



**Andreas Lorentz**

**PROJETO CONCEITUAL DE UM TANQUE DE DEPOSIÇÃO  
ELETROLÍTICA DE ZINCO PARA UM PROCESSO DE  
GALVANOPLASTIA**

**Horizontina  
Ano 2012**

**Andreas Lorentz**

**PROJETO CONCEITUAL DE UM TANQUE DE DEPOSIÇÃO  
ELETROLÍTICA DE ZINCO PARA UM PROCESSO DE  
GALVANOPLASTIA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Valmir Vilson Beck, Esp.

**Horizontina**

**Ano 2012**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Projeto conceitual de um tanque de deposição eletrolítica de zinco para um  
processo de galvanoplastia”**

**Elaborada por:**

**Andreas Lorentz**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 13/12/2012  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Esp. Valmir Vilson Beck  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Msc. Cesar Antônio Mantovani  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Esp. Vilmar Bueno Silva  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Msc. Anderson Dal Molin  
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica - FAHOR**

**Horizontina  
Ano 2012**

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, família e namorada que acreditaram em mim, me apoiando nas minhas escolhas e decisões sem medir esforços. Obrigado a vocês.

## **AGRADECIMENTO**

Aos funcionários e professores da FAHOR, em especial ao orientador do trabalho, professor orientador Valmir Vilson Beck, pelo apoio e aprendizado construído, e a todas as demais pessoas que colaboraram para minha formação.

“Não conheço missão maior e mais nobre que a de dirigir as inteligências jovens e preparar os homens do futuro.” (*D. Pedro II*)

## RESUMO

O presente trabalho nasceu da necessidade de implantação do processo de zincagem na empresa Envall e Cia Ltda., pois esta necessitava de um tanque que faria o depósito de zinco em peças de sua produção. O trabalho apresenta o projeto conceitual de um tanque de deposição eletrolítica de zinco utilizando metodologia de projeto de produto, que a pouco tempo vem sendo utilizada na engenharia nacional. O projeto abrange as fases informacional e conceitual e teve como objetivo geral apresentar a concepção de um produto que atendesse aos requisitos dos clientes e as especificações do projeto. O trabalho é composto também por uma revisão de literatura de processos de galvanoplastia, que apresenta dados importantes para a etapa de planejamento do produto. O resultado principal obtido com a realização do trabalho foi a concepção do tanque desejado, adequado ao processo e de acordo com as necessidades do cliente, especialmente por estar caracterizado a partir das definições do projeto. O trabalho também oportunizou a prática de iniciar, desenvolver e concluir o projeto conceitual de um produto utilizando ferramentas de engenharia.

Palavras-chaves:

engenharia – galvanoplastia - projeto de produto.

## **ABSTRACT**

This study started from the need to implement the process of galvanizing the company Envall and Cia Ltda., because this needed a tank that would deposition of zinc in parts of its production. The paper presents the conceptual design of a tank of electrolytic deposition of zinc using product design methodology, which recently has been used in national engineering. The project covers the informational and conceptual phases and aimed to present the design of a product that meets customer requirements and design specifications. The work also comprises a literature review of electroplating processes that presents important data for the product planning stage. The main result obtained with the completion of the work was the design of the tank desired, the appropriate process and in accordance with customer needs, especially for being featured from the project settings. The work also provided an opportunity to start practicing, develop and complete the conceptual design of a product using engineering tools.

Keywords:

engineering - electroplating - product design

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Processo de Projeto.....	19
Figura 2 - Sequência Lógica de Etapas do Projeto Informacional. ....	20
Figura 3 - Esquema de construção da matriz da casa da qualidade. ....	24
Figura 4 - Sequência Lógica de Etapas do Projeto Conceitual. ....	25
Figura 5 - Hierarquização Utilizando o Diagrama de Mudge.....	33
Figura 6 - Função Global do Tanque de Deposição Eletrolítica de Zinco.....	38
Figura 7 - Estrutura Funcional do Tanque de Deposição Eletrolítica de Zinco .....	39
Figura 8 - Concepção Proposta .....	44
Figura 9 - Concepção final 01 .....	46
Figura 10 - Concepção final 02 .....	55
Figura 11 - Concepção final 03 .....	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz de Conversão .....	30
Quadro 2 – Requisitos dos Clientes.....	32
Quadro 3 – Requisitos do Projeto.....	33
Quadro 4 – Requisitos dos Clientes valorados de acordo com a ordem de importância.....	34
Quadro 5 – Requisitos do Projeto classificados de acordo com a matriz da casa da qualidade .....	35
Quadro 6 – Especificações em ordem de importância obtido através do QFD – terço superior (requisito mais importante).....	36
Quadro 7 – Especificações em ordem de importância obtido através do QFD – terço médio (requisito de média importância).....	36
Quadro 8 – Especificações em ordem de importância obtido através do QFD – terço médio (requisito de menos importância).....	37
Quadro 9 – Matriz Morfológica.....	40
Quadro 10 – Combinações de Princípio de Solução.....	41
Quadro 11 – Avaliação de Princípios de Solução.....	43
Quadro 12 – Matriz de Avaliação.....	45

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA .....	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	1
1.3 OBJETIVOS .....	2
1.3.1 OBJETIVO GERAL .....	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.4 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO .....	2
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	2
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 CORROSÃO .....	4
2.1.1 TIPOS DE CORROSÃO.....	5
2.1.2 PREVENÇÃO CONTRA CORROSÃO.....	7
2.2 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DE METAIS .....	8
2.2.1 REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS.....	8
2.2.1.1 REVESTIMENTOS METÁLICOS.....	9
2.2.1.2 REVESTIMENTOS NÃO-METÁLICOS INORGÂNICOS.....	10
2.2.1.3 REVESTIMENTOS NÃO-METÁLICOS ORGÂNICOS.....	12
2.2.1.4 PROTEÇÃO CATÓDICA .....	13
2.3 GALVANOPLASTIA POR ELETRODEPOSIÇÃO (ZINCAGEM). .....	13
2.3.1-TANQUE DE DEPOSIÇÃO DE ZINCO.....	14
2.3.2 POLIPROPILENO (PP) .....	15
2.3.3 RETIFICADOR.....	16
2.3.4-MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO.....	17
2.3.1.5-CABOS DE AÇO .....	17
2.3.1.6-REDUTOR.....	18
2.3.1.7-MOTOR ELÉTRICO.....	18
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>19</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	19
3.2- PROJETO INFORMACIONAL .....	20
3.2.1- PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO.....	21
3.2.2- IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DOS CLIENTES DO PROJETO.....	22
3.2.3- ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES .....	22
3.2.4- ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO.....	23
3.2.5- HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO.....	23
3.2.6- ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....	24
3.3- PROJETO CONCEITUAL .....	25
3.3.1- VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA .....	26
3.3.2- ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL.....	26
3.3.3- PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....	27
3.3.4- COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....	27
3.3.5- SELECIONAR COMBINAÇÕES .....	28
3.3.6- EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO.....	28
3.3.7- AVALIAR CONCEPÇÕES .....	28
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
4.1. PROJETO INFORMACIONAL.....	29
4.1.1. PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO.....	29

4.1.2. IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DOS CLIENTES DO PROJETO .....	30
4.1.3. ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES .....	30
4.1.4. ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO.....	32
4.1.5. HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO.....	33
4.1.6. ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....	35
4.2. PROJETO CONCEITUAL .....	37
4.2.1. VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA.....	38
4.2.2. ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL.....	38
4.2.3. PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....	39
4.2.4. COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....	41
4.2.5. SELECIONAR COMBINAÇÕES .....	42
4.2.6. EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO .....	43
4.2.7. AVALIAR CONCEPÇÕES.....	45
4.2.8. APRESENTAÇÃO DA CONCEPÇÃO DO PRODUTO.....	45
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>48</b>
<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE A – ENTREVISTA.....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICE B – MATRIZ DA CASA DA QUALIDADE QFD.....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE C – CONCEPÇÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE D – CÁLCULOS.....</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

O processo de Galvanoplastia com nome mais conhecido por Zincagem, da Metalúrgica Envall, atualmente é realizado em uma empresa terceirizada e encontra-se com algumas deficiências não atendendo aos requisitos necessários, sendo eles, qualidade, prazo de entrega e alguns problemas ambientais.

Em razão destes problemas, a Metalúrgica Envall buscou a alternativa da troca de fornecedor, entretanto esta solução, por se tratar de tubulações hidráulicas e ter um processo especial, mostrou-se inviável pelo alto custo do processo.

Outra alternativa buscada pela Metalúrgica Envall foi a de realizar o processo de galvanoplastia dentro de sua própria indústria. Após análise de investimento chegou-se à conclusão de que essa alternativa é viável, sendo necessário a elaboração de um projeto que atenda as expectativas da empresa.

### 1.2 JUSTIFICATIVA

A qualidade e o prazo de entrega em peças fornecidas para montadoras são imprescindíveis, paradas de linha ou a não entrega podem acarretar em multa para a empresa, já a qualidade afetada pode fazer com que a empresa perca seus clientes.

Cerca de 70% das peças produzidas pela Metalúrgica Envall devem passar pelo processo de zincagem. Em razão da dificuldade enfrentada atualmente, buscou-se então a alternativa de implantar o processo internamente na empresa.

Com um processo interno de zincagem faz-se necessário o projeto de um tanque para deposição de zinco que é o processo de maior importância na galvanoplastia.

Trazendo este processo para ser executado internamente obtêm-se melhorias em redução de custo de fabricação, garantia de qualidade por ter melhor controle e prazo de entrega, benefícios tanto para a empresa quanto para o cliente.

A realização deste trabalho oportuniza o desenvolvimento prático em áreas como desenho, química, máquinas de elevação e transporte, e outros.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo geral

Elaborar o projeto conceitual de um tanque de depósito eletrolítico de zinco para atender o processo que será implantado internamente na Metalúrgica Envall e Cia Ltda.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar em literaturas pertinentes o processo de deposição de zinco em galvanoplastia.
- Avaliar o processo existente, as dificuldades e como é feito no fornecedor.
- Definir o processo necessário para implantação do tanque de deposição de zinco que atenda a necessidade da empresa.
- Elaborar os modelos gráficos do tanque de deposição de zinco e seus acessórios para funcionamento apropriado no caso específico do processo.

### 1.4 ESCOPO E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O projeto conceitual do tanque de deposição eletrolítica de zinco está voltado somente ao tanque e sua estrutura de funcionamento, visto que o processo por completo, consiste em diversos banhos ao longo do processo, porém este é o de maior importância.

O estudo aprofundado sobre deposição de materiais em superfície é determinante para o desenvolvimento do projeto, onde as fontes de dados são de confiança, possibilitando o desenvolvimento do projeto, que no caso é específico a Metalúrgica Envall.

O trabalho não apresenta detalhamentos dimensionais de componentes, especificações técnicas detalhadas e materiais de construção.

### 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho possui uma estrutura composta por quatro capítulos, que formam uma sequência dos assuntos em sua ordem de desenvolvimento, visando organização e compreensão.

No capítulo 1 apresenta-se o problema da pesquisa, a justificativa, os objetivos, a delimitação do trabalho e a estrutura de divisão sequencial.

O capítulo 2 está dedicado à apresentação da revisão de literatura, com informações teóricas para a aplicação em questão, onde o estudo de diversos tipos de processos similares e exemplos para aplicação, servindo para posterior análise do novo conceito se destacam.

O capítulo 3 apresenta o método de pesquisa e desenvolvimento utilizado neste trabalho, assim como as atividades realizadas, explicado detalhadamente.

No capítulo 4 estão apresentados e analisados os resultados obtidos na realização do projeto, enfatizando algumas ferramentas necessárias para a concepção, aplicadas conforme metodologia proposta para desenvolvimento deste trabalho.

Na última fase apresentam-se as conclusões da pesquisa, abordando a concepção do produto e as discussões sobre o mesmo, seguido das referências bibliográficas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O referencial teórico apresenta algumas fundamentações teóricas sobre o processo de corrosão dos metais. Buscando informações e soluções empregadas no combate a corrosão e alinhando-se ao problema apresentado foi necessário pesquisar e fundamentar especialmente o processo de tratamento de superfície denominado zincagem, seus conceitos, suas etapas e os materiais e equipamentos empregados neste processo.

### 2.1 CORROSÃO

Existem diversas definições sobre o que é corrosão: alguns dizem que é oxidação, outros dizem que é um ataque químico, enquanto que outras pessoas dizem que é um fenômeno elétrico, a eletrólise. Todas as respostas estão corretas e uma corrosão pode ainda ocorrer em mais diversos meios (ABTS, 2010).

A corrosão é o fenômeno de deterioração com perda de material devido a modificações químicas e eletrônicas que ocorrem por reações com o meio ambiente. A corrosão provoca a falha direta dos metais quando em serviço e os torna suscetíveis de romper por algum outro mecanismo (CHIAVERINI, 1986).

Gentil (1983) cita a presença de alguns desses materiais:

- Em estruturas metálicas enterradas ou submersas, tais como minerodutos, oleodutos, gasodutos, adutoras, cabos de comunicação e de energia elétrica;
- Nos meios de transportes, como trens, navios, automóveis, caminhões, ônibus, embarcações em geral, navios;
- Nas estruturas metálicas sobre o solo ou aéreas, como por exemplo, torres e postes de linhas de transmissão de energia elétrica, postes de iluminação;
- Nos meios de comunicação, como de transmissão de estações de rádio, de TV, repetidoras, de radar, antenas etc.

Todas essas estruturas representam investimentos vultosos que exigem uma durabilidade e resistência à corrosão para que justifiquem os valores investidos e evitem acidentes com danos materiais incalculáveis ou danos pessoais irreparáveis (GENTIL, 1983).

O ferro e suas ligas são os materiais de construção mecânica de maior importância e também os mais sujeitos e mais sensíveis a ação do meio corrosivo. É natural, que os fenômenos relacionados com a corrosão do ferro sejam os mais estudados e os mais conhecidos (CHIAVERINI, 1986).

Muitos ainda não se deram conta que metais diferentes em contato são fontes em potencial para a corrosão, ainda que possam em alguns casos até estar pensando na proteção de um dos dois, como por exemplo, o aço colocado entre duas camadas de zinco estará protegido, posto que o zinco sempre será o anodo, mesmo quando sua camada tiver sido perfurada (PUGLIESI; TRINDADE, 1986).

Isso que estamos falando chama-se par galvânico, ou seja, dois metais em contato, o meio mais simples de evitá-lo conforme Pugliesi e Trindade (1986) seria o emprego de apenas um metal na constituição de um projeto. Na impossibilidade absoluta, usar isolantes elétricos entre metais de composição diferentes.

A corrosão ou “enferrujamento” do ferro somente acontece quando estão presentes tanto umidade como oxigênio. Em outras palavras, não há corrosão do ferro se o mesmo estiver mergulhado em água sem a presença de oxigênio (CHIAVERINI, 1986).

### **2.1.1 Tipos de Corrosão**

Inúmeros fatores influenciam no fenômeno da corrosão. A ação desses fatores é tão importante que é possível estabelecer conforme Chiaverini (1986), pelo menos em princípio e de modo amplo, uma classificação dos tipos ou formas de corrosão.

- **Corrosão uniforme ou ataque generalizado**

É o tipo que causa a maior destruição generalizada dos metais, e ocorre devido ao ataque químico ou eletroquímico da superfície do metal, cobrindo uma vasta área, e a ação prossegue ininterruptamente diminuindo a seção das peças até, eventualmente, sua falha definitiva.

- **Corrosão galvânica**

Ocorre devido à diferença de potencial que existe entre dois metais diferentes e que sejam mergulhados numa solução corrosiva ou condutora, ou seja, do ânodo (maior potencial) para o cátodo. A corrosão se processa pela dissolução do material do ânodo e produção de hidrogênio no cátodo, evidentemente a corrosão acontece no anodo.

- **Corrosão por depósito**

Este ocorre em áreas metálicas onde existem fendas, entalhes ou peculiaridades semelhantes, frequentemente ocorre intenso ataque corrosivo, sobretudo quando essas áreas estão sujeitas a serem corroídas. Esses materiais

depositados que podem provocar este tipo de corrosão são areia, sujeira em geral, produtos de corrosão ou outras substâncias sólidas.

- **Corrosão localizada**

É o tipo de corrosão traiçoeira, porque consiste em pequenos orifícios que se formam na superfície do metal, difíceis de detectar não só pelas suas dimensões como também porque frequentemente ficam mascarados por produtos de corrosão.

Este tipo de corrosão ocorre devido à ação do íon negativo do cloro que existe em algumas soluções aquosas. Portanto, são as soluções de cloreto (Cloro) que provocam mais frequentemente a corrosão localizada, inclusive em aços inoxidáveis, os quais na realidade são as ligas mais suscetíveis a este tipo de ataque.

- **Corrosão intergranular**

Esta corrosão aparece mais frequentemente em aços inoxidáveis austeníticos, onde ocorre empobrecimento de um dos elementos de liga do aço – cromo mais especificamente nos contornos de grão. Aços inoxidáveis austeníticos são os melhores sob o ponto de vista de resistência a corrosão, porém quando são aquecidos entre 510° e 790° eles tornam-se suscetíveis a esse ataque.

- **Corrosão seletiva**

O exemplo mais comum é a “dezincificação”, ou seja, a remoção de zinco nas ligas latão. Específico desse caso do latão, a teoria mais aceita para o fenômeno considera que o mesmo se realiza em três fases: o latão se dissolve; íons de zinco permanecem em solução; resíduo ou depósito de cobre recobre superficialmente o metal.

- **Corrosão por erosão**

Ocorre quando existe movimento relativo entre o meio corrosivo e o metal. Esse movimento provoca destruição das camadas superficiais protetoras, fazendo com que apareçam pequenas regiões anódicas em contato com grandes extensões catódicas. Um tipo particular de corrosão por erosão é a “cativação”, que ocorre, por exemplo, em turbinas hidráulicas, hélices de vapor, propulsores de bombas etc., ou onde ocorrem fluxos líquidos de alta velocidade e mudanças de pressão.

- **Corrosão sob tensão**

Como os contornos de grãos que representam áreas de maior energia, essa região é mais facilmente corroída que a região correspondente ao interior dos grãos, levando a fratura. Observamos esse tipo de corrosão em aços de alta resistência,

principalmente em ambientes contendo cloretos, e numa variedade de meios corrosivos, em aços inoxidáveis ferríticos e martensíticos e em aços inoxidáveis austeníticos, em meios clorídricos.

- **Corrosão por ação do hidrogênio**

É a chamada “fragilização pelo hidrogênio”, ocorre devido à interação do hidrogênio com os metais, por uma série de mecanismos, levando a modificações nas suas propriedades mecânicas, causada pela penetração de hidrogênio no metal, resultando em perda simultânea de resistência mecânica e de ductilidade, ocorre frequentemente durante os processos de “decapagem” – anteriores aos processos de proteção superficial, porém pode ser considerada um processo reversível, e a técnica mais comum para remover o hidrogênio consiste em aquecer o aço a temperaturas da ordem de 90° a 150°C por um determinado tempo.

Estes então sendo os principais e mais conhecidos tipos de corrosão do aço que comumente são vistos em peças ou componentes, podendo levar a falha diretamente do metal, causando até acidentes sem previsão pela falta de manutenção do metal.

### **2.1.2 Prevenção Contra Corrosão**

A corrosão, como é evidente, não pode ser totalmente evitada em condições normais de serviço. Os materiais de construção devem ser os mais homogêneos possíveis em termos de estrutura, composição e o meio onde se encontra, também deveria ser o mais uniforme possível para que conseguíssemos uma duração ótima nos equipamentos e peças (PUGLIESI; TRINDADE, 1986).

Para Chiaverini (1986) pode-se conseguir a prevenção da corrosão por diversos meios, ou seja: escolha apropriada de metais e ligas que se caracterizem por resistirem à corrosão; alteração do ambiente; emprego de revestimentos superficiais, os quais constituem uma película protetora que separa o meio ambiente do metal-base e proteção catódica.

A forma mais conhecida de prevenir a corrosão consiste em evitar o contato do metal com o meio corrosivo recobrando o metal com películas metálicas ou orgânicas, de espessura e composição adequadas. O zinco é o metal mais indicado e mais utilizado para proteger o aço contra a corrosão.

Os “inibidores” são substâncias adicionadas em pequenas quantidades no meio com o objetivo de reduzir a velocidade de corrosão, assim eliminam a

dissolução metálica e as reações de redução. Inibidores desse tipo são compostos orgânicos, como animais (CHIAVERINI 1986).

## 2.2 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DE METAIS

Os metais estão sendo utilizados pelo homem desde o início da civilização e com a evolução da tecnologia, o seu uso foi sendo cada vez mais aperfeiçoado, proporcionam grandes benefícios ao homem e à indústria, porém, existe o problema de que eles estão sujeitos à corrosão. Para solucionar o problema é necessário aperfeiçoar os meios de prevenção à corrosão. Esses meios consistem, principalmente, de procedimentos com relação ao tratamento das superfícies dos metais (GEOPCURSOS, 2012).

A tecnologia de tratamento de superfície, não é de hoje, já atingiu a maturidade naquilo que ela tem como objetivo principal: o combate à corrosão em aplicações metálicas e a qualidade do acabamento estético. No momento o maior desafio é reduzir o impacto ambiental desse processo, e nisso a indústria do setor está trabalhando em duas frentes distintas: a evolução tecnológica dos processos químicos utilizados no tratamento de superfície e a destinação adequada dos resíduos gerados (ZAPAROLLI, 2007?).

A tecnologia de tratamento de superfície no qual iremos nos deter será a Galvanoplastia com deposição de zinco por eletrodeposição.

### 2.2.1 Revestimentos Superficiais

Nos materiais metálicos que são suscetíveis de sofrerem ataque corrosivo, a aplicação de revestimentos superficiais constitui a técnica mais comum, e além dessa proteção, os revestimentos superficiais também atuam no sentido de conferir um aspecto decorativo à superfície metálica e, eventualmente, aumentar sua resistência ao desgaste (CHIAVERINI, 1986).

A eficiência dos revestimentos protetores depende muito do preparo prévio da superfície, de modo a torná-la livre de ferrugem, isenta de graxa e sujeira em geral, umidade; enfim, bem limpa. Essas impurezas presentes nas superfícies metálicas podem ser do tipo oleoso, como óleos minerais, óleos graxos, emulsões, óleo-graxa, óleos utilizados nos processos de conformação mecânica; do tipo semi-sólido, como parafina, graxas, ceras, sabões etc.; do tipo sólido, como resíduos carbonáceos, casca de óxido etc. (CHIAVERINI, 1986).

### 2.2.1.1 Revestimentos Metálicos

Várias técnicas são utilizadas para aplicação de revestimentos metálicos, entre as quais podem ser citadas por Chiaverini (1986) as seguintes: cladização, imersão a quente, eletrodeposição, metalização, difusão e outras de menor importância prática.

- **Cladização**

Processo que está se tornando comum, e este consiste em colocar o metal ou liga a serem protegidos entre camadas de um outro metal de maior resistência. Os produtos são geralmente na forma de lâminas metálicas ou chapas. O metal mais aplicado por essa técnica é o alumínio; e nesse caso a cladização é chamada alclad. Exemplos mais conhecidos correspondem a revestimento da liga duralumínio (liga à base de Al, com 4% Cu, 0,5% Mg e 0,5%Mn) com alumínio puro e de aço com alumínio puro. A operação nesses metais é efetuada por laminação a frio ou a quente.

- **Imersão a quente**

Neste processo já bastante utilizado, as peças a serem protegidas são mergulhadas num banho do metal protetor fundido. É empregada principalmente para revestimento de objetos de ferro ou aço com zinco (galvanização ou zincagem) e com estanho (estanhagem).

Na galvanização, forma-se nas superfícies das peças de ferro e aço uma camada aderente de zinco e compostos de zinco. Dessa forma, um revestimento galvanizado apresenta uma estrutura bastante complexa que varia grandemente de composição química e propriedades físicas e mecânicas.

- **Eletrodeposição**

Provavelmente é o processo de revestimento metálico mais empregado, pois por seu intermédio conseguem-se camadas superficiais de espessura fina, uniformes e isentas de poros. Os metais comumente depositados por essa técnica são zinco, estanho, cobre, níquel, cromo, cádmio, prata e ouro.

CPRH (2001) complementa que o processo de eletrodeposição é um processo de revestimento de materiais condutores ou não condutores que ocorre dentro do tanque de deposição, por metais a partir de uma solução contendo íons destes metais.

Ferreira e Leite (2008) também complementam que conceito de eletrodeposição é usado para definir o recobrimento de peças com um metal condutor ou alguma outra substância sendo resultado de uma emigração de partículas carregadas eletricamente a uma solução aquosa iônica com o auxílio de corrente elétrica, esta com o fim de impedir a deteriorização de peças devido à oxidação, corrosão ou ataque de bactérias.

Em princípio, a eletrodeposição é um fenômeno inverso ao da corrosão, isto é, enquanto na corrosão o metal é dissolvido na solução, na eletrodeposição o metal é depositado da solução.

A eficiência do processo depende de diversas variáveis que devem ser rigorosamente controladas: composição química do eletrólito, temperatura, densidade da corrente do cátodo etc. Controlando-se adequadamente essas variáveis, tem-se uma distribuição uniforme do revestimento na superfície das peças.

- **Metalização**

Esse processo consiste em aquecer um metal até a condição fundida ou semifundida, fazendo-o passar em forma de fio geralmente, através de uma fonte de calor em alta temperatura, desintegrando-a em partículas que são arremessadas contra a superfície da peça a proteger. No choque entre o metal fundido e o metal base da peça, as partículas achatam-se e aderem à superfície. As partículas depositadas posteriormente comportam-se da mesma maneira, aderindo em cima das depositadas anteriormente.

- **Difusão**

Esse processo consiste em colocar as peças que serão protegidas no interior de tambores rotativos onde se encontra uma mistura do metal protetor na forma de pó com um fundente. Todo conjunto é aquecido em altas temperaturas; em consequência, ocorre uma difusão do metal protetor nas peças a serem revestidas. Revestimentos comuns utilizando essa técnica são com alumínio, zinco e silício.

Processos mais utilizados no ramo de tratamento com depósito de metais, todos com a mesma finalidade, que é a proteção do metal, a fim de evitar a corrosão.

#### 2.2.1.2 Revestimentos não-metálicos inorgânicos

São os processos segundo Chiaverini (1986), em que os revestimentos resultam de reações químicas entre o material metálico e o meio em que são

colocados, formando produtos insolúveis que em seguida protegem o material contra posterior ataque.

- **Anodização**

É um processo de tratamento superficial específico de alumínio em que, numa célula eletrolítica, as peças a serem protegidas constituem o ânodo, transformando a superfície do alumínio em óxido de alumínio. Tem por objetivos aumentar a resistência à corrosão, aumentar a aderência de tintas, melhorar a aparência da superfície, dar melhor resistência à abrasão.

- **Cromatização**

Revestimentos de cromatização são obtidos a partir de soluções contendo cromatos ou ácido crômico, com adição de ativadores como sulfatos, nitratos, cloretos, fosfatos, fluoretos etc., e pode ser aplicado em alumínio, magnésio, zinco e cádmio principalmente; e eventualmente em ferro, aço, cobre, ligas de níquel, de titânio e de zircônio.

- **Fosfatização**

Este processo objetiva um tratamento prévio da superfície para posterior aplicação de pintura. A superfície somente fosfatizada tem sua resistência à corrosão elevada em cerca de cinco vezes e se recoberta com duas demãos de tinta, de base sintética, essa proteção melhora 600 vezes.

Os revestimentos fosfatizados são geralmente de três tipos, o revestimento de fosfatos de zinco, o revestimento de fosfato de ferro e o revestimento de fosfato de manganês. Todos aplicados por imersão ou nos dois primeiros casos também por pulverização.

- **Esmaltação à porcelana**

Esmalte à porcelana é um revestimento vítreo, e são aplicados principalmente em chapas de aço e produtos de aço, ferro fundido e alumínio, onde melhora a aparência superficial e confere à superfície metálica, resistência à corrosão.

Os componentes para o processo são completamente misturados e fundidos, O material é, em seguida, resfriado, pelo seu vazamento em água, é secado e finamente moído. Sua aplicação geralmente feita em uma suspensão em água.

Todas essas proteções são originadas de algum depósito de material, com o auxílio químico de produtos, para facilitar a ação dos mesmos.

### 2.2.1.3 Revestimentos não-metálicos orgânicos

As tintas constituem ainda a maior parte dos revestimentos anticorrosivos, são de mais fácil aplicação e na maioria das vezes, o processo de menor custo (CHIAVERINI, 1986).

Segundo Chiaverini (1986) é um revestimento orgânico que consiste basicamente nos seguintes componentes: veículos, resinas, vernizes, silicones, pigmentos, cargas, solventes e secantes. A seguir Chiaverini (1986), traz uma breve explicação de cada componente:

- Veículos sua função essencial é formar a película, além de agregar os pigmentos e as cargas, na qual faz com que torne parte integrante da película.
- Os vernizes óleo-resinosos são os primeiros veículos formadores de películas que foram utilizados para proteção contra a corrosão, e apresentam quatro constituintes fundamentais: óleos, as resinas, os solventes, e secantes.
- As resinas alquídicas também muito usadas, talvez as mais usadas, em revestimentos superficiais. São classificadas como poliésteres e constituídas principalmente de resina fenólica.
- As resinas epóxi constituem igualmente importante veículo e suas matérias-primas são monômeros.
- As poliuretanas, assim como as resinas epóxi, são veículos mais modernos e igualmente eficazes. Obtidas pela reação entre um poliéster e um isocianato.
- Os silicones que são polímeros sintéticos, semi-orgânicos, que podem ser obtidos em forma de fluidos, elastômeros e resinas. Revestimentos à base de silicones podem ser usados a temperaturas até 300°C, sendo que, até 200°C, as películas resultantes possuem duração praticamente ilimitada.
- Os pigmentos possuem natureza inorgânica e orgânica. Os inorgânicos são naturais e sintéticos e os mais importantes são: dióxido de titânio, branco; carbonato de chumbo, branco; óxido de zinco, branco; óxido de ferro, em várias cores e outros (à base de antimônio, de cádmio etc.).
- As cargas que também são compostos inorgânicos têm por objetivo principal reduzir o custo das composições, entre as cargas utilizadas incluem-se: hidróxido de alumínio, sulfato de cálcio, dolomita, magnesita, talco, mica sílica, quartzo etc.

- Finalmente, os solventes que podem ser hidrocarbonatos (aguarrás, naftas leves e pesadas, tolueno, xileno, naftas aromáticas), e os sintéticos (etanol, metil-cetona, acetato de etila, acetato de butila, glicóis etc.).
- Materiais secantes possuem função principal de proporcionar uma polimerização mais rápida do veículo, e são constituídos geralmente de naftenatos, octoatos, linoleatos de diversos metais como cobalto, chumbo, manganês, cálcio etc.

#### 2.2.1.4 Proteção Catódica

É o processo também chamado de proteção galvânica, onde constitui um método eletroquímico em que a estrutura a ser protegida e o ânodo usado para proteção devem estar em contato elétrico e eletrolítico. Este método é aplicável somente em materiais metálicos como aço, cobre, latão, alumínio e chumbo, e em torno dos quais exista eletrólito, como água ou solo úmido (CHIAVERINI, 1986).

Existem dois sistemas para proteção catódica, um é com ânodos de sacrifício, onde a força eletromotriz é produzida por um metal apresentando no meio considerado um potencial maior que o metal a ser protegido, e a proteção catódica forçada onde força eletromotriz é suprida por um gerador, bateria ou retificador e emprega-se um ânodo auxiliar que pode ser metálico ou não metálico para condução dos elétrons (CHIAVERINI, 1986).

### 2.3 GALVANOPLASTIA POR ELETRODEPOSIÇÃO (ZINCAGEM).

No ano de 1741, o químico francês Melouin descobriu que fazendo recobrimento do aço com zinco poderia protegê-lo da corrosão. Já em 1837, o engenheiro Sorel patenteou a galvanização à fogo utilizando o termo galvanização (do nome de Luigi Galvani, 1737-1798, um dos primeiros cientistas interessados na eletricidade) porque o que protege o aço é a corrente galvânica. Denomina-se desta maneira porque quando o aço e o zinco entram em contato em um meio úmido é criado uma diferença de potencial elétrico entre os metais (VANDERHOEVEN, 2012).

A galvanoplastia é então um tratamento de superfície que consiste em depositar um metal sobre um substrato, para proteção, melhor condutividade e melhor capacitação para se soldar sobre a superfície tratada (REALUM, 2012).

Chamamos de zincagem, de acordo com Buzzoni (1991) o processo galvanotético no qual o metal protetor é o zinco. Esse processo pode ser feito por

meio de banhos alcalinos ou banhos levemente ácidos. Com a cobertura de zinco, Vanderhoeven, (2012) diz que mesmo que uma pequena área fique exposta, o metal base não sofre efeitos de corrosão, porque o zinco sendo anódico ele aumentará sua taxa de corrosão corroendo-se e protegendo catódicamente a área descoberta.

A atividade galvânica é predominante nas indústrias do setor metal-mecânico, em fabricação de peças automotivas, máquinas equipamentos agrícolas e motores em geral. Também em setores como de eletroeletrônico, calçadista, cutelaria e ferramentas também utilizam peças com revestimentos, seja para melhorar a durabilidade dos componentes ou para efeito decorativo (TOCCHETTO 2004).

O aço revestido com camada de zinco, na verdade, está protegido de acordo com Valdir (2012), de duas maneiras distintas: Se a camada de zinco se mantiver contínua, sem qualquer perfuração, essa atua como uma barreira evitando que o oxigênio e a água entrem em contato com o aço, inibindo assim a oxidação. Se acaso tiver qualquer descontinuidade, com a presença do ar atmosférico, que possui umidade, o zinco passa a atuar como ânodo, se corroendo no lugar do ferro.

Para executar o processo de galvanoplastia por eletrodeposição a instalação para esse requer alguns componentes: um retificador responsável pela fonte de energia contínua; barramentos para condução de energia; tanque para depósito da solução; solução, os ânodos que são ligados no barramento interno do tanque no pólo positivo, e monovia ou sistema de elevação para movimentação das peças (BUZZONI, 1991).

Cada componente deve ser corretamente dimensionado a fim de ter um correto funcionamento e melhor rendimento, sem perdas de energia ou alguma deficiência que possa atrapalhar o processo.

### **2.3.1-Tanque De Deposição De Zinco**

Existem diversos tipos de tanques, cada um com o uso que se destinam, naturalmente o material que é feito depende do líquido e temperatura que o mesmo irá ter, enquanto o tamanho depende da qualidade e da quantidade dos objetos a serem tratados (BUZZONI, 1991).

Os tanques conforme Buzzoni (1991), devem ser retangulares, podendo todavia, ser redondo, alongado, e muito fundos. A sua colocação deve manter o tanque isolado do solo a fim de não sofrer o efeito da umidade.

A matéria-prima básica utilizada na fabricação destes tanques é o Polipropileno, um termoplástico de engenharia de altíssima qualidade e tem por natureza, excelente resistência química, ideal para esta aplicação (IMAKE, 2012).

O tanque de deposição de zinco também utiliza sistemas para deposição, baseado na eletrodeposição, juntamente com algum outro sistema de elevação, visto que com a profundidade do tanque, inviabiliza o contato direto do operador.

### 2.3.2 Polipropileno (PP)

O polipropileno conhecido internacionalmente como PP teve seu desenvolvimento em 1954 e iniciou sua comercialização em 1957 em Ferrara na Itália, sua produção e uso têm um espetacular progresso, e a boa aceitação do PP é porque o mercado quer plásticos de engenharia com preços de *commodities*. No mundo aproximadamente, 15% de todo plástico produzido é em PP já no Brasil o PP representa em torno de 23% dos termoplásticos consumidos (MANRICH, 2005).

De acordo com Manrich (2005) este material compete continuamente com outros plásticos de engenharia onde modernos processos de polimerização garantem o controle do peso molecular e de estruturas supermoleculares durante a transformação.

Conforme Mano (1983) este material possui algumas propriedades que justificam ser o mais procurado:

- **Propriedades físicas;** são aquelas que não envolvem qualquer modificação estrutural a nível molecular dos materiais. Dentre elas, incluem-se as propriedades mecânicas, térmicas, elétricas e óticas. São características avaliadas por métodos clássicos, descritos em detalhes em normas de cada país, quando existem.

- **Propriedades mecânicas;** compreendem a totalidade das propriedades que determinam a resposta dos materiais às influências mecânicas externas; manifestam-se pela capacidade desses materiais desenvolverem deformações reversíveis e irreversíveis, e resistirem à fratura. As mais importantes propriedades mecânicas decorrem de processos onde há grandes relaxações moleculares, como relaxação sob tensão, escoamento sob peso constante e histerese.

- **Propriedades térmicas;** são polímeros maus condutores de calor e a capacidade de transferir calor, isto é, conduzir calor. A capacidade deste material em armazenar calor é avaliada pelo calor específico e as alterações de dimensão, devidas às mudanças de temperatura, são estimadas através da expansão térmica.

• **Propriedades químicas;** as propriedades químicas de maior importância dos materiais poliméricos são diretamente relacionadas às suas aplicações, como de exemplo a resistência à oxidação, ao calor, às radiações ultravioletas, à água, a ácidos e bases, a solventes e a reagentes.

A resistência à água em polímeros se avalia pela absorção de umidade, que aumenta as dimensões da peça, o que pode prejudicar a aplicação em trabalhos de precisão (MANO, 1983).

Ácidos em geral podem causar a parcial destruição das moléculas poliméricas, se houver nelas grupamentos sensíveis à reação com ácidos. As soluções alcalinas (básicas), em maior ou menor concentração, são bastante agressivas a polímeros, dessa forma, as resinas fenólicas e epoxídicas, bem como os poliésteres insaturados, são facilmente atacados por produtos alcalinos (MANO, 1983).

Callister (2011) afirma que o PP é resistente a distorção térmica, possui resistência a fadiga, quimicamente inerte, possui resistência ruim a luz UV.

Também podemos usar o PP em tanques de produtos químicos, tubulações de produtos químicos, mesa para indústria de alimentos, aparelhos ortopédicos, engrenagem para galvanoplastia, mesa de laboratório, tambor rotativo para galvanoplastia, bombas de retorno, placas de filtro prensa, exaustores, e dutos anticorrosivos (ALBUQUERQUE, 2001).

Para poder ter todos esses benefícios no polipropileno, ele deve ser quimicamente alterado, incorporando em sua composição alguns aditivos, e de acordo com Manrich (2005) os mais comumente utilizados são: os pigmentos, negro-de-fumo, retardantes de chama e corantes.

### **2.3.3 Retificador**

Retificador é uma fonte externa que fornece elétrons, máquina elétrica que transforma a corrente elétrica alternada em corrente contínua, sua construção é simples e sólida, operando em baixas temperaturas e não existindo partes móveis, sua vida é considerada como ilimitada. Este tipo de retificador é desenhado para serviços galvanotécnicos, onde é requerida grande quantidade de energia. (BUZZONI, 1991).

Ainda conforme Buzzoni (1991), cada retificador é um conjunto completo e incluindo as unidades retificadoras, transformador trifásico, ventilador e peças

auxiliares. Possui ligações internas em dois grupos, dando assim a possibilidade de ligar dois em paralelo ou serie, assim podendo dar maior flexibilidade ao conjunto.

#### **2.3.4-Máquinas de elevação**

Máquinas de elevação são parte integrante do equipamento mecânico de toda empresa industrial moderna, inúmeros projetos dessas máquinas são resultados de uma grande variedade de espécies, uma diversidade de carga são movidas e sem a qual a produção seria impossível. De modo geral são empregados na Engenharia Mecânica e pode incluir vários tipos, como estacionários, giratórios, em balanço, rolante, etc. (RUDENKO, 1976).

As máquinas de levantamento se destinam a movimentação horizontal e vertical na indústria e nos canteiros de obra de equipamentos e materiais (HAROLDO, 1985).

Estas máquinas são diferenciadas conforme Haroldo (1985) no seu funcionamento específico, pois os guinchos são compostos essencialmente de tambor e cabo, motor e chassi e destinam se a elevação e ao arraste de cargas. A ponte rolante possui uma estrutura horizontal que permite o movimento transversal de um guincho e os especiais usam sistema similar a talha, porém com outro tipo de multiplicador de força

No caso do levantamento de peças na empresa, podemos classificar como sendo um dispositivo especial, onde misturam-se as funcionalidades da talha, do guincho e da ponte rolante, e o sistema que será implantado na metalúrgica Envall será do tipo estacionário com elevação por 3 cabos de aço.

##### **2.3.1.5-Cabos de Aço**

Amplamente usado em máquinas de elevação, o cabo de aço tem vantagens em relação a correntes, maior leveza, menor suscetibilidade a dano devido a solavancos, operação silenciosa e maior confiança. São fabricados com fios de aço com resistência de 130 a 200 kgf/mm<sup>2</sup>, o que é maior que no caso de correntes (RUDENKO, 1976).

Elementos flexíveis constituintes básicos dos aparelhos de suspensão de carga composto essencialmente de arames de aço de alta resistência formando pernas ou toro, os quais envolvem um núcleo chamado alma (HAROLDO, 1985).

#### 2.3.1.6-Redutor

Estes mecanismos com uso universal nas máquinas de levantamento têm por função compatibilizar as rotações dos motores comerciais com a rotação dos tambores, de preferência se trabalha com cárter com óleo, seu cálculo deve se adaptar de acordo com o conceito de cada máquina (HAROLDO, 1985).

#### 2.3.1.7-Motor Elétrico

Os motores elétricos de corrente alternada e velocidade constante são os mais empregados nas máquinas de levantamento. O motor e suas especificações dependem das características da carga a ser acionada, do ciclo de partida, de fatores ligados a aquecimento do motor, levando em conta que na maior parte das vezes uma operação em carga e outra em vazio (HAROLDO, 1985).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

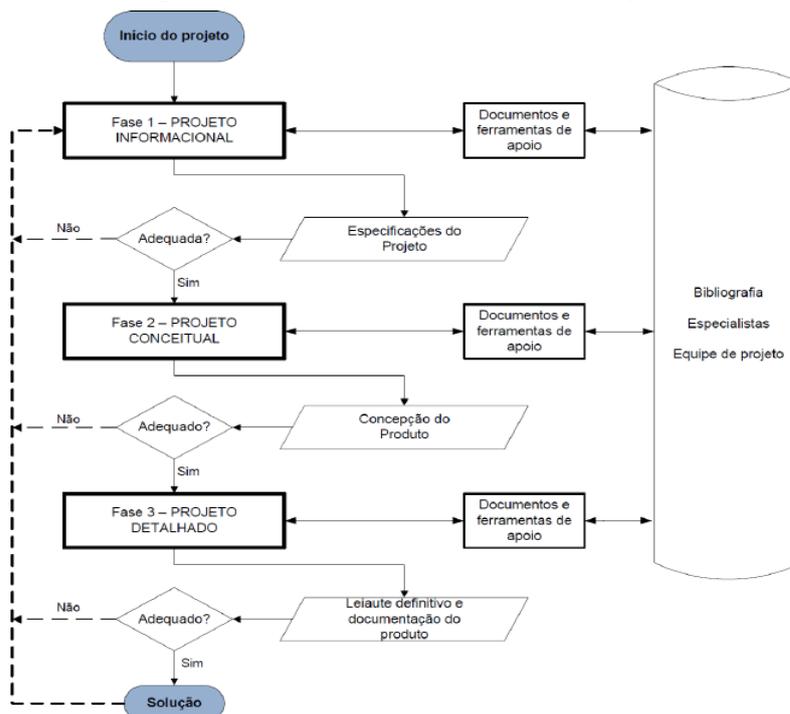
Pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático, que tem por objetivo proporcionar respostas a problemas propostos a essa pesquisa e é desenvolvida mediante consulta dos conhecimentos disponíveis e utilização cuidadosa de métodos (GIL, 2002).

Para atender a necessidade de solução do problema em foco, foi utilizada no trabalho a ser realizado uma metodologia de projeto de produto considerada consensual na área de projeto de produto. Trata-se de uma metodologia forjada por diversos autores, que resultou no modelo apresentado por Reis (2003) e adaptado por Mantovani (2011) e Forcellini (2002) conforme Figura 1. Essa metodologia de projeto de produto prevê a existência de três fases distintas, quais sejam:

- Fase 1 – Projeto Informacional
- Fase 2 – Projeto Conceitual
- Fase 3 – Projeto Detalhado

O projeto para o tanque de deposição de zinco somente terá seguimento ate a fase de projeto conceitual.

Figura 1 - Modelo de Processo de Projeto.



Fonte - Reis *apud* Mantovani (2011).

### 3.2- PROJETO INFORMACIONAL

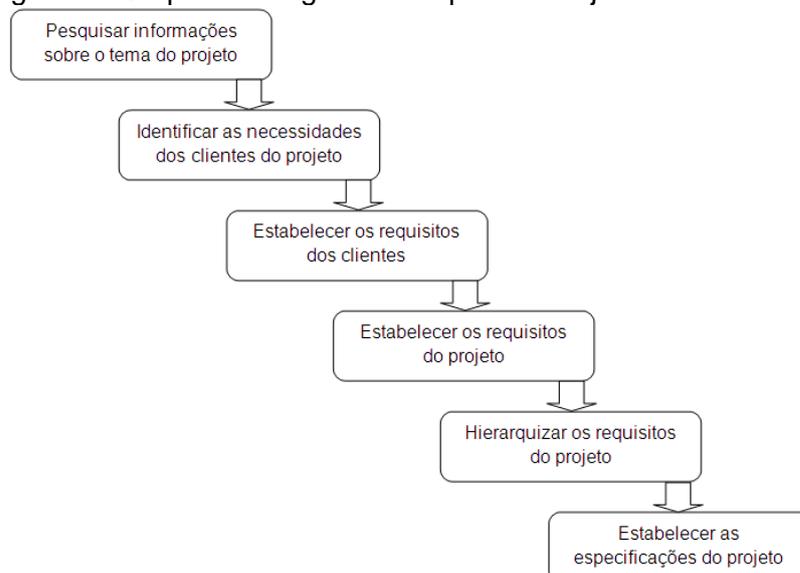
Na fase de projeto informacional que tem por entrada o problema a ser resolvido busca-se ao final estabelecer as especificações do projeto que segundo Roozenburg & Eekels *apud* Forcellini (2002), cria a necessidade do desenvolvimento de um novo produto. O esclarecimento da tarefa consiste na análise detalhada do problema de projeto, buscando todas as informações necessárias ao pleno entendimento do problema. O modelo de produto obtido ao final dessa etapa é a especificação do projeto, que é uma lista de objetivos que o produto a ser projetado deve atender a partir dessa etapa.

O objetivo desta fase segundo Amaral et al, (2006) é, a partir das informações levantadas no planejamento e em outras fontes, desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível, chamado de especificações-meta do produto. Essas especificações, além de orientarem a geração de soluções, fornecem a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação e de tomada de decisão utilizados nas etapas posteriores do processo de desenvolvimento.

Em seguida, parte-se para a definição do problema de projeto na qual se busca o entendimento claro e completo do problema a ser enfrentado. Além de aprofundar as informações obtidas na fase de planejamento, são buscadas com detalhes outras informações sobre aspectos tecnológicos (AMARAL et al, 2006).

Reis (2003) identifica uma sequência lógica de etapas nesta fase de projeto. O resumo das tarefas é mostrado no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 - Sequência Lógica de Etapas do Projeto Informacional.



Fonte - Adaptado de Reis 2003.

Cada etapa do Projeto Informacional pode ser detalhada conforme Reis (2003) nessa maneira, que fornece uma especificação adequada aos objetivos do projeto.

### **3.2.1- Pesquisar informações sobre o tema do projeto**

A pesquisa por informações técnicas deve apoiar-se, na bibliografia disponível (artigos, livros, catálogos de máquinas) e em análises de sistemas técnicos semelhantes (REIS & FORCELLINI, 2006).

Nessa fase do projeto as informações técnicas obtidas são importantes em várias etapas, desde a identificação de necessidades, até o estabelecimento final das especificações do projeto, quando será necessária a fixação de metas onde podem ser obtidas a partir do ciclo de vida de outros produtos semelhantes (MANTOVANI, 2011).

Fonseca (2000) aconselha que o ciclo de vida deve atender alguns fatores, quais sejam:

- Tipo de produto a ser projetado;
- Tipo de projeto a ser executado;
- Consumo;
- Características de funcionamento;
- Características de uso e manuseio;
- Possibilidade de Manutenção;
- Filosofia de desativação.

De modo geral, os modelos do ciclo de vida fornecem uma descrição gráfica da história do produto, especificando os estágios pelos quais o produto passa. O início do ciclo fica marcado pelos primeiros esforços organizados e planejados para criar o produto. O ciclo de vida do produto não acaba quando sua manufatura ou venda é descontinuada, existem produtos que são usados por muito tempo depois das vendas terem sido encerradas. Do ponto de vista da empresa, o final de um ciclo de vida de um produto é quando acaba o suporte pós-vendas do produto. Desse modo, é marcado o fim de qualquer forma de compromisso da empresa com o suporte ao produto (AMARAL et al, 2006).

### **3.2.2- Identificar as necessidades dos clientes do projeto**

O ciclo de vida do produto, junto com a identificação dos clientes do produto, fundamenta o desenvolvimento de questionários de levantamento das necessidades do cliente (MANTOVANI, 2011).

A definição dos clientes é fundamental para levantar as necessidades, que devem ser definidas antes de tomar decisões importantes. Visa-se estabelecer uma filosofia de abordagem que hierarquize os clientes, considerando não somente os usuários diretos do produto, mas todo o pessoal envolvido nas fases do ciclo de vida, como os fabricantes, vendas, pessoal de manutenção e reciclagem, entre outros (FONSECA, 2000).

As necessidades “brutas”, na forma de variáveis linguísticas podem ser obtidas através de listas de verificação, por observação direta, entrevistas aos grupos de foco, ou usando qualquer outro método de interagir com os diferentes clientes. Faz-se um processamento dessas necessidades inicialmente obtidas, classificando-as, ordenando-as e agrupando-as (AMARAL et al, 2006).

As necessidades serão agrupadas de acordo com as fases do ciclo de vida correspondente ou por afinidades. Com esse agrupamento possibilita-nos verificar as necessidades similares, eliminando-se as repetições e aquelas necessidades pouco relevantes para o projeto (AMARAL et al, 2006).

### **3.2.3- Estabelecer os requisitos dos clientes**

Na atividade anterior tem-se a obtenção da voz dos clientes na forma das suas necessidades, essa é levada a linguagem dos projetistas. Entretanto, esses requisitos dos clientes geralmente estão ainda na forma de necessidades sem estarem associados às características mensuráveis do produto (AMARAL et al, 2006).

As necessidades são informações que tendem a expressar os desejos dos clientes, normalmente de uma forma qualitativa, e, em alguns casos, em termos subjetivos e vagos, mas, informações nessas condições não permitem uma condição precisa, necessária para o desenvolvimento adequado de um produto (AMARAL et al, 2006).

O desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes é um trabalho feito em equipe. As necessidades levantadas são distribuídas ao longo do ciclo de vida do produto a fim de identificar mais facilmente quais delas são

claramente redundantes, e após isso cada uma das necessidades é estudada e, se necessário, decomposta com o intuito de descobrir, em linguagem de engenharia, o que o cliente realmente quer (MANTOVANI, 2011).

#### **3.2.4- Estabelecer os requisitos do projeto**

Segundo Amaral et al (2006), é fundamental que as informações que irão caracterizar o produto estejam de acordo com a linguagem técnica de engenharia. Ou seja, “dizer em números”, expressão essa que significa que o produto a ser desenvolvido deve ser descrito por meio de características técnicas, possíveis de serem mensuradas por algum tipo de sensor.

Fonseca (2000) possui uma sistematização simples para converter necessidades em requisitos de usuário onde propõe que todo requisito de usuário é:

- Uma frase curta com verbos ser, estar ou ter, seguida de um o mais substantivos, ou;
- Uma frase sem os verbos ser, estar ou ter, seguida de um ou mais substantivos, denotando, neste caso, uma possível função do produto.

Assim, os parâmetros mensuráveis associados à descrição do desempenho esperado são os chamados do produto ou requisitos de engenharia, e essa obtenção dos requisitos do produto a partir dos requisitos do cliente se constitui a primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado (AMARAL et al, 2006).

#### **3.2.5- Hierarquizar os requisitos do projeto**

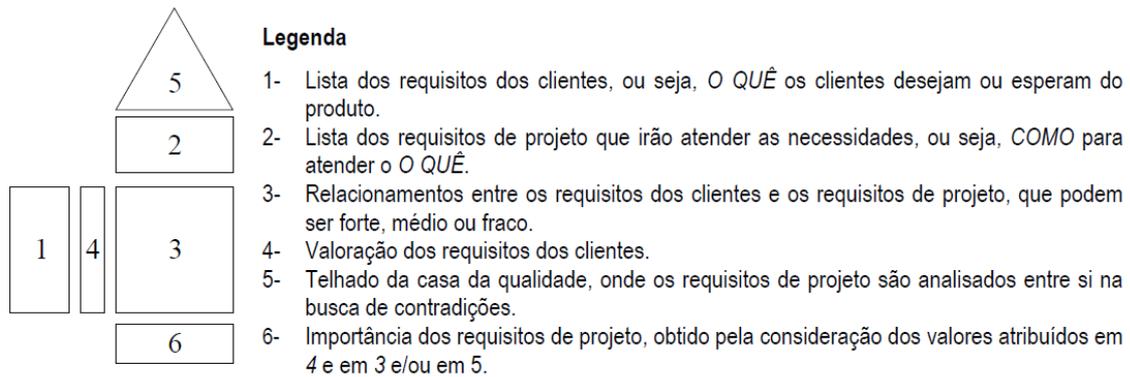
A primeira tarefa, dentro dessa etapa, é valorar os requisitos dos clientes. A ferramenta empregada para implementar essa comparação foi o diagrama de Mudge, que compara as funções de um produto dentro da técnica de análise de valor (REIS E FORCELLINI, 2006).

O diagrama de Mudge consiste de uma matriz onde tanto a primeira coluna como a primeira linha são compostas pelos itens em comparação (requisitos dos clientes, no caso). Comparam-se cada requisito das linhas com todos os requisitos das colunas, exceto os iguais (MANTOVANI, 2011).

A segunda tarefa da etapa é a aplicação da matriz da casa da qualidade, Figura 3 ou primeira matriz do QFD (Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade). Esta ferramenta auxilia a transformação das necessidades

dos clientes em características mensuráveis, que ao serem incorporadas no projeto se constituem nos requisitos de qualidade, fazendo com que requisitos de projeto obtidos visam à qualidade (REIS E FORCELLINI, 2006).

Figura 3 - Esquema de construção da matriz da casa da qualidade.



Fonte - Reis, 2003.

Uma das atividades mais importantes na matriz da casa da qualidade é estabelecer o grau de relacionamento entre os requisitos dos clientes, o que deve ser feito e como deve ser feito. No telhado da casa da qualidade, cada um dos requisitos do projeto é confrontado com todos os demais, procurando-se identificar qual o efeito da obtenção individual de cada um deles sobre todos os demais (REIS E FORCELLINI, 2006).

### 3.2.6- Estabelecer as especificações do projeto

Os requisitos de projeto obtidos e hierarquizados nas etapas anteriores representam os objetivos do projeto de forma qualitativa, não permitindo, por si só, a continuidade do trabalho, pois não há, entre outras coisas, metas a serem atingidas, sendo assim aplica-se o quadro de especificações de projeto, que nada mais é do que o local onde os requisitos de projeto são associadas informações (REIS E FORCELLINI, 2006).

A diferença entre requisito de projeto e especificação de projeto está na definição, das metas, objetivos e restrições, que nas especificações de projeto, precisam ser definidas (FONSECA, 2000).

É bom avaliar a correlação entre os requisitos de produto, pois pode haver uma correlação positiva ou negativa no atendimento dos requisitos dos clientes, ou seja, alguns valores de um requisito do produto podem ter de ser aumentado para atender

alguns requisitos dos clientes, mas, ao mesmo tempo, isso causa outro efeito negativo em outro (AMARAL et al, 2006).

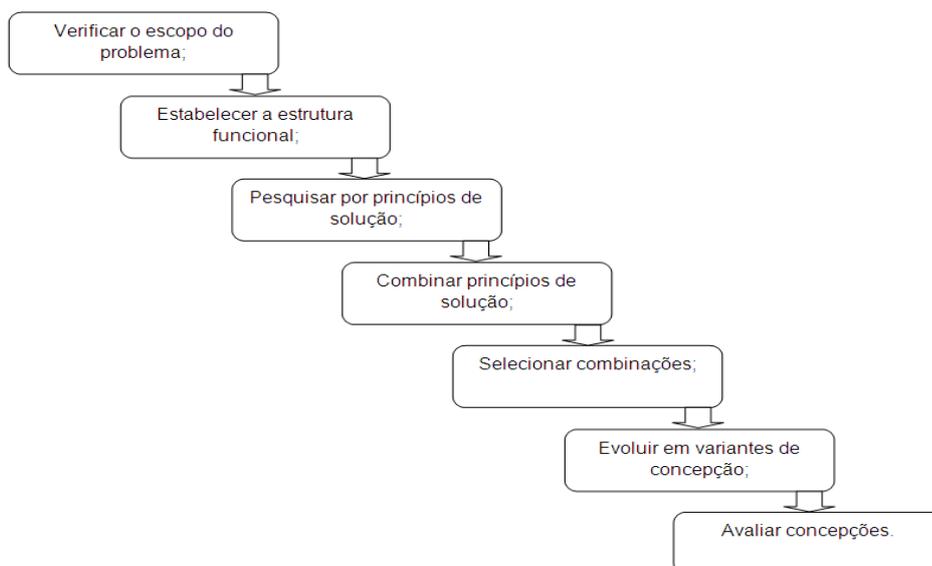
### 3.3- PROJETO CONCEITUAL

Diferentemente da fase de projeto informacional que trata, basicamente, da aquisição e transformação de informações, na fase de projeto conceitual, as atividades relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. A busca por soluções já existentes na maioria dos casos são feitas pela observação de produtos similares descritos em livros, artigos, catálogos e bases de dados de patentes ou até mesmo por benchmarking. A criação de soluções é livre de restrições, porém é direcionada pelas necessidades, requisitos e especificações de projeto do produto, e auxiliando por método de criatividade (AMARAL et al, 2006).

As soluções podem ser representadas por meio de esquemas, croquis e desenhos que podem ser manuais ou computacionais, e é muitas vezes realizada em conjunto com a criação. Essas soluções são feitas com base em métodos apropriados que se apoiam nas necessidades ou requisitos previamente definidos (AMARAL et al, 2006).

Na Figura 4 Reis (2003) identifica a sequência de etapas a ser seguida nesta fase de projeto.

Figura 4 - Sequência Lógica de Etapas do Projeto Conceitual.



Fonte - Adaptado de Reis, 2003.

O detalhamento de uma concepção deve permitir a continuidade do projeto a partir desse ponto e a avaliação de sua viabilidade. Para tanto, a concepção deve ser desenvolvida até que se possam representar os princípios de solução para as funções (FORCELLINI, 2002).

O projeto conceitual é a etapa que se tem por mais importante na fase de projeto de um produto, é nela que as decisões tomadas influenciam sobremaneira os resultados das fases subsequentes (FORCELLINI, 2002).

### **3.3.1- Verificar o escopo do problema**

Segundo Forcellini (2002), busca-se nesta fase fazer um estudo compreensivo do problema num plano abstrato, de forma a abrir caminho para soluções melhores. Nesse sentido, a abstração significa ignorar o que é particular ou casual e enfatizar o que é geral e essencial, pois previne que a experiência do projetista ou da empresa, preconceitos e convenções interponham-se entre a especificação do projeto e a melhor solução para o problema.

Os autores indicam que essa generalização conduz direto ao cerne da tarefa, fazendo com que a formulação da função global e o entendimento das restrições essenciais se tornem claras sem a consideração prévia de uma solução (MANTOVANI, 2011).

### **3.3.2- Estabelecer a estrutura funcional**

A formulação do problema é feita ainda de forma abstrata, através das funções que o produto deve realizar, independente de qualquer solução particular. O estabelecimento criterioso da função global do sistema, feito na etapa anterior, permite que o resultado, ao final seja a estrutura de funções elementares, ou estrutura de operações básicas, caso se trabalhe com funções de baixa complexidade ou padronizadas (REIS, 2003).

Para auxiliar o time de projeto, a modelagem funcional descreve os produtos em um nível abstrato, possibilitando a obtenção da estrutura de produto sem restringir o espaço de pesquisa a soluções específicas. Os modelos funcionais permitem que o produto seja representado por meio das funcionalidades, tanto as realizadas externamente ao produto em sua interação com o ambiente quanto as funções internas ao produto, realizadas pelas suas partes (AMARAL et al, 2006).

As funções descrevem capacidades desejadas ou necessárias que tornarão um produto capaz de desempenhar seus objetivos e especificações (AMARAL et al, 2006).

### **3.3.3- Pesquisar por princípios de solução**

A ênfase aqui é passar do abstrato ao concreto, da função à forma. Para cada uma das subfunções da estrutura funcional escolhida anteriormente é atribuído um princípio de solução. É necessário, a partir do correto entendimento da subfunção, a busca de um efeito físico para alcançar o objetivo da subfunção em questão. Um aspecto importante nessa etapa é a intenção obter vários efeitos físicos, possibilitando se chegar a uma solução otimizada para o problema (FORCELLINI, 2002).

A partir dos princípios de solução para as funções que compõe a estrutura de funções desenvolvidas e selecionadas para o sistema, o próximo passo em direção a elaboração de modelos de concepção é a combinação dos princípios de solução individuais para formar os princípios de solução totais para o produto (AMARAL et al, 2006).

Amaral et al, (2006) indica a matriz morfológica, que é uma importante ferramenta para a combinação de princípios de solução individuais em princípios de solução totais para o produto, que dispõe simultaneamente as funções que compõem a estrutura funcional escolhida para o produto e as diversas possibilidades de solução para elas.

### **3.3.4- Combinar princípios de solução**

Obtidos os princípios de solução para cada uma das subfunções da estrutura funcional do produto, a próxima função é combiná-los de forma a atender a função global do sistema. Empregando a matriz morfológica ficam estabelecidas combinações de princípios de solução entre as subfunções da estrutura funcional (linhas da matriz). Cada uma das linhas da matriz pode apresentar inúmeros princípios de solução, gera-se, rapidamente, um grande número de soluções alternativas, porém é necessário limitar o número de combinações (REIS, 2003).

Roozenburg & Eekels *apud* Reis (2003) sugerem que seja realizada uma análise das colunas da matriz morfológica para posicionar primeiramente os princípios de solução mais adequados para a subfunção.

### **3.3.5- Selecionar combinações**

As combinações de soluções devem minimizar o risco de eliminar uma solução promissora e há que se empregar uma seleção que se adapte à pequena quantidade de informações disponíveis nessa etapa (REIS, 2003).

Reis (2003) indica uma comparação, fazendo julgamento de viabilidade, disponibilidade de tecnologia, e atendimento as especificações da necessidade do cliente são exemplos que podem ser levados em conta nas combinações de maior importância ao desenvolvimento do produto.

### **3.3.6- Evoluir em Variantes de concepção**

Para Mantovani (2011), o nível de detalhamento de uma concepção deve permitir a continuidade do projeto a partir desse ponto e a avaliação de sua viabilidade. Os princípios de solução obtidos na etapa anterior devem ser bem representados, antes que se tome a decisão sobre qual das soluções seguir.

Nesse momento podem ser utilizados suposições e desenhos simplificados de possíveis leiautes, formas, requisitos, compatibilidade entre funções, etc. para que com isso a concepção do produto possa desempenhar as funções principais, sendo assim finalmente fixadas (Mantovani, 2011).

### **3.3.7- Avaliar concepções**

Dispomos nesta etapa de poucas variantes de concepção, e emprega-se então a técnica da matriz de avaliação. Deve-se buscar a compreensão de todas as incertezas evidenciadas durante o processo de avaliação, para que a identificação tardia de pontos fracos não prejudique o desenvolvimento da concepção do projeto posteriormente (REIS, 2003).

Os critérios de avaliação podem ser algumas ou todas as especificações, e, em determinados casos, as necessidades dos clientes podem ser tomadas como critérios. Além desses, poderão ser adicionados outros critérios relacionados a outros aspectos, tais como estética do produto (AMARAL et al, 2006).

Uma das concepções geradas é escolhida como referência, e todas as outras concepções são comparadas com essa referência. No final desse processo, tem-se um valor numérico atribuído e montado para cada concepção (AMARAL et al, 2006).

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados os resultados da análise feita para o projeto através da metodologia de projeto de produto, apresentada no capítulo anterior, onde demonstra-se o modelo final da concepção do produto até a fase conceitual.

Para melhor forma de apresentação o modelo está apresentado em desenho Cad 3D, sendo que para esse fim foi utilizado o software *SolidWorks*.

### 4.1. PROJETO INFORMACIONAL

Nesta fase específica são apresentadas as necessidades básicas dos clientes, transformadas em requisitos dos clientes e adaptada a língua técnica, os requisitos do projeto. Especificações estas necessárias para o desenvolvimento do novo produto.

#### 4.1.1. Pesquisar informações sobre o tema do projeto

Buscou-se definição do ciclo de vida do produto através dos requisitos importantes em sistemas similares que existem em outras empresas de galvanoplastia, buscando ter o melhor sistema para execução do processo.

Tanques de deposição de zinco são equipamentos de fácil operação e manutenção, que possuem um sistema simples de fácil entendimento, onde com pequena prática, um operador consegue trabalhar facilmente.

As fases para o ciclo de vida do tanque de deposição de zinco seguem fases de projeto, produção, e uso como todos os produtos.

Podemos definir os clientes no decorrer do ciclo de vida do produto conforme segue abaixo:

- Clientes internos: projeto informacional, projeto conceitual, compras;
- Clientes intermediários: fabricação, armazenagem, montagem, transporte, função;
- Clientes externos: uso, manutenção, descarte.

A partir da identificação dos clientes, segundo o ciclo de vida do produto, buscou-se o entendimento das necessidades do cliente através de um levantamento de especificações de necessidades dos mesmos.

#### 4.1.2. Identificar as necessidades dos clientes do projeto

A estruturação das fases do ciclo de vida foi feita através de uma consulta direta ao cliente conforme Apêndice A, onde o mesmo já conhece o sistema, este juntamente com a equipe de projeto, analisou a existência de muitos sistemas similares em outras plantas industriais.

A partir desta consulta realizada ao cliente, e vendo a necessidade, foram levantadas as seguintes necessidades:

- O equipamento deverá fazer a eletrólise para deposição de zinco sem perdas elétricas consideráveis;
- O equipamento deverá ter capacidade para tubos de até 6m;
- O equipamento deverá ter capacidade de levantar de 1000 kg a 2000 kg;
- A altura de elevação deverá ser de 1,2m;
- A velocidade de elevação não deverá ser muito rápida ao ponto de derrubar as peças;
- Produto de ótima qualidade com o menor custo;

#### 4.1.3. Estabelecer os requisitos dos clientes

A fim de auxiliar na transformação das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes, utilizou-se a matriz de conversão, conforme Quadro 1. Na matriz de conversão utilizou-se nas linhas as fases do ciclo de vida e nas colunas os atributos básicos do produto

Quadro 1 – Matriz de Conversão

Ciclo de Vida	Atributos básicos do produto				
	Funcionamento	Custo	Ergonomia	Confiabilidade	Normas
projeto	Simple Altura útil 1,2m Capac. tubo 6m Velocidade elev.			Capacidade de carga 1000 a 2000 kg	
Produção		Baixo			modelo mercado
Uso	Fácil				
manutenção	Fácil				

Fonte – O Autor, 2012

Necessidades dos clientes foram identificadas, mas devem ser melhor interpretadas, para isso faz-se um registro das funções para posteriormente transformá-las em requisitos de cliente, visto pelo modo técnico.

Assim definidos os seguintes requisitos:

1 – Ser simples: o projeto deve ser simples e que atenda a função necessária, utilizando peças intercambiáveis, e material comum de mercado, fazendo com que se torne mais acessível e evitando perdas de energia.

2 – Capacidade de carga 1000 kg: O sistema deve ter capacidade acima de 1000 kg para que suporte o peso de cada batelada de material que passa pela via;

3 – Altura útil Levante 1,2m: o sistema deve elevar uma carga de 1 metro de altura até sair da solução do tanque;

4 – Velocidade adequada: a velocidade de levantamento do material deve ser suficiente para agilizar o processo, porém não deverá oferecer riscos de quedas de peças dentro do tanque que provocarão danos e/ou perdas de produtos.

5 – Capacidade para tubos 6 metros: o tanque deverá mergulhar tubos de até 6 metros de comprimento, que é a maior peça que a empresa pode ter em sua linha de produtos;

6 – Baixo custo: o custo do produto deve ser baixo sem perder a eficiência e nível de qualidade;

7 – Boa aparência: por ser um produto diferenciado, e fabricado na própria empresa, não deve aparentar ser um produto adaptado, o produto deve causar boa apresentação a visitantes;

8 – Fácil operação: o equipamento deve ser de uso fácil, para que qualquer operador possa operá-lo corretamente garantido a qualidade de peças.

9 – Fácil manutenção: o sistema deve conter peças fáceis de trocar em caso de parada, e essas peças fáceis de encontrá-las por um custo acessível.

Analisados e classificados as necessidades conforme as fases do ciclo de vida e por fim definidas como requisitos dos clientes, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Requisitos dos Clientes

Fases ciclo de vida	Requisitos dos Clientes
<b>Projeto</b>	Projeto simples
	Capacidade elevação de 1000 kg
	Altura elevação de 1,2 m
	Velocidade elevação 1m/min.
	Capacidade para tubos de 6 m
<b>Produção</b>	Baixo custo
	Boa aparência
<b>Uso</b>	Fácil operação
<b>Manutenção</b>	Fácil manutenção

Fonte - O Autor, 2012.

#### 4.1.4. Estabelecer os requisitos do projeto

Nesta etapa fez-se o uso da matriz de requisitos do projeto através do modelo proposto por Fonseca (2000), conforme abaixo no Quadro. 3.

Quadro 3 - Requisitos do projeto.

Requisitos do projeto			
Atributos gerais	Atributos básicos	Funcionamento	Capacidade trabalho
		Ergonômico	Alimentação Manual
			Elevação Automática
		Econômicos	Custo Produto
			Custo de operação
			Custo de manutenção
			Vida útil
	Segurança	Controle a distancia	
		Parada de Emergência	
	Confiabilidade	Produto confiável	
	Estético	Visual produto	
	Atributos do Ciclo de Vida	Fabricabilidade	Processo de fabricação usual
		Montabilidade	Duração da montagem/desmontagem
Mantenabilidade		Intervalo entre manutenções	
	Duração da manutenção		
Atributos específicos	Atributos materiais	Geométricos	Dimensão coerente a atividade
			elevação coerente com atividade
		Material, Cor, Peso	Materiais padronizados comuns
			Cor padrão de maquinas metalúrgicas
	Atributos	Cinemática	Velocidade de partes móveis
Atributos de controle	Controle	Controle do operador	
		Controle capacidade	
		Controle remoto do sistema	

Fonte - O Autor.

Através desta matriz, gerou-se expressões mensuráveis com linguagem técnica detalhada sobre o significado de cada requisito do cliente, agora transformadas em requisitos do produto.

#### 4.1.5. Hierarquizar os requisitos do projeto

Para hierarquizar os requisitos do cliente/usuário, foi aplicado o diagrama de Mudge, representado na Figura 5, que consiste em avaliar o grau de importância entre cada um dos requisitos dos clientes, por meio da comparação direta entre dois requisitos, de modo a avaliar qual destes apresenta maior importância.

Os valores utilizados para o diagrama foram definidos da seguinte maneira:

- 1 - Um requisito é considerado  **muito mais importante**  que o outro (valor 5);
- 2 - Um requisito é considerado  **mediantemente mais importante**  que o outro (valor 3);
- 3 - Um requisito é considerado  **pouco mais importante**  que o outro (valor 1).

Figura 5 - Hierarquização Utilizando o Diagrama de Mudge

	2	3	4	5	6	7	8	9	Soma	%	VC
1	2 Z	3Y	4X	5X	6X	7X	8Y	9X	16	18,82%	4
	2	3Y	2Y	2Y	2X	2Z	2X	2Y	19	22,35%	5
		3	3Y	3Y	3Y	3Y	3Y	3Y	18	21,18%	5
			4	4Z	4Y	4Y	4Y	4Y	17	20,00%	4
				5	5X	5X	5X	5X	4	4,71%	3
					6	7X	6Y	9X	5	5,88%	3
						7	8X	9X	2	2,35%	2
							8	9X	1	1,18%	1
								9	3	3,53%	2
									85	100,00%	

Valores de importância	
X = um pouco mais importante,	1
Y = mediantemente mais importante,	3
Z = muito mais importante,	5

Fonte - O Autor, 2012.

Durante a hierarquização dos requisitos dos clientes, pode-se perceber que a capacidade de elevação, altura útil e velocidade de elevação, são fatores de maior importância para os requisitos dos clientes.

No Quadro 4 está apresentado o resultado proveniente do diagrama de Mudge, conforme ordem de importância obtida através da valoração dos requisitos dos clientes.

Quadro 4- Requisitos dos Clientes valorados de acordo com a ordem de importância

<b>Requisito dos clientes</b>	<i>Percentual</i>	<i>Ordem</i>
2 - Capacidade elevação de 1000 a 2000kg	22,35%	1°
3 - Altura útil de elevação de 1,2 m	21,18%	2°
4 - Velocidade elevação 1m/min	20,00%	3°
1 - Projeto simples	18,82%	4°
6 - Baixo custo	5,88%	5°
5 - Capacidade para tubos de 6 m de compr.	4,71%	6°
9 - Facil manutenção	3,53%	7°
7 - Boa aparência	2,35%	8°
8 - Facil operação	1,18%	9°

Fonte - O Autor, 2012.

Após a valoração dos requisitos dos clientes partiu-se para a aplicação da matriz da casa da qualidade, com o uso da ferramenta QFD (Desdobramento da Função Qualidade). A casa da qualidade demonstra uma comparação dos requisitos de cliente com os requisitos do projeto, e através dela são determinados quais são os requisitos de projeto que tem mais importância em relação aos requisitos dos clientes.

A hierarquização feita pelo método da matriz da casa da qualidade conforme Apêndice B, trouxe uma classificação dos requisitos de projeto em ordem de importância, fazendo necessário mais uma análise para verificar qual delas é mais coerente com o projeto.

Quadro 5 - Requisitos do projeto classificado de acordo com a matriz da casa da qualidade.

Ranking	Requisitos do projeto
1	Elevação coerente com atividade
2	Dimensão coerente a atividade
3	Capacidade trabalho
4	Produto confiável
5	Custo Produto
6	Parada de Emergência
7	Alimentação Manual
8	Controle a distância
9	Elevação Automática
10	Materiais padronizados comuns
11	Controle capacidade
12	Velocidade de partes móveis
13	Processo de fabricação usual
14	Controle do operador
15	Duração da manutenção
16	Visual produto
17	Duração da montagem/desmontagem
18	Intervalo entre manutenções
19	Custo de manutenção
20	Controle remoto do sistema
21	Custo de operação
22	Vida útil
23	Cor padrão de máquinas metalúrgicas

Fonte - O Autor, 2012.

Como pode ser observado no Quadro 5, o requisito de maior importância passou a ser a elevação coerente com a atividade e o requisito de menor importância ficou definido como a cor padrão de máquinas metalúrgicas.

#### 4.1.6. Estabelecer as especificações do projeto

As especificações do projeto são feitas com atribuições dos valores meta para cada requisito, da forma de avaliação para as metas, e dos aspectos indesejados na implantação do projeto. As principais características do projeto encontram-se por ordem de importância, distribuídos em três terços, conforme Quadros 6, 7 e 8.

Quadro 6 - Especificações em ordem de importância obtido através do QFD - terço superior (requisito mais importante).

Requisitos do projeto	Valor/Meta	Forma de avaliar	Aspectos indesejáveis
1 - Elevação coerente com atividade	1200mm	Medição	não atender necessidade
2 - Dimensão coerente a atividade	Tanque para peças 6 metros	análise projeto	não atender necessidade
3 - Capacidade trabalho	1000kg	dimensionamento	equipamento não elevar carga de trabalho
4 - Produto confiável	100%	dimensionamento	insatisfação do cliente
5 - Custo Produto	>R\$200.000,00	Orçamento	produto com alto custo fabricação
6 - Parada de Emergência	1	análise projeto	acidentes com operadores
7 - Alimentação Manual	1 carga hora	analise produto	não atender necessidade
8 - Controle a distância	Controle	análise projeto	deslocamento até o painel controle

Fonte - O Autor, 2012.

Quadro 7 - Especificações em ordem de importância obtido através do QFD - terço médio (requisito de média importância).

Requisitos do projeto	Valor/Meta	Forma de avaliar	Aspectos indesejáveis
9 - Elevação Automática	ganho produtividade	analise produto	controle manual
10 - Materiais padronizados comuns	95 - 100%	análise projeto	utilizar algum material especial
11 - Controle capacidade	potencia máquina	dimensionamento	maquina não suportar carga
12 - Velocidade de partes móveis	1 m/s	análise mecanismo	queda de peças
13 - Processo de fabricação usual	95 - 100%	análise projeto	Utilizar algum processo especial
14 - Controle do operador	100%	análise projeto	investimento posterior
15 - Duração da manutenção	3 - 5 horas	medição	exceder tempo estimado
16 - Visual produto	boa aparência	Visual	-

Fonte - O Autor, 2012.

Quadro 8- Especificações em ordem de importância obtido através do QFD - terço inferior (requisito menos importância).

Requisitos do projeto	Valor/Meta	Forma de avaliar	Aspectos indesejáveis
17 - Duração da montagem/desmontagem	Tempo necessário montagem/desmontagem	medição	exceder tempo estimado
18 - Intervalo entre manutenções	10 dias periódico	medição	fazer manutenções antes do tempo
19 - Custo de manutenção	<R\$1.000,00	medição	exceder valor estimado
20 - Controle remoto do sistema	controlar com segurança	análise projeto	deslocamento até o painel controle
21 - Custo de operação	Custo a ser avaliado	medição	exceder ao processo conhecido
22 - Vida útil	>10 Anos	Avaliar no ciclo de vida	Uso de material com resistência a oxidação
23 - Cor padrão de máquinas metalúrgicas	boa aparência	Visual	-

Fonte - O Autor, 2012.

A fase que estabelece metas do produto, ou seja o que o cliente espera, com base nos requisitos dos clientes e nos requisitos de projeto, maior atenção ao que diz os requisitos funcionais, elevação, e operação.

O custo do projeto vem em 5º lugar, que é muito importante possuir um baixo custo, porém não pode em nenhum momento deixar de exercer a função desejada pelo cliente, pois também repercute em um baixo custo de manutenção e operação posteriormente.

No ponto de vista de projeto, baixo custo de manutenção é uma garantia de que a máquina não fique por muito tempo parada, melhorando a disponibilidade para o trabalho, e melhorando também a vida útil da máquina.

Após a realização desta fase obteve-se especificações importantes de projeto através dos terços, agora passa-se para a fase conceitual do projeto, onde esta é indispensável para que possam ser atingidas as metas estabelecidas.

#### 4.2. PROJETO CONCEITUAL

Nesta fase são apresentados os modelos funcionais do produto, é nessa fase segundo Amaral et al (2006) que atividades se relacionam com busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto.

#### 4.2.1. Verificar o escopo do problema

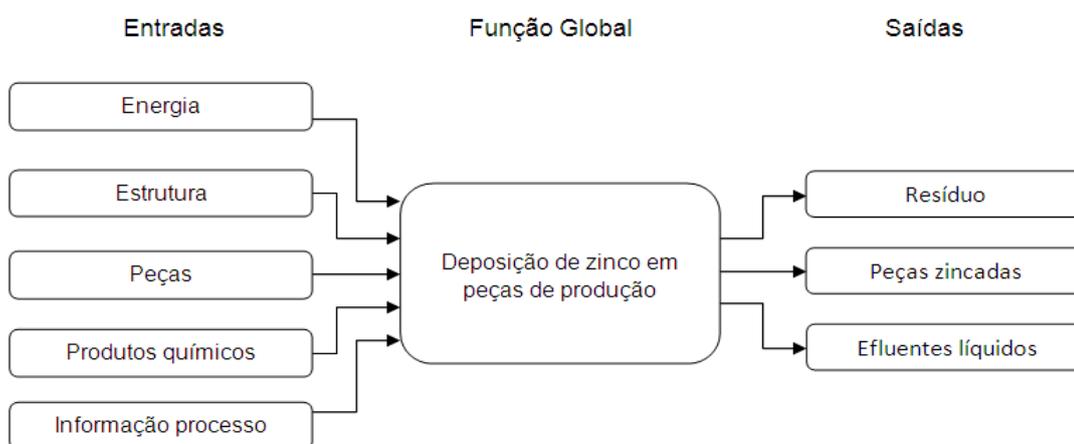
Com a análise detalhada dos requisitos estabelecidos para o projeto e o problema que se pretende solucionar, concluí-se que o escopo deste problema é a necessidade de depositar zinco nas peças em que a empresa produz, a fim de criar a proteção adequada conforme a solicitação do cliente da empresa, sendo assim delimitado como sendo deposição de zinco em peças de produção.

Projetar um sistema de eletrodeposição de zinco exige que se tenha um amplo conhecimento sobre a função, neste caso um tanque com sistema elétrico de deposição com elevação de peças.

#### 4.2.2. Estabelecer a estrutura funcional

A função global do produto é depositar zinco em peças com uso de energia, para produção que a metalúrgica Envall realiza diariamente em seu processo, conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Função Global do Tanque Deposição Eletrolítica de Zinco.

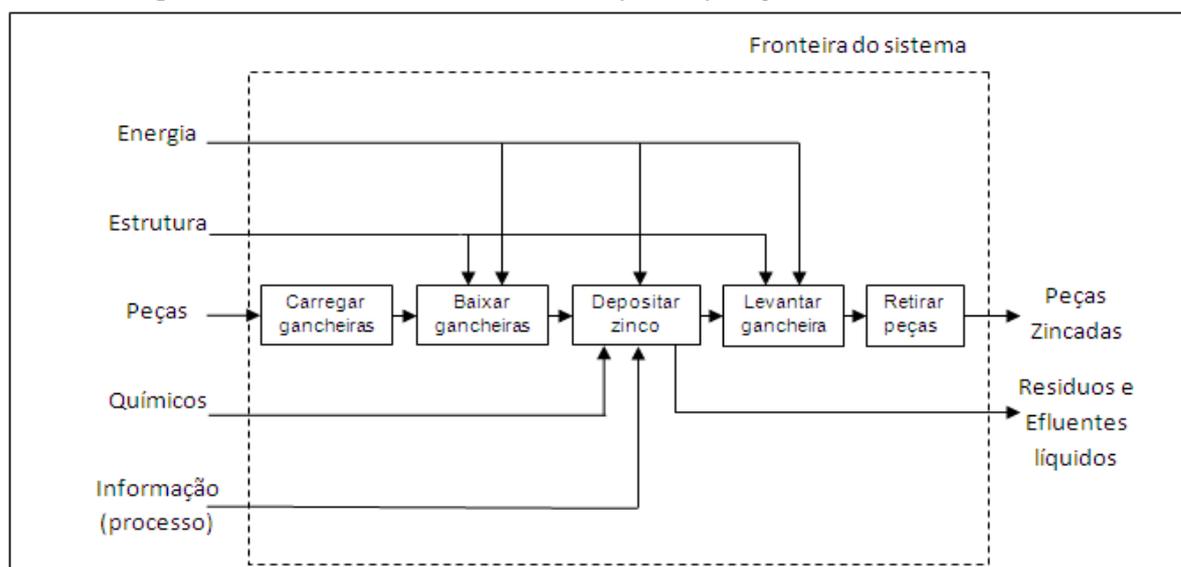


Fonte - Elaborado pelo autor, 2012.

Energia e equipamentos são formas de entradas para o produto desempenhar sua função global, que no caso é depositar zinco em peças de produção, e o resultado da combinação das entradas com a função global será peças de produção com o tratamento superficial conhecido por zincagem.

Após concluída esta estrutura funcional é possível fazer seu desdobramento em subfunções, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Estrutura funcional do Tanque Deposição Eletrolítica de Zinco.



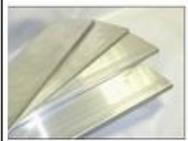
Fonte - O Autor, 2012.

A partir do desdobramento da função global demonstram-se as subfunções técnicas e suas ligações, as quais envolvem a estrutura funcional do equipamento. A partir dessas ligações iniciam-se as atribuições de forma, movendo da etapa abstrata do desenvolvimento para uma etapa mais concreta.

#### 4.2.3. Pesquisar por princípios de solução

Nesta etapa pesquisou-se por possíveis soluções para as subfunções, utilizando de métodos de buscas convencionais, pesquisa de *benchmarking* e de pessoas experientes na área, criou-se a matriz morfológica, conforme Quadro 9, onde foram elencados os princípios de solução para o sistema de deposição de zinco.

Quadro 9 - Matriz Morfológica.

Matriz Morfológica			
Funções	Princípios de Solução		
	1	2	3
Carregar gancheiras e Retirar peças	Plataforma aço	Plataforma PP	Plataforma inox
			
Depositar Zinco	Retificador manual	Retificador eletrônico	
			
	Barramento alumínio	Barramento cobre	Barramento aço
			
	Tanque em PP	Tanque Inox	Tanque revest. fibra
			
Levantar e baixar gancheiras	Moto redutor reto	Moto redutor 90°	Moto red. engr.reta
			
	Cabo Aço	Corrente	Fita
			
	Estrutura de viga I	Estrutura de tubo	Estrut. de tubo quad.
			

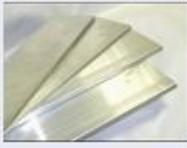
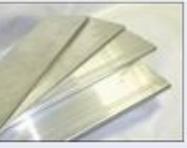
Fonte - O Autor, 2012.

Buscou-se elencar nesta etapa o maior número possível de princípio de soluções para o sistema de deposição de zinco, juntamente com os objetivos deste projeto, para abrir caminho para soluções melhores, ignorar o que se tem em particular e buscar o que é geral e essencial, fazendo com que experiências e preconceitos não ofereça algum tipo de limitação ao problema.

#### 4.2.4. Combinar princípios de solução

Após a conclusão da fase de princípios de solução, usou-se nessa etapa como base, a matriz morfológica da etapa anterior, porém nesta etapa foram feitas algumas possíveis combinações conforme Quadro 10.

Quadro 10 - Combinações de princípio de solução.

Funções	Matriz Morfológica			
	Combinação			
	1	2	3	4
Carregar gancheiras e Retirar peças	Plataforma aço	Plataforma aço	Plataforma inox	Plataforma inox
				
Depositar Zinco	Retificador eletrônico	Retificador eletrônico	Retificador manual	Retificador manual
				
	Barramento alumínio	Barramento cobre	Barramento alumínio	Barramento cobre
				
	Tanque em PP	Tanque revest. fibra	Tanque revest. fibra	Tanque em PP
				
Levantar e baixar gancheiras	Moto redutor 90°	Moto redutor 90°	Moto redutor reto	Moto redutor reto
				
	Cabo Aço	Fita	Fita	Cabo Aço
				
	Estrutura de viga I	Estrutura de viga I	Estrutura de viga I	Estrutura de viga I
				

Fonte - O autor, 2012.

Após combinações partiu-se para a análise das combinações, a fim de analisar viabilidade de cada situação.

#### 4.2.5. **Selecionar combinações**

Esta é a fase que avaliamos as concepções geradas na etapa anterior, a fim de eliminar opções que não sejam viáveis a esse projeto. Cada combinação as quais foram feitas anteriormente, foi direcionada a fim de tornar o trabalho mais objetivo focando na fabricação do equipamento com combinações facilmente executáveis.

As combinações apresentam vantagens e desvantagens, as quais devem ser levadas em conta na hora de optar pela melhor. Abaixo segue a descrição das combinações em relação às especificações do projeto:

1ª combinação: Barramentos em alumínio possuem menor capacidade de transferência de energia elétrica que de cobre; o retificador eletrônico tem preço maior que o retificador manual; tanque em PP tem preço maior que o de aço revestido e cabos de aço podem enferrujar com o tempo.

2ª combinação: Barramentos em cobre têm preço maior que o de alumínio e oxida-se com muita facilidade; o retificador eletrônico tem preço maior que o retificador manual; tanques de aço revestido com fibra de vidro podem quebrar-se com o peso das peças e sofrem maior desgaste que o PP e fitas de elevação podem romper-se com o excesso de produtos químicos que o tanque trabalha.

3ª combinação: Plataforma de aço inoxidável possui custo maior que o de aço carbono; barramentos em alumínio possuem menor capacidade de transferência de energia elétrica que de cobre; o retificador manual não possui regulagem automática da potência; podendo danificar peças, prejudicar o processo e consumir mais energia; tanques de aço revestido com fibra de vidro podem quebrar-se com o peso das peças e sofrem maior desgaste que o PP; moto redutor reto não freia, necessitando de freio no motor; fitas de elevação podem romper-se com o excesso de produtos químicos que o tanque trabalha.

4ª combinação: Plataforma de aço inoxidável possui custo maior que o de aço carbono; barramentos em cobre têm preço maior que de alumínio e oxidam-se com muita facilidade; o retificador manual não possui regulagem automática da potência, podendo danificar peças, prejudicar processo e consumir mais energia; tanque em PP tem preço maior que o de aço revestido; moto redutor reto não freia, necessitando de freio no motor, cabos de aço podem enferrujar com o tempo.

No quadro 11 apresenta-se uma comparação entre os requisitos dos clientes versus combinações e foram atribuídas notas de 0 a 10, variando entre o de menor e o de maior afinidade com atendimento aos requisitos do cliente.

Quadro 11 – Avaliação de Princípios de Solução.

Requisitos	Combinações			
	1°	2°	3°	4°
Projeto simples	9	9	8	8
Capacidade elevação de 1000 kg	10	10	10	10
Altura elevação de 1,2 m	10	10	10	10
Velocidade elevação 1m/min.	10	10	10	10
Capacidade para tubos de 6 m	10	10	10	10
Baixo custo	7	7	8	7
Boa aparência	8	7	7	8
Fácil operação	8	8	7	8
Facil manutenção	9	7	7	8
<b>Média</b>	<b>81</b>	<b>78</b>	<b>77</b>	<b>79</b>

Critérios Qualitativos
0-5 = Insatisfatório
6-7 = Regular
7-8 = Bom
8-9 = Muito bom
9-10 = Ótimo

Fonte - O Autor, 2012.

Conforme resultado pela maior média ficou definido que a melhor concepção é a de número um, onde cada uma das concepções que foram descartadas possuía uma ou mais soluções que inviabilizavam ou tinham alguma limitação ao processo.

#### 4.2.6. Evoluir em variantes de concepção

A partir deste ponto o projeto evoluiu as concepções geradas das fases anteriores, permitindo agora a avaliação da viabilidade. Para isso a concepção do projeto foi desenvolvida até que os meios de desempenho das funções ficam fixados, em conjunto com todo restante do projeto.

Foram feitas análises e alguns cálculos dos princípios de solução no momento da concepção, os cálculos estão no Apêndice D, e as análises seguem abaixo:

- Plataforma em aço: possui melhor facilidade de fabricação, a qual pode ser fabricada pela própria empresa, não necessitando ser um produto comprado, pode

ser utilizado material fora de linha, ou sucatas para sua execução, objetivando menor custo.

- Retificador eletrônico: é auto regulável de acordo com a carga de peças que se tem no tanque, assim sendo mais econômico em energia elétrica e auxiliando no processo para que não haja queima do zinco na deposição, causando retrabalhos.

- Barramento em alumínio: possui maior resistência a produtos químicos não criando o famoso Zinabre (Hidrocarboneto de cobre), porém ele possui menor capacidade de transferência de energia elétrica.

- Tanque de PP: muito resistente e flexível, pois utiliza material de engenharia, não danificando-se facilmente, pode ser moldado no tamanho necessário.

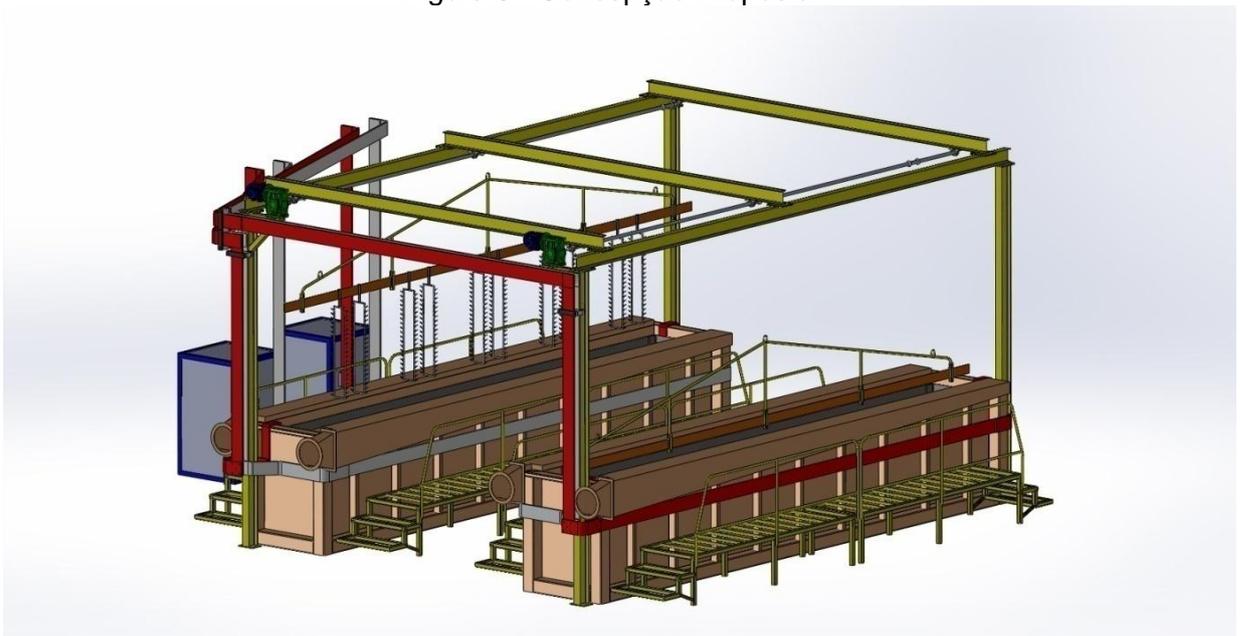
- Moto redutor 90°: possui em sua construção engrenagem sem fim, o que pode servir de freio no sistema proposto, possui a maior relação de redução com menor tamanho.

- Talha com cabos aço: possui maleabilidade muito boa, podendo ser enrolado em um pequeno carretel, resiste a corrosão por ser galvanizado.

- Estrutura de viga I: possui maior resistência que tubos estrutural e melhor facilidade de adequação para estruturas do tipo.

Na Figura 8 podemos verificar um leiaute em 3D de como a solução proposta seria construída de acordo com as funcionalidades.

Figura 8 - Concepção Proposta



Fonte - O Autor, 2012.

Visto fisicamente a concepção e entendida, com esta etapa concluída partiu-se para a etapa da concepção desenvolvida.

#### 4.2.7. Avaliar Concepções

A avaliação feita conforme Quadro 12, teve o objetivo de avaliar a concepção em relação aos requisitos dos clientes podendo variar de -5 a +5, com a finalidade de identificar pontos fracos, para que com isso o projeto não fique prejudicado no seu desenvolvimento.

Quadro 12 - Matriz de avaliação.

Requisito dos clientes	Peso(Mudge)	Concepção
2 - Capacidade elevação de 1000 a 2000kg	5	3
3 - Altura útil de elevação de 1,2 m	5	3
4 - Velocidade elevação 1m/min.	4	5
1 - Projeto simples	4	1
6 - Baixo custo	3	1
5 - Capacidade para tubos de 6 m de compr.	3	3
9 - Fácil manutenção	2	3
7 - Boa aparência	2	5
8 - Fácil operação	1	3
	<i>total</i>	<i>27</i>

<p>5 quando o critério é atendido superior a referencia  3 quando o critério é atendido muito melhor que a referencia  1 quando o critério é atendido melhor que a referencia  0 quando o critério é atendido tão bem quanto a referencia  -1 quando o critério não é atendido tão bem quanto a referencia  -3 quando o critério é atendido muito pior que a referencia  -5 quando o critério é atendido de modo imensamente inferior a referencia</p>
--

Fonte – O Autor, 2012.

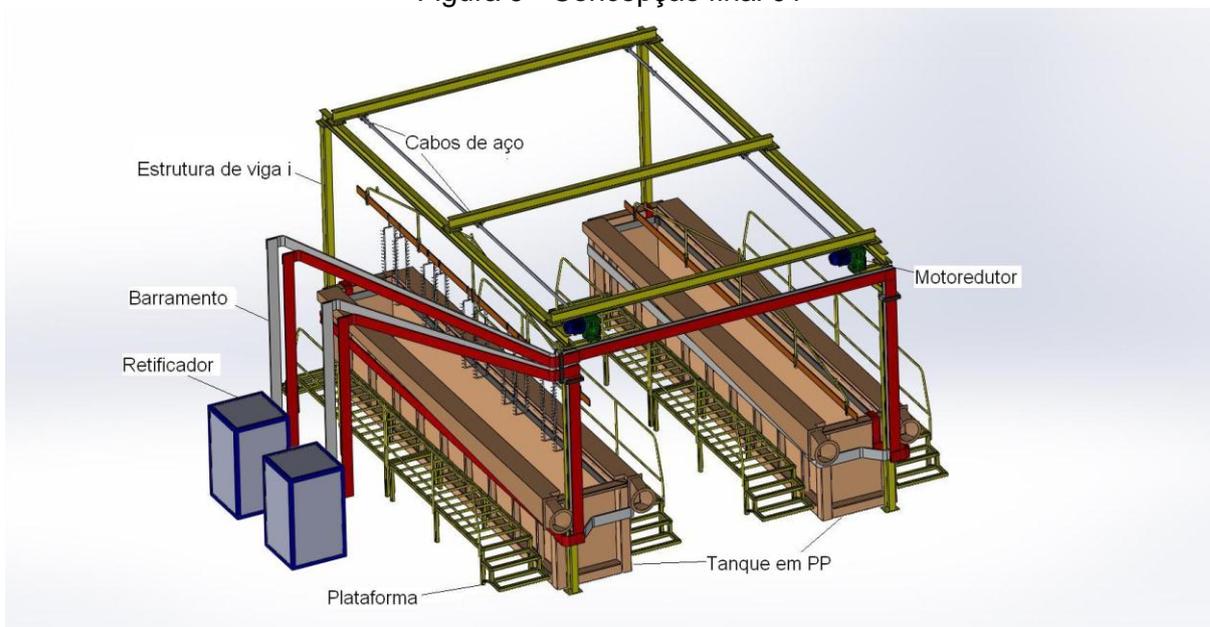
A avaliação feita pela técnica da matriz de avaliação nos dá a conclusão de que a concepção terá uma boa aceitação e atende a necessidade, que é a deposição de zinco em peças de produção, apresentando boa pontuação na técnica de avaliação.

#### 4.2.8. Apresentação da Concepção do produto

Depois de realizadas todas as etapas agora é a hora de apresentar a concepção gerada que melhor satisfaz o cliente, concepção que busca atender os requisitos estabelecidos e baseando-se nessa concepção, poderá se fazer o desenvolvimento detalhado quando for necessário.

Para execução deste projeto foi necessário auxílio de software *SolidWorks*, que é um programa específico de engenharia, o qual auxilia a verificar eventuais erros e os acertos no projeto, a concepção é demonstrada na Figura 9.

Figura 9 - Concepção final 01



Fonte - O Autor, 2012.

As Figuras 10 e 11 do Apêndice C auxiliam para um melhor entendimento das funcionalidades do equipamento.

Fica então definido de acordo com as funções os seguintes itens do projeto:

- **Plataforma:** Fabricada em aço carbono, com estrutura tubular, piso em chapa expandida com três degraus e corrimão em toda extensão da plataforma. Comprimento total de 7 metros por 0,8m largura, porem bipartida, dando um total de 8 peças.
- **Retificador:** duas unidades, sendo o modelo eletrônico da marca Holiverbras com entrada 380V e saída com 2000 A em 12V, regulado eletronicamente entre 5 a 12v.
- **Barramento:** Em alumínio com espessura  $\frac{3}{4}$  por 6 pol., junção por parafuso inox M12.
- **Tanque:** duas unidades em polipropileno com altura de 1,2m e comprimento de 6,5 metros interno, reforço com estrutura tubular, capacidade de 5500 litros

- Moto-redutor: trifásico 380 V com motor de 2 CV e redução para 18 rpm (90x1), unido por cruzeta ao eixo tambor dos cabos de aço, e rolamentos para o eixo.

- Cabo aço: marca Vonder de  $\frac{1}{4}$ , com capacidade de 2400kg, sendo utilizado três por tanque.

- Estrutura: Estrutura em viga I (disponibilizado pela empresa) nas dimensões de 7m na extensão dos tanques por 4,5m de largura e altura de 3,8m, com suportes para o rolamento do eixo do tambor.

Sendo este o término desta etapa, damos por concluídas as atividades do projeto conceitual do tanque de deposição de zinco por eletrodeposição desenvolvido para atender as necessidades da empresa Envall e Cia Ltda., situada na cidade de Santa Rosa RS.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos definidos para a execução do trabalho, especialmente os do projeto conceitual do tanque de deposição eletrolítica de zinco, foram totalmente alcançados. Todos os requisitos elencados pelos clientes para a concepção do tanque foram atendidos e, visando à satisfação total do cliente com o sistema proposto, enfatizou-se a intenção no que tangia a sua estrutura física, que não deveria apresentar aparência de adaptação.

As revisões bibliográficas realizadas alimentaram os questionamentos e forneceram informações até então desconhecidas para a execução do projeto. Muitas destas informações permitiram o entendimento e a compreensão de sistemas de deposição eletrolítica conhecidos em visitas a empresas da região e permitiram imaginar e planejar o sistema proposto para o trabalho.

A metodologia de desenvolvimento de produto, que contempla as etapas de projeto informacional e conceitual auxiliou na definição dos principais requisitos e na atribuição de valores para cada requisito. Com a finalidade de impedir a ênfase a requisitos de pouca importância, a aplicação de técnicas e conceitos apresentados pela metodologia adotada, tornou-se importante. Apesar da complexidade para a concepção de um novo produto empregando a metodologia escolhida, os resultados obtidos foram extremamente satisfatórios, especialmente pelos significativos conhecimentos e habilidades adquiridos e pela oportunidade que a empresa envolvida teve de resolver um de seus problemas a partir do uso de ferramentas de projeto de produto.

Os resultados alcançados, conforme citado anteriormente, foram extremamente satisfatórios, pois obtendo-se o melhor conceito possível para o projeto, eliminando-se tendências e uso de preferências pessoais, realizou-se a concepção do produto, buscando entre outros, o desempenho esperado em termos de perdas de energia, que em outras empresas não apresentam em seus processos implantados.

O trabalho oportunizou a prática de iniciar, desenvolver e concluir o projeto conceitual de um produto utilizando ferramentas de engenharia adequadas como, por exemplo, o diagrama de Mudge, a casa da qualidade e matrizes diversas disponíveis na metodologia empregada e também

possibilitou a utilização de diversos softwares, especialmente o SolidWorks na elaboração dos desenhos relativos ao projeto.

Finalizando, é possível afirmar, que o desenvolvimento do trabalho nos proporcionou significativo aperfeiçoamento pessoal e profissional, pois entre outros, os estudos realizados relativos ao processo de zincagem, especialmente as visitas a empresas que possuem sistema de deposição eletrolítica de zinco implantado foram fundamentais para a obtenção dos resultados alcançados.

## **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Como sugestão para trabalhos futuros, mencionaria a importância de realizar a fase de projeto detalhado para esta pesquisa, já que após a conclusão desta fase o produto estaria apto para envio à fabricação, e dar seguimento ao tanque de deposição eletrolítica de zinco, que deve ser fabricado pela empresa pelo motivo da necessidade da implantação do processo.

Na própria zincagem onde a empresa esta implantando o processo, nos tanques posteriores, pode ser feito um novo projeto de um sistema de monovia contínua para maior ganho de tempo e processo onde os tanques podem ficar encostados um no outro e as peças nesta etapa já estão com a vedação evitando que o líquido contido no tanque entre na peça.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTS, Associação Brasileira de Tratamentos de Superfície. **Curso de tratamentos de Superfície**: Apostila. 2010.

ALBUQUERQUE, Jorge Artur Cavalcanti. **Planeta Plástico**. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzato 2001.

AMARAL, D. C.; et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

BUZZONI, H.A. **Galvanoplastia**. 2º Ed. São Paulo. Editora Ícone, 1991.

CALLISTER, Jr. William D. **Ciência e Engenharia de Materiais**: uma introdução. 7. Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2011.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica**: Processos de Fabricação e Tratamento. 2º Ed. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1986.

CPRH, Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. **Roteiro Complementar De Licenciamento e Fiscalização**: Tipologia Galvanoplastia. Recife: CPRH/GTZ, 2001.

FERREIRA, T. M. T.; Leite E. **Processos Industriais que Utilizam Corrente Contínua**. 2008. Trabalho de Pesquisa (Curso Técnico Pós Médio de Eletroeletrônica / Eletrônica Analógica) Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco, Uned – Pesqueira, Pernambuco, 2008.

FONSECA, A.J.H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FORCELLINI, Fernando A. **O processo de projeto**: Apostila. Capítulo 2. 2002.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**: Corrosão e Anti Corrosivos. 2º Ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A, 1983.

GEOPCURSOS. **Tratamento de Superfície**. Disponível em: <[http://www.geopcursos.com.br/fotos/fotos/01-Tratamento de superfície de metais.pdf](http://www.geopcursos.com.br/fotos/fotos/01-Tratamento_de_superficie_de_metals.pdf)>. Acesso em 20 de ago. 2012.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4º ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

HAROLDO VINAGRE BRASIL. **Maquinas De Levantamento**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A, 1985.

IMAKE. Indústria e Comercio de Produtos Plásticos Ltda. Disponível em <[http://www.imake.com.br/catalogos/tanque\\_prismatico\\_para\\_anodizacao.pdf](http://www.imake.com.br/catalogos/tanque_prismatico_para_anodizacao.pdf)> acesso em: 01 abril. 2012.

MANO, Eloisa Biasotto. **Polímero**..2º reimpressão. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1983.

MANRICH, Silvio. **Processamento de Termoplásticos:** rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes. São Paulo: Editora Artliber, 2005.

MANTOVANI, C. A. **Metodologia de Projeto de Produto.** Apostila – Faculdade Horizontina – FAHOR – Horizontina, 2011. Adaptado de REIS, A. L. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes úmidas.** Tese de Doutorado – PPGEM – UFSC, Florianópolis, 2003. Trabalho não publicado.

PUGLIESE, Marcio, TRINDADE, Diamantino F. **Tecnologia Mecânica: Fundamentos dos Trabalhos em Indústrias e Oficinas de Grande, Médio e Pequeno Porte.** São Paulo: Editora Ícone, 1986.

REALUM. **Galvanoplastia/Tratamento de Superfície,** Disponível em: <<http://www.realum.com.br/aplicacoes.php#b03>>. Acesso em 26 de mar. 2012.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas.** Florianópolis, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – PPGEM – UFSC. Trabalho não publicado.

REIS, A.V.; FORCELLINI, F.A. **Obtenção De Especificações Para O Projeto De Um Mecanismo Dosador De Precisão Para Sementes Miúdas,** Revista Engenharia Rural, v.17, n.1, p. 47-57, julho 2006.

RUDENKO, N. (ES). **Maquinas de Elevação e Transporte.** Tradutor: João Plaza. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1976.

TOCCHETTO, M.R.L. **Implantação De Gestão Ambiental Em Grandes Empresas Com Atividade Galvânica No Rio Grande Do Sul.** 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais/Gestão Ambiental) - Escola De Engenharia, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2004.

TRANSMAQ. Moto-redutores de Rosca Sem Fim, Disponível em: <[http://www.transmaq.com.br/arquivos/%7BC72D33D9-361A-4FD5-A801-DD48A2E9864F%7D\\_catalogo\\_tr.pdf](http://www.transmaq.com.br/arquivos/%7BC72D33D9-361A-4FD5-A801-DD48A2E9864F%7D_catalogo_tr.pdf)>. Acesso em 14 de nov. 2012.

VALDIR. **Proteção Contra Corrosão.** Disponível em: <[http://www.lmc.ep.usp.br/people/valdir/pef5736/corrosao/PROTECAO CONTRA CORROSAO.html](http://www.lmc.ep.usp.br/people/valdir/pef5736/corrosao/PROTECAO_CONTRA_CORROSAO.html)> Acesso em 26 de ago. 2012.

VANDERHOEVEN. **Galvanização a Fogo.** Disponível em: <<http://www.vanderhoeven.com.br/galva.html>> Acesso em 21 de ago. 2012.

VONDER. Cabos de Aço, uso geral, Disponível em: <<http://www.vonder.com.br/site2010/catalogo/default.asp?busca=&marca=VONDER&categoria=&pagina=164.pdf>>. Acesso em 14 de nov. 2012.

ZAPAROLLI, D. **Tratamento de Superfície:** Defesa contra corrosão evita atacar o ambiente. Disponível em: <[http://www.quimica.com.br/revista/qd451/tratamento\\_superficie1.html](http://www.quimica.com.br/revista/qd451/tratamento_superficie1.html)> Acesso em 10 de ago. 2007?.

## APÊNDICE A – Entrevista



### Projeto Zincagem Envall 2012 (Entrevista aos Diretores)

1- Como deve ser o projeto, qual função?

As peças vêm desengraxadas e o equipamento deve zincar a peça, para os posteriores processos darem o acabamento de cromatização.

2- Qual o tamanho dos tanques para essa função?

O tamanho deve comportar tubos de até 6 metros de comprimento se caso necessitar.

3- Qual capacidade?

A talha deve erguer 1000 a 2000 kg não mais que isso, pois as peças são tubos hidráulicos e possuem mais volume do que peso.

4- Qual a altura útil?

A altura que a talha deve erguer é mais de um metro, desde que as peças saiam de dentro do tanque, para os operadores poderem trabalhar.

5- Qual a velocidade do sistema?

A velocidade deve ser similar ao segundo tanque do fornecedor, que tem uma velocidade boa e derruba pouco as peças em relação ao primeiro.

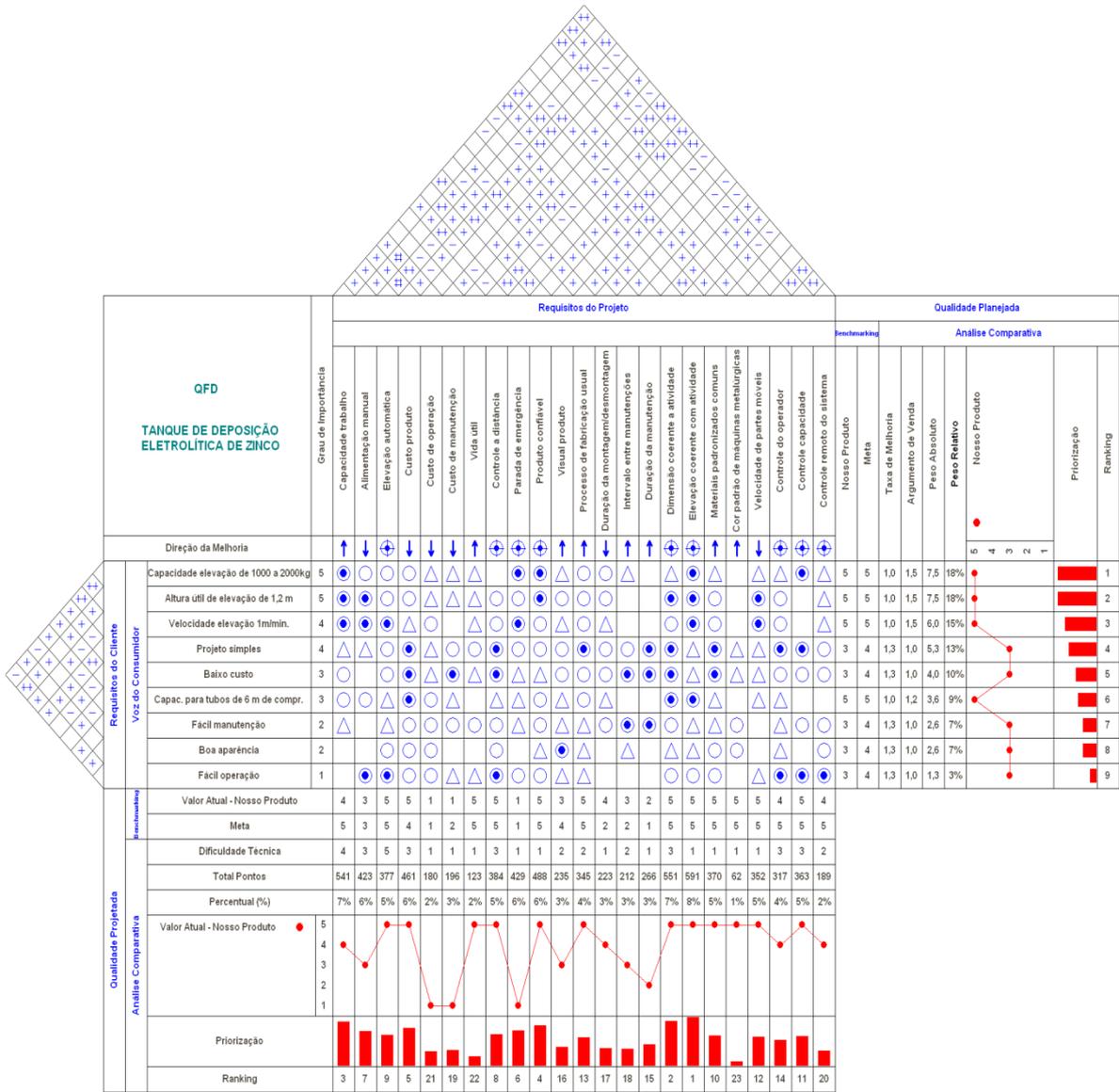
6- Que tipo de acabamento?

Não parecer um sistema feito a "facção", deve ser bem acabado.

7- Quanto ao custo?

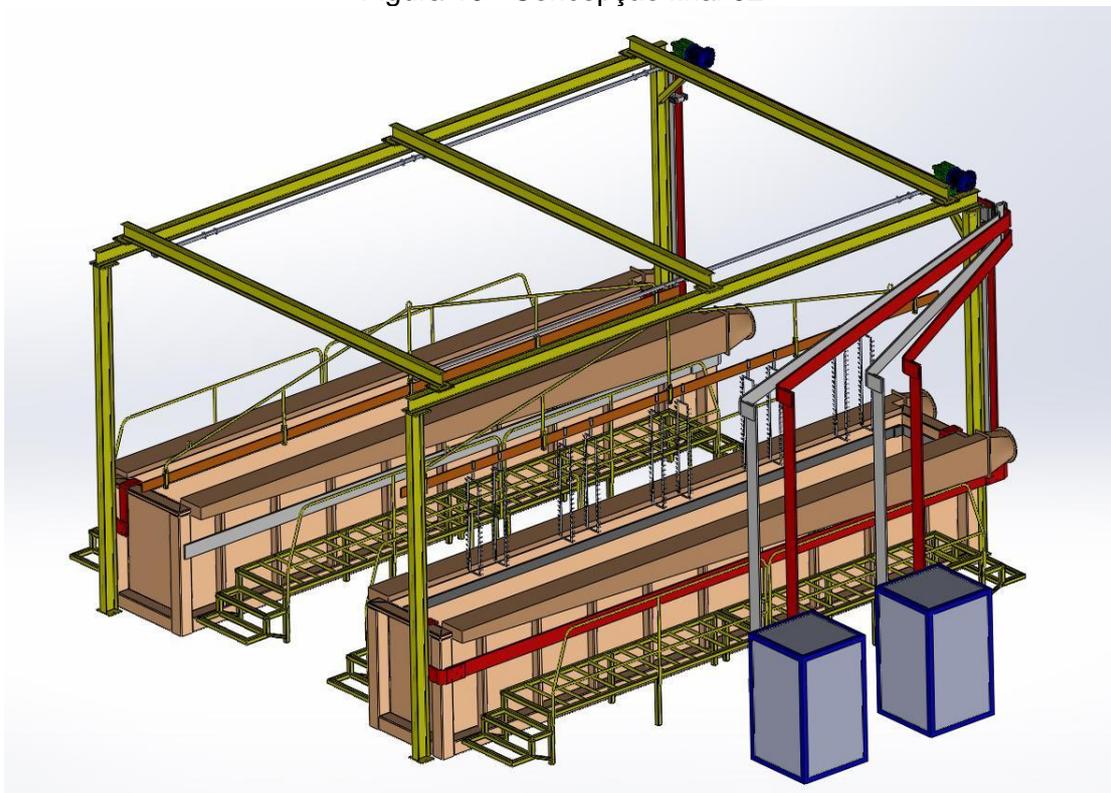
Fazer o melhor produto com o melhor custo.

# APÊNDICE B – Matriz da casa da qualidade QFD



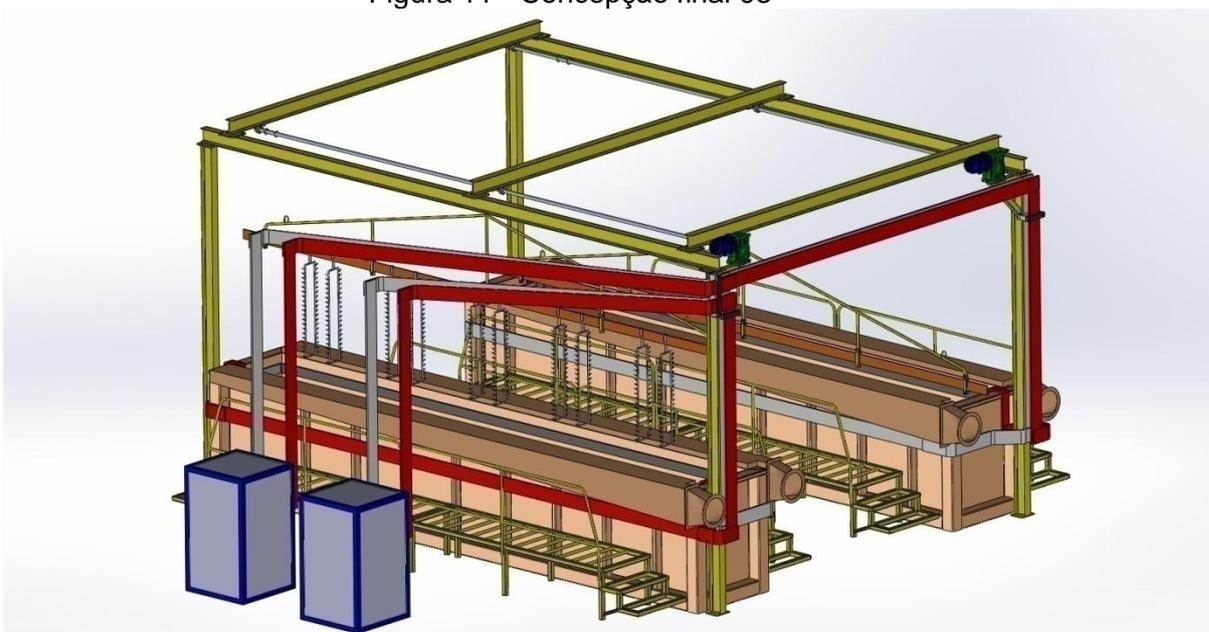
## APÊNDICE C – Conceção

Figura 10 - Conceção final 02



Fonte - O Autor, 2012.

Figura 11 - Conceção final 03



Fonte - O Autor, 2012.

## APÊNDICE D – Cálculos

### Cálculos do Tanque

Para determinar o comprimento do tanque eletrolítico foi considerado os requisitos dos clientes onde o tanque deveria ter capacidade para peças de 6 metros, porém a largura foi calculada conforme abaixo:

$$L=15+5,66.l$$

$$L=15+5,66.(5x2)$$

$$L=710 \text{ mm}$$

L=largura do tanque

l=largura que as peças ocupam no banho

Obs: considerado peças com diâmetros de 50 mm sendo que será usada nas gancheiras uma de cada lado.

Para determinar o número de peças no comprimento do tanque foi usada a seguinte equação, onde o comprimento de cada peça foi considerado sendo de 1 metro.

$$nc= C-10-a / 5+c$$

$$nc= 650-10-10 / 5+100$$

$$nc= 6 \text{ peças no comprimento}$$

nc= número de peças

C=comprimento do tanque

a=curso agitação catódica=10

c=comprimento ocupado por cada peça

### Cálculos dos Barramentos

Para determinar a espessura dos barramentos foi usada a seguinte equação, onde o a intensidade de corrente é 2000A.

$$S= I / ip$$

S= seção do condutor

I=intensidade de corrente

ip=intensidade de passagem característica do material

Para o Barramento de alimentação dos tanques de PP foi optado por barramentos em alumínio

$$S=2000/1.1 \text{ (ip do alumínio)}$$

$$S=1818.18\text{mm}^2$$

O barramento conforme cálculo deveria ser  $\frac{3}{4}$  x4, porém como os contatos elétricos são superficiais, optou-se por um de maior altura, e o mais próximo normal de linha teve que ser o  $\frac{3}{4}$  x 6 dando um total de 2903 mm<sup>2</sup>.

No interior do tanque, por motivo de contaminação, o barramento tem que ser de aço, vendo que o barramento é alimentado pelos dois lados, e que cada lado o barramento se divide em dois, então o calculo para esse deve ser baseado em cima de 500A de corrente.

$$S=500/0,2 \text{ (ip do aço)}$$

$$S=2500 \text{ mm}^2$$

Mediante este cálculo o barramento interno do tanque mais próximo será o  $\frac{3}{4}$  x5, com um total de 2420 mm<sup>2</sup>.

O barramento superior em que se apoiam as gancheiras deve possuir um contato melhor, por isso este não pode ser trocado pelo alumínio, devendo este ser de cobre.

$$S=2000/1,5 \text{ (ip do cobre)}$$

$$S=1333 \text{ mm}^2$$

Neste caso o barramento deve ser o  $\frac{1}{2}$  x 4, que possui seção de 1290mm<sup>2</sup> que é o que mais próximo chega do material indicado.

### **Cabo de aço**

O cabo de aço foi optado de acordo com o catálogo da Vonder (2012), onde o cabo que vai atender é o de diâmetro 6,35 com capacidade de 2500kg, como cada tanque vai possuir três cabos para elevar as gancheiras, o peso total de trabalho ficou em 7500kg, dando um coeficiente de segurança de 7 para cargas de 1000Kg, que é a carga normal de trabalho do sistema.

### Cálculos do Moto-redutor

Para determinar o torque do redutor foi considerado o diâmetro tambor de 35mm que é onde o cabo de aço vai ser enrolado.

$$T = F \cdot r$$

$$T = 1000 \times 0,0175$$

$$T = 17,5 \text{ kgf.m}$$

$$T = 2000 \times 0,175$$

$$T = 35 \text{ kgf.m}$$

T=torque  
F=força  
r=raio

A velocidade necessária para elevar as peças era de 1,2m/min, que teve que se adaptar para o motor de 1680rpm.

$$V = p \cdot d \cdot n$$

$$n = 1,2 / p \cdot 0,035$$

$$n = 11 \text{ rpm}$$

V= velocidade elevação  
n=número rotações tambor

Em cima do cálculo da velocidade temos a rotação da saída do redutor, podendo calcular a redução necessária.

$$i = n_1 / n_2$$

$$i = 1680 / 11$$

$$i = 152$$

i= redução

O cálculo chegou a uma redução de acordo com a velocidade, porém o fornecedor Transmaq (2012), não possui essa redução disponível, a menor que ele possui é 18 rpm. Com base nessa informação a potência de saída do motor foi calculada em cima da equação abaixo

$$P_s = n \cdot T \cdot FS / 716,2$$

$$P_s = 18 \cdot 35 \cdot 1,2 / 716,2$$

$$P_s = 1,05 \text{ CV}$$

P<sub>s</sub>= potência de saída

FS= fator serviço fornecido pela Transmaq

Com a redução e a potência e saída definida, chegamos a conclusão que o motor que deve vir no moto-redutor é o de 2CV, de acordo com a indicação do fornecedor.