



Tiago Perin

**PROJETO DE UM ELEVADOR RESIDENCIAL PARA
PASSAGEIROS**

Horizontina

2012

Tiago Perin

**PROJETO DE UM ELEVADOR RESIDENCIAL PARA
PASSAGEIROS**

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: Ricardo Ferreira Severo, Me.

COORIENTADOR: Antônio Stec, Eng.

Horizontina

2012

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Projeto de um Elevador Residencial para Passageiros”

Elaborada por:

Tiago Perin

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

**Aprovado em: 05/12/2012
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Me. Ricardo Ferreira Severo
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Eng. Antonio Stec
John Deere Brasil Ltda - Coorientador**

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

**Horizontina
2012**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que estiveram ao meu lado por todo o tempo de execução desta monografia, dando-me força e incentivo para dar o melhor de mim e não desistir dos meus objetivos. Em especial a minha namorada Alessandra Karine Massuda.

AGRADECIMENTO

Agradeço infinitamente aos professores da instituição pelo conhecimento transmitido, em especial ao meu orientador Ricardo F. Severo e coorientador Antônio Stec, por me ajudarem e acreditarem em mim. Também agradeço a minha família, amigos e colegas pela força prestada nos momentos difíceis que passei.

“Não confunda derrotas com fracassos nem vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.”

(Roberto Shinyashiki)

RESUMO

A presente monografia trata do projeto de um sistema de elevação para passageiros, com a finalidade de movimentar pessoas na vertical em uma residência de três andares. Atualmente esta movimentação é feita por meio de escadas, onde as mesmas seriam substituídas por um elevador. Entretanto, o projeto foi desenvolvido com base nas necessidades relatadas pelo cliente, que opta por maior comodidade e conforto. O objetivo desta monografia é elaborar o projeto de um elevador até a fase do detalhamento. Destaca-se que este trabalho foi baseado na metodologia de execução do projeto de produto, passando pelas seguintes fases: informacional, sendo a coleta de informações necessárias ao pleno entendimento do problema; conceitual, onde é coletado as necessidades dos clientes e às transforma em requisitos, gerando uma concepção alinhada com a função global; detalhado, é onde o modelo do produto evolui da concepção ao leiaute definitivo. Os resultados obtidos com o desenvolvimento desta monografia foram alcançados, uma vez que foram obtidos os objetivos propostos, ou seja, o desenvolvimento de um elevador residencial de passageiros. Conclui-se que um projeto de produto é composto por etapas que devem ser seguidas, onde deve focar o cliente na execução do projeto, pois devem ser levadas em consideração suas necessidades, fazendo com que o mesmo interaja no decorrer do projeto.

Palavras-chaves:

Projeto de produto - necessidade do cliente - elevador de passageiros.

ABSTRACT

This monograph is about design to a personal elevator, intended to move people vertically in a build with three floors, where the stairs would be replaced. However, the design was developed based in the customer requirements, choosing this way to a better convenience and comfort. The main goal from this monograph is elaborate the elevator design including the detailing. Emphasize that this work was based in the methodology of product design execution with the following phases: Informational, that is the date research needed to the plenty understanding of the problem; Conception, where is researched customer needs and turn into requirements, generating an aligned conception with the global function; Detailed, where the product model evolve from conception to the definitive layout. The obtained outcomes with this monograph development were reached, because were reached the main goals proposed. In other words, the design of a personal elevator for people. Conclude that product design is composed by steps that have to be followed, were should focus on the customer in the design execution, because your needs must be considered, interacting with him during the design.

Keywords:

Product design - Costumer needs - Personal elevator.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo do processo de projeto.....	15
Figura 2: Modelo do ciclo de vida em espiral.....	17
Figura 3: Ciclo de vida segundo a evolução das vendas do produto.....	18
Figura 4: Pirâmide de Maslow.....	18
Figura 5: Diagrama de Mudge.....	19
Figura 6: Esquema de construção da Matriz da Casa da Qualidade.....	21
Figura 7: Tarefas e processos envolvidos na análise funcional.....	23
Figura 8: Principais partes de um elevador.....	29
Figura 9: Casa da qualidade.....	37
Figura 10: Função global do produto.....	38
Figura 11: Estrutura Funcional.....	38
Figura 12: Esboço para dimensionamento.....	43
Figura 13: Esboço da concepção.....	47
Figura 14: Modelo 3D da cabine.....	48
Figura 15: Manual de Segurança do usuário.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Lista de verificação.....	26
Quadro 2 - Características e especificações técnicas.....	31
Quadro 3 - Clientes ao longo do ciclo de vida do produto.....	34
Quadro 4 - Requisitos do cliente ao longo do ciclo de vida.....	35
Quadro 5 - Requisitos do projeto e especificações do projeto.....	36
Quadro 6 - Matriz Morfológica.....	40
Quadro 7 - Combinação dos princípios de solução.....	41
Quadro 8 - Matriz de Decisão.....	42
Quadro 9 - Dimensionamento da Estrutura da Cabine.....	44
Quadro 10 - Dimensionamento da estrutura do motor.....	44
Quadro 11 - Dimensionamento da potência do motor.....	45
Quadro 12 - Dimensionamento do cabo de aço.....	45
Quadro 13 - Especificações em ordem de importância obtidas através do QFD.....	46
Quadro 14 - Especificações em ordem de importância obtidas através do QFD.....	46
Quadro 15 - Especificações em ordem de importância obtidas através do QFD.....	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 PROJETO DE PRODUTO	14
2.2 FASE 1: PROJETO INFORMACIONAL	15
2.2.1 PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	16
2.2.2 IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DOS CLIENTES DO PROJETO	18
2.2.3 ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES	19
2.2.4 ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO	20
2.2.5 HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO	20
2.2.6 ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	21
2.3 FASE 2: PROJETO CONCEITUAL	22
2.3.1 VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA	22
2.3.2 ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL	23
2.3.3 PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	23
2.3.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	23
2.3.5 SELECIONAR COMBINAÇÕES	24
2.3.6 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO	24
2.4 FASE 3: PROJETO DETALHADO	24
2.4.1 ELABORAR LEIAUTES PRELIMINARES E DESENHOS DE FORMA	25
2.4.2 ELABORAR LEIAUTES DETALHADOS E DESENHOS DE FORMA	25
2.4.3 FINALIZAR VERIFICAÇÕES	25
2.4.4 DETALHAR O LEIAUTE DEFINITIVO	26
2.4.5 INTEGRAR INFORMAÇÕES TÉCNICAS	26
2.4.6 REVISAR O PROJETO	26
2.5 MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO E TRANSPORTE	27
2.5.1 ORIGEM DO ELEVADOR	27
2.5.2 CLASSIFICAÇÃO DAS MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO	28
2.5.3 CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS PARA ESCOLHA DA MÁQUINA	28
2.5.4 CONCEITO DE ELEVADOR	29
2.5.5 PESQUISA DE ELEVADORES EXISTENTES NO MERCADO	30
2.6 NORMATIZAÇÃO	31
2.6.1 NBR 12892	31
2.6.2 ACESSIBILIDADE	32
2.6.3 ERGONOMIA	32
2.6.4 NBR NM 207	33
3 METODOLOGIA	34
3.1 PROJETO INFORMACIONAL	34
3.1.1 PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	34
3.1.2 IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DOS CLIENTES DO PROJETO	34
3.1.3 ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES	35
3.1.4 ESTABELECEER OS REQUISITOS DO PROJETO	36

3.1.5 HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO	36
3.2 PROJETO CONCEITUAL	37
3.2.1 VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA.....	38
3.2.2 ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL.....	38
3.2.3 PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	39
3.2.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	40
3.2.5 SELECIONAR COMBINAÇÕES	41
3.3 PROJETO DETALHADO	42
3.3.1 ELABORAR LEIAUTES PRELIMINARES E DESENHOS DE FORMA.....	42
3.3.2 REVISAR O PROJETO	45
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	46
4.1 PROJETO INFORMACIONAL	46
4.1.1 ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO	46
4.2 PROJETO CONCEITUAL	47
4.2.1 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO	47
4.3 PROJETO DETALHADO	48
4.3.1 DETALHAR O LEIAUTE DEFINITIVO	48
4.3.2 FINALIZAR VERIFICAÇÕES	48
4.3.3 INTEGRAR INFORMAÇÕES TÉCNICAS.....	48
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO PARA OS CLIENTES.....	53
APÊNDICE B – ORÇAMENTO	54
APÊNDICE C – DIAGRAMA DE MUDGE	55
APÊNDICE D – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO	56
APÊNDICE E – DETALHAMENTO DO ELEVADOR	57

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as pessoas procuram, cada vez mais, meios para se sentirem confortáveis e cômodos. Por este motivo, realizou-se o projeto de um sistema de elevação, para movimentar pessoas na vertical em uma residência de três andares, onde o problema se encontra na necessidade de os proprietários se deslocarem entre um andar e outro utilizando escadas. Além disso, as escadas ocupam 3 m² de área em cada andar, perdendo espaço físico no imóvel.

Diante disto, este projeto pretende responder a seguinte pergunta: Qual seria a melhor solução quanto à movimentação entre os andares da residência em questão?

No entanto, o projeto justifica-se pela necessidade de conforto e comodidade que os proprietários desejam para mover-se entre os andares de sua residência. O projeto do elevador residencial abordará, como ponto principal, a segurança de seus usuários, gerando uma maior acessibilidade, fazendo com que inclusive pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida possam circular livremente entre os andares da residência. Também terá um ganho significativo em espaço físico, pois o elevador residencial utilizará um espaço físico de apenas 1 m² de área.

O objetivo geral desta monografia é elaborar o projeto até o detalhamento de um elevador residencial para passageiros. Os objetivos específicos se definem em: Elaborar o Projeto Informacional; Elaborar o Projeto Conceitual; Elaborar o Projeto Detalhado.

Com isso, o trabalho em questão terá a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Mecânica e trará uma série de informações para o mundo acadêmico, ou seja, poderá servir de base para trabalhos como fonte de pesquisa em estudos futuros.

O projeto não tem interesse de comercialização, pois será desenvolvido para uma situação e cliente específico até a etapa do detalhamento do produto.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo buscou-se fazer uma pesquisa na forma de coleta de informações existentes nas literaturas sobre o tema do trabalho.

2.1 PROJETO DE PRODUTO

Segundo Shigley *et al.* (2008), projetar consiste basicamente em formular um plano para a satisfação de uma necessidade específica quanto em solucionar um problema. Se tal plano resultar na criação de algo tendo uma realidade física, então o produto deverá ser funcional, seguro, confiável, competitivo, utilizável, manufaturável e mercável.

Para Amaral *et al.* (2006) o desenvolvimento de um produto consiste por meio de tarefas, nas quais busca-se, às necessidades do mercado consumidor, possibilidades e restrições tecnológicas.

Ainda Amaral *et al.* (2006) sustenta que o desenvolvimento do produto é considerado um ponto crítico para a competitividade das empresas, ou seja, é por meio de novos processos que a empresa pode fabricar produtos mais competitivos e em menos tempo de fabricação.

Os clientes estão cada vez mais informados, exigindo várias opções de escolhas de produtos. Isto demonstra que no desenvolvimento de um projeto de produto devem ser levados como ponto chave, os requisitos do cliente.

Segundo Shigley *et al.* (2008), projetar é uma atividade de intensa comunicação em que palavras e desenhos são ambos utilizados, assim como formas orais e escritas. Projetar também é um processo de tomada de decisão, que algumas vezes devem ser tomadas com base em pouca informação, ou mesmo com uma fartura de informações parcialmente contraditórias. Decisões são algumas vezes tomadas por tentativas, reservando-se o direito de ajustá-las toda vez que mais informações se tornem conhecidas.

É importante que o projetista reconheça uma alternativa satisfatória e como distinguir entre duas alternativas satisfatórias, identificando a melhor. A partir desse fundamento, estratégias de otimização poderão ser elaboradas, selecionadas e solucionadas (SHIGLEY *et al.* 2008).

Para o desenvolvimento do trabalho, utilizou-se uma metodologia de projeto de produto composta por fases, onde segundo Reis (2003) *apud* Mantovani (2011), descreve e define cada uma delas os principais termos e detalhes das ferramentas

empregadas na elaboração das tarefas. Esta metodologia resulta no modelo expresso na figura 1, que tem por fase 1 Projeto informacional; 2 Projeto conceitual; 3 Projeto detalhado. Cada fase se desmembra em etapas, que para o sucesso do projeto devem ser seguidas rigorosamente (MANTOVANI, 2011).

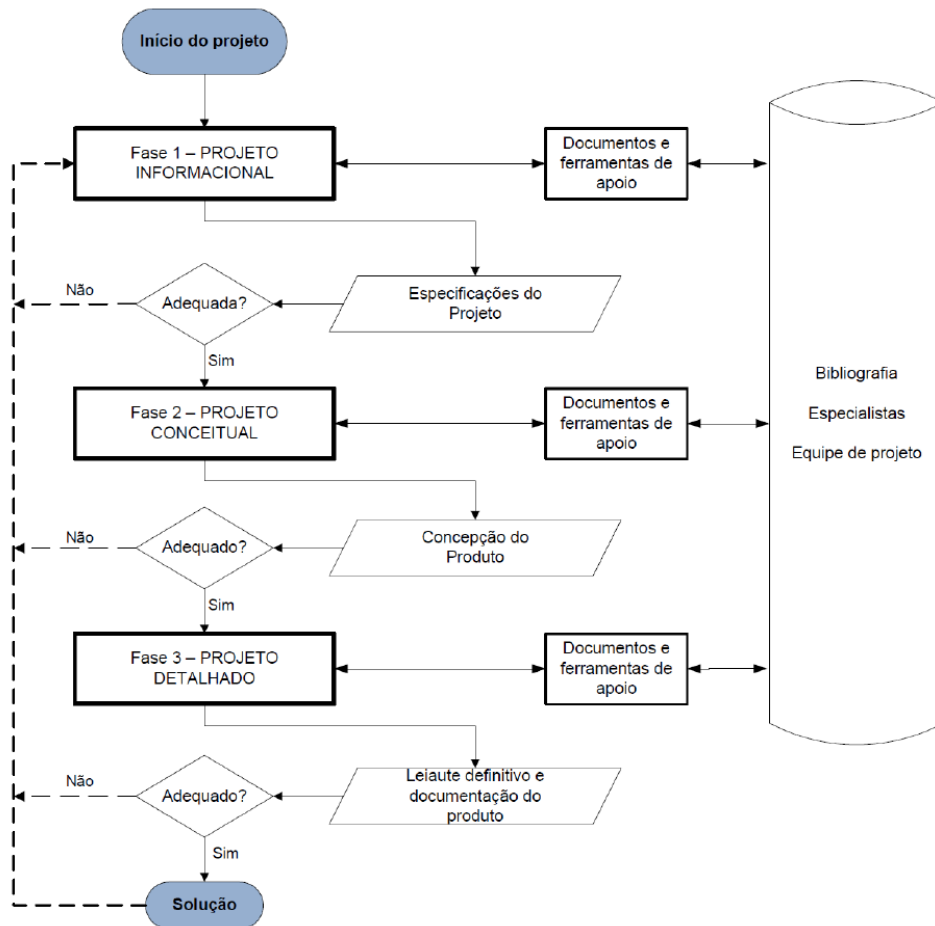


Figura 1: Modelo do processo de projeto. Fonte: REIS, 2003 *apud* Mantovani (2011).

Uma característica importante dos modelos de fases é que ao final de cada uma delas há um ganho de informação, tornando o modelo do produto cada vez mais concreto, onde sempre que alimenta a fase seguinte, melhora o entendimento da fase anterior (MANTOVANI, 2011).

Em razão do constante avanço na área de projeto, onde os projetistas permitem fazer simulações na medida em que o projeto é elaborado. Amaral et al. (2006) *apud* Mantovani (2011), suprimiu a fase de Projeto Preliminar juntando-a com a fase do Detalhamento.

2.2 FASE 1: PROJETO INFORMACIONAL

O projeto informacional consiste na análise detalhada do problema de projeto, buscando-se todas as informações necessárias ao pleno entendimento do problema. O

modelo de produto obtido ao final dessa fase são as especificações do projeto, que é uma lista de objetivos que o produto a ser projetado deve atender Roozenburg & Eekel *apud* Mantovani (2011). A partir disso, são definidas as funções e as propriedades requeridas do produto e possíveis restrições com relação a ele e ao próprio processo de projeto (normas, prazos).

A seguir está descrito as tarefas da fase do projeto informacional, devem ser realizadas e cumpridas no decorrer das atividades.

2.2.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto

Segundo Mantovani (2011) nesta etapa terá que ser definido o ciclo de vida do produto, onde poderá ser feito uma pesquisa em produtos semelhantes no mercado.

Amaral *et al.* (2006, p.215) salienta que, “os modelos de ciclo de vida fornecem uma descrição gráfica da história do produto, descrevendo o estágio pelos quais o produto passa”. O ciclo de vida do produto não acaba quando sua produção ou venda é paralisada, o final do ciclo de vida de um produto é no momento em que acaba o suporte de pós-vendas ao produto.

Ainda Amaral *et al.* (2006), define que os clientes associados as fases do ciclo de vida de um produto são classificadas por três tipos:

- Clientes Internos: São aqueles que irão desenvolver o produto, ou seja, pessoal envolvido no projeto e na produção. Estes esperam que o produto tenha operações de fabricação, montagem, transporte fáceis e seguros, utilize recursos disponíveis, componentes padronizados e produza um mínimo de refugos.

- Clientes Intermediários: São aqueles responsáveis pela venda, distribuição, compra e marketing do produto, ou seja, serão a ligação entre os clientes internos e externos. Eles esperam que o produto satisfaça todos os desejos e necessidades dos clientes externos.

- Clientes Externos: São as pessoas que irão usar, consumir, manter ou desativar o produto. São público alvo do projeto, os consumidores. Eles desejam que o produto tenha atributos tais como: qualidade, baixo preço de aquisição e manutenção, eficiência, segurança, confiabilidade, fácil operação e manutenção, visual atrativo e que sejam ecologicamente corretos.

A categoria de clientes associado aos setores produtivos está representado na figura 2.

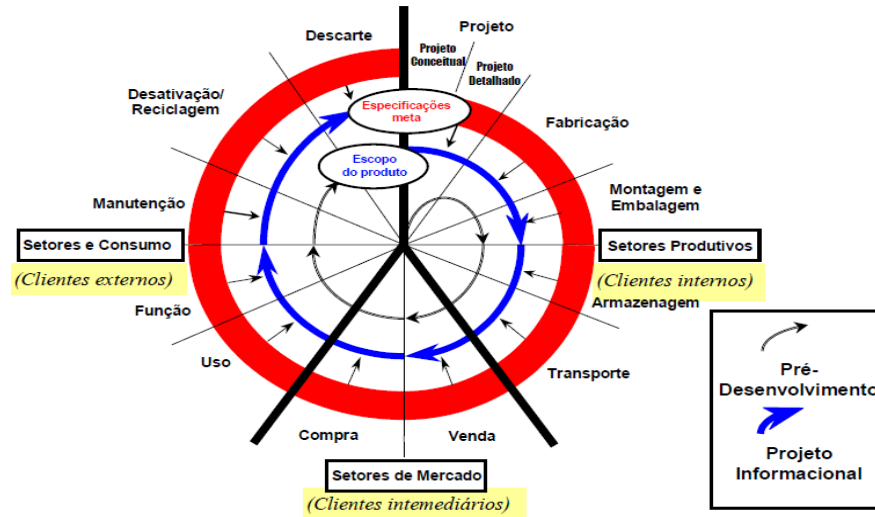


Figura 2: Modelo do ciclo de vida em espiral. Fonte: Adaptado de Fonseca *apud* Amaral, (2006).

Conforme nos apresenta Amaral *et al.* (2006), o ciclo de vida do produto e a relação deste com seus clientes é de grande importância para o processo de desenvolvimento de produto (PDP), pois demonstra uma visão mais ampla dos processos, permitindo o desenvolvimento do produto focado em cada um dos clientes. Outra visão importante gerada pelo marketing é que os clientes externos do produto dividem-se em quatro categorias relacionadas ao fluxo de vendas, sendo:

- Lançamento: Forte taxa de crescimento em vendas com baixa participação no mercado. Lucros insuficientes para comportar as despesas geradas pelo projeto e lançamento do produto. Clientes caracterizados pelo impulso de serem os primeiros a possuir tal bem.

- Crescimento: As despesas realizadas já são comportadas pelas vendas e aproximando-se do ápice em participação no mercado. O cliente que atua nesse produto são pessoas que diante de uma tecnologia bem sucedida passa a adotá-la, causando uma grande atratividade nas vendas.

- Maturidade: Período caracterizado pelo fraco crescimento nas vendas, em contra partida, período em que a empresa passa por maiores lucros, pois parte das despesas foram amortizadas nas fases anteriores. Os clientes desta fase compram produto geralmente por imitação.

- Declínio: Fase de declínio da participação do produto no mercado, os lucros passam a fracos ou até mesmo negativos. Para a empresa é importante o mais rápido possível identificar tal fase e se for necessário descontinuar o produto. Clientes desta

fase são dados como fiéis ao produto, não sendo atraídos por novas marcas ou tecnologias.

Na figura 3 está demonstrado o gráfico do ciclo de vida segundo a evolução das vendas do produto.

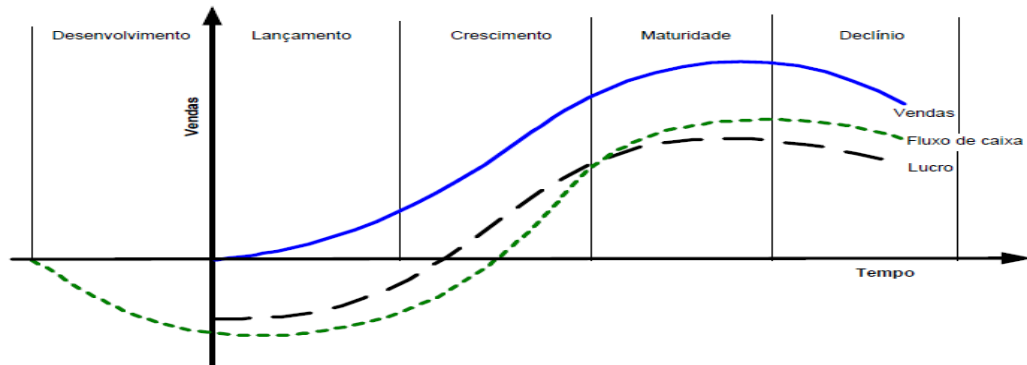


Figura 3: Ciclo de vida segundo a evolução das vendas do produto. Fonte: Amaral *et al.* (2006).

Amaral *et al* (2006), ressalta ainda que cada produto possui seu ciclo de vida. Além disto, o ciclo de vida depende de outros fatores, dentre os quais se destacam: Tipo de produto que vai ser projetado; Tipo de projeto a ser executado; Escala de produção; Características de funcionamento; Características de uso e manuseio; Serviços de manutenção e filosofia de desativação.

2.2.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto

Segundo Amaral *et al.* (2006) nesta etapa busca-se levantar as necessidades dos clientes de cada fase do ciclo de vida. Estas necessidades podem ser obtidas por meio de entrevistas diretas, listas de verificação, questionários. As necessidades do cliente devem ser classificadas, ordenadas e agrupadas. Isto possibilita a verificação e eliminação de respostas similares e respostas pouco relevantes para o projeto. Na figura 4 encontram-se algumas necessidades básicas do ser humano.

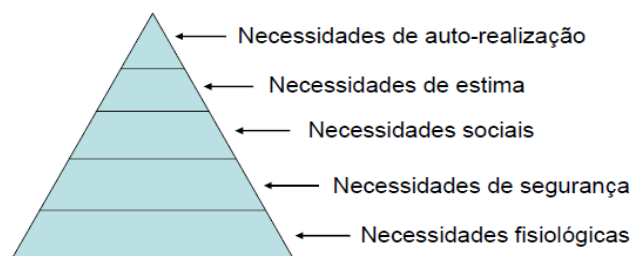


Figura 4: Pirâmide de Maslow. Fonte: Amaral *et al.* (2006).

Sudman & Bradburn (1982) *apud* Mantovani (2011) reforça que o questionário é um elemento crucial na pesquisa de campo e preconizam três regras básicas:

- Não formular perguntas antes de estudar o problema e objetivos da pesquisa;
- Manter sempre em foco as questões da pesquisa;
- Fazer a pergunta a si para saber por quê quer a resposta e respondê-la na perspectiva da resolução do problema central.

2.2.3 Estabelecer os requisitos dos clientes

Segundo Mantovani (2011), nesta etapa realiza - se o desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes. As necessidades levantadas são distribuídas ao longo do ciclo de vida do produto a fim de identificar quais delas são redundantes.

Fonseca (2000) *apud* Mantovani (2011) apresenta algumas recomendações quanto à forma dos requisitos dos clientes:

- Frase curta composta pelos verbos ser, estar ou ter, seguidas de um ou mais substantivos;
- Frase curta composta por um verbo que não seja ser, estar ou ter mais um substantivo (nesse caso, possivelmente o requisito formará uma função do produto).

Amaral *et al.* (2006) afirma que os requisitos do cliente podem ser relacionados a aspectos como: desempenho funcional, fatores humanos, propriedades, espaço, confiabilidade, ciclo de vida, recursos e manufatura.

Ainda Amaral *et al.* (2006) afirma que os requisitos devem ser valorados de uma forma sistemática, este procedimento depende menos da opinião pessoal dos membros da equipe de projeto, portanto a valoração será feita com o auxílio do diagrama de Mudge. Essa valoração é feita pela comparação de cada requisito com cada um dos outros requisitos. Em cada comparação são feitas duas perguntas: Qual requisito é mais importante para o sucesso do produto? Quanto mais importante é esse requisito?

Na figura 5 segue o esquema do diagrama de mudge proposto por Amaral *et al.* (2006).

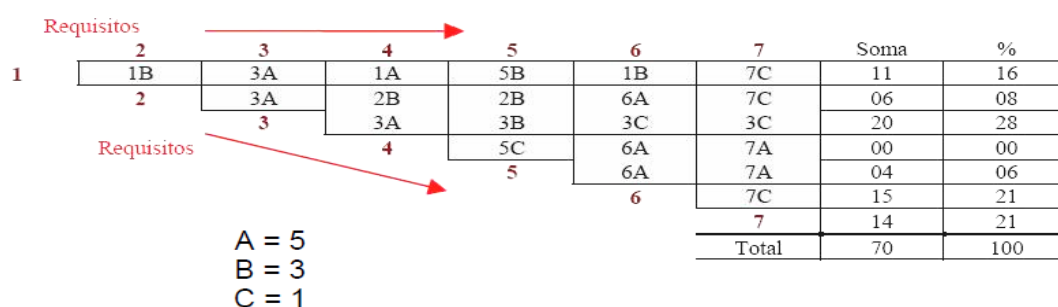


Figura 5: Diagrama de Mudge. Fonte: Amaral *et al.* (2006).

2.2.4 Estabelecer os requisitos do projeto

Nesta etapa, segundo Amaral *et al.* (2006), as informações do produto devem estar de acordo com a linguagem técnica de engenharia, ou seja, é necessário dizer em números as expressões significam que o produto deve ser desenvolvido por meio de características técnicas, possíveis de serem mensuradas. Estas características chamam-se requisitos do produto ou requisitos de engenharia.

Ainda Amaral *et al.* (2006) diz que a obtenção dos requisitos do produto a partir dos requisitos dos clientes caracteriza a primeira decisão física sobre o produto que está sendo desenvolvido. Esta ação definirá as características definitivas e mensuráveis que terá o produto.

Para auxiliar nessa etapa, Amaral *et al.* (2006) recomenda a utilização de *checklists*, para que algum parâmetro ou informação importante deixe de ser considerada. A seguir encontra-se um *checklist* baseado na proposta de Pugh (1990):

- Desempenho; Armazenamento e vida de prateleira; Meio Ambiente; Testes; Vida em serviço; Segurança; Eficiência; Política do produto; Transporte; Implicações sociais e políticas; Embalagem; Responsabilidade do produto; Quantidade; Operação e instalações; Infraestrutura; Re-uso, reciclagem e descarte; Tamanho e peso; Materiais; Normas; Ergonomia; Estética; aparência e acabamento.

Ogliari (1999) *apud* Mantovani (2011) reforça que o estudo dos requisitos dos clientes também pode passar por uma lista de atributos que são relacionados a cada um desses requisitos. Sendo assim, deverão ser identificados atributos que caracterizam e que auxiliem na obtenção de uma lista de requisitos do projeto.

2.2.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Segundo Mantovani (2011), esta etapa consiste na aplicação da matriz da casa da qualidade ou primeira matriz do QFD (Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade). O QFD é uma ferramenta que ajuda na transformação das necessidades dos clientes em características mensuráveis, que ao serem incorporadas no projeto constituem-se nos requisitos de qualidade. A figura 6 apresenta um esquema de construção da matriz do QFD, explicando cada parte da matriz.

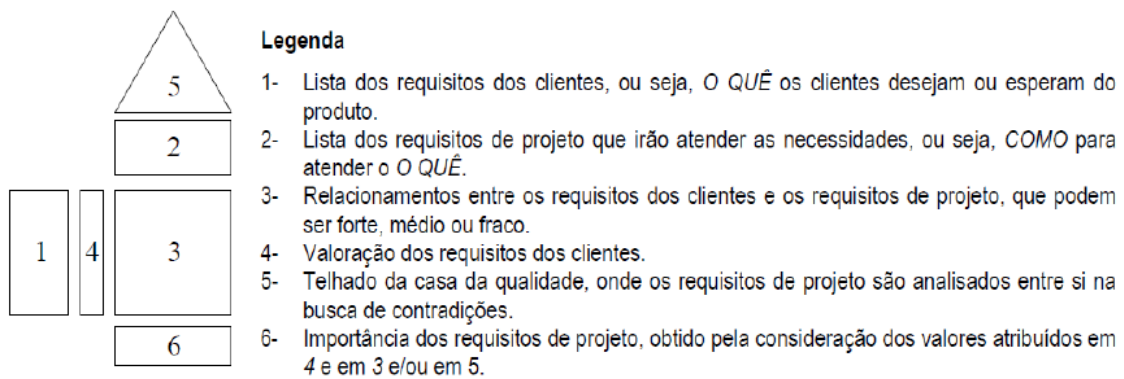


Figura 6: Esquema de construção da Matriz da Casa da Qualidade. Fonte: Mantovani (2011).

Segundo Mirshawka & Mirshawka (1994) *apud* Mantovani (2011), nenhuma outra parte da matriz da casa da qualidade tem mais importância no resultado do processo que os valores atribuídos aos requisitos dos clientes.

Fonseca (2000) *apud* Mantovani (2011) propõe uma sistemática para dividir as listas de classificação em três partes, o terço superior, o terço médio e o terço inferior (os mais importantes, os importantes e os menos importantes).

2.2.6 Estabelecer as especificações do projeto

Segundo Mantovani (2011), a principal tarefa dessa etapa é aplicar o quadro de especificações de projeto aos requisitos, obtendo assim as especificações do projeto. Este quadro de especificações de projeto nada mais é do que o local onde os requisitos de projeto são associados com mais três informações, conforme (Fonseca, 2000 *apud* Mantovani, 2011):

- Meta a ser atingida pelo requisito expressa quantitativamente;
- Forma de avaliação da meta estabelecida a fim de verificar o seu cumprimento;
- Aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

Após terem sido estabelecidas as especificações do projeto, é necessário verificar se o resultado está adequado ao problema de projeto. Essa verificação pode ser feita com o auxílio do questionamento proposto por (Pahl & Beitz 1996 *apud* Mantovani 2011):

- A tarefa foi suficientemente esclarecida para permitir o desenvolvimento de uma solução na forma de um projeto?
- São necessárias mais informações a respeito da tarefa de projeto?
- É possível alcançar os objetivos propostos com as restrições financeiras que se impõem?

- Se a fase conceitual é indispensável, como e com que profundidade deve ser desenvolvida?

2.3 FASE 2: PROJETO CONCEITUAL

O projeto conceitual é tido como a fase mais importante no processo de projeto de um produto, pois as decisões tomadas nessa fase influenciam sobremaneira os resultados das fases subsequentes (Back & Forcellini *apud* Mantovani, 2011).

Segundo Ferreira *apud* Mantovani (2011), o projeto conceitual é a fase do processo de projeto que gera, a partir de uma necessidade detectada e esclarecida, uma concepção para um produto que atenda da melhor maneira possível esta necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto. O modelo de produto obtido ao final dessa fase é a concepção do produto, que segundo Pahl & Beitz *apud* Mantovani (2011), é a proposta de solução fundamental, que satisfaz a função global e que sustenta a promessa de realização dos requisitos. A seguir está descrito as etapas da fase do projeto conceitual.

2.3.1 Verificar o escopo do problema

Segundo Mantovani (2011) nesta etapa *apriori*, procura-se entender a natureza do problema. Uma vez identificada a natureza do problema, é realizada uma análise através de cinco passos que visam conduzir a abstração na busca por aspectos gerais do problema e de seus atributos essenciais tais como: Eliminar preferências pessoais; Omitir requisitos sem relação direta com a função e com as restrições essenciais; Omitir requisitos sem relação direta com a função e com as restrições essenciais; Transformar informações quantitativas em qualitativas e reduzi-las ao essencial; Transformar informações quantitativas em qualitativas e reduzi-las ao essencial; Generalizar os resultados do passo anterior; Formular o problema sem a inclusão de soluções (Pahl & Beitz, 1996 *apud* MANTOVANI, 2011).

O resultado desse estudo pode quebrar preconceitos e conduzir a uma melhor solução do problema proporcionando um entendimento mais claro da tarefa de projeto, o que é indispensável para o êxito nas etapas subsequentes do projeto conceitual (MANTOVANI, 2011).

2.3.2 Estabelecer a estrutura funcional

Segundo Mantovani (2011), nessa etapa é feita a formulação do problema de forma ainda abstrata, através das funções que o produto deve desempenhar, independente de qualquer solução particular.

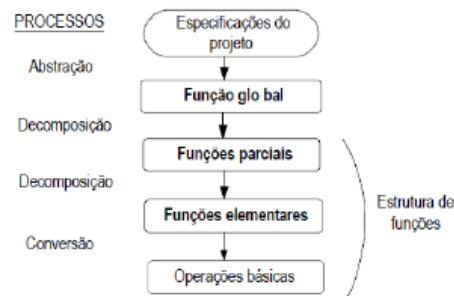


Figura 7: Tarefas e processos envolvidos na análise funcional. Fonte: Ferreira, (1997) *apud* Mantovani (2011).

Com base no processo ilustrado na figura 7, primeiramente elaborase a função global, que tem como base o resultado da análise do problema feito na etapa anterior do processo de projeto. Após é realizada estrutura funcional alternativa, que são as subdivisões da função global. Por fim para que seja possível selecionar a estrutura funcional, é necessário estabelecer os critérios de escolha para selecionar a mais convincente possível (MANTOVANI, 2011).

2.3.3 Pesquisar por princípios de solução

Segundo Amaral (2006), nesta etapa da metodologia passa-se do abstrato ao concreto, da função à forma. Mantovani (2011) reforça que a cada uma das subfunções da estrutura funcional escolhida na etapa anterior é atribuído um princípio de solução. Na busca por princípios de solução pode-se fazer uso de diversos métodos, são eles: convencionais, intuitivos e discursivos.

Segundo Amaral (2006), os princípios de soluções devem representar a forma aproximada dos elementos, não deve fazer referência a dimensões e nem a materiais específicos. A matriz morfológica é utilizada ao final dessa etapa para estruturar e sistematizar a apresentação dos princípios de solução encontrados e a geração de concepções alternativas (MANTOVANI, 2011).

2.3.4 Combinar princípios de solução

Segundo Mantovani (2011), nesta etapa deve-se empregar a matriz morfológica para estabelecer as combinações de princípios de soluções. Pahl & Beitz (1996) *apud*

Mantovani (2011), sugerem a aplicação de três critérios para esse fim: Somente combinar subfunções com princípios de solução compatíveis; Somente procurar por soluções que atendam a especificação de projeto e às restrições de orçamento; Concentrar em combinações promissoras estabelecendo as razões de tal preferência.

2.3.5 Selecionar combinações

Segundo Pahl & Beitz (1996) *apud* Mantovani (2011), o grande número de soluções consideradas é um ponto forte e a dificuldade de apreciar todas as soluções é um ponto fraco. Para tentar superar essa contradição, minimizando o risco de eliminar uma solução promissora, há de se empregar métodos sistemáticos de seleção que se adaptem à pequena quantidade de informações disponíveis nessa etapa.

2.3.6 Evoluir em variantes de concepção

Nesta etapa a concepção deve ser desenvolvida até que os meios de desempenhar cada uma das funções principais tenham sido fixados, assim como as relações espaciais e estruturais dos principais componentes. Um esboço deve ser detalhado para tornar possível o cálculo aproximado de custos, pesos e dimensões gerais (FRENCH, 1985 *apud* MANTOVANI, 2011).

2.4 FASE 3: PROJETO DETALHADO

Muitos dos passos preconizados na fase de projeto preliminar ocorrem em paralelo com a do projeto detalhado. Por esse motivo, Mantovani (2011) adota uma só fase chamada de Fase de Projeto Detalhado. Nessa fase do projeto, o modelo do produto evolui da concepção ao leiaute definitivo. Pahl & Beitz (2005) complementa que o ponto central do projeto detalhado é elaboração para a produção, por meio de prescrições definitivas de forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes devem ser finalmente fixadas. Da mesma forma, a especificação dos materiais e a viabilidade técnica e econômica devem ser reavaliadas. O modelo de produto é expresso pela documentação completa necessária à produção do produto projetado.

A seguir está descrito as etapas da fase do projeto detalhado, nesta fase são empregados uma série de normas e procedimentos padronizados, conforme as necessidades dos meios de fabricação (Mantovani, 2011).

2.4.1 Elaborar leiautes preliminares e desenhos de forma

Segundo Mantovani (2011), nesta etapa é feita a identificação de requisitos determinantes de tamanho, de disposição e de material, ou seja, aqueles que apresentam um significado crucial no projeto. Depois de identificado os requisitos determinantes, parte-se para a produção de desenhos, levando em consideração as restrições de tamanho, forma e disposição identificados. Além do dimensionamento prévio dos principais princípios de solução.

Mantovani (2011) diz que a identificação dos portadores de efeito físico determinantes é muito importante, pois são aqueles componentes ou conjuntos que desempenham as funções principais do sistema técnico, como por exemplo: potência, velocidade angular, comprimento, resistência mecânica, relação de transmissão, etc.

2.4.2 Elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma

Segundo Mantovani (2011), a primeira tarefa dessa etapa é a determinação das funções auxiliares essenciais, por exemplo: suportar carga, vedar pressão, refrigerar componente, etc. Uma vez identificadas essas funções, há de se buscar soluções para elas preferencialmente soluções já conhecidas, como peças padronizadas ou de catálogos.

A próxima tarefa é a de incorporar no leiaute e nos desenhos de forma as soluções para as funções auxiliares, portanto, deve-se prestar atenção nas normas referentes à área de domínio do produto e normas gerais de projeto e produção, deve-se efetuar cálculos detalhados dos parâmetros envolvidos, também considerar conhecimentos experimentais do próprio produto ou de semelhantes, ou até mesmo construir protótipos (MANTOVANI, 2011).

2.4.3 Finalizar verificações

Segundo Mantovani (2011), esta tarefa poderá ser feita a repetição de atividades já realizadas ao longo do projeto detalhado, como a busca por soluções para funções auxiliares, desenvolvimento de novos leiautes ou aproveitamento de soluções adotadas em variantes de leiaute não utilizados. Para realizar esta tarefa deve-se fazer o uso da lista de verificação, apresentada no quadro 1.

Título	EXEMPLOS
Função	A função estipulada é cumprida? Quais funções auxiliares são necessárias?
Princípio de solução	Os princípios de solução escolhidos produzem as vantagens e os efeitos desejados? Quais fatores de perturbação podem ser esperados?
Leiaute	A escolha do leiaute geral, das formas dos componentes, material e dimensões produzem: a durabilidade adequada (resistência), deformação permissível (rigidez), estabilidade adequada, ausência de ressonância, espaço para expansão, desgaste e corrosão compatíveis com a vida útil e as cargas estipuladas?
Segurança	Foram considerados todos os fatores afetando a segurança dos componentes, da função, da operação e do ambiente?
Ergonomia	Foram consideradas as relações homem-máquina? Foram evitados as causas de ferimentos humanos ou <i>stress</i> desnecessários? Prestou-se atenção à estética?
Produção	Houve uma análise econômica e tecnológica dos processos de produção?
Controle de qualidade	As verificações necessárias podem ser aplicadas durante e após a produção ou a qualquer outro momento? Elas foram especificadas?
Montagem	Os processos internos e externos de montagem podem ser feitos de forma simples e na ordem correta?
Transporte	As condições internas e externas de transporte e seu risco foram examinados e levados em consideração?
Operação	Foram considerados todos os fatores de a operação como ruído, vibração e manuseio?
Reciclagem	O produto pode ser reutilizado ou reciclado?
Manutenção	A manutenção, a inspeção e a revisão pode ser realizada e verificada?
Custos	Foram observados os limites de custo? Surgirão custos operacionais adicionais ou extras?
Cronograma	As datas de entrega poderão ser cumpridas? Existem modificações de projeto que possam antecipar a situação de entrega?

Quadro 1 - Lista de verificação. Fonte: Pahl & Beitz (1996) *apud* Mantovani (2011).

Para Pahl & Beitz (1996) *apud* Mantovani (2011), no projeto detalhado a disposição, a forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes devem ser finalmente fixadas. Da mesma forma, a especificação dos materiais e a viabilidade técnica e econômica devem ser reavaliadas.

2.4.4 Detalhar o leiaute definitivo

Segundo Mantovani (2011), é durante esta etapa que o projetista deve estar focado nos últimos detalhes do projeto, efetuar os dimensionamentos finais e ao mesmo tempo produzir os desenhos detalhados para não esquecer informações que possam impedir sua fabricação.

2.4.5 Integrar informações técnicas

Segundo Mantovani (2011) durante esta etapa deve-se promover a integração de todos os desenhos e outras informações necessárias à montagem dos componentes.

2.4.6 Revisar o projeto

Segundo Mantovani (2011), a preocupação do projetista aqui é de verificar se o produto atende as especificações do projeto e as normas técnicas estabelecidas, para que possa cumprir a função ao qual foi projetado.

2.5 MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO E TRANSPORTE

Segundo De Paris (2004), quando se fala de máquinas de elevação e transporte, se refere aqueles mecanismos que movimentam cargas normalmente a pequenas distâncias e internamente aos pavilhões e oficinas, exceto o transporte externo que desloca as cargas nos pátios das empresas.

2.5.1 Origem do elevador

Segundo dados fornecidos pela empresa Mega Sul Elevadores (2012), o princípio de uma plataforma suspensa dentro de uma cabine vertical para o transporte de pessoas ou materiais pesados foi descrito pela primeira vez pelo arquiteto romano Vitruvius, no século I a.C.

A elevação era obtida utilizando um contrapeso, que subia e descia sob o controle de uma roldana movida por uma manivela do lado de fora da plataforma. É provável que esses elevadores tenham sido utilizados nas casas romanas com vários andares, onde teriam sido operados por escravos.

O primeiro elevador conhecido foi o que o rei Luís XV mandou instalar, em 1743, no Palácio de Versalhes. Ligava os seus aposentos ao de sua amante, senhora de Châteauroux, no andar de baixo. Não se sabe o nome do inglês que, em 1800, pensou em utilizar um motor a vapor para mover os elevadores. Este motor era instalado no teto e controlava o enrolar e desenrolar do cabo ao redor de um cilindro.

Em 1851, o americano Elisha Graves Otis (1811-61) inventou um sistema de segurança que impedia que o cabo balançasse, prendendo-o num trilho e bloqueando-o com uma série de garras. Isso permitia o uso do equipamento também por pessoas. Para mostrar a eficiência de sua invenção, em 1854, ele mandou cortar o cabo de um elevador que ele mesmo pilotava.

O primeiro elevador de passageiros foi inaugurado por ele (Elisha Graves Otis) em 23 de Março de 1857 numa loja de cinco andares em Nova York. Em 1867, o francês Léon François Edoux inventou o elevador de coluna hidráulica. O mesmo Edoux construiu, em 1889, um elevador de 160 metros de altura para a Torre Eiffel. Esses elevadores eram 20 vezes mais rápidos do que os seus predecessores, que trabalhavam com tração. Em 1880, a empresa alemã Siemens & Halske utilizou energia elétrica na tração dos elevadores, subindo 22 metros em 11 segundos. O uso de eletricidade permitiu a introdução de interruptores para controlar o elevador em 1894.

2.5.2 Classificação das máquinas de elevação

De Paris (2004) classifica as máquinas de elevação como sendo:

- Equipamentos com mecanismo de elevação: São máquinas destinadas a mover cargas. Nesta categoria podemos incluir as pontes rolantes, elevadores, pórticos, talhas, entre outros. As máquinas deste grupo operam levantando e baixando a carga no sentido vertical e também podendo deslocar no sentido horizontal, inclusive com mecanismo de giro.

- Equipamento de transporte: Operam normalmente as máquinas que movimentam as cargas de forma contínua, sem mecanismo de elevação. Entre os diversos tipos, podem ser citados os transportadores contínuos de correia, os transportadores de canecos, aparelhos pneumáticos, aparelhos hidráulicos, entre outros.

- Equipamentos de superfície: Podem ou não conter mecanismos de elevação. As cargas são geralmente movimentadas em lotes. Neste tipo de máquina, o deslocamento não possui um caminho fixo do tipo trilho. Alguns exemplos são as empilhadeiras e os guindastes sobre rodas.

2.5.3 Considerações técnicas para escolha da máquina

De Paris (2004) define que ao se tratar da escolha da máquina de elevação devemos fazer algumas considerações técnicas quanto:

- O tipo de carga a ser movimentada: Deve-se levar em consideração a forma, o volume, as dimensões, a fragilidade, a temperatura de conservação, entre outros. Isto permitirá estimar a velocidade com que pode ser deslocada a carga, ou seja, se existe a possibilidade de empilhamento.

- Tipo de percurso e distância: A escolha deverá se basear no tipo de percurso, se é reto ou curvo, se existem ondulações na superfície e a distância a ser percorrida pela carga.

- Condições específicas do local: Deverá ser levada em consideração a área de movimentação, tipo de construção, ambiente de trabalho como temperatura, poeiras, agentes corrosivos, gases, tipo de energia disponível, condições de higiene e segurança operacional.

- Custos operacionais: Deve ser levado em consideração o custo do capital inicial e os custos operacionais. Isto inclui o projeto e montagem do equipamento, construções necessárias para operacionalizar seu funcionamento, consumo de energia, manutenção, etc.

2.5.4 Conceito de Elevador

Segundo dados fornecidos pela empresa Crel Elevadores (2012), o elevador é constituído de uma cabine que é montada sobre uma plataforma, em cima de uma armação de aço constituída por duas longarinas fixadas em cabeçotes superior e inferior. Todo este conjunto da cabine, armação e plataforma chama-se carro. Na figura 8 encontra-se a ilustração de um elevador com suas principais partes.

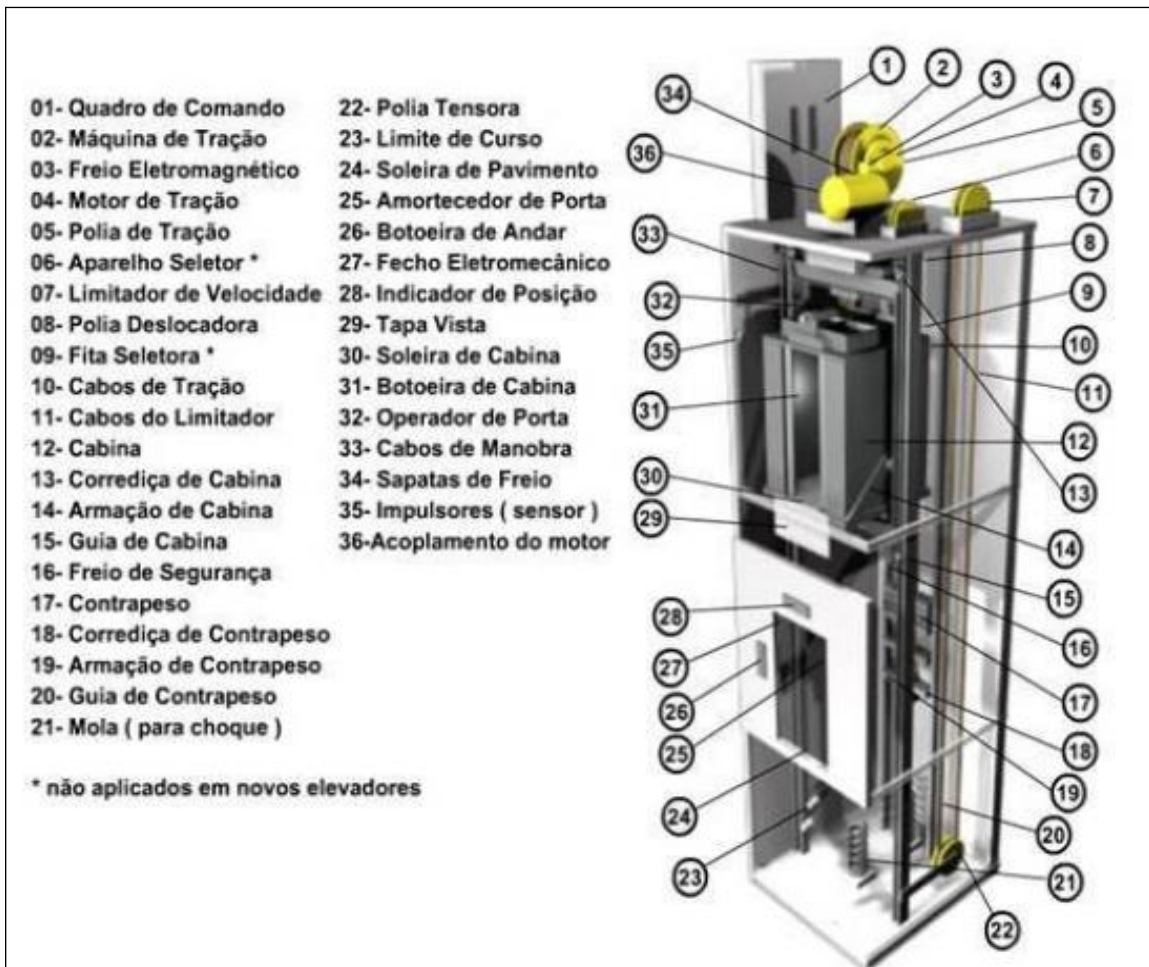


Figura 8: Principais partes de um elevador. Fonte: Crel Elevadores (2012)

Normalmente os elevadores contam com um contrapeso para igualar o peso do carro com o peso total acrescido de 40% a 50% da capacidade licenciada. O contrapeso é constituído de uma armação metálica formada por duas longarinas e dois cabeçotes, onde são fixados pesos, de tal forma que todo o conjunto deslize pelas guias que são trilhos. As guias são fixadas em suportes de aço, os quais são chumbados em vigas de concreto ou de aço.

O carro e o contrapeso são suspensos por cabos de aço que passam por uma polia, instalada no eixo da máquina de tração e localizada na casa de máquinas.

O movimento de subida e descida do carro e do contrapeso é feito pela máquina de tração. A aceleração e o retardamento ocorrem em função da variação de corrente elétrica no motor de tração. A parada final é possibilitada pela ação de um freio que está instalado na máquina de tração. Além desse freio, o elevador é dotado também de um freio de segurança para situações de emergência.

O freio de segurança é de atuação mecânica, pois é um dispositivo fixado na armação do carro, destinado a pará-lo de maneira progressiva ou instantânea, prendendo-os às guias quando acionado pelo limitador de velocidade.

O limitador de velocidade é um dispositivo montado no piso da casa de máquina, que é constituído basicamente por polias, cabos de aço e interruptor. O limitador aciona mecanicamente o freio de segurança e desliga o motor da máquina de tração do elevador, quando a velocidade do carro ultrapassar o limite pré-estabelecido.


2.5.5 Pesquisa de elevadores existentes no mercado

Hoje em dia as empresas oferecem uma variedade de produtos para o mercado consumidor, sendo que os futuros consumidores estão cada vez mais exigentes por produtos que atendam seus requisitos de qualidade e de segurança.

A questão do custo também é um ponto que deve ser levado em consideração no momento de adquirir um produto. Os elevadores estão evoluindo gradativamente com novas tecnologias de funcionamento, para bem estar dos usuários.

Para esta pesquisa por produtos existentes no mercado optou-se por empresas que tenham credibilidade com o cliente e que apresentam uma história de sucesso no mundo dos negócios.

No quadro 2 está representada as características e especificações técnicas de alguns modelos de elevadores pesquisados em empresas reconhecidas.

Empresa:	Montele Elevadores	Imagem 
Modelo:	EL2000	
Especificações técnicas		
Velocidade:	15 à 21 m/min	
Capacidade/ N° de passageiros	225 kg (3 passageiros)	
Alimentação:	220 V ou 380 V, 60 Hz	
Características		
Aço inox 304 (menor corrosão); Inversor de frequência para paradas suaves e economia de energia elétrica; Sistema de feixe de luz infra vermelho.		

(Continua)

Empresa:	Minilift Elevadores	Imagem
Modelo:	Minilift One	
Especificações técnicas		
Velocidade:	6 à 8 m/min	
Capacidade/ N° de passageiros:	150 kg (2 passageiros)	
Alimentação:	110/ 220 VCA x 60Hz - Trifásica ou Monofásica	
Características		
<p>Pode ser fixados em uma parede lisa de alvenaria; Não necessita de torre ou poço; A passagem no pavimento superior (Buraco) é fechada com uma tampa de aço quando o elevador desce.</p>		
Empresa:	Thyssenkrupp Elevadores	Imagem
Modelo:	Levita	
Especificações técnicas		
Velocidade:	_____	
Capacidade/ N° de passageiros:	(3 pessoas)	
Alimentação:	220 VCA, 60 Hz	
Características		
<p>Porta automática tipo BUS; No-break de emergência que permite ao equipamento completar sua viagem em caso de falta de energia elétrica; Sistema de Sleepin. Após 10 min do equipamento parado, a iluminação da cabine se desliga automaticamente.</p>		
Empresa:	Thyssenkrupp Elevadores	Imagem
Modelo:	Cadeira Elevatória	
Especificações técnicas		
Velocidade:	Até 9,0 m/min	
Capacidade/ N° de passageiros:	125 kg (1 pessoa)	
Alimentação:	_____	
Características		
<p>Unidade de controle sem fio, operação por meio de joystick; Chamada dos pavimentos via controle remoto; Comunicação via rádio frequência; Assento giratório e apoio para os pés (ambos dobráveis).</p>		

Quadro 2- Características e especificações técnicas. Fonte: Adaptado de Montele Elevadores (2011), Minilift Elevadores (2012), ThyssenKrupp Elevadores (2012).

2.6 NORMATIZAÇÃO

Neste capítulo, serão expostas as principais normas utilizadas no desenvolvimento do projeto.

2.6.1 NBR 12892

A norma NBR 12892 de ago/1993 é empregada para edifícios residenciais unifamiliares; edifícios residenciais multifamiliares; edificação não residencial, para uso interno restrito comprovadamente a deficientes físicos.

A norma NBR 12892 (1993) aborda assuntos de projeto, fabricação e instalação de elevador unifamiliar, servindo de base para o dimensionamento de um elevador. A segurança dos usuários é um ponto forte abordado pela norma, pois a norma possibilita práticas seguras, impedindo eventuais acidentes em operações e manutenção.

A norma NBR 12892 (1993) aponta os métodos de funcionamento do elevador, impedindo que ocorra acidente por descuidos de usuários. Especifica que os materiais a serem utilizados nas paredes e estruturas devem ter resistência ao fogo e devem resistir a determinados esforços empregados. Também aponta as dimensões da cabine, ventilação, iluminação e sistemas de segurança utilizados.

Vários estudos comprovaram que os acidentes com elevadores mais frequentes são: Corte; esmagamento; queda; impacto; aprisionamento; fogo; choque elétrico e falha do material devido a danos mecânicos, desgastes e corrosões (NBR NM 207, 2002).

2.6.2 Acessibilidade

Conforme lei brasileira de acessibilidade nos edifícios de uso privado, de nº 10.098 (2000), capítulo V. Define-a como:

Art 13. Os edifícios de uso privado em que seja obrigatória a instalação de elevadores deverão ser construídos atendendo aos seguintes requisitos mínimos de acessibilidade:

I – percurso acessível que una as unidades habitacionais com o exterior e com as dependências de uso comum;

II – percurso acessível que una a edificação à via pública, às edificações e aos serviços anexos de uso comum e aos edifícios vizinhos;

III – cabine do elevador e respectiva porta de entrada acessível para pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.

Art. 14. Os edifícios a serem construídos com mais de um pavimento além do pavimento de acesso, à exceção das habitações unifamiliares, e que não estejam obrigados à instalação de elevador, deverão dispor de especificações técnicas e de projeto que facilitem a instalação de um elevador adaptado, devendo os demais elementos de uso comum de estes edifícios atender aos requisitos de acessibilidade.

2.6.3 Ergonomia

Segundo Lida (2005), a ergonomia surgiu após a Segunda Guerra Mundial sendo consequência do trabalho interdisciplinar de diversos profissionais. No entanto, a ergonomia expandiu-se gradativamente abrangendo todos os tipos de atividades humanas, principalmente no setor de saúde, educação, transporte, lazer e atividades domésticas. Mas ela só adquiriu status formalizado após a fundação da Ergonomics Research Society, na Inglaterra em 1950 que reuniu diversos pesquisadores ligados a essa sociedade para difundir seus conhecimentos visando uma aplicação industrial e não apenas militar.

A ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem, sempre preservando sua saúde. Assim, a ergonomia ajusta as capacidades e limitações do trabalho ao homem.

A Associação Brasileira de Ergonomia *apud* Lida (2005, p.2) adota a seguinte definição:

Entende-se por ergonomia o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente objetivando intervenções e projetos que visem melhorar de forma integrada e não-dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e as eficiências das atividades humanas.

Ainda Lida (2005) afirma que a ergonomia utiliza sua função para a melhoria da vida cotidiana como, tornar os meios de transporte mais cômodos, eletrodomésticos mais seguros e mobílias mais confortáveis. O estudo da ergonomia também contribui para melhorar a circulação de pedestres em locais públicos, ajudar pessoas idosas, crianças em idade escolar e portadores de deficiência física.

2.6.4 NBR NM 207

A norma NBR NM 207 (1999) aborda o assunto sobre Elevadores elétricos de passageiros - requisitos de segurança para construção e instalação. No tópico 16.3 especifica o assunto relativo à manutenção do elevador. Neste tópico a mesma norma apresenta que devem ser realizados inspeções e ensaios periódicos nos elevadores, para certificar-se de que o elevador está em condições de pleno funcionamento.

Entretanto, a NBR NM 207 (1999) salienta que os ensaios periódicos não devem ser realizados com muita frequência, pois podem causar excessivo desgaste ou impor tensões que possam diminuir a segurança do elevador, que é o caso do freio de segurança e para-choques. Estes ensaios devem ser feitos com a cabine vazia para que não ocorram acidentes com o técnico responsável pela manutenção.

3 METODOLOGIA

Segundo Rodrigues (2007), a metodologia é um conjunto de abordagens, técnicas e procedimentos que são utilizados pela ciência para fazer e solucionar problemas de aquisição objetiva do saber, de uma maneira sistemática. Este trabalho caracteriza-se por uma pesquisa exploratória, pois tem-se uma caracterização inicial do problema, sua classificação e suas definições. Portanto constitui o primeiro passo de toda pesquisa científica. A metodologia está dividida nas etapas do projeto de produto (figura 1), sendo que é o desenvolvimento das etapas, que levarão ao alcance dos resultados finais.

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

Conforme a metodologia proposta anteriormente, o projeto informacional é dividido em etapas, sendo que as mesmas encontram-se elaboradas a seguir.

3.1.1 Pesquisar informações sobre o tema do projeto

Nesta etapa foi elaborado o ciclo de vida do produto, sendo que o mesmo engloba todas as fases do produto, desde o planejamento do projeto até o descarte final. Para cada fase do ciclo de vida encontram-se seus respectivos clientes, assim tendo uma visão mais ampla dos processos, permitindo o desenvolvimento do produto focado em cada um dos clientes ao longo do ciclo de vida. No quadro 3 encontra-se o ciclo de vida do Elevador Residencial com seus respectivos clientes.

FASES DO CICLO DE VIDA	CLIENTES		
	Internos	Intermediários	Externos
Projeto	Equipe de projeto	_____	_____
Fabricação e Montagem	Equipe de projeto + equipe de fabricação e montagem	_____	_____
Operação	_____	_____	Usuários
Manutenção	_____	_____	Usuários + técnicos

Quadro 3 - Clientes ao longo do ciclo de vida do produto. Fonte: Adaptado de Fonseca (2000) *apud* Amaral *et al.* (2006).

3.1.2 Identificar as necessidades dos clientes do projeto

Nesta etapa foi elaborado um questionário para o cliente, que está disposto no Apêndice A. Este questionário foi aplicado ao cliente em forma de entrevista, a fim de coletar suas principais necessidades. Como este projeto está sendo desenvolvido para

um cliente específico, o questionário foi aplicado somente para este cliente. Sendo que o mesmo por estar inserido na indústria e possuir um elevado grau de conhecimento em projetos, respondeu as perguntas já na forma de requisitos do cliente, que é uma forma mais polida das necessidades. Por este motivo, pulou-se esta etapa do projeto que seria coletar as necessidades do cliente. Com isso, houve um ganho de tempo no desenvolvimento do projeto.

3.1.3 Estabelecer os requisitos dos clientes

Como mencionado na etapa anterior, os requisitos foram levantados a partir da entrevista com o cliente. Estes requisitos foram classificados ao longo do ciclo de vida do produto. No quadro 4 estão representados os requisitos do cliente.

Ciclo de Vida	Requisitos do Cliente
Projeto	1. Ser instalado no poço existente
	2. O formato será Retangular
	3. Capacidade para duas pessoas
	4. Material da cabine Aço
	5. Utilizar materiais tabelados
	6. Comandos elétricos sem fio de acionamento
	7. Energia elétrica
	8. Projeto com baixo custo
	9. Usar máquina comprada
	10. Será usado 20 vezes/ dia
	11. A porta será aberta para os lados tipo corrediça
Fabricação e Montagem	12. O elevador será fabricado e montado no próprio local
Operação	13. Operação segura para os passageiros de qualquer idade
	14. Operação simples
Manutenção	15. Não parar de funcionar
	16. Espaço acessível aos componentes do elevador
	17. Fácil manutenção
	18. Sem necessidade de lubrificação

Quadro 4 - Requisitos do cliente ao longo do ciclo de vida. Fonte: Autor

Após ter os requisitos do cliente em mãos, partiu-se para a valoração dos mesmos. De forma mais sistematizada foi aplicado o diagrama de Mudge, que apresentou o grau de importância dos requisitos do cliente.

No (Apêndice C) está disposto o diagrama Mudge, que valorou como o requisito mais importante a operação segura para os passageiros de qualquer idade. Em

segundo, não parar de funcionar; em terceiro, projeto com baixo custo; em quarto, o elevador fabricado e montado no próprio local e em quinto, usar máquina comprada.

3.1.4 Estabelecer os requisitos do projeto

Nesta etapa do projeto foi elaborado o desdobramento dos requisitos do cliente em requisitos do projeto, ou seja, é a forma de mensurar o requisito do cliente para que algum sensor possa medir os mesmos. Também foram realizadas as especificações do projeto, que são as dimensões dos requisitos do projeto. No quadro 5 estão dispostos requisitos que o projeto do produto requer para sua elaboração.

Requisitos de projeto	Especificação do projeto
Dimensão em mm	Poço quadrado tem 1000 mm x 1000 mm
Formato geométrico	Formato retangular de 878 mm x 972 mm
Carga em Kg	Capacidade mínima 150 Kg.
Tipo de material	Material aço SAE 1020
De acordo com as normas	Norma SAE, ANSI e ABNT
Forma de transmissão de sinal	Rádio, infravermelho
Tensão e tipo de rede	Tensão de 220 Volts e monofásico
Real R\$	Orçamento do projeto até R\$ 5000,00
Especificação	Potência 3,3 CV
Tempo de uso	0,25 horas/dia de uso
Mecanismo	A porta será do tipo sanfonada
Tipos de equipamentos disponíveis	Poli corte, Furadeira de bancada, Solda eletrodo e as peças usinadas serão terceirizadas.
Tipos de proteções	Proteções elétricas e mecânica redundante
Número de comando	Uma botoeira com um comando
Tempo entre manutenções preventivas	3 meses
Tempo de manutenção	30 minutos
Número de peças reservas	1 peça reserva
Tipo de sistema de lubrificação	Sistema auto lubrificado

Quadro 5 - Requisitos do projeto e especificações do projeto. Fonte: Autor

3.1.5 Hierarquizar os requisitos do projeto

Nesta etapa foi elaborada a casa da qualidade (Matriz QFD), com o uso do software QFD_SACPRO.

Na figura 9 está disposta a casa da qualidade, onde podem ser observados os relacionamentos entre os requisitos dos clientes e os requisitos do projeto, a correlação entre os requisitos do projeto e a hierarquização dos requisitos do projeto levando-se em

consideração apenas a matriz de relacionamentos como também considerando-se a matriz de correlacionamento (telhado).

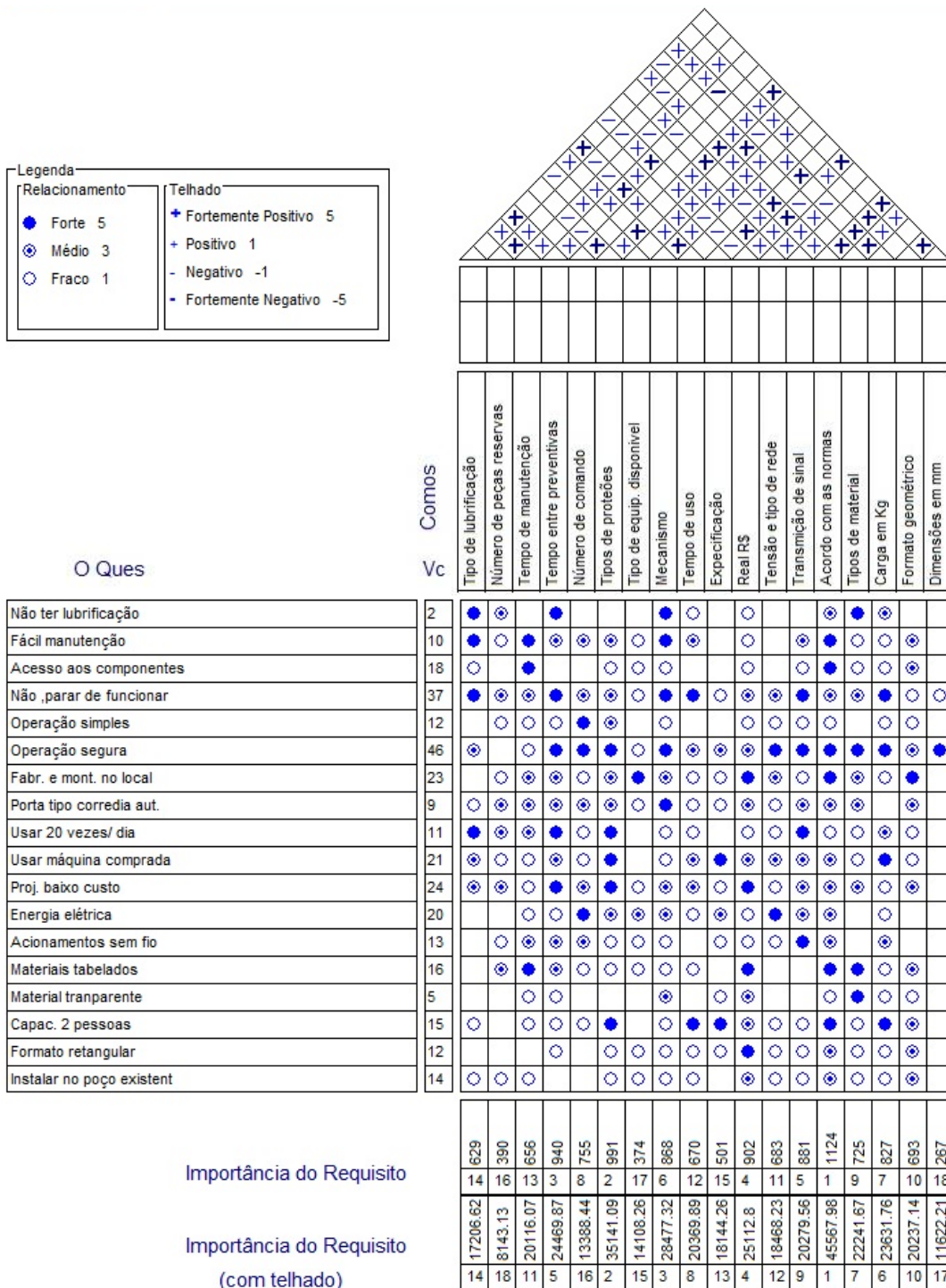


Figura 9: Casa da qualidade. Fonte: Autor

3.2 PROJETO CONCEITUAL

O projeto conceitual é tido como a fase mais importante no desenvolvimento, pois é nele que será escolhido o conceito do produto. A seguir encontra-se o desenvolvimento do projeto conceitual em etapas.

3.2.1 Verificar o escopo do problema

Nesta etapa é reavaliado o escopo do projeto, levando em consideração os dados levantados na fase anterior. No entanto, o projeto está seguindo os objetivos específicos, que levam para o alcance do objetivo geral. Isso comprova que o escopo do problema está de acordo, sem necessidade de reformulação.

3.2.2 Estabelecer a estrutura funcional

A função global deste projeto é movimentar os passageiros na vertical entre os andares de uma residência. Na figura 10 demonstra-se a função global com suas entradas e saídas.

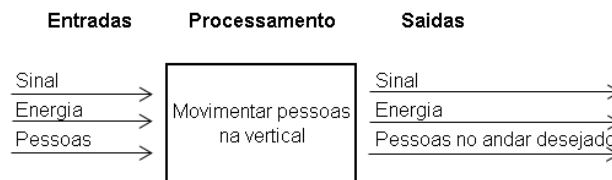


Figura 10: Função global do produto. Fonte: Autor

A partir da função global, desenvolveu-se uma estrutura funcional do produto figura 11. Na estrutura funcional encontram-se as funções parciais e elementares, que irão gerar os princípios de solução.

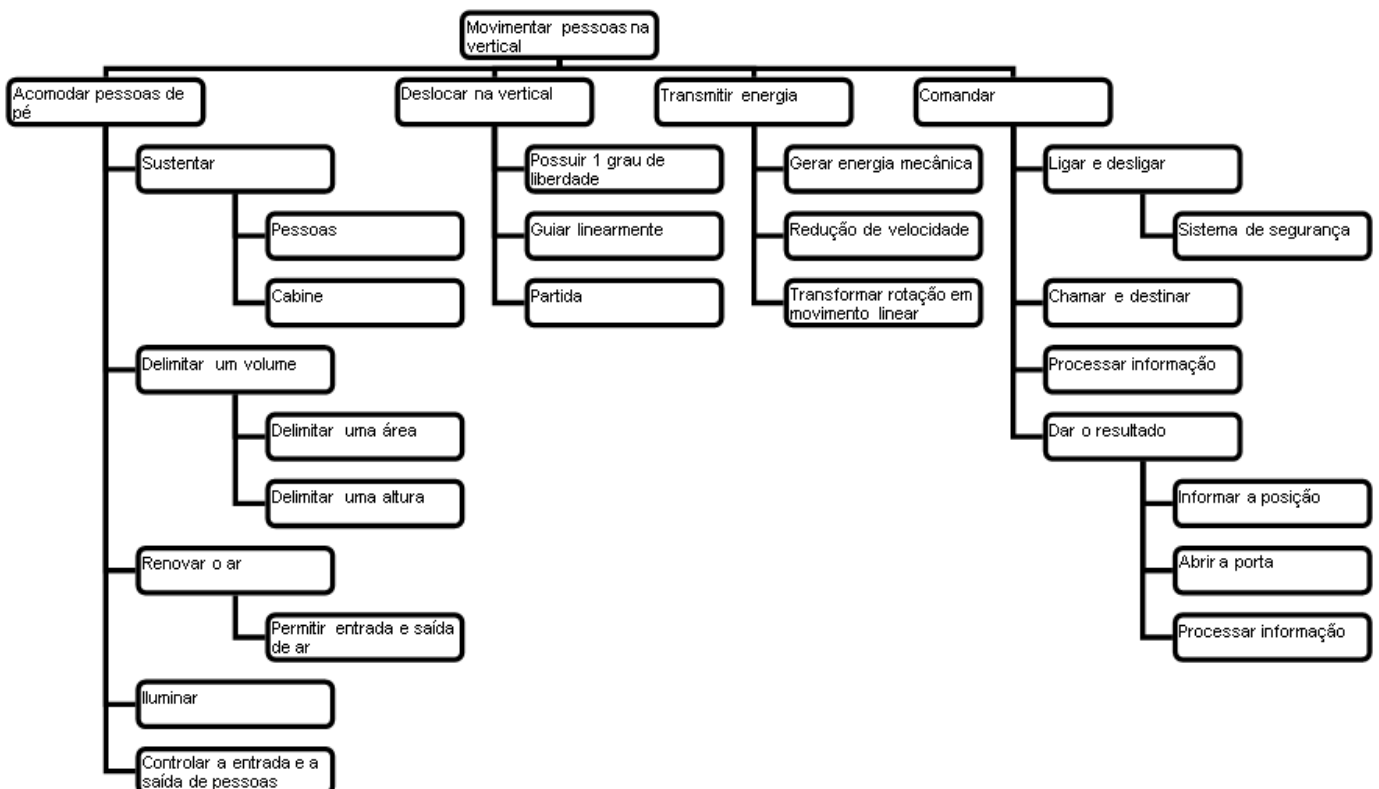














































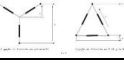

























Figura 11: Estrutura Funcional. Fonte: Autor

3.2.3 Pesquisar por princípios de solução

Nesta etapa realizou-se a busca por princípios de solução, entre muitos métodos para achar as soluções dos problemas, optou-se pelo método morfológico, que é um método sistemático, pois consiste no desdobramento de problemas complexos em partes mais simples. No quadro 6 encontra-se a Matriz Morfológica com 5 princípios de solução para cada função elementar.

Função elementar	Princípio de solução				
Sustentar Pessoas					
	Piso Transparente	Piso opaco	Piso brilhoso	Piso vasado	Piso antiderapante
Sustentar Cabine					
	Cabo	Corrente de élos	Haste Hidráulica	Corrente de rolos	Corda
Delimitar uma área					
	Quadrado	Círculo	Triângulo	Retângulo	Hexágono
Delimitar uma altura					
	Cilindro	Esfera	Paralelepípedo	Pirâmide	Cone
Permitir entrada e saída de ar					
	Natural		Orifícios no teto	Ventilação forçada	Ventilação cruzada
Iluminar					
	Lamp. Fluorescente	Econômica	Iluminação solar	Incandescente	Iluminação de Led
Controlar a entrada e saída de pessoas					
	Porta de abrir central	Porta de abrir lateral	Porta sanfonada	Porta treliçada	Porta de rotação
Possuir um grau de liberdade					
	Vertical	Horizontal	Inclinado	Vertical	Vertical
Guiar linearmente					
	Perfil U	Barra redonda	Guias Lineares	Perfil T	Perfil V
Partida					
	Direta	Estrela/ triângulo	Inversor de frequên.	Partida Suave	Embreagem
Gerar energia mecânica					
	Motor elétrico	Motor ciclo otto	Talha elétrica	Motor hidráulico	Motor ciclo diesel
Redução de velocidade					
	Polia	Engrenagem	Redução com sem fim	Inversor de frequên.	Correa p/ correa
Transformar rotação em movimento linear					
	Cabo de Aço	Corrente de élos	Correia de borracha	Pinhão e cremalheira	Corrente de gomas
Ligar e desligar					
	Chave geral	chave liga/desliga	Botão de emergencia	Mecanicamente	Sensor

























(Continua)

Chamar e destinar					_____
	Controle com fio	Controle sem fio	Botão na parede	Som	_____
Sistemas de segurança				_____	_____
	Manual	mecânico	Elétrico	Hidráulico	Pneumatico
Processar informação		_____		_____	_____
	Eletronico	mecânico	Manual	Hidráulico	_____
Informar a posição					
	Luz	Display	Som	Visual	Sensor
Abrir a porta					
	Manualmente	Sençor	Chave elétrica	Mecânico	Manual




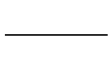
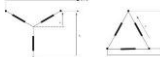










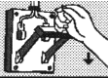

















Quadro 6 - Matriz Morfológica. Fonte: Autor

3.2.4 Combinar princípios de solução

Nesta etapa foram combinados três princípios de soluções para cada função elementar, sempre levando em consideração os princípios mais promissores, que atendam aos orçamentos e requisitos do cliente, almejando o alcance da função global do produto. No quadro 7 encontra-se a combinação dos princípios de solução.

Função elementar	Alternativas de solução		
	Conceito 1	Conceito 2	Conceito 3
Sustentar Pessoas			
	Piso vasado	Piso Transparente	Piso brilhoso
Sustentar Cabine			
	Cabo	Corrente de élos	Haste Hidráulica
Delimitar uma área			
	Retângulo	Círculo	Quadrado
Delimitar uma altura			
	Paralelepípedo	Pirâmide	Cilindro
Permitir entrada e saída de ar			
	Natural	Ventilação forçada	Orifícios no teto
Iluminar			
	Iluminação do ambiente	econômica	Lamp. Incandescen
Controlar a entrada e saída de pessoas			
	Porta sanfonada	Porta de abrir lateral	Porta de correr
Possuir um grau de liberdade			
	Vertical	Vertical	Vertical

(Continua)

Guiar linearmente			
	Perfil cantoneira	Barra redonda	Guias Lineares
Partida			
	Partida Suave	Estrela/ triângulo	Inversor de frequên.
Gerar energia mecânica			
	Talha elétrica	Motor ciclo otto	Motor elétrico
Redução de velocidade			
	Polia	Engrenagem	Caixa de redução
Transformar rotação em movimento linear			
	Cabo de Aço	Corrente de élos	Correia de borracha
Ligar e desligar			
	Chave geral	chave liga/desliga	Botão de emergência
Chamar e destinar			
	Controle sem fio	Controle com fio	Botão na parede
Sistemas de segurança			
	Mecânico	Manual	Elétrico
Processar informação			
	Elétrico	mecânico	Manual
Informar a posição			
	Visual	Display	Sensor
Abrir a porta			
	Manualmente	Sençor	Chave elétrica

Quadro 7 - Combinação dos princípios de solução. Fonte: Autor

3.2.5 Selecionar combinações

Nesta etapa foram avaliadas as combinações dos conceitos, aplicando um método sistemático de seleção conhecido como Matriz de Decisão.

Para efetuar o preenchimento desta matriz (quadro 8), atribuiu-se valores de 5 para o atendimento dos requisitos, 3 para o atendimento parcial dos requisitos e 1 para o não atendimento dos requisitos. Com o uso desta matriz foi possível chegar a uma concepção que melhor atende aos requisitos do projeto. Esta escolha foi possível analisar o maior somatório entre as três concepções, ou seja, a concepção que ficou com maior somatório é a que será desenvolvida.

Requisitos de Projeto	Especificação de projeto	Vi		Conceito 1	Nível de satisfação do conceito 1	Conceito 2	Nível de satisfação do conceito 2	Conceito 3	Nível de satisfação do conceito 3
1. De acordo com as normas	ABNT- NBR NM 207	1124	10,0	5	50,0	5,0	50,0	5,0	50,0
2. Tipos de proteções	Proteções redundantes	991	8,8	5	44,1	5,0	44,1	5,0	44,1
3. Tempo entre preventivas	Trimestral (3 meses)	940	8,4	3	25,1	3,0	25,1	3,0	25,1
4. Real R\$	Orçamento até R\$ 5000,00	902	8,0	5	40,1	3,0	24,1	3,0	24,1
5. Transmissão de sinal	Rádio	881	7,8	3	23,5	3,0	23,5	3,0	23,5
6. Mecanismo	A porta será sanfonada	868	7,7	5	38,6	3,0	23,2	3,0	23,2
7. Carga em Kg	Capacidade mínima 180 Kg	827	7,4	3	22,1	3,0	22,1	3,0	22,1
8. Número de comandos	Um comando	755	6,7	3	20,2	3,0	20,2	3,0	20,2
9. Tipo de material	Material acrílico	725	6,5	5	32,3	3,0	19,4	3,0	19,4
10. Formato geométrico	Formato retangular	693	6,2	5	30,8	1,0	6,2	3,0	18,5
11. Tensão e tipo de rede	Monofásico e 220 Volts	683	6,1	5	30,4	1,0	6,1	3,0	18,2
12. Tempo de uso	0,25 horas/dia	670	6,0	3	17,9	3,0	17,9	3,0	17,9
13. Tempo de manutenção	30 minutos	656	5,8	3	17,5	3,0	17,5	3,0	17,5
14. Tipo de lubrificação	Sistema auto lubrificado	629	5,6	5	28,0	1,0	5,6	1,0	5,6
15. Especificações	Potência 1/2 CV e 1 tonelada	501	4,5	5	22,3	3,0	13,4	3,0	13,4
16. Número de peças reservas	1 peça reserva	390	3,5	3	10,4	3,0	10,4	3,0	10,4
17. Tipo de equipamento disponível	Poli corte, Furadeira e Solda	354	3,1	5	15,7	3,0	9,4	3,0	9,4
18. Dimensões em mm	1000mm x 1000mm	267	2,4	5	11,9	1,0	2,4	5,0	11,9
Total					480,8		340,3		374,3

Quadro 8 - Matriz de Decisão. Fonte: Autor

3.3 PROJETO DETALHADO

O projeto detalhado tem o objetivo de fazer com que o projeto do produto esteja pronto para a fabricação, ou seja, os desenhos devem estar completos com suas tolerâncias e especificações, os cálculos de dimensionamento e orçamento devem ser elaborados, sempre se baseando em uma série de normas e procedimentos para alcançar os requisitos de segurança.

3.3.1 Elaborar leiautes preliminares e desenhos de forma

Nesta etapa do projeto foi elaborado o dimensionamento dos requisitos determinantes, que são os principais componentes que compõem o elevador. Este dimensionamento foi baseado na Norma Regulamentadora da ABNT NBR 12892 - Projeto, fabricação e instalação de elevador unifamiliar de ago/ 1993.

- **Dimensionamento da estrutura**

Primeiramente dimensionou-se a estrutura da cabine, que são as vigas que darão sustentação ao elevador. Na figura 12 encontra-se o esboço que contém o número de vigas necessárias, com suas respectivas dimensões e esforços solicitantes, este esboço foi utilizado para realização dos cálculos.

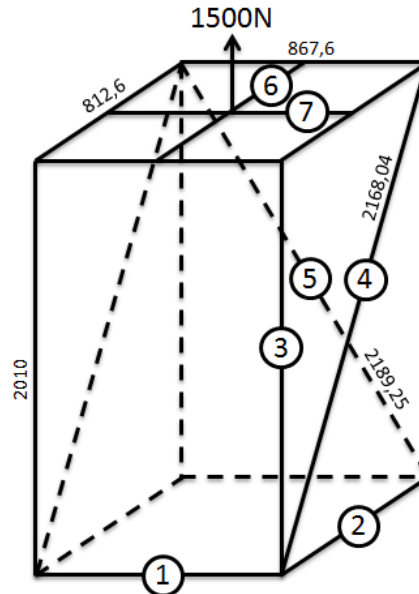


Figura 12: Esboço para dimensionamento. Fonte: Autor

A partir do esboço figura 12, foi possível aplicar algumas equações de Mecânica dos Sólidos, a fim de dimensionar o perfil das vigas, para que suportem os esforços que estão submetidos, sem que ocorra deformação plástica. No quadro 9 encontra-se elaborado o dimensionamento das vigas. Cabe salientar que os cálculos foram feitos em uma planilha dinâmica, para que se tenha a necessidade de alterar algum valor, não comprometa o restante do dimensionamento. As equações foram extraídas do Provenza (1996).

Viga 1- Perfil Cantoneira		
Carga	1500	N
Flecha	0,005	m
Mód. de elast. do aço	2,E+11	N/m ²
Comprimento da viga	0,8126	m
Coefficiente de segurança	5	
Equação da deformação	$f = \frac{F.l^3}{E.I} \cdot \frac{1}{48}$	
Momento de inércia	8,38E-08	m ⁴
Momento de inércia	8,38	cm ⁴
Secção utilizada/l	(41x41x6,35)/9,57	mm/cm ⁴
Peso/l	5,07	kg

Viga 2- Perfil Cantoneira		
Carga	1500	N
Flecha	0,005	m
Mód. de elast. do aço	2,E+11	N/m ²
Comprimento da viga	0,8676	m
Coefficiente de segurança	5	
Equação da Deformação	$f = \frac{F.l^3}{E.I} \cdot \frac{1}{48}$	
Momento de inércia	1,02E-07	m ⁴
Momento de inércia	10,20	cm ⁴
Secção Utilizada/l	(51x51x4,76)/11,23	mm/cm ⁴
Peso/l	4,18	kg

Viga 3- Perfil Cantoneira		
Carga	1500	N
Deformação	0,001	m
Mód. de elast. do aço	2,E+11	N/m ²
Comprimento da viga	2,001	m
Coefficiente de segurança	5	
Equação da Tensão	$\delta = \frac{F.l}{E.A}$	
Área	7,50E-05	m ²
Área	0,750375	cm ²
Secção Utilizada/A	(38x38x 3,175)/1,92	mm/cm ⁴
Peso/l	0,75	kg

Viga 4- Perfil Retangular		
Carga	1633,8	N
Deformação	0,001	m
Mód. de elast. do aço	2,E+11	N/m ²
Comprimento da viga	2,18925	m
Coefficiente de segurança	5	
Equação da Tensão	$\delta = \frac{F.l}{E.A}$	
Área	8,94E-05	m ²
Área	0,894199	cm ²
Secção Utilizada	22x4	mm
Peso/l	1,55	kg

(Continua)

Viga 5 - Perfil Retangular		
Carga	1633,8	N
Deformação	0,001	m
Mód. de elast. do aço	2,E+11	N/m ²
Comprimento da viga	2,16804	m
Coefficiente de segurança	5	
Equação da Tensão	$\delta = \frac{F.l}{E.A}$	
Área	8,86E-05	m ²
Área	0,885536	cm ²
Secão Utilizada	22x4	mm
Peso/l	1,52	kg

Viga 6- Perfil Quadrado		
Carga	950,0745228	N
Deformação	0,001	m
Mód. de elast. do aço	200000000000	N/m ²
Comprimento da viga	0,8126	m
Coefficiente de segurança	5	
Equação da Deformação	$f = \frac{F.l^3}{E.I} \cdot \frac{1}{48}$	
Momento de inércia	2,66E-07	m ⁴
Momento de inércia	26,55	cm ⁴
Secão Utilizada/l	(60x60x3)/37,14	mm/cm ⁴
Peso/l	3,47	kg

Viga 7- Perfil Quadrado		
Carga	1500	N
Deformação	0,001	m
Mód. de elast. do aço	2,E+11	N/m
Comprimento da viga	0,8676	m
Coefficiente de segurança	5	
Equação da Deformação	$f = \frac{F.l^3}{E.I} \cdot \frac{1}{48}$	
Momento de inércia	5,10E-07	m ⁴
Momento de inércia	51,02	cm ⁴
Secão Utilizada/l	(60x60x5)/55,91	mm/cm ⁴
Peso/l	8,64	kg

Quadro 9 - Dimensionamento da Estrutura da Cabine. Fonte: Autor

A carga utilizada foi considerada no valor de duas pessoas, que segundo a norma NBR 12892 (1993) é de 75 Kg/pessoa. A deformação foi considerada 0,001m e 0,005m. O modulo de elasticidade para o aço utilizado foi considerado em 200 MN/m, segundo Provenza (1996). O comprimento das vigas foi calculado a partir das dimensões do poço existente na residência. Com relação ao coeficiente de segurança, foi definido o valor de 5, segundo NBR 12892 (1993). As tabelas com perfil de cantoneiras e tubos foram extraídas da empresa Met@lica (2012).

• Estrutura de sustentação do motor

A partir do dimensionamento da estrutura da cabine, foi possível dimensionar a estrutura de sustentação para o motor, pois necessitava do peso total da cabine. No quadro 10 encontra-se o os cálculos.

Cálculo da viga 8- Perfil Quadrado		
Carga	3825,33	N
Flecha	0,005	m
Mód. de elast. do aço	2,E+11	N/m ²
Comprimento da viga	1,5	m
Coefficiente de segurança	5	
Equação da Deformação	$f = \frac{F.l^3}{E.I} \cdot \frac{1}{48}$	
Momento de inércia	1,34E-06	m ⁴
Momento de inércia	134,48	cm ⁴
Secão Utilizada/l	(80x80x5,6)/ 154,6	mm/cm ⁴
Peso/l	19,62	kg

Quadro 10 - Dimensionamento da estrutura do motor. Fonte: Autor

Na elaboração do dimensionamento da viga 8, a carga utilizada foi a soma do peso da estrutura com os dois passageiros, totalizando 2238 N. A tabela utilizada na

escolha das dimensões do perfil quadrado foram extraídas da empresa Met@lica (2012) e foram utilizadas as equações do Provenza (1996).

- **Dimensionamento do motor**

A potência do motor foi calculada com base em Antunes (1998). A carga que o motor terá que transportar é o peso de toda estrutura mais o peso dos passageiros. O dimensionamento está ilustrado no quadro 11.

Velocidade		Potência de regime			Potência de inércia do sistema		Potência do motor	
$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$		$Nr = \frac{Qc \cdot v}{n \cdot 4500}$			$Ni = \frac{Qt \cdot v^2 \cdot 1,4}{g \cdot t \cdot n \cdot 270000}$		$Nm = Ni + Nr$	
$v =$	10 m/min	$Qc =$	17325,32 Kgf	$Ni =$	0,3392 CV	$Nm =$	3,3331 CV	
$n =$	12,86 rpm	$Nr =$	2,993896 CV	$Qt =$	17325,32 Kgf	$Nm =$	2451,4633 W	
$d =$	247,65 mm							

Quadro 11 - Dimensionamento da potência do motor. Fonte: Adaptado de Antunes (1998)

- **O dimensionado do cabo de aço**

O dimensionamento do cabo de aço é de fundamental importância para a segurança dos usuários. Para realização dos cálculos de dimensionamento, foi adotada a obra de Melconian (2003), onde interpretou-se algumas tabelas com uma série de informações relevantes ao dimensionamento. Cabe salientar que para cada aplicação de máquina de elevação e transporte existe um cabo de aço ideal e coeficiente de segurança. O diâmetro do cabo é definido a partir da carga de ruptura mínima que mesmo suporta, o diâmetro do tambor é definido a partir do tipo de cabo de aço a ser dimensionado. No quadro 12 encontram-se os dados encontrados no dimensionamento do cabo de aço.

Dimensionamento do cabo de aço		
Força Total=	17325,32	N
Quantidade de pessoas=	2	
Peso por pessoa=	75	kg
Coefficiente de segurança=	10	
Peso total da cabine=	2325,32	N
Cabo 8x19 Saele, AF, torção regular traction steel, polido.		
Diâmetro do cabo=	1/4"	Pol
Diâmetro do cabo=	6,35	mm
Diâmetro do tambor=	247,65	mm
Área do cabo=	31,6531625	mm ²

Quadro 12 - Dimensionamento do cabo de aço. Fonte: Autor

3.3.2 Revisar o projeto

Nesta etapa do projeto realizou-se uma revisão, a fim de garantir que a concepção escolhida atenda todos os requisitos do projeto e normas e homologação.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados da aplicação da metodologia de projeto de produto, onde foi realizada toda a fase Informacional, conceitual e parte da fase do detalhado. Sendo assim, é os resultados alcançados do projeto do elevador residencial de passageiros.

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

4.1.1 Estabelecer as especificações do projeto

Nesta fase foram realizadas as especificações do projeto em ordem de importância, através da fase informacional da metodologia de projeto. A divisão em três partes facilita a geração de critérios de decisão em fases subsequentes do projeto.

No quadro 13 está representado o terço superior, que são os seis requisitos mais importantes do projeto.

Requisito	Valor/Meta	Forma de avaliar	Aspectos indesejáveis
1. De acordo com as normas	100%	Atende ou não atende as normas de projetos de elevadores	Alto custo
2. Tipos de proteções	2	Caso algum sistema de segurança falhar ter pelo menos mais um.	Ter acidentes
3. Tempo entre preventivas	<= 3 meses	Será elaborar um plano de manutenção	Quebrar
4. Real R\$	<= 5000,00	Fazer um orçamento	Alto custo
5. Transmissão de sinal	> 90%	Funcionamento na pratica	Não transmitir sinal
6. Mecanismo	> 90%	Monitorar seu funcionamento	Parar de funcionar

Quadro 13 - Especificações em ordem de importância obtidas através do QFD. Fonte: Autor

No quadro 14 encontra-se o terço médio, que são os requisitos de média importância no projeto.

Requisito	Valor/Meta	Forma de avaliar	Aspectos indesejáveis
7. Carga em Kg	<= 180	Identificar com uma placa no elevador	Excesso de carga
8. Número de comandos	5	Analisar quantos são realmente necessários	Muitos comandos
9. Tipo de material	90%	Analisar a resistência	Quebrar e/ou se romper
10. Formato geométrico	1	Analisar o custo	Alto custo
11. Tensão e tipo de rede	220V	Identificar a rede do local	Rede incompatível
12. Tempo de uso	0,25h/ dia	Monitorar a utilização	Utilizar pouco ou demais

Quadro 14 – Especificações em ordem de importância obtidas através do QFD. Fonte: Autor

No quadro 15 está representado o terço inferior, que são os requisitos de menor importância.

Requisito	Valor/Meta	Forma de avaliar	Aspectos indesejáveis
13. Tempo de manutenção	30 min	Monitorar o tempo	Levar muito tempo para acessar os componentes
14. Tipo de lubrificação	1	Monitorar os componentes lubrificados	Desgaste nos componentes
15. Especificações	100%	Atender as especificações	Baixa potência e/ou capacidade
16. Número de peças reservas	1	Avaliar o índice de quebra de peças	Quebrar muitas peças
17. Tipo de equipamento disponível	>3	Processo de fabricação	Não conseguir fabricar e montar o elevador
18. Dimensões em mm	100%	Projetar com as dimensões disponíveis no local	Local impróprio

Quadro 15 – Especificações em ordem de importância obtidas através do QFD. Fonte: Autor

4.2 PROJETO CONCEITUAL

4.2.1 Evoluir em variantes de concepção

Nesta fase foi elaborado um esboço a mão livre da concepção que foi escolhida na fase conceitual da metodologia de projeto. O esboço serviu para estimular a criatividade do projetista, tornando possível obter dados sobre o leiaute e realizando os primeiros cálculos do dimensionamento. Na figura 13 está ilustrado o esboço.

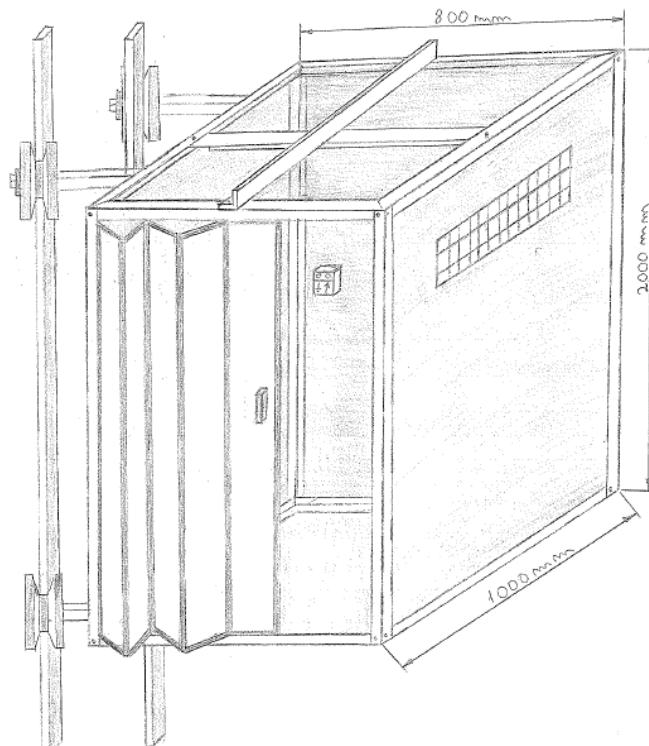


Figura 13: Esboço da concepção. Fonte: Autor

4.3 PROJETO DETALHADO

4.3.1 Detalhar o leiaute definitivo

Nesta etapa foram elaborados os desenhos detalhados dos requisitos determinantes do elevador, gerados pelo dimensionamento na fase do detalhamento na metodologia de projeto. Na figura 14 encontra-se o modelo 3D da cabine.

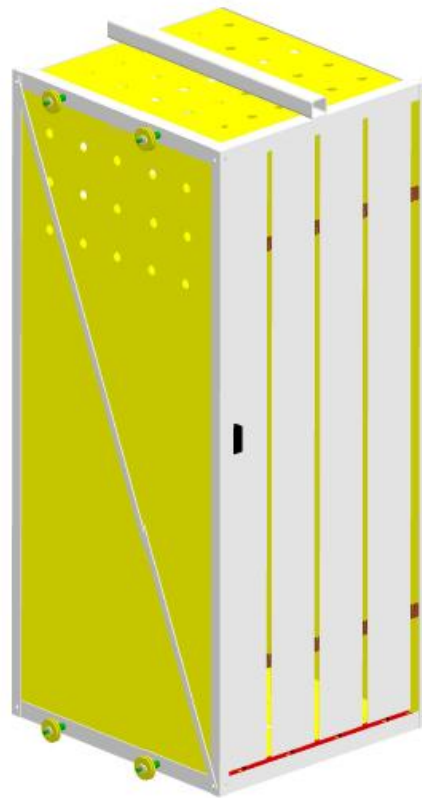


Figura 14: Modelo 3D da cabine. Fonte: Autor

Os desenhos dos conjuntos em perspectiva 3D e 2D estão dispostos no Apêndice E, sendo que contempla as principais dimensões da cabine, da porta e da estrutura da cabine e o poço do elevador. Destaca-se que o projeto do elevador foi modelado em um software 3D e as dimensões que não estão detalhadas podem ser adquiridas no modelo do projeto.

4.3.2 Finalizar verificações

Nesta etapa, conforme quadro 1 disposto na revisão da literatura, foi realizada uma verificação do projeto, utilizando a lista de verificação.

4.3.3 Integrar informações técnicas

Nesta etapa buscou-se reunir todas as informações técnicas, para o funcionamento do elevador. Quanto a velocidade: O elevador irá partir com 5m/min e após a partida o aumentará a velocidade para 10m/min. Motor elétrico: Terá uma tensão

de 220V, que é a mesma tensão da rede elétrica que a residência possui. Foi elaborado o manual de segurança figura 15, que especifica os procedimentos corretos a serem seguidos pelos usuários.

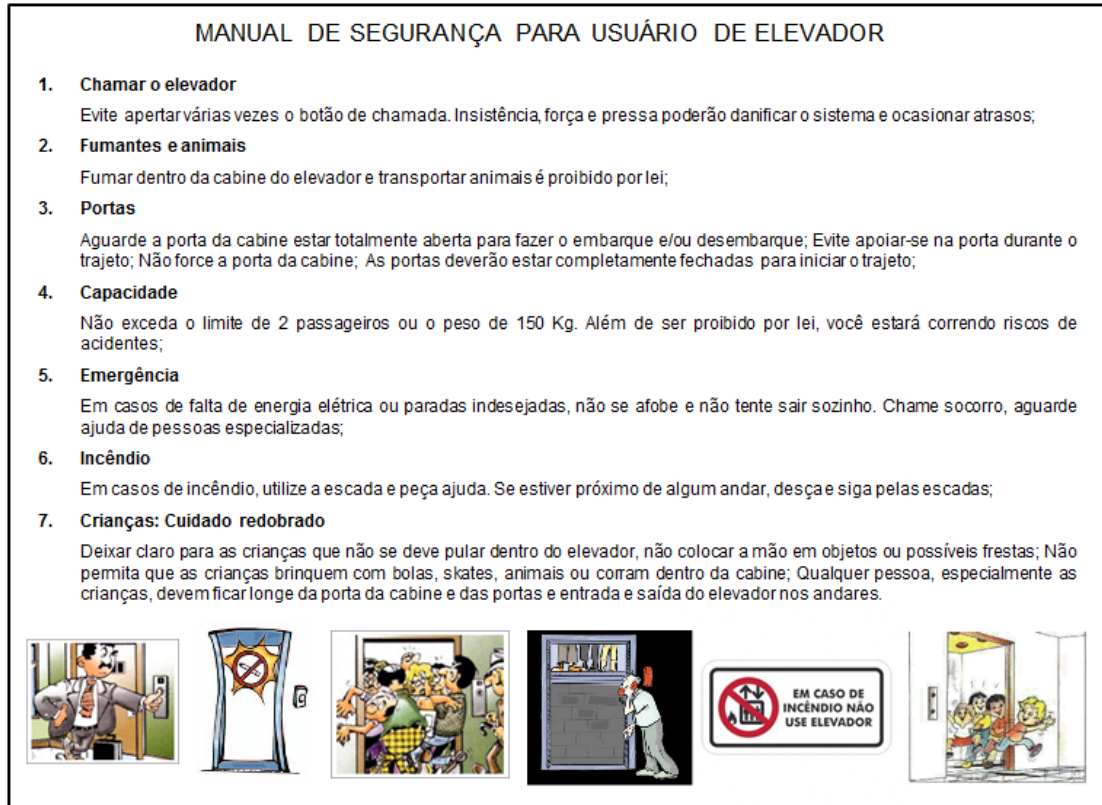


Figura 15: Manual de Segurança do usuário. Adaptado: Villarta, Thyssen Krupp, OTIS.

Para descobrir o custo final de fabricação do projeto, foi realizado um orçamento dos principais componentes do elevador, juntamente com os processos de fabricação necessários para construção do mesmo, o orçamento encontra-se disponível no apêndice B.

A partir o orçamento do projeto buscou-se fazer um orçamento de um produto similar, com a finalidade de verificar se o produto será competitivo no mercado. A cotação foi feita em uma empresa nacionalmente reconhecida, salienta-se que não será divulgado seu nome, por motivo de confidencialidade. Entretanto o orçamento repassado pela empresa apresenta um valor de R\$ 75.965,00.

Quanto a manutenção do elevador, será adotada a NBR NM 207 (1999), que trata do assunto com maiores detalhes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de novos produtos e tecnologias é importante para o desenvolvimento do país, pois só desta forma os profissionais obterão conhecimento para desenvolver novas descobertas no campo do conhecimento.

A proposta deste trabalho foi de realizar a elaboração do projeto de um elevador residencial para passageiros, passando pelas fases do projeto informacional, conceitual, chegando ao dimensionamento dos componentes determinantes no projeto detalhado.

Desta forma, o trabalho atingiu os objetivos propostos no momento em que foi desenvolvida todas as etapas que um projeto necessita para sua execução, assim gerando a concepção final do produto projetado. Destaca-se que o produto tem grande potencial de competitividade no mercado, pois quando comparado com produtos similares, demonstra expressivamente menor custo de fabricação.

Cabe destacar que a elaboração deste projeto foi realizada em uma situação real, onde o envolvimento do cliente teve grande importância para o alcance dos objetivos propostos. O cliente afirma que o projeto atendeu suas principais necessidades, sendo assim o mesmo será implementado no início do próximo ano.

Por fim, conclui-se que com a elaboração deste trabalho foi possível aplicar os conhecimentos adquiridos durante toda a graduação, fixando e adquirindo novos conteúdos. Este projeto prepara o acadêmico para encarar o mercado de trabalho, pois a execução de um projeto exige muito envolvimento e comprometimento, onde devem ser cumpridas as metas propostas dentro dos prazos estabelecidos. Salienta - se que o projeto foi desenvolvido para esta situação em particular e a aplicação do mesmo em outras condições deve ser reavaliado.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Dimensionar a solda do elevador;
- Realizar uma análise estrutural;
- Dimensionar o freio de segurança;
- Elaborar um plano de manutenção preventiva;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. 1ed. São Paulo. Saraiva. 2006.
- ANTUNES I; FREIRE A. C. MARCOS. **Elementos de máquinas**. 1 ed. São Paulo. Editora Érica Ltda. 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16083:2012: **Manutenção de elevadores, escadas rolantes e esteiras rolantes - Requisitos para instruções de manutenção**. São Paulo, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12892: **Projeto, fabricação e instalação de elevador unifamiliar**. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 207: **Elevadores elétricos - Requisitos de segurança para construção e instalação**. Rio de Janeiro, 1999.
- BRASIL. Lei Nº 10.098, DE 19 DE DEZEMBRO DE 2000. **Acessibilidade**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10098.htm>. Acesso em: 12 mar. 2012.
- CREL ELEVADORES. **Funcionamento do Elevador**. Disponível em: <<http://www.crel.com.br/portal/>>. Acesso em: 29 mar. 2012.
- DE PARIS, ALEIR. **Máquinas de elevação e Transporte**. Caderno Didático. UFSM. 2004.
- EMPRESA MET@ALICA. **Tabelas de Tubos e Cantoneiras**. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/>>. Acesso em: 5 out. 2012.
- IIDA I. **Ergonomia Projeto e Produção**. 2 ed. São Paulo. Edgard Blucher. 2005.
- MANTOVANI CÉSAR A. **Apostila Projeto de Produto**. Arquivo disponibilizado em aula. FAHOR – Faculdade Horizontina. 2012.
- MEGA SUL ELEVADORES. **Origem do Elevador**. Disponível em: <http://megasulelevadores.blogspot.com.br/2011_07_01_archive.html>. Acesso em: 15 jul. 2012.
- MELCONIAN, SARKIS. **Elementos de Máquina**. 4 ed. São Paulo. Editora Érica Ltda. 2003.
- MINILIFT ELEVADORES. **Pesquisa de Produtos**. Disponível em: <<http://www.minilift.com.br/>>. Acesso em: 29 mar.2012.
- MONTELE ELEVADORES. **Pesquisa de Produtos**. Disponível em: <<http://www.montele.com.br/elevador-residencial.html?gclid=CMz065aUjK8CFcaA7QodjWi59g>>. Acesso em: 29 mar.2012.
- OTIS ELEVADORES. **Catálogo de Segurança**. Disponível em: <http://www.otis.com/site/br/OT_DL_Documents/OT_DL_DocumentLibrary/Manual%20de%20Seguran%C3%A7a/Catalogo-de-Seguranca.pdf> Acesso em: 06 nov. 2012.

PAHL G. BEITZ W. FELDHUSEN J. GROTE K. **Projeto na Engenharia**. 6 ed. São Paulo. Edgard Blucher. 2005.

PROVENZA F. 1996. **Projetista de Máquinas (Pro-téc)**. 71 ed. São Paulo. Editora F. Provenza. 2012.

RODRIGUES C WILLIAM, 2007. **Metodologia de Pesquisa**. Disponível em: http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/3922/material/Willian%20Costa%20Rodrigues_metodologia_cientifica.pdf> Acesso em: 23 abril.2012.

SERRANA (2007). **Ciclo de vida do produto**. Disponível em: <<http://www.portaldomarketing.com.br/Artigos/Ciclo%20de%20Vida%20do%20Produto.htm>>. Acesso em: 9 junh, 2012.

SHIGLEY J.E, MISCKE C. R, BUDYNAS R. G. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7 ed. Porto Alegre. Bookman. 2008.

THYSSENKRUPP ELEVADORES. **Manual do usuário**. Disponível em: <http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/site/Download.aspx?d=informativo&f=170820114744_Manual_usuario.pdf> Acesso em: 18 set. 2012.

THYSSENKRUPP ELEVADORES. **Pesquisa de Produtos**. Disponível em: <<http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/site>>. Acesso em: 10 jun.2012.

VILLARTA ELEVADORES. **Manual de Segurança**. Disponível em: <<http://www.villarta.com.br/manual-elevador-residencial.asp>> Acesso em: 18 set. 2012.

APÊNDICE A - Questionário para os clientes

1- Onde será instalado o elevador?

2- Como será o formato da cabine? () Redonda () Quadrada

3- Quantas pessoas o elevador necessita transportar?

() 1 Pessoa () 2 Pessoas () 3 Pessoas () 4 Pessoas

4- Qual será a aparência e materiais desejado para o elevador?

() Aço escovado () PVC () Vidro () Outros _____

5- Utilizar materiais de peças com perfis tabeladas pelos fornecedores e que sejam fáceis de obter? () sim () Não

6- Qual será a fonte de energia? _____

7- Qual a máquina que será utilizada?

8- Quanto o elevador será usado/ dia? _____

9- Qual a forma de funcionamento da porta desejada para o elevador?

10- Quem irá utilizar o elevador?

11- Onde o elevador será fabricado e quais os recursos existentes?

12- Quanto está disposto a investir no projeto do elevador?

() Até R\$ 5000,00 () R\$ 5000,00 à R\$10000,00 () Mais de R\$10000,00

13- Quantas velocidades são necessárias para o deslocamento no elevador?

14- Quem fará a manutenção do elevador? _____

15- Deseja algum acessório na cabine?

() Iluminação () Ventilação () Espelho () Apoio para se assegurar ()
Outros _____

16- Tem mais alguma necessidade que o questionário não contemplou?

APÊNDICE B – Orçamento

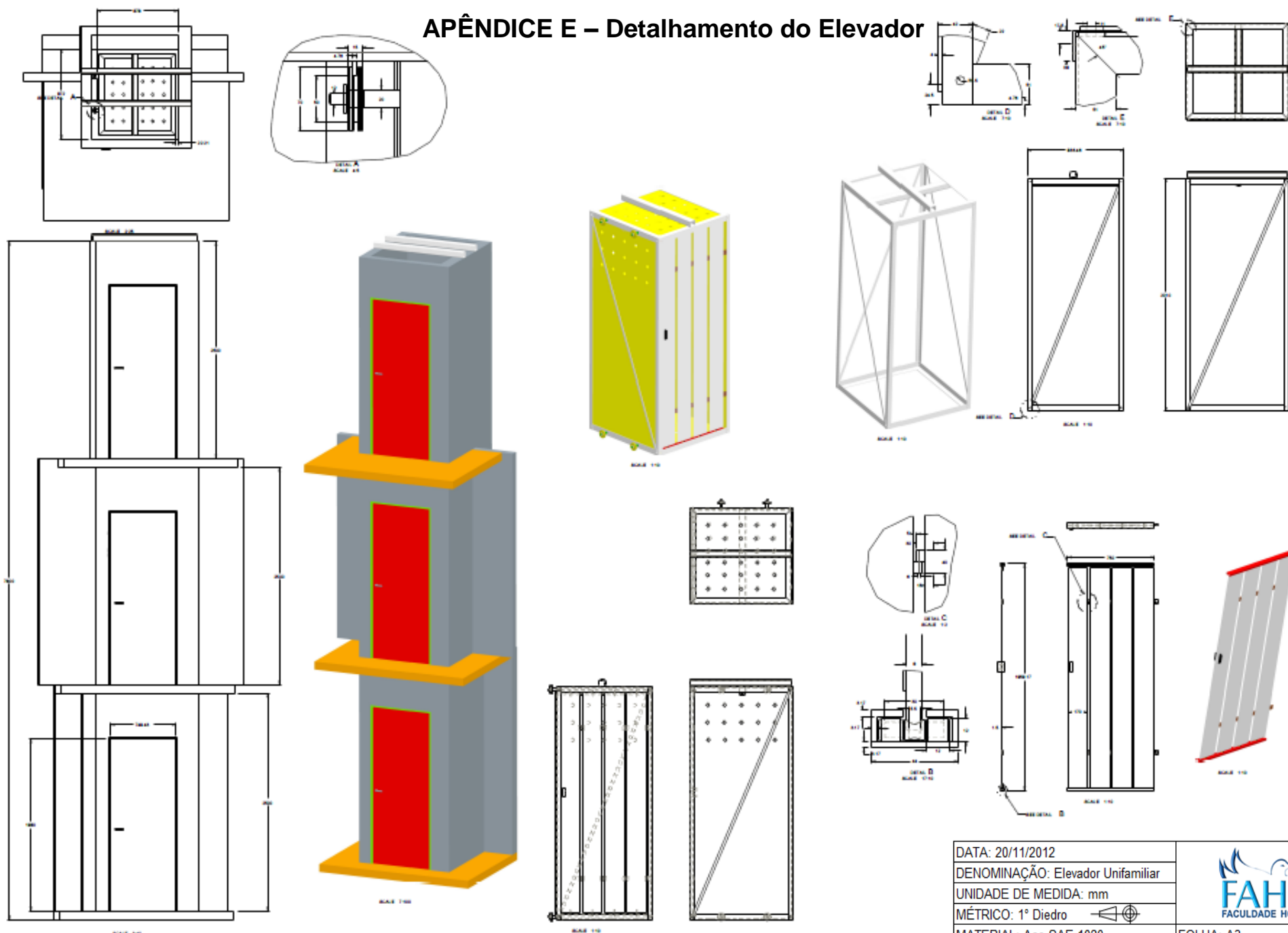
Orçamento - Material - Peças Manufaturadas					
Quant.	Nome do Item	Perfil	Seção (mm)	Comp. (m)	Custo (R\$)
4	cant_sup_frente	Cantoneira	51x51x9,52	0,8126	R\$ 114,40
4	cant_sup_lado	Cantoneira	51x51x9,52	0,8676	R\$ 116,00
4	cant_vertical	Cantoneira	38x38x3,17	2,01	R\$ 72,00
2	trel_Menor	Retangular	22x4	2,129	R\$ 16,70
1	trel_Maior	Retangular	22x4	2,14925	R\$ 8,35
2	chap_lateral	Chapa	863x19923	0,003	R\$ 404,00
1	chap_fundo	Chapa	1992,3x806,62	0,003	R\$ 202,00
2	chap_piso_teto	Chapa	800x858	0,003	R\$ 202,00
1	tub_estrut_menor	Tubo Quadrado	60x60x3	0,8126	R\$ 28,00
1	tub_estrut_maior	Tubo Quadrado	60x60x5	0,8676	R\$ 37,00
4	roda_guiia_linear	Barra Circular	ø 70	0,015	R\$ 71,20
4	arruela	Barra Circular	ø 20	0,004	R\$ 20,00
4	chapa_porta1	Chapa	170x1900	0,0015	R\$ 88,00
16	dobradica3	Chapa	40x30	0,01	R\$ 32,00
8	pino_dobradisa	Barra redonda	ø 6	0,04	R\$ 12,00
8	pino_porta_trilho	Barra redonda	ø 8	0,05	R\$ 16,00
8	pino_rod_a_trilho	Barra redonda	ø 8	0,03	R\$ 16,00
16	roda_trilho_porta	Barra redonda	ø12	0,012	R\$ 48,00
4	cant_trilho_porta	Cantoneira	16x16x3,17	0,75	R\$ 16,40
2	chapa_trilho_porta	Chapa	44x750x1.5	0,75	R\$ 260,00
2	can_trinco_porta	Cantoneira	30x30x5	0,08	R\$ 20,80
2	tub_Estr_motor	Quadrado	80x80x5,6	1,5	R\$ 232,00
2	cant_guias_linear	Cantoneira	25x25x4,76	7,5	R\$ 126,00
Orçamento- Componentes Mecânicos Comprados				TOTAL	R\$ 2.158,85
4	Rolamento				R\$ 150,00
1	Engate do gancho				R\$ 30,00
16	Parafuso M10				R\$ 10,00
3	Porta externa				R\$ 10,00
24	Porca M10				R\$ 10,00
Orçamento - Componentes Elétricos				TOTAL	R\$ 210,00
1	Motor/ cabo de aço				R\$ 1.500,00
1	Botão de emergência				R\$ 100,00
3	Sençor de presença				R\$ 100,00
4	Sençor de contato				R\$ 100,00
4	Controle				R\$ 200,00
1	Chave Geral				R\$ 30,00
Orçamento - Processo de Fabricação				TOTAL	R\$ 2.030,00
Uzinagem					R\$ 200,00
Solda					R\$ 100,00
Montagem					R\$ 50,00
CUSTO TOTAL					R\$ 4.398,85

APÊNDICE C – Diagrama de Mudge

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	vc	%	Requisitos do Cliente
1	1C	1C	1B	5C	6C	7C	8B	9A	1B	1C	12B	13A	14C	15B	16C	17C	1A	14	5%	Será instalado no poço existente no local
	2	3C	2C	5C	6C	7B	8B	9B	2B	2B	12C	13B	14C	15A	16B	17C	2A	12	4%	O formato será Retangular
		3	3B	3C	3C	7C	3C	3C	3C	3C	13C	3B	15C	16C	17C	3C	15	5%	Capacidade para duas pessoas	
			4	5C	6C	7C	4B	9C	4C	11C	12C	13C	14C	15B	16C	17C	4C	5	2%	Material da cabine misto
				5	5B	7C	8B	5C	5B	5C	12C	13B	14C	15B	16B	17C	5A	16	5%	Utilizar materiais tabelados
					6	7C	6B	9C	6C	6C	12C	13C	6C	15B	16C	6C	6B	13	4%	Comandos elétricos sem fio de acionamento
						7	8B	7B	10B	7B	12C	13C	7B	15C	16C	7B	7B	20	6%	Energia elétrica
							8	8B	10C	11C	8B	13B	8B	15B	16C	17B	8B	24	8%	Projeto com baixo custo
								9	9B	9C	12C	13A	14C	15C	9A	9C	9C	21	7%	Usar máquina comprada
									10	10B	12B	13B	10C	15C	10B	10B	10A	11	4%	Será usado 20 vezes/ dia
										11	12B	13C	11B	15B	11B	17C	11C	9	3%	A porta será aberta para os lados tipo corredeira
											12	13B	12C	15B	12B	12C	12B	23	7%	O elevador será fabricado e montado no próprio local
												13	13B	13C	13A	13B	13A	46	15%	Operação segura para os passageiros de qualquer idade
													14	15C	14B	14C	14B	12	4%	Operação simples
														15	15B	15B	18C	37	12%	Não parar de funcionar
															16	16B	16B	18	6%	Espaço acessível aos componentes do elevador
																17	18C	10	3%	Fácil manutenção
																	18	2	1%	Sem necessidade de lubrificação
																	Total	308	100%	

Valor de importância
A= Muito importante, 5
B= Mediamente importante, 3
C= Pouco importante, 1

APÊNDICE E – Detalhamento do Elevador



DATA: 20/11/2012	
DENOMINAÇÃO: Elevador Unifamiliar	
UNIDADE DE MEDIDA: mm	
MÉTRICO: 1º Diedro	
MATERIAL: Aço SAE 1020	FOLHA: A3
PROJETADO POR: Tiago Perin	REVISÃO: A