos ambientais.
Constituição da República Federativa do Brasil	1988	
Lei nº 9.433	1997	Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Instituiu a cobrança pelo uso da água. Regulamentou a outorga de direito de uso da água.
Lei 9.605	1998	Lei de Crimes Ambientais dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao Meio Ambiente.
Lei 9.984	2000	Dispõe sobre a criação a Agência Nacional de Águas
Resolução CNRH nº 15	2001	Dispõe sobre a utilização das águas subterrâneas
Lei 10.406	2002	Código Civil – contém normas sobre o uso das águas
Resolução ANA nº135	2002	Dispõe sobre o procedimento de pedidos de outorga de direito e de outorga preventiva de usos de recursos hídricos de domínio da União encaminhados a ANA e determina outras providências.
Resolução CONAMA nº 357, revoga a Resolução CONAMA 20 de 1986.	2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem estabelece os padrões de lançamento de efluentes, entre outras providências.
Resolução CNRH 48	2005	Dispõe sobre os critérios de cobrança pelo uso da água.
Resolução CNRH 54	2005	Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais de para a prática de reúso direto não potável de água e dá outras providencias.

Fonte: Modificado de Leite, 2005

Neste contexto a coexistência, na mesma bacia hidrográfica, de rios de domínio estadual e federal e de leis em todas as esferas de legislação, exige-se um aprimoramento das mesmas e um entendimento entre as partes que somente a objetivação do bem comum pode trazer.

Alguns estados, com destaque para o estado de São Paulo, promulgaram leis relativas ao uso da água antes da lei federal, o que fez com que esta fosse elaborada de forma a permitir adaptações às diferentes situações existentes nos estados brasileiros.

5.2.6 A gestão de recursos hídricos no Estado de São Paulo.

O Estado de São Paulo é pioneiro na gestão de recursos hídricos, o sistema paulista foi constituído a partir da lei Estadual 7663 de 30 de dezembro de 1991 influenciando fortemente a lei federal como se observa nos itens destacados da referida lei:

- A adoção da região hidrográfica como unidade gestora dos recursos hídricos;
- Gestão descentralizada e participativa e integrada (criação dos comitês de bacia);
- O reconhecimento da água como bem público e dotado de valor econômico, cujo valor deve ser cobrado;
- Compatibilização dos usos da água como desenvolvimento regional e proteção ao meio ambiente;
- Uso prioritário para o abastecimento das populações (Gama et al, 2003).

Observa-se que o pioneirismo paulista não se restringe à gestão de recursos hídricos, o estado já possuía dispositivos legais sobre a proteção dos recursos hídricos em 1970, padrões de emissão de efluentes em 1976 estas e outras leis e decretos estão descritas no quadro 16.

Quadro 16 – Resumo das principais leis, decretos, resoluções e portarias do Estado de São Paulo.

Instrumento	Ano	Sumário
Decreto nº 195 (1)	1970	Dispõe sobre a proteção dos recursos hídricos contra agentes poluidores e estabelece penalidades aos infratores
Decreto nº 8.468 (1)	1976	Aprova o regulamento da Lei 997 de 31 de maio de 1976 que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Contêm normas sobre licenciamento, padrões de emissão, infrações ambientais, resíduos entre outros temas.
Lei 7.663 (1)	1991	Estabelece normas de orientação á Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Decreto nº 41.258 (1)	1996	Regulamenta os artigos 9º a 13º da Lei 7.663/91 estabelecendo regras para requerimento de outorga e obrigações de outorga.
Portaria DAEE nº 717 (1)	1996	Aprova a norma e os anexos que disciplinam o uso dos recursos hídricos. Condiciona a derivação de águas públicas superficiais e subterrâneas á outorga do DAEE .
Lei 12.183 (2)	2005	Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo
Decreto 50667 (2)	2006	Regulamenta os dispositivos de cobrança do uso da água previstos na Lei 12.183

Fonte: Modificado de Leite,2005 (1), www.ana.gov.br (2), 2006

5.2.7. Fontes de Abastecimento

As fontes de fornecimento possíveis de abastecimento para uso na indústria são:

- Água superficial: rios, lagos, represas e oceanos;
- Água subterrânea: poços;
- Água de abastecimento público;
- Águas pluviais;
- Águas de reúso.

Em qualquer uma das hipóteses de fornecimento deve-se considerar a viabilidade econômica e técnica, a água captada deve ter qualidade adequada aos processos onde será utilizada. Para a indústria de galvanoplastia, especialmente sensível à qualidade da água em alguns processos alternativas ao fornecimento público como a utilização de poços, captação de águas pluviais ou reúso mesmo requerendo alguma adequação por tratamento físico-químico deve ser considerada.

As captações nestas condições requerem cuidados, além dos relativos aos custos envolvidos, devem ser considerados o resguardo a saúde pública dos usuários internos e externos (Marques, 2006 *apud* Sautchúk, 2004). Cuidados específicos devem ser considerados para que não haja contaminação a pessoas, produtos ou equipamentos. O

sistema hidráulico deve ser independente e identificado, torneiras de água não potável devem ter acesso restrito, equipes devem ser capacitadas, devem ser previstos reservatórios específicos (Marques, 2006).

5.2.7.1 Parâmetros físico-químicos para lançamento da água como efluente.

Um dos conteúdos da base legal da conservação da água e prevenção à poluição baseia-se no estabelecimento de padrões de emissão de efluentes, a Lei estabelece limites de emissão conforme a captação dos efluentes, podendo ser na coleta de esgotos ou o despejo em corpos de água nesta situação a classificação destes, constantes na Resolução CONAMA 357/2005 e, no caso do Estado de São Paulo, o decreto 8468/76 deve ser considerada. A indústria de galvanoplastia em função das características de seus produtos, a base de metais pesados como níquel, cromo, ânions como sulfatos, fosfatos e cianetos, de caráter potencial altamente poluidor requer cuidados especiais em suas operações de processo e tratamento de efluentes, em geral os resíduos líquidos das seções de eletrodeposição têm origem nos seguintes pontos (Valenzuela, 1995):

- Extravasores dos tanques de preparação e lavagem de superfícies metálicas, esses banhos podem ser compostos por solventes orgânicos como hexano e tetracloreto de carbono, benzeno e tricloroetileno;
- Extravasores dos tanques de lavagem de peças retiradas dos banhos eletrolíticos, estes banhos tem caráter altamente básico e podem possuir em sua formulação cianetos;
- Extravasores do tanque de decapagem, em geral constituídos por ácido sulfúrico ou clorídrico possuem pH extremamente baixo;
- Resíduo de troca de banho;
- Derrame de água residual entre as operações do processo de deposição.

No quadro 17 é feita uma relação entre alguns parâmetros legais da Lei 8468/76, seus limites de descarga e a origem em uma indústria de galvanoplastia.

Quadro 17. Relação entre parâmetros legais, limites de emissão e origem na galvanoplastia.

Parâmetros	Limite de descarga mg/L		Origem na galvanoplastia
	Lei 8468/76	Artigo 18	
pH	5-9	6-10	Banhos de desengraxe químico e decapagem ácida
Bário	5	5	Tratamento de Efluentes
Cádmio	0,2	1,5	Banhos de Cádmio
Cianeto	0,2	0,2	Banhos de Zinco, Prata, Ouro, Desengraxe Eletrolítico
Cobre	1,0	1,5	Banhos de cobre e latão
Cromo Hexavalente	0,1	1,5	Banhos de cromo e passivações de zinco
Cromo Total	5,0	5,0	Banhos de cromo e passivações de zinco
Níquel	2,0	2,0	Banhos de Níquel e Zinco liga
Zinco	5,0	5,0	Banhos de zinco e banhos de liga
Óleos e graxas solúveis em Hexano	150	150	Desengraxe
Solventes	Ausente	Ausente	Desengraxe

Fonte: Valenzuela, 1995

5.2.8 O Princípio Poluidor-Pagador e a Cobrança pelo Uso da Água como instrumento de Conservação.

Pela Lei Federal 9433/97 e Lei Estadual Paulista 7663/92, observam-se que, nos dispositivos relativos ao enquadramento dos corpos d'água, existe o estabelecimento de padrões de qualidade como metas estabelecidas pelas agências ambientais e que devem ser atingidas pelos emissores de efluentes.

Para que estes padrões de qualidade sejam atingidos os comitês devem utilizar ferramentas de gestão onde se destacam:

- Planejamento das intervenções necessárias para atingir as metas;
- Diretrizes de outorga;

ambas visando a compatibilização dos usos diversos das águas na bacia e,

- Cobrança de uso da água utilizando o princípio poluidor-pagador.

Tal princípio é fundamentado em induzir os poluidores a diminuir os despejos nos corpos receptores, para diminuir a cobrança (internalização dos custos de controle) ou arcarem financeiramente com os custos de forma proporcional aos despejos. O sistema de cobrança estabelecido pelo comitê da bacia deve permitir aos usuários diversos níveis de adequação, possibilitando diversos níveis de abatimento (Santos, 2003).

Independente dos níveis de abatimento e tarifa estabelecidos pela agência ambiental, a indústria deverá desenvolver um modelo de gestão e conservação de água. Para atingir este modelo de gestão, as indústrias devem lançar mão de técnicas de produção mais limpa e reúso de água, para se obter o melhor resultado é imprescindível que a empresa conheça profundamente seus processos.

É importante ressaltar que o princípio poluidor-pagador não deve ser visto ou utilizado como um dispositivo punitivo, ao contrário, deve ser utilizado como ferramenta para o abatimento das emissões dentro das possibilidades financeiras e tecnológicas das empresas e atinja os objetivos de conservação de água e propicie abastecimento prioritário a população, com qualidade adequada.

5.2.9 Conceito de reúso de água

Como reúso de água pode se entender como uma tecnologia com maior ou menor grau de desenvolvimento na qual deve-se considerar o uso prévio e optar pelo tratamento adequado que permita o uso futuro.

A Organização Mundial de Saúde, em 1973, propôs uma classificação para os possíveis tipos de reúso (Mancuso, 2003):

- Reúso indireto: ocorre quando a água já usada uma ou mais vezes é descarregada em águas superficiais para ser utilizada a jusante;
- Reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades;
- Reciclagem interna: é o reúso da água internamente a um processo ou atividade, principalmente em instalações industriais com o objetivo de economia de água e controle da poluição.

Existem outras classificações mais amplas e complexas apresentaremos a seguir as propostas por (Lavrador Filho, 1987):

- Reúso de água: é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em qualquer atividade humana, para suprir as necessidades humanas de outros benefícios inclusive o original, pode ser direto ou indireto, planejado ou não;
- Reúso indireto não planejado: ocorre quando a água já utilizada é descarregada no meio ambiente e utilizada a jusante de forma diluída;
- Reúso planejado: ocorre quando o reúso é resultante de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga, pressupõe a existência de alguma forma de tratamento;
- Reúso indireto planejado de água: ocorre quando os efluentes, depois de tratado, são descarregados de forma planejada nos corpos de água para serem utilizados a jusante de forma diluída e controlada, o que pressupõe, além do tratamento, um planejamento quanto descarga a montante tanto na captação a jusante. Tal uso se aplica para melhorar a qualidade de outras águas, controlar vazões e etc;

- Reúso direto planejado da água: ocorre quando os efluentes já tratados são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local de reúso, não sendo descarregados no meio ambiente;
- Reciclagem de água: é o reúso interno, antes de sua descarga em um sistema de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte de abastecimento suplementar. Considera-se como um caso particular de reúso direto.

Já a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), adota classificação de reúso baseada na proposta de Westerhoff (1984):

- Reúso potável direto: quando o efluente recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável;
- Reúso potável indireto: após tratamento o efluente é descarregado na rede de coleção de águas superficiais onde poderá ser submetido a tratamento posterior ou sofrer autodepuração;
- Reúso não potável para fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, processo, caldeiras e etc;

Esta classificação abriga ainda as águas de fim agrícola, doméstico, recreacional, controle de vazões e aquíicultura.

5.2.10 Possibilidades de reúso e reciclagem.

Quando se pensa nas possibilidades de reúso e reciclagem da água, deve-se levar em consideração:

- Os parâmetros de qualidade em cada uma das etapas,
- A capacidade técnica de adequação da empresa aos parâmetros de qualidade,
- Fluxo de processo,
- Os custos envolvidos,
- O uso múltiplo.

Ao se projetar um sistema de reúso e reciclagem além de considerar os pontos acima citados, deve-se conhecer a interação entre os processos, as características de contaminação de cada etapa, o tempo de saturação de cada contaminante e seu impacto na etapa seguinte. Deve-se ter em mente que a reciclagem e o reúso de água devem trabalhar a favor do processo e não contra ele. O fluxo de trabalho e o *lay out* deverão ser estudados e otimizados de forma que os custos de cada etapa sejam minimizados. A água não necessariamente deverá ser reusada e reciclada somente dentro do processo, deve-se considerar as possibilidades de reúso em outras dependências da empresa (utilização em sanitários, limpeza de pátio, etc) e mesmo fora dela, como a venda de água para empresas vizinhas desde que respeitados os parâmetros legais de qualidade.

5.3 Princípios da Produção mais limpa.

Produção mais limpa é um conceito na forma de produzir, cujo princípio básico reside na minimização da geração de poluentes, através da otimização da utilização dos insumos

envolvidos, a idéia central é que quando existe a geração de uma grande quantidade de resíduo, significa que o processo não está operando de forma eficiente, pois o resíduo é matéria prima não utilizada, em outros termos é material que está sendo descartado, mas que poderia estar sendo convertido em produto.

A má utilização de recursos básicos, impacta a empresa diretamente na sua competitividade, pois, caso a empresa absorva os custos do desperdício e os repasse para seu preço final, terá este em valor acima dos seus concorrentes.

Incorporando os custos do desperdício e não os repassando ao cliente, a empresa terá sua margem de lucro diminuída, o que poderá fazer que esta empresa não consiga se manter no mercado, já que, no atual mercado, a pressão pela redução de custos por parte dos clientes é grande. Existem outras implicações em termos econômicos, o dinheiro que se deixa de ganhar poderia ser investido na modernização da fábrica, treinamento de funcionários, etc.

A produção mais limpa pode ser uma importante ferramenta no auxílio à conservação de água, principalmente em uma galvanica, pois nos permite entender as interfaces e relações no fluxo produtivo, minimizar a quantidade de contaminantes na água, por exemplo, nos permitirá um leque maior de possibilidades de reciclagem e reúso, além, claro, de uma menor quantidade de poluentes a serem tratados ao final de processo.

A implementação de um programa de produção mais limpa requer um planejamento, etapas que devem ser cumpridas para que o objetivo seja atingido. As principais etapas são:

I. Organização e planejamento:

A fase inicial do programa requer a participação da diretoria da empresa, pois é necessário que seja demonstrada vontade política e que recursos adequados sejam providos. Nesta fase deve ser constituída a equipe, time ou força tarefa que implementará o programa. Os integrantes devem ter como perfil, capacitação técnica, visão holística dos processos da empresa, alta capacidade de comunicação. É imprescindível que todos, desde a administração até o mais simples funcionários que este programa é um processo de melhoria e não uma caça às bruxas, entretanto forças ou resistências internas devem ser identificadas e convencidas e que as mudanças são benéficas. A força tarefa tem como função realizar as atividades designadas pela administração, das quais podemos citar:

- Enumerar e entender os processos e interações envolvidas na produção, apresentando os atuais controles e atividades anteriormente realizadas que possam auxiliar no programa;
- Disseminar a idéia do programa, agindo como multiplicadores;
- Criar e gerenciar os grupos de trabalho;
- Monitorar e gerenciar a implementação do programa;

É necessária nesta etapa que se identifique a necessidade da atuação de uma equipe externa;

II. Inspeção preliminar da fábrica:

Fornecerá os subsídios para uma avaliação mais completa e profunda da empresa, que deve necessariamente incluir:

- Definir os objetivos da avaliação de acordo com a política e recursos definidos pela direção;
- Estabelecer uma estratégia de trabalho;
- Detalhar os processos em operações;
- Elaborar o balanço material e de energia;
- Identificar as entradas e saídas de processo quanto a volume e produtos;
- Estabelecer opções de implementação de prevenção de resíduos;
- Implementar o programa de Produção Mais Limpa;

Quando da realização da avaliação preliminar e da elaboração do balanço material e energético, deve-se atentar para se matérias primas utilizados, não podem ser substituídos por outras que possibilitem um menor grau de contaminação e/ou maiores possibilidades de reúso e reciclagem.

Mão de obra qualificada, habilitada e treinada em todos os níveis é primordial para o sucesso da implementação de um programa de Produção mais Limpa, as informações que serão a base de desenvolvimento do programa serão identificadas e coletadas por estes colaboradores, portanto é essencial que o gestor da empresa possua conhecimento das habilidades de seus colaboradores, e os aloque de forma que suas habilidades pessoais interajam e somem-se .

5.3.1 Aplicação dos Princípios de Produção Mais Limpa na Indústria de Galvanoplastia.

As empresas de galvanoplastia em geral apresentam estrutura bastante reduzida com o número de funcionários variando entre dez e setenta pessoas, esta organização faz com que o proprietário participe ativamente das atividades desenvolvidas na empresa, este grau de envolvimento pode ser um ponto positivo na implementação do programa de Produção Mais Limpa. Empresas com uma estrutura mais complexa apresentam em seus organogramas um líder de produção, um técnico ou um químico responsável pelo controle do processo, um técnico mecânico ou eletricitista responsável pela manutenção dos equipamentos, as funções de gestão da qualidade em geral estão a cargo do proprietário, desta forma o grupo de trabalho para a implementação do programa de PMAISL incorporaria os cargos anteriormente citados.

A inspeção preliminar deve obter informações sobre:

- Processos em prática na empresa;
- Identificar as tecnologias em uso;
- Avaliar as tecnologias em uso;
- *Lay out*;
- Fluxo de produção dos processos atuais;
- Quantificar as entradas e saídas de insumos (água ou produtos químicos) em um período determinado de tempo;
- Quantificar o volume de produção no período de tempo determinado;

- Quantificar o volume de resíduos gerados no período de tempo determinado.

5.3.2. A importância de conservação de água na indústria

A água desempenha papel fundamental nos processos industriais sendo consumida em grandes quantidades. Muitas vezes a quantidade de água utilizada é maior que a quantidade de produto produzido como exposto no quadro 18.

Quadro 18. Consumo de água por quantidade produzida por setor industrial

Setor Industrial	Consumo de água
Curtume	6 m ³ /100 Kg de pele
Siderúrgica (Ferro e Aço)	100- 500 m ³ /T
Galvanoplastia	8-1500 m ³ /dia

Fonte: Braile, 1979.

Além do elevado consumo, as águas residuárias produzidas possuem alto teor de contaminantes que exigem tratamentos complexos e dispendiosos, o forte crescimento industrial registrado nos últimos anos tem conseqüentemente aumentado o consumo de água na indústria conforme descrito na figura 4. Considerando-se o panorama mundial em relação à água onde se observa uma nova conceituação a respeito da valoração dos recursos hídricos, admitindo-se que a cobrança pelo uso da água é um instrumento de conservação da água torna-se claro que é essencial a todo segmento industrial realizar medidas que promovam a redução da geração de contaminantes nos efluentes e desta forma possibilitem a reciclagem e o reúso da água promovendo uma redução de custos de tratamento e aquisição de água e posicionando a empresa de forma responsável perante a sociedade.

É importante que as empresas recebam incentivos e apoio técnico-financeiro de entidades governamentais e industriais para realizarem este trabalho, deve-se destacar no Brasil a iniciativa da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo a instituição do Prêmio FIESP de Conservação e Reuso de Água, o prêmio que está em sua segunda edição conta com duas categorias, Médio e Grande Porte e Pequeno Porte na primeira categoria em sua última edição destaca-se a Santista Têxtil vencedora do prêmio cujo plano de conservação de água resultará em uma economia em torno de R\$ 5.000.000,00 por ano, na categoria Pequeno porte a vencedora foi a Termogal empresa do ramo de Galvanoplastia, a empresa instalou reatores de troca iônica, capazes de remover quantidades consideráveis de contaminantes, a empresa obteve uma redução de consumo de água de até 99 % (FIESP, 2006)

Merecem destaque também as atividades desenvolvidas pela Rhodia em Santo André que obteve uma redução de consumo de 25m³ para 5m³ por tonelada de material produzido (FIESP,2006) o m³ da água de reúso tratada pela Rhodia é R\$ 1,85 contra R\$ 6,50/m³ fornecido pela concessionária pública (FIESP,2006). Importantes trabalhos têm sido desenvolvidos nos meios acadêmicos com o objetivo de promover a conservação de água mediante o reúso e a reciclagem de água onde merecem destaque as teses de Leite em 2005: “Gerenciamento do uso da água em indústrias: Estudo de Caso da Brasmetal Waelholz, Diadema, São Paulo” e Marques: “Análise do uso da água em uma indústria de fundição de metais não – ferrosos visando à otimização econômica e ambiental:um estudo de caso.2006” apresentados para a obtenção de título de mestre em tecnologia ambiental pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

6. Caracterização descritiva da empresa.

A empresa escolhida cuja razão social é Protesuper Galvanoplastia Ltda trata-se de uma micro-galvânica, localizada no município de São Paulo no bairro de Vila Maria, cuja principal atividade é o serviço de zincagem de peças como molas, gabinetes metálicos e suportes. A empresa possui onze funcionários sendo um gerente, uma secretária e um líder de produção e oito funcionários operacionais.

6.1 Coleta de Dados.

Para a coleta de dados foi estabelecido um plano de trabalho que englobou a seguintes etapas:

- Reunião preliminar com a diretoria da Protesuper com o intuito de apresentar os objetivos do trabalho;
- Estabelecer um plano de inspeção preliminar conforme os Princípios de Produção Mais Limpa descritos no item 3.3.1 desta dissertação;

Os dados foram coletados no período de junho de 2004 a junho de 2005. A tabulação dos dados foi realizada diretamente pelos funcionários envolvidos no processo depois de treinamento e esclarecimentos proporcionados pela direção, os dados de consumo de água foram registrados em formulário criado especificamente para esta finalidade. Os dados eram coletados conforme havia a necessidade de reposição de água, esta reposição era feita por meio de um Becker de 10 L com menor divisão de 1 L, os dados foram consolidados mensalmente de forma a apresentar o consumo médio mensal de cada tanque da empresa, durante este mesmo período foram coletados os dados de produção de peças por processo, ou seja, serão obtidas as quantidades mensais em quilos de peças zincadas nos processos branco, amarelo, preto e verde, desta forma serão apresentados dados de consumo de água por quilo de peça produzida.

7. Resultados e discussão.

A inspeção preliminar e coleta de dados resultaram na determinação dos fluxos produtivos, na quantificação do consumo de água por processo, na determinação da produção por processo; elementos fundamentais que possibilitam a proposição de uma reorganização dos fluxos produtivos com o objetivo de atingir a conservação de água através do reúso e da reciclagem da água.

7.1 Inspeção Preliminar.

7.1.1 Processos em prática na Protesuper.

Os processos identificados na empresa são os constantes do quadro 18, Matriz de Processos da Protesuper.

Tanque	Etapa do Processo	Consumo*	Tanque	Etapa do Processo	Consumo*
1	Desengraxe	84,59	26	Zinco Alcalino ²	0,03
2	Lavagem	112,10	27	Zinco Alcalino ²	0,03
3	Lavagem	91,00	28	Zinco Alcalino ²	0,03
4	Decapagem	2,48	29	Zinco Alcalino ²	0,03
5	Decapagem	1,24	30	Zinco Alcalino ²	0,03
6	Lavagem	89,35	31	Lavagem	68,46
7	Lavagem	89,35	32	Lavagem	62,83
8	Lavagem	4,14	33	Cromatizante Verde	0,03
9	Lavagem	23,68	34	Zinco Ácido	0,03
10	Fosfato	6,00	35	Cromatizante Preto	2,07
11	Refinador	8,48	36	Cromatizante Preto	0,03
12	Zinco Alcalino ¹	0,03	37	Lavagem	52,74
13	Zinco Alcalino ¹	0,03	38	Cromatizante Branco	15,41
14	Lavagem	8,27	39	Cromatizante Preto	0,03
15	Lavagem	4,14	40	Lavagem	31,58
16	Lavagem	62,46	41	Lixiviado	1,03
17	Lavagem	61,43	42	Lavagem	34,04
18	Lavagem	56,46	43	Cromatizante Amarelo	11,49
19	Cromatizante Branco	9,51	44	Barrilha	1,03
20	Cromatizante Branco	4,14	45	Lavagem	22,69
21	Lavagem	21,41	46	Selante	0,52
22	Cromatizante Amarelo	0,03	47	lavagem	38,26
23	Cromatizante	0,03	48	Cromatizante Amarelo	38,68
24	Selante	0,03	49	Selante	0,41
25	Zinco Alcalino ²	0,03	Total = 1122,52 m ³		

Quadro 19 – Matriz de processos da Protesuper

- m³ entre junho de 2004 a junho de 2005
- 1 Sistema Parado – 2 Sistema Rotativo

7.1.2 Identificação das Tecnologias em Uso.

A tecnologia utilizada na Protesuper é adquirida no mercado nacional, fornecida por empresas brasileiras, a aquisição dos produtos incluem o serviço de monitoração dos banhos realizados pelas fornecedoras de processos, a frequência da prestação de serviço é definida entre as partes, a descrição dos produtos adquiridos está no Quadro 19.

Quadro 20. Caracterização dos Processos da Protesuper.

Processo	Característica	Fornecedor	Contribuição no Efluente
Zinco	Alcalino Cianídrico	Dileta	Cianeto, Zinco e pH
Zinco	Ácido	Dileta	Zinco, Sulfato e Cloreto
Cromatizante	Ácido	Dileta	Cromo e pH
Fosfato	Fosfato de Zinco	Dileta	Fósforo, Zinco
Fornecimento de água para processos e banhos de lavagem	Padrão de fornecimento público	SABESP	

7.1.3 Lay Out

A Figura 8 apresenta a disposição dos tanques que compõem os processos na Protesuper.

A identificação do lay out dos processos possibilitou a determinação do fluxo produtivo e do trajeto percorrido pelas peças em produção

7.1.4 Fluxos de Processos

Os fluxos de processos foram identificados mediante entrevista com o líder de produção e posterior verificação realizada durante o acompanhamento *in loco* dos processos produtivos para cada um dos processos de zincagem existentes, os fluxogramas resultantes desta observação estão ilustrados nas Figuras 9, 10 e 11 o processo de fosfatização por não fazer parte do objeto de estudo desta dissertação ao foi considerado.

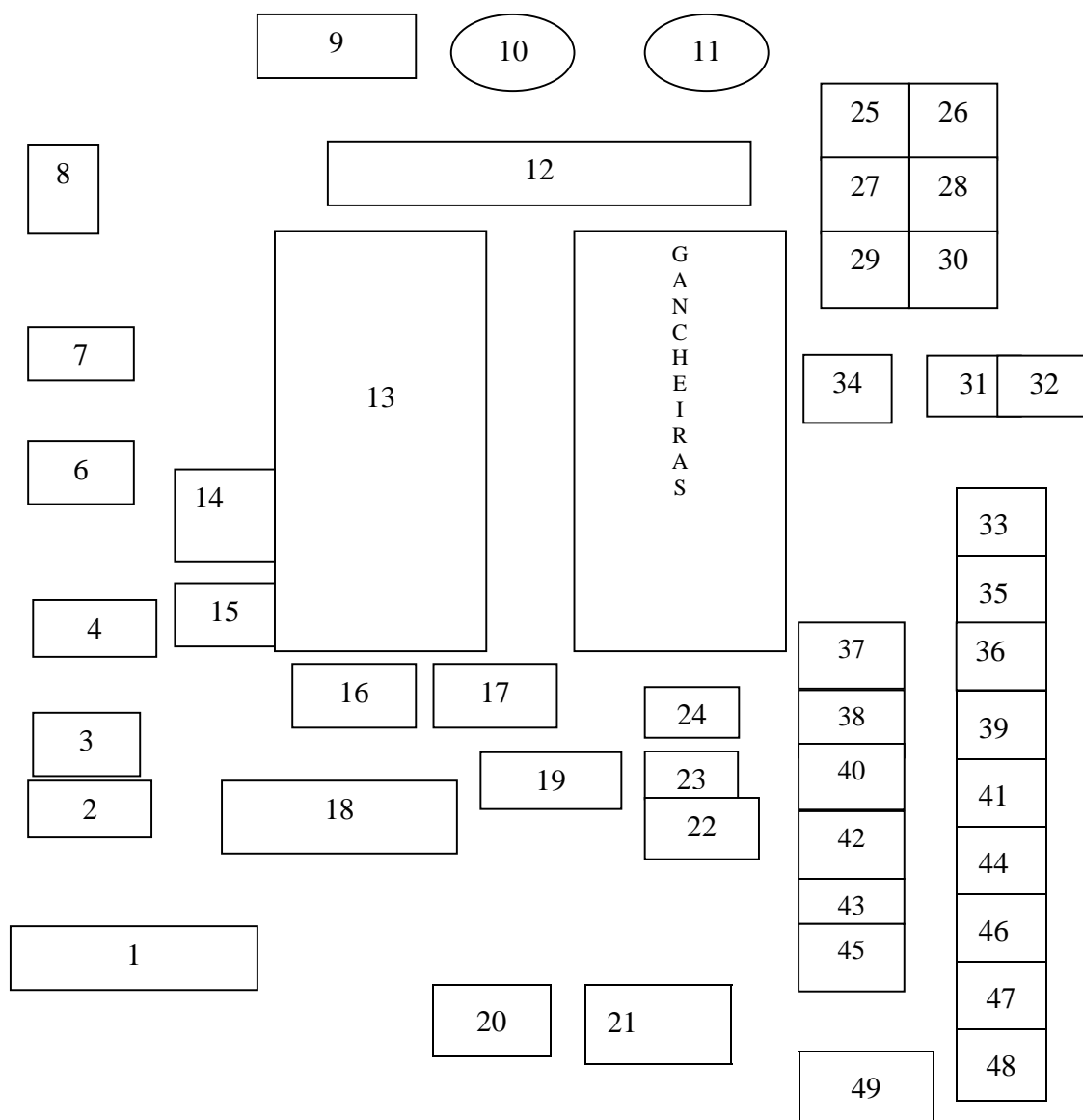


Figura 8 Lay out da Galvanoplastia

Os fluxos operacionais realizados são descritos nas Figuras 9, 10 e 11.

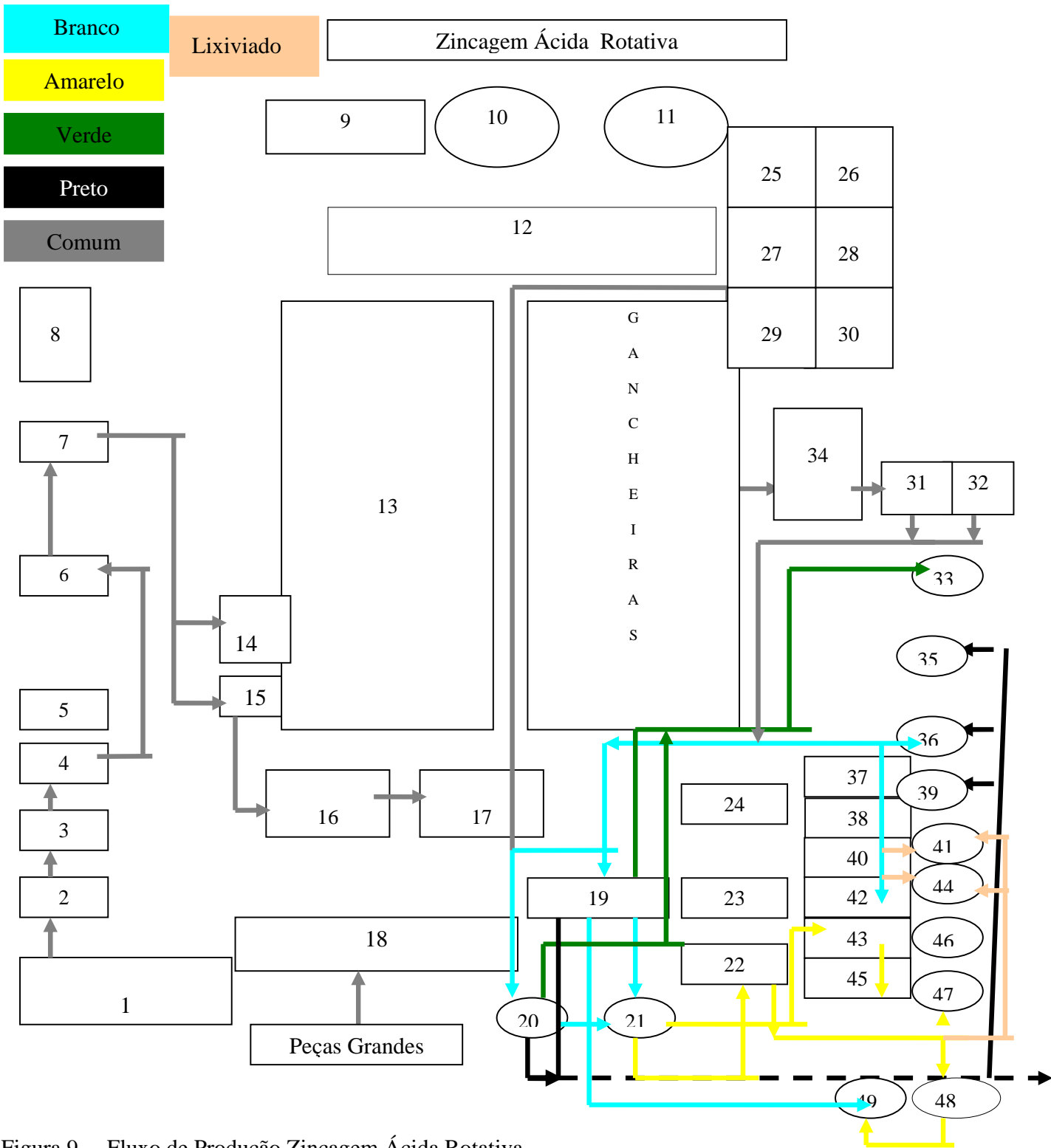


Figura 9 – Fluxo de Produção Zincagem Ácida Rotativa

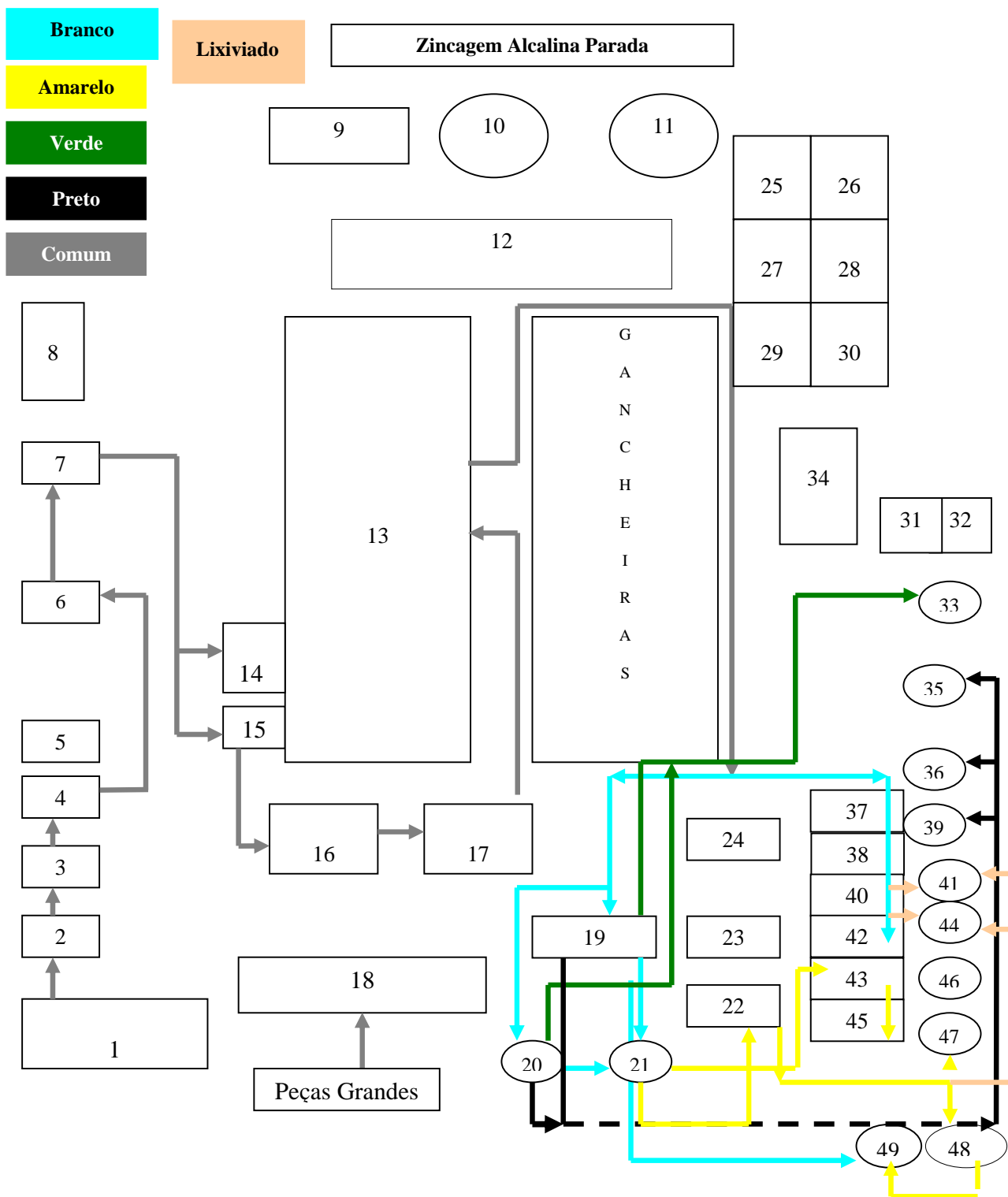


Figura 10. Fluxo de Produção Zincagem Alcalina Parada

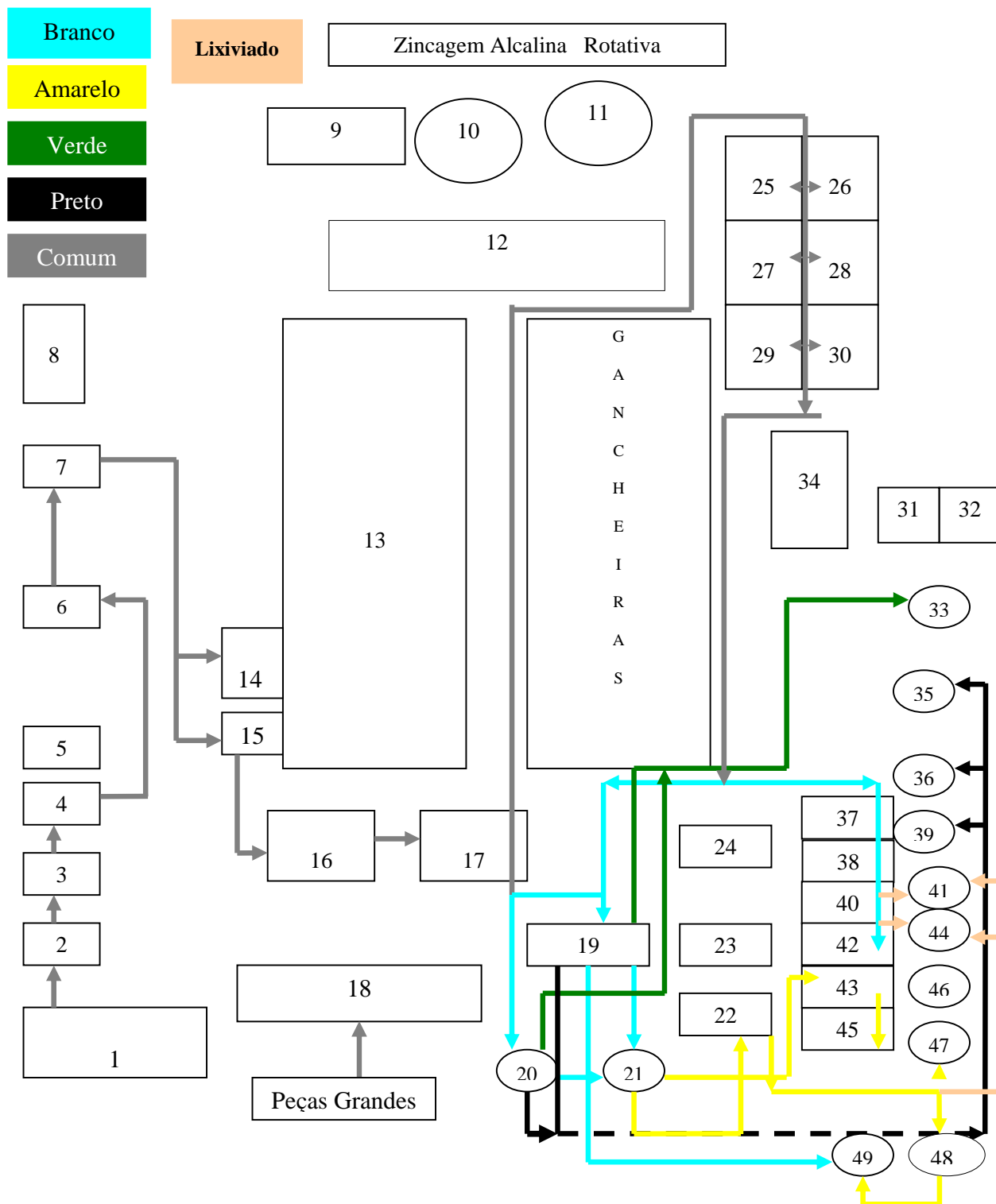


Figura 11. Fluxo de Zincagem Alcalina Rotativa

7.1.5 Balanço Hídrico por etapa e balanço produtivo por processo

A distribuição de consumo de água entre os tanques ilustrados na Figura 7 pode ser observada, de forma comparativa, nas Figuras 11 e 12.

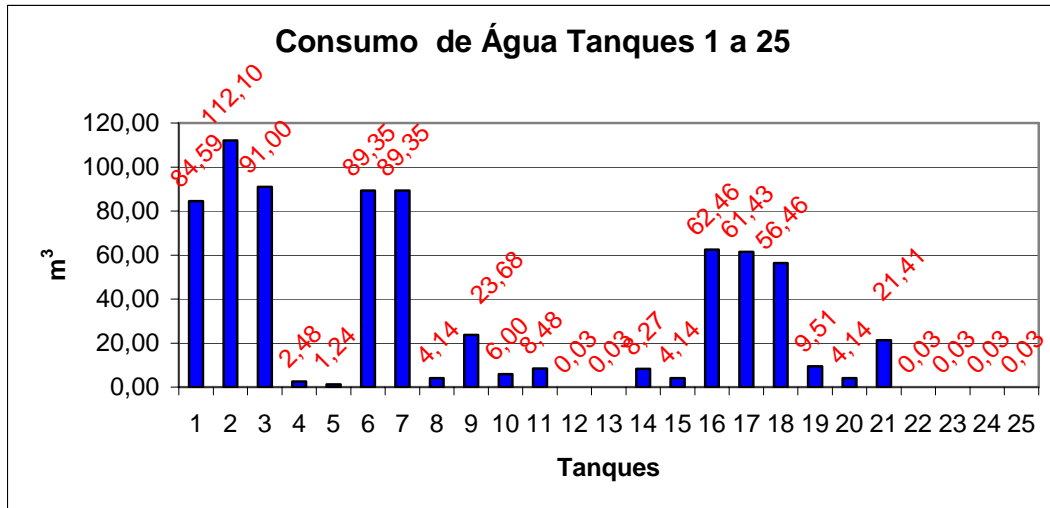


Figura 12 – Consumo de água para os tanques 1 a 25 entre junho de 2004 a junho de 2005

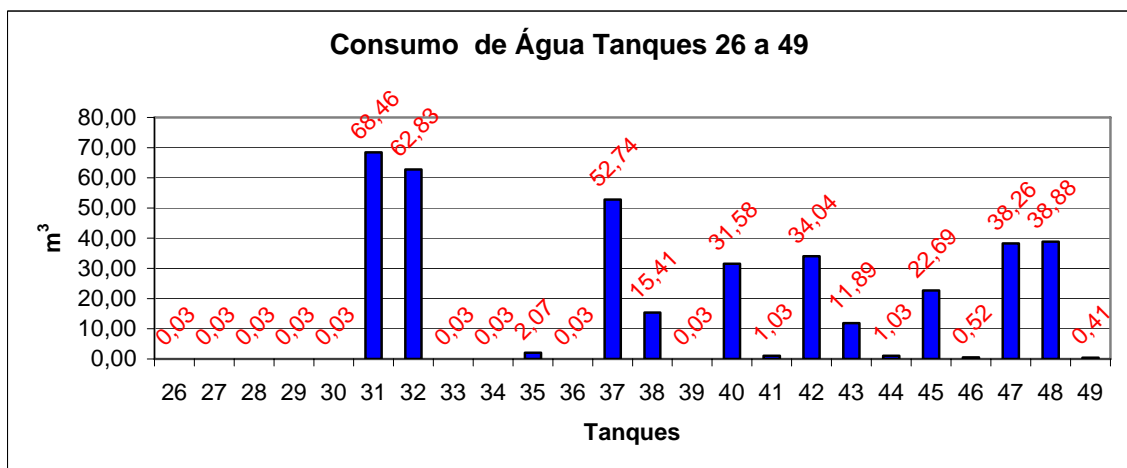


Figura 13 – Consumo de água para os tanques 26 a 49 entre junho de 2004 a junho de 2005

A Figura 14 apresenta os dados de produção em quilos e separados por processo no período de junho de 2004 a junho de 2005.

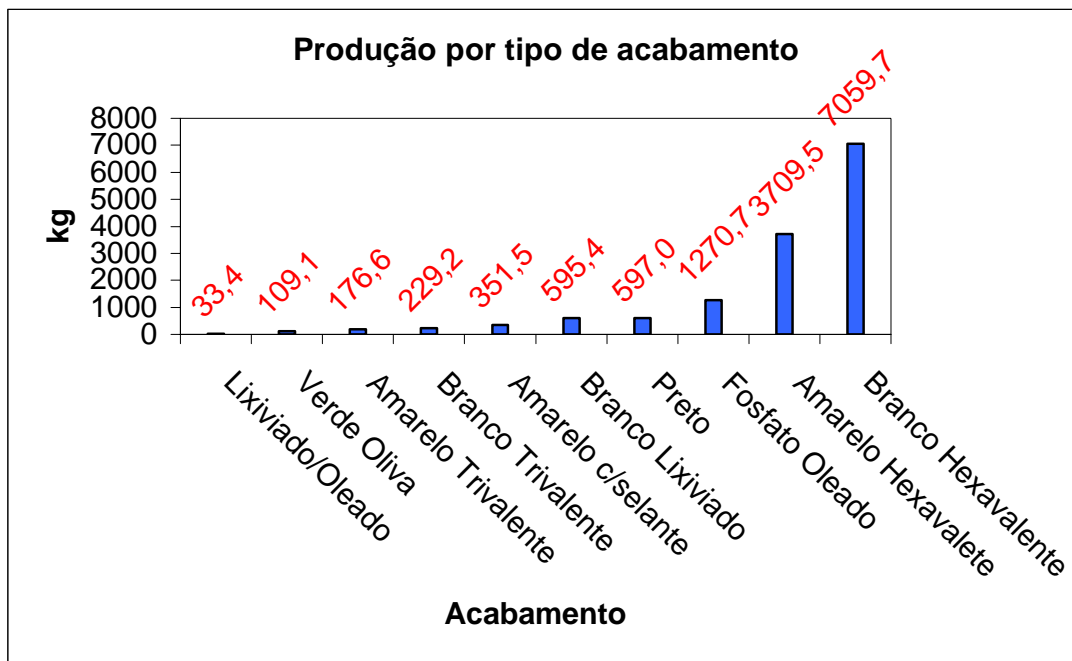


Figura 14 – Média de peças produzidas por processo de junho de 2004 a junho de 2005

Pelos fluxos de processos são identificadas as etapas em comum de diversos processos e evidencia-se que o *lay out* atual não foi de forma alguma planejado. O caminho percorrido pelas peças não é ideal, os equipamentos não obedecem à seqüência de processo, estando dispostos de forma aleatória, desta forma as peças percorrem um trajeto inadequado, fazendo que a perda por arraste aumente.

A atual disposição dos equipamentos também não auxilia na coleta de resíduos, já que existe a possibilidade de que as águas com cianeto sejam contaminadas com efluente ácido o que dificultará o tratamento dos efluentes, devido a uma ausência de barreira física entre os dois tipos de banho (ácido e cianídrico)

A empresa utiliza, para todos os acabamentos, a etapa de zincagem branca e conseqüentemente suas lavagens. Esta etapa é desnecessária, embora comum em algumas galvanicas sob a alegação de melhorar a resistência à corrosão, porém, não é recomendada pelos fabricantes (conforme indicado nos Manual Técnico da Surtec) o ganho de desempenho de produto não é significativo e existem processos como a utilização de selantes que promovem melhor esta característica.

A empresa trata quinzenalmente 5m^3 de efluentes provenientes de seus processos e que são totalmente descartados para a rede pública conforme artigo 19 A da Lei 8468/76.

É importante observar que o volume de água consumida e medida no período de 13 meses com início em junho de 2004 e fim em junho de 2005 é de $1122,52\text{ m}^3$, dividindo este volume de água pelos meses medidos obtemos uma média mensal de consumo de $86,35\text{ m}^3$, para um período de quinze dias a média seria de $43,17\text{ m}^3$, ou seja, há um déficit no balanço hídrico de $38,17\text{ m}^3$ por quinzena, $76,34\text{ m}^3$ por mês de água que poderia estar sendo utilizada em forma de reuso.

8. Proposta de redução de consumo e conservação de água para a Protesuper.

A redução de consumo e conservação de água na empresa pode ser obtida mediante a adoção de adequações progressivas que resultarão a níveis de economia maiores em relação à etapa anteriormente adotada, a seqüência sugerida segue a seguinte ordem:

- Treinamento dos operadores
- Adequação de processo;
- Adequação de *lay out*;
- Adequação de equipamentos de processo;
- Mudança de tecnologia,
- Estudo para otimização de água de lavagem.

8.1 Treinamento dos Funcionários.

A atuação responsável dos funcionários, especialmente os operadores dos banhos pode produzir economia de água mediante a adoção de procedimentos simples, tais como:

- Aumentar o tempo de escoamento das gancheiras ou cestos sobre o banho;
- Acionar o fluxo de água corrente somente no momento da lavagem;
- Adequar o nível da água dentro do recipiente de lavagem de forma a não haver transbordamento.

Estas medidas apesar de simples, necessitam da existência de um ambiente onde todos os níveis dentro da empresa estejam conscientes da importância da conservação de água, cabe, portanto, à diretoria da empresa fomentar este ambiente através:

- da capacitação e treinamento de seus funcionários;
- de campanhas de conscientização;
- da criação de sistema onde as sugestões de melhoria sejam apresentadas. A adoção do sistema de Brainstorming é adequada;
- suporte financeiro da empresa;
- envolvimento efetivo dos altos gestores da empresa.

8.2. Adequação de processos

A eliminação de processos desnecessários a produção resulta na economia de água. No caso da Protesuper a execução da etapa de passivação branca como etapa anterior às etapas de passivação verde, amarela e preta pode ser eliminada, como citado no item 3.1.5.1, assim como a lavagem com cianeto (tanques 8, 9, 14 e 15) a eliminação do tanque de lavagem para peças grandes (tanque 18) devido a sua baixa utilização, a adoção destas medidas de imediato resultaria na redução de 96,69 m³/ano ou 8,61 % do consumo total.

8.3 Adequação de *lay out*

Mudanças no *lay out* da fábrica podem minimizar e otimizar o trajeto percorrido pelas peças de forma a reduzir a perda de água por arraste entre os tanques e melhorar as condições de trabalho dos operadores. . O novo *lay out* sugerido é o mostrado na Figura 15. A alteração baseia-se na racionalização dos fluxos mostrados nas Figuras 9, 10 e 11.

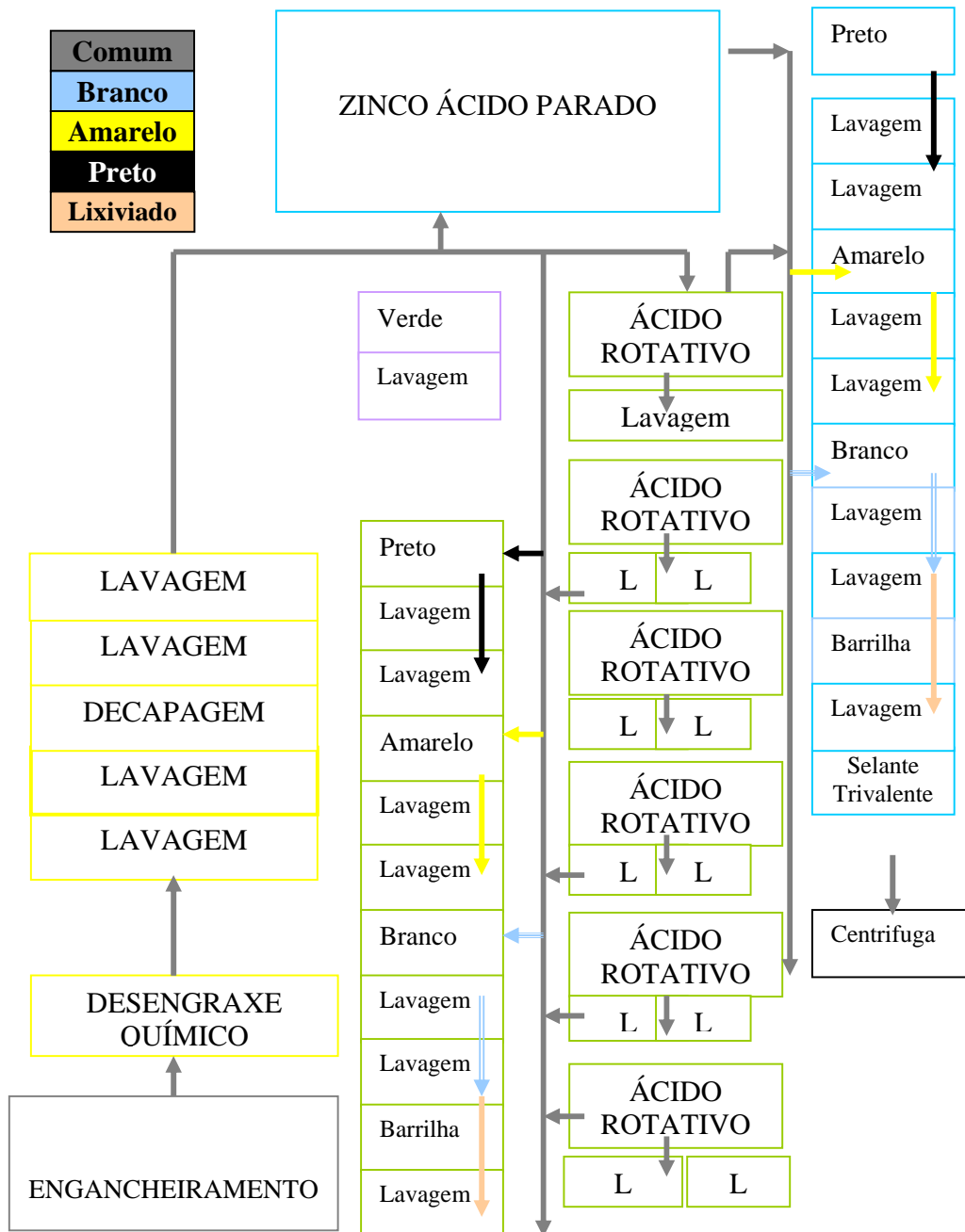


Figura 15 – Novo *lay out*

Este novo lay out possibilita um deslocamento mais linear entre as etapas e permite fácil acesso de qualquer dos tanques de zincagem aos tanques de passivação, porém, somente a adequação de *lay out* não é suficiente para reduzir o consumo de água, é necessária a adequação dos equipamentos da produção.

8.4 Adequação de equipamentos da produção

Algumas alterações conhecidas do mercado podem ser feitas nos tanques e nas maneiras de lavagem de forma a reduzir a contaminação de uma etapa à outra e diminuir o consumo de água. A escolha adequada deve estar condicionada ao processo e tipo de peças produzidas. A primeira adequação é a instalação de placas defletoras, estes dispositivos possibilitam o retorno da água ao tanque.

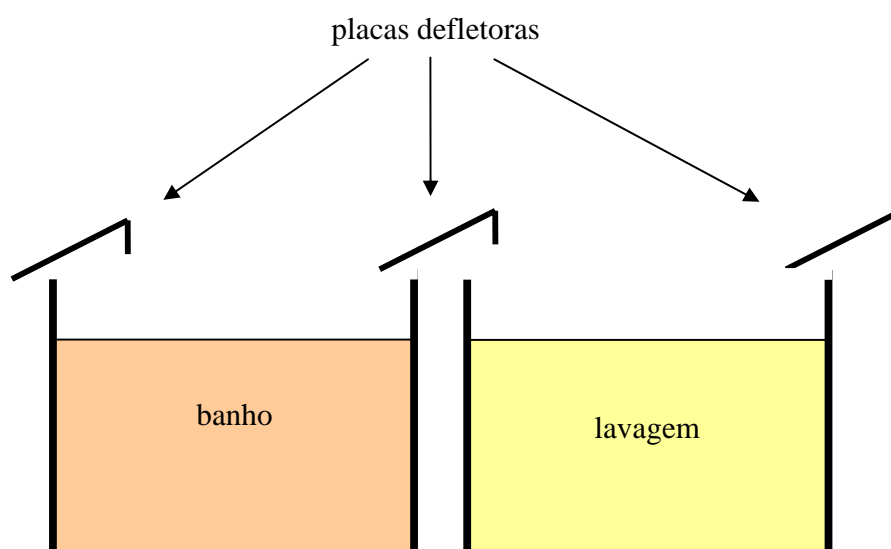


Figura 16– Placas Defletoras

Fonte: modificado de Pacheco, 2002

Segundo EPA, 1994 *apud* Pacheco, 2002 o tempo de escoamento representa uma considerável diminuição de arraste de solução do eletrólito para os banhos de lavagem conforme demonstrado em experimento com peças de geometria horizontal, inclinada e vertical como indicado na Tabela 4.

Tabela 4. Arraste conforme geometria da peça.

Tempo, s	Arraste (L/m ²)		
	Horizontal	Inclinada	Vertical
Imediato	150	129	97
3	119	97	49
15	79	59	38
60	48	32	19

Fonte: Pacheco, 2002

A simples operação de aguardar um tempo maior de escoamento produz reduções de arraste de até 80 % conforme ilustrado na figura 17.

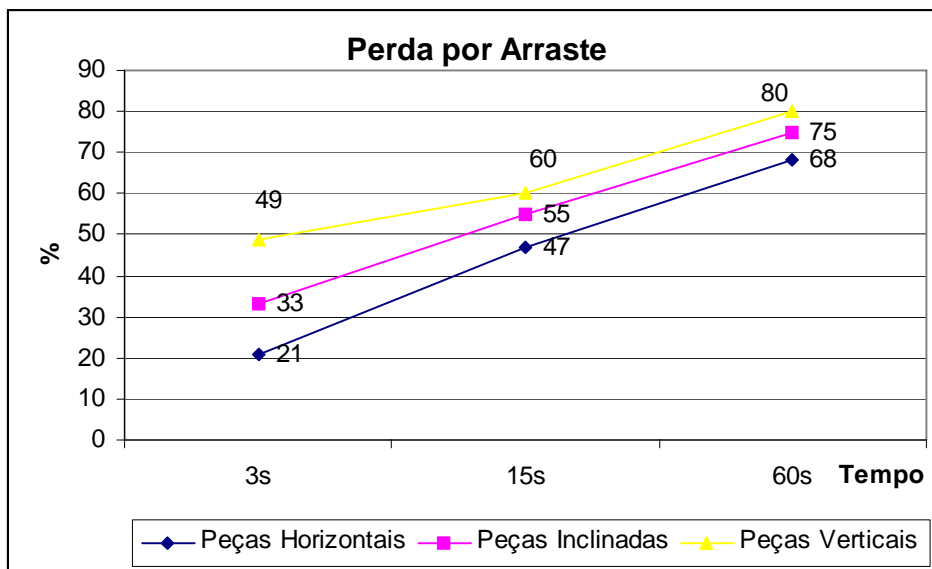


Figura 17. Diminuição de arraste

Fonte: Pacheco, 2002

Ainda segundo Pacheco (2002), após um tempo longo representado na figura 17 em $t = 60$ s, a vazão de arraste torna-se constante devido ao líquido firmemente retido nas concavidades ou reentrâncias da peça dessa forma Pacheco conclui que existe um volume de equilíbrio, logo existe um tempo ótimo de escoamento no caso em questão este tempo é 15s no qual a redução da contaminação é considerável e o tempo acrescido ao processo não é impactante. A diminuição do arraste diminui a contaminação dos banhos subsequentes, reduzindo o consumo de água e aumentando a vida útil dos banhos.

Para a redução do consumo de água algumas das alternativas conhecidas são as substituições da lavagem por imersão por lavagem por *spray* ou chuveiro conforme as figuras 18, 19 e 20 mostradas a seguir.



Figura 18. Lavagem por chuveiro

Fonte: Pacheco, 2002

A lavagem por *spray* pode ser efetuada de duas formas instalando-se o *spray* sobre o banho ou no tanque de lavagem.

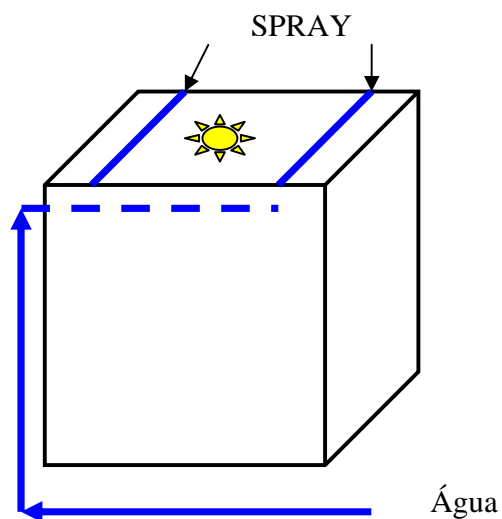


Figura 19. Lavagem por *spray*

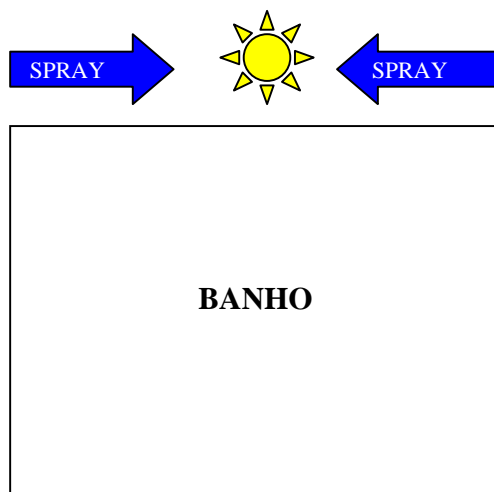


Figura 20. Lavagem por *spray* sobre o banho

Esta última técnica permite que, ao mesmo tempo em que as peças são lavadas, as perdas por evaporação sejam repostas.

Outra técnica existente é de “*Skip*” que consiste no reúso de água de uma etapa, na etapa anterior, no caso ilustrado a água proveniente da lavagem da decapagem alimenta a água de lavagem do desengraxe o caráter ácido da decapagem, auxilia na neutralização da água proveniente da água do desengraxe a qual tem caráter alcalino a Figura 21 ilustra o funcionamento deste sistema.

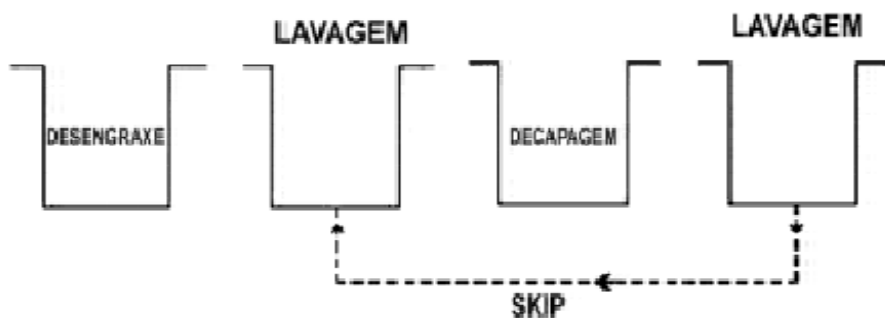


Figura 21 Lavagem por técnica *Skip*

Fonte: Pacheco, 2002

Na Figura 21 pode-se observar uma solução interessante a água proveniente da decapagem retorna a água de lavagem pós-desengraxe promovendo uma neutralização do arraste.

É importante observar que em qualquer dos sistemas de lavagem apresentados, em um determinado momento à concentração de contaminantes será determinante para a troca de água de lavagem.

As propostas a seguir baseiam-se nos tipos de peças produzidas e na proposição do novo *lay out*, propõe-se trabalhar com sistemas de lavagem diferentes para cada tipo de peça, as que serão destinadas as gancheiras (peças maiores) e as que serão destinadas aos tambores rotativos (peças menores), a exceção será no pré-tratamento, pois sendo uma etapa comum a ambos os processos, operacionalmente não é vantajosa a aplicação de sistemas de lavagem diferenciados.

a) Sistema de lavagem para o pré-tratamento

Nesta etapa do processo, representado na proposta de novo *lay out* pela cor cinza, o sistema de lavagem pode ser conforme ilustrado na Figura 22:

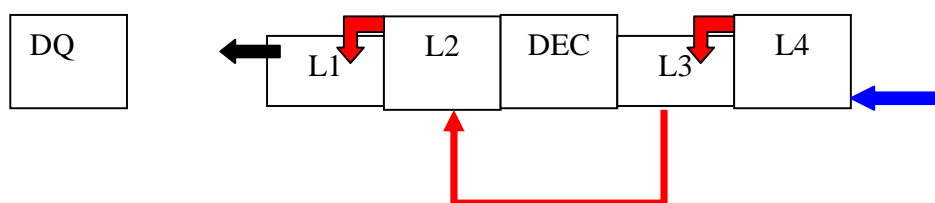


Figura 22 – Proposta de sistema de lavagem para pré-tratamento.

Onde:

DQ = Desengraxe químico

L1 = Primeira lavagem após desengraxe

L2 = Segunda lavagem após desengraxe

L3 = Primeira lavagem após decapagem

L4 = Segunda lavagem após decapagem

➡ Entrada de água limpa

➡ Saída de água contaminada

➡ Saída de água para efluente (por evaporação e por transbordamento)

Nesta proposta pode se observar que o tanque L4 é abastecido com água limpa, este por sua vez abastece o tanque L3 através do sistema de cascata e desnível entre os tanques. O tanque L3 abastece o tanque L2 e este o tanque L1, desta forma a água ácida proveniente das lavagens da decapagem abastece as lavagens do desengraxe químico que tem caráter básico, logo haverá uma neutralização, auxiliando desta forma o

processo de lavagem. Os níveis de contaminação devem ser controlados e eventualmente água limpa deva ser adicionada para que todas as etapas de lavagem sejam eficientes.

b) Sistema de lavagem para linha de tratamento rotativa

As peças zincadas neste sistema, representado pela cor verde no novo *lay out*, geralmente são pequenas, como porcas, parafusos e etc, em que o engancheamento é uma atividade geralmente trabalhosa.

As etapas de pré-tratamento, passivação e selagem são feitas em cestos, portanto recomenda-se a lavagem por imersão, o turbilhonamento é aconselhável. O cesto e a disposição aleatória das peças neste recipiente aumenta consideravelmente o arraste, conseqüentemente o uso de placas defletoras é recomendável. Para o reúso de água recomenda-se a técnica de cascata, representada na Figura 23.

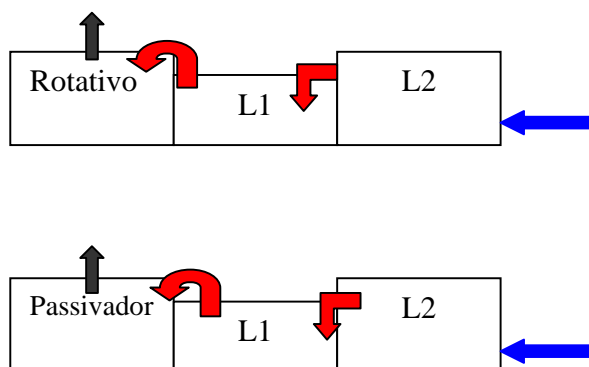
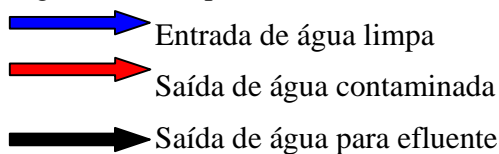


Figura 23 – Proposta de sistema de lavagem para linha rotativa.



Nesta proposta tem-se a reutilização da água de lavagem 1 (L1) no banho de origem para repor as perdas por evaporação e arraste. As lavagens L1 são abastecidas pelas lavagens L2 e esta por sua vez por água limpa. Novamente o controle de contaminantes deve ser monitorado e a adição de água limpa em qualquer dos tanques pode se necessária. Mesmo com um sistema de lavagem com água corrente, com o tempo as concentrações de contaminantes chegarão a um limite (quadros 9 e 10), portanto o fluxo de água é importante para a manutenção destas concentrações nos níveis aceitáveis, isto pode ser feito através de um condutivímetro, ou ser calculado segundo Pontes (2000) *apud* Pasqualini (2004) com as equações 6.1 e 6.2 é possível, a partir do arraste calcular este fluxo e esta concentração:

$$C_{lim} = \frac{A}{QA} \quad (\text{eq. 6.1})$$

$$QA = \frac{C_o}{C_1} A \quad (\text{eq. 6.2})$$

Onde:

Clim = Concentração limite

A = Volume do arraste em l/h

Co = Concentração do banho de processo

C1 = Concentração da lavagem corrente

QA = Fluxo de água (diferença entre entrada e saída de água) em l/h.

O volume de arraste “A” deve ser específico para cada tipo de peça e gancheira

c) Sistema de lavagem para a linha parada

Neste sistema de zincagem as peças são maiores e há espaço livre entre elas, portanto a utilização de bicos lavadores ou de chuveiros, proporcionaria a eliminação do banho e a instantânea reposição das perdas por evaporação. Para o sistema de passivação podemos utilizar também o sistema de chuveiro, armazenando-se a água de lavagem para a reposição perdas por arraste e evaporação dos banhos.

d) Reúso da água de efluente tratada

O processo de zinco não requer um grau de pureza da água como os demais processos galvânicos (vide Quadros 9 e 10), a Protesuper utiliza em todos os processos água fornecida portanto a possibilidade de reúso da água de efluente tratada deve ser considerada, no atual processo as águas de lavagem e o Desengraxe Químico correspondem a 85,63 % do consumo de água da Protesuper as análises do efluente tratado conforme anexo A, permitem que as reposições e as suplementações destas etapas do processo possam ser realizadas utilizando-se esta fonte de abastecimento, eliminando-se assim a necessidade da utilização de água limpa. As águas provenientes do tratamento podem ser fontes de abastecimento com qualidade mais homogênea do que a oriunda da concessionária desde que, efetue-se o correto tratamento e monitoramento dos efluentes, mesmo na possibilidade da água de tratamento não estar adequada aos parâmetros de qualidade estabelecidos para a zincagem existe a opção de adequá-la através da adição de água limpa.

8.5 Mudança de tecnologia

A mudança de tecnologia de banhos de alto cianeto para banhos de zinco ácido proporcionaria a Protesuper:

- A eliminação destes banhos com alto poder poluidor e de grande risco a saúde dos operadores;
- A eliminação do tratamento de efluentes cianídricos, que tem uma tratabilidade mais complexa;

- Diminuição da geração de resíduos sólidos;
- Geração de água reúso com qualidade mais uniforme;
- Ganhos no processo produtivo.

A Labrits Química, empresa nacional fornecedora de insumos químicos para galvanoplastia realizou durante o ano de 2005 um trabalho junto aos seus principais clientes, visando estabelecer um comparativo quantitativo entre os processos galvânicos existentes. A empresa tomou como base a produção de peças iguais o resultado apresenta-se na forma de composição porcentual no custo de fabricação de cada item ou instalação de processo, o resultado obtido evidencia uma ampla vantagem econômica na adoção do processo de zinco ácido, conforme demonstrado na Figura 24.

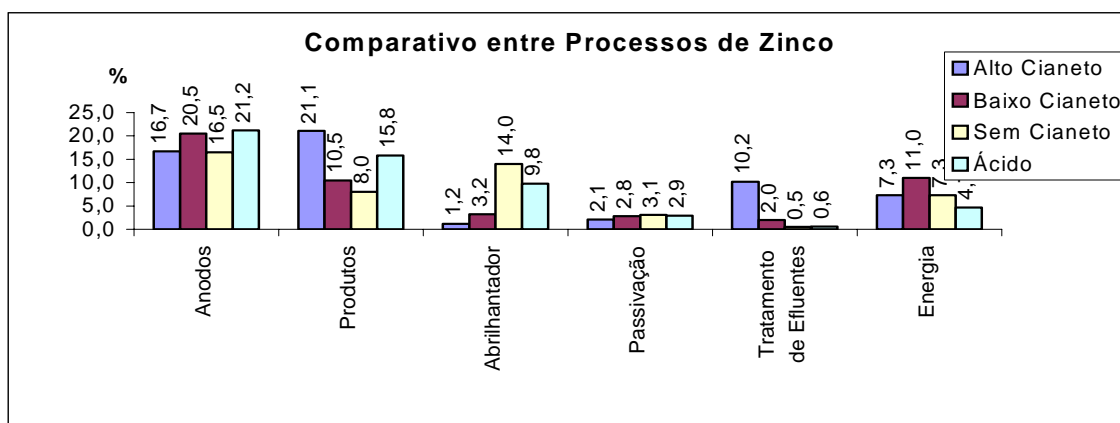


Figura 24. Comparativo entre Custos de Processo de Zinco.

Fonte: Labrits, 2005.

Algumas observações devem ser feitas de forma a esclarecer a vantagem da utilização do processo de zinco ácido em relação ao zinco de alto cianeto, em relação ao consumo de anodo onde o processo de alto cianeto contribuiu em 16,7 % do custo da peça contra 21,2 % do processo ácido deve-se considerar que a velocidade de deposição do processo ácido é de 0,6 μm contra 0,3 μm do processo com alto cianeto, desta forma há um ganho de produtividade ou seja o primeiro produz o dobro do segundo, o mesmo raciocínio aplica-se ao consumo de abrilhantador.

9 – Conclusões

Conforme os objetivos desta dissertação avaliou-se a utilização de água em uma pequena indústria de galvanoplastia e elaborou-se uma proposta de conservação de água através do reúso e da reciclagem, para elaboração desta proposta foi necessário o entendimento do processo galvânico de forma a reorganizá-lo de maneira lógica e funcional para que através da redução da demanda de água fossem atingidos os objetivos conservacionistas.

Procurou se no desenvolvimento desta pesquisa detalhar quimicamente o processo galvânico com a intenção de compreender os fenômenos que ocorrem durante o processo de deposição metálica e desta forma identificar as necessidades de

fornecimento de água em cada uma das etapas, ainda no intuito de compreender a demanda de água foram estabelecidos os fluxos produtivos de cada um dos processos existentes na fábrica durante o período de coleta de dados.

Os dados obtidos identificaram os banhos de lavagem, as etapas intermediárias entre os processos químicos da galvanização, como os maiores consumidores de água do processo, a razão deste consumo elevado baseava-se em três fatores:

- a contaminação destes banhos pelo arraste ou *drag out* o que obriga a troca freqüente do volume de água lavagem, que não sendo feita pode contaminar o processo seguinte, interferido na qualidade do produto final;
- As perdas de água devido ao *lay out* inadequado que obrigavam a grandes deslocamentos dentro do pátio da fábrica e as instalações inadequadas, ausência de anteparos nos tanques que minimizem as perdas;
- O uso excessivo de água em função do sistema de lavagem escolhido pela empresa.

A solução vislumbrada a partir dos estudos compreende:

- Treinamento dos funcionários para que suas operações minimizem o desperdício de água
- A adoção de placas defletoras nos banhos que reduzirá o arraste entre os banhos em valores em torno de 50 %;
- Eliminação de etapas desnecessárias como a passivação branca com etapa para os demais processos, a da limpeza com cianeto e suas respectivas lavagens reduziram o consumo anual de água em torno de 96,69 m³;
- a adoção do novo lay out;
- a adoção dos sistemas de lavagens propostos;
- Utilização de água de reúso indireto, proporcionando economias de 954,12 m³/ ano;
- Implementar condutivímetros para controlar adequadamente o momento de troca das águas de lavagem ou determinar este momento utilizando as equações 6.1 e 6.2;

Estas propostas necessitarão de algum investimento em instalações e os custos das análises para a determinação de tempo adequado de troca das águas de lavagem ou para a aquisição dos condutivímetros, estando, portanto, sujeito às condições financeiras da empresa. A adoção destas medidas promoverá os seguintes benefícios:

- Uso racional da água baseado nos limites de contaminação, qualidade de água requerida;
- Melhorar a ergonomia para os operadores mediante a diminuição dos deslocamentos durante o processo produtivo;
- Melhoria da saúde ocupacional dos operadores tendo em vista que as ações adotadas diminuem o contato dos operadores com substâncias tóxicas
- Ganhos de produtividade em função de um lay out que proporciona um sistema de produção lógico;
- Redução de custos devido a menor demanda de água;
- Redução do volume de água a ser tratada.

Sugere-se também a substituição dos atuais banhos de zinco cianídrico por banhos de zinco ácido, assim haveria melhorias na tratabilidade dos efluentes, redução dos resíduos sólidos gerados atendendo aos princípios de produção mais limpa contidos nesta dissertação, e melhoria da produtividade em função das características de velocidade de deposição do processo do zinco ácido ser maior que a do zinco cianídrico, a eliminação do contato dos operadores com cianeto evitando possíveis acidentes de elevada gravidade.

10 – Recomendações

Após a conclusão desta pesquisa e considerando-se a importância da conservação de água e a criação de um modelo para a pequena indústria galvânica, constataram-se lacunas de conhecimento que se tornam oportunidades de melhoria e que podem ser desenvolvidas em pesquisas futuras:

- Avaliação das perdas por evaporação e possibilidades de recuperação desta água;
- Proposição de um manual de instalação de uma galvânica que contemple um Plano de Conservação de Água.
- Identificação do déficit de balanço hídrico.
- Reavaliação do balanço hídrico após a implementação das medidas propostas

Referências.

BICARATO, F. L. **O desafio da disponibilidade de água potável para a população atual como para as futuras.** 2001.46f. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de

- Ciências Biológicas, Exatas e Experimentais. Universidade Presbiteriana Mackenzie. 2001
- CANEPA, E. M. Economia da Poluição In: May et al. **Economia do Meio Ambiente**. São Paulo: Editora Elsevier, 2003. Cap 1 p.65-72
- CARRARA, S. C de M. **Estudo da viabilidade do reuso de efluentes líquidos gerados em processos de galvanoplastia por tratamento físico-químico**. 1997. 100f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) – Instituto de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas.1997
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Implementação de um Programa de Prevenção a Poluição**. São Paulo: CETESB 2002, 19f.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Problemas Identificados e Soluções de Prevenção de Poluição Implantadas**. São Paulo: CETESB 2002, 43f.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tratamento de resíduos líquidos da pequena indústria.- Galvanoplastia**. São Paulo: CETESB 1995, 8f.
- CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Guia da Produção Mais Limpa Faça Você Mesmo**. Disponível em www.cebds.com. Acessado em 07/01/2003.
- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO & FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Manual de Avaliação da Fábrica Produção Mais Limpa**. Novembro 1998. Disponível em ww.vanzolini.org.br/areas/desenvolvimento/producaomaislimpa. Acessado em 01/02/2000.
- DUTRA, A .J. B et al. **O processo eletroquímico como alternativa para o tratamento de efluentes cianídricos**. Revista Escola de Minas-Ouro Preto vol 55 n° 4 6p. Dezembro 2002 Disponível em <http://www.scielo.br> Acessado em 25/04/2004
- DUNN, R. F; W. H. **Process Integration Design Methods for Water Conservation and Waste Water Reduction in Industry**. Outubro de 2001. Disponível em www.elsevier.com .Acessado em 19/08/2005
- ESPINOSA, A. F. I. Noções de Química e Eletroquímica. In: **Manual de Galvanoplastia**: Associação Brasileira de Tratamento de Superfície.São Paulo, 1995 Cap 1.p1.1-1.11.
- Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e reuso de água**. 90 p. Disponível em < [http:// www.fiesp.com.br/publicacoes/download/reuso](http://www.fiesp.com.br/publicacoes/download/reuso). Acessado em 19/04/2004

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Água e indústria.** 16 p. Disponível em http://www.fiesp.com.br/publicacoes/download/publicação_agua. Acessado em 19/04/2004

GAMA, A.S.P et al. Gestão de Recursos Hídricos nos Estados. In: Little, P.E. **Políticas Ambientais no Brasil**. São Paulo: Editora Peirópolis, 2003. Cap 11 p.293-304

Labrits Química Ltda. **Estudo das Tecnologias de Zinco**. São Paulo, 2005.

LEITE, E. **Gerenciamento do uso da água em indústrias. Estudo de caso Brasmetal Waelzholz, Diadema, São Paulo.** 2005. 76f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005.

LYONS, E. H. Fundamental Principles. In: Lowenheim. **Modern Electroplating**. Princeton: Wiley-Interscience Publication, 1974. Cap 1 p1-46

MACKEY, R. W. Cyanide Zinc Plating. In: Lowenheim, **Modern Electroplating**. Princeton: Wiley-Interscience Publication, 1974. Cap 16 p.418-435

MARQUES, A. C. **Análise do uso da água em uma indústria de fundição de metais não – ferrosos visando à otimização econômica e ambiental: um estudo de caso.** 2006. 110f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2006.

MANCUSO, P. C. S e SANTOS, H. F. **Reúso de água** . Universidade de São Paulo- Faculdade de Saúde Pública 2003 São Paulo

McGRAW, L. D. Acid Zinc. In: Lowenheim, **Modern Electroplating**. Princeton: Wiley-Interscience Publication, 1974. Cap 16 p.442-460

MIRANDA, M. G. **Eletrodeposição de Zinco e suas Ligas. In Manual de Galvanoplastia:** Associação Brasileira de Tratamento de Superfície. São Paulo, 1995 Cap 7. p7.1-7.6

__Nota técnica sobre tecnologia de controle – Galvanoplastias. 1990 São Paulo[S.l:s.n]

PACHECO, C. E. M. **Compilação de Técnicas de Prevenção a Poluição para a Indústria de Galvanoplastia: Projeto Piloto de Prevenção a Poluição em Indústrias de Bijuterias em Limeira.** São Paulo, 2002.

PASQUALINI, A. **Minimização de Efluentes: Estudo de Caso em Galvanoplastia.** 2004. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PAGNOCCHESI, B. Política Nacional de Recursos Hídricos In: Little, P.E. **Políticas Ambientais no Brasil**. São Paulo: Editora Peirópolis, 2003. Cap 9 p.239-258

SANTOS, M. R. M. O Princípio Poluidor – Pagador e a Gestão de Recursos Hídricos: A Experiência Européia e Brasileira. In May et al. **Economia do Meio Ambiente**. São Paulo: Editora Elsevier, 2003. Cap 12 p.291-308

SAUBESTRE, E. B Alkaline Zinc Plating. **In: Lowenheim, Modern Electroplating**. Princeton: Wiley-Interscience Publication, 1974. Cap 16 p.436-441

SILOS, R. M. **Manual Técnico Surtec**. São Bernardo do Campo: [s.n], 2006. p.67,81.

SILVA, M. A . R. **Economia dos Recursos Naturais**. **In: May et al. Economia do Meio Ambiente**. São Paulo: Editora Elsevier, 2003. Cap 1 p.33-57

SILVA, E.A. B et al. Ações Municipais de Gestão de Recursos Hídricos. **In: Little, P.E. Políticas Ambientais no Brasil**. São Paulo: Editora Peirópolis, 2003. Cap 10 p.259-292

THOKOZANI, BROUCKAERT, BUCKLEY. **A graphical Technique for Wastewater Minimization in Batch Processes**. Abril 2005. Disponível em www.elsevier.com. Acessado em 19/08/2005

VALENZUELA, J. **Tratamento de Efluentes em Indústria Galvanotécnica**. São Paulo: Páginas e letras – Editora e Gráfica. 1999. 122p