

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA

ORLANDO DE ANDRADE CORREIA
ELTON FELIPE OBRZUT

**PROJETO E PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO PARA DESLOCAMENTO VERTICAL
DE PESSOAS EM AMBIENTE RESIDENCIAL DE DOIS OU TRÊS ANDARES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

ORLANDO DE ANDRADE CORREIA

ELTON FELIPE OBRZUT

**PROJETO E PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO PARA DESLOCAMENTO VERTICAL
DE PESSOAS EM AMBIENTE RESIDENCIAL DE DOIS OU TRÊS ANDARES**

Monografia apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Industrial Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica – DAMEC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Cziulik, Ph.D.

CURITIBA

2013

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "PROJETO E PROTÓTIPO DE DISPOSITIVO PARA ELEVAÇÃO VERTICAL DE PESSOAS EM AMBIENTE RESIDENCIAL DE DOIS OU TRÊS ANDARES", realizado pelos alunos ORLANDO DE ANDRADE CORREIA e ELTON FELIPE OBRZUT, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. PhD Carlos Cziulik
Departamento acadêmico de mecânica, UTFPR
Orientador

Prof. Samuel Soares Ansay
Departamento acadêmico de mecânica, UTFPR
Avaliador

Prof. Esp. João Mário Fernandes
Departamento acadêmico de mecânica, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 30 de agosto de 2013.

O termo de aprovação assinado encontra-se em arquivo da coordenação.

AGRADECIMENTOS

Ao nosso professor Dr. Carlos Cziulik, que não poupou esforços para nos orientar, não só no presente projeto, mas num contexto geral de convivência pessoal e profissional.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pelo suporte e estrutura totalmente disponibilizados para a nossa formação.

À 3S Artefatos Metálicos Ltda, que muito nos auxiliou na execução do protótipo.

Aos familiares e amigos, que foram pacientes compreensivos durante o período em que estivemos envolvidos neste projeto.

Muito obrigado !

RESUMO

As áreas residenciais nas grandes cidades estão cada vez mais subdivididas, fazendo com que as metragens dos terrenos sejam cada vez menores. Paralelamente a esse fenômeno, o valor do metro quadrado dos imóveis disponíveis está mais elevado a cada dia. As construções com mais de um pavimento vêm se tornando uma das alternativas mais utilizadas pelas pessoas que necessitam de mais área residencial. Porém, o deslocamento vertical entre esses pavimentos é um dos grandes desafios a ser enfrentado por arquitetos e engenheiros. As soluções clássicas (escadas, planos inclinados) apresentam limitações para determinados públicos (idosos, cadeirantes, entre outros). Por sua vez, alternativas com propósito específico (elevadores e dispositivos) demandam projeto particular e apresentam custos elevados para aquisição e instalação. Portanto, desenvolver um produto que realize o deslocamento vertical entre pavimentos em ambiente residencial foi oportuno. O objetivo foi criar um equipamento ou máquina que realize o deslocamento vertical, de forma que atenda às solicitações dos moradores. A metodologia de Pahl *et al.* (2005) foi empregada no contexto do desenvolvimento do projeto. A partir do levantamento das necessidades do cliente e de pesquisas no mercado imobiliário, foi possível desenvolver quatorze concepções de projeto e selecionar uma, que foi refinada e dimensionada detalhadamente, foi construído um protótipo e realizados testes de funções e desempenho. Os resultados preliminares indicam que o protótipo atende em grande parte as especificações do produto. Desta forma, pode-se dizer que o produto desenvolvido tem grande potencial de aplicação prática.

Palavras chave: Desenvolvimento de Produtos, Elevação Residencial, Movimentação de Cargas na Vertical.

ABSTRACT

Residential areas in large cities became more and more subdivided, so that the size of terrain lots decreased with time. Furthermore, the cost per square meter for available lots gets higher and higher. In this scenario, houses with more than one floor have been seeing as a very attractive alternative for people who need more useful space. However, the need for dislocation between the floors is a problem for architects and engineers, since some people, such as old people, people in needs, and others, are not able to move through stairs, ramps or other classic devices. Besides, the available solutions for these people, like standard elevators, require particular design, and often show high costs. Thus, is makes opportune to develop a device that is capable to provide the vertical dislocation between two or more floors, in a residential environment. The aim of this work was to research and design an equipment to provide the vertical displacement, and also to match the customers requirements. The Pahl et al. (2005) methodology was followed during the course of this work. After the customer needs was searched and determined across interviews and residential market survey, fourteen conceptions of a product was created. From these, one conception was selected, refined and evaluated, and then a prototype was constructed. Tests were made, in way to validate the performance with the product specification, and they showed success to most of the specification issues.

Keywords: Product Development; Home Lift; Residential Elevator; Vertical Cargo Movement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes tipos de transportadores.	24
Figura 2. Tipos de elevadores de canecas, conforme mecanismo de descarga.....	25
Figura 3. Elevador de correntes.	26
Figura 4. Elevadores de monta-carga industrial (a) e residencial (b).	27
Figura 5. Esquemático e foto de um elevador <i>pater noster</i>	27
Figura 6. Exemplos de diferentes tipos de empilhadeiras.	30
Figura 7. Exemplos de escavadeiras hidráulicas.	31
Figura 8. Exemplos de ponte rolante (a) pórtico rolante (b) e semi-pórtico (c).	32
Figura 9. Diferentes tipos de guindastes.	33
Figura 10. Diferentes tipos de macacos.	34
Figura 11. Paleteira de uso geral.	35
Figura 12. Configurações de talhas simples de roldanas.	36
Figura 13. Exemplos de talhas.	37
Figura 14. Detalhe construtivo de um trefor e utilização deste como reboque.	38
Figura 15. Elevador de cabina.	43
Figura 16. Diagrama de uma escada rolante.	44
Figura 17. Plataformas elevatórias.	45
Figura 18. Sistema de Cremalheira instalado entre Minas Gerais e Cubatão.	46
Figura 19. Ferrovias de penhasco e funicular.	47
Figura 20. Teleférico instalado em Tianmen Shan, China.	48
Figura 21. Esquema modelo para distribuição dos cômodos.	51
Figura 22. Plantas baixas de sobrados.	52
Figura 23. Formas de construção de acordo com o material.	53
Figura 24. Diferentes tipos de escadas.	55
Figura 25. Planta baixa do sobrado típico.	55

Figura 26. Evolução da população idosa.	56
Figura 27. Pessoas residentes em sobrados, por faixa etária.....	59
Figura 28. Motivos que determinaram pela escolha de um sobrado como residência.	59
Figura 29. Dificuldades relacionadas ao deslocamento por escada em residências.	60
Figura 30. Principais motivos para não possuir um dispositivo de elevação.....	60
Figura 31. Preferências por modelos de dispositivos de elevação.....	61
Figura 32. Quanto os moradores estão dispostos a investir em um sistema de elevação.....	61
Figura 33. Número de sobrados vendidos no último ano, por cada empresa entrevistada.....	62
Figura 34. Número de sobrados vendidos que possuem dispositivo de elevação. ...	62
Figura 35. Quanto valoriza um imóvel que possui dispositivo de elevação.....	63
Figura 36. O que desmotiva a aquisição de um imóvel com dispositivo de elevação.	63
Figura 37. Percentual de clientes que buscam imóveis que possuam dispositivo de elevação.....	64
Figura 38. Solução ideal para dispositivo de elevação.....	64
Figura 39. Valor para um dispositivo de elevação, segundo construtoras.	64
Figura 40. Função Global.....	82
Figura 41. Estrutura funcional do dispositivo para deslocamento vertical.	83
Figura 42. Formulário para estruturação das concepções.	84
Figura 43. Cadeira Pendular	101
Figura 44. Esboço de solução.	102
Figura 45. Fatores que interferem a construção do produto.	103
Figura 46. Diagrama de Influências.....	104

Figura 47. Vistas da cadeira dimensionada conforme recomendações ergonômicas.	106
Figura 48. Corte de modelo no plano lateral e diagrama de forças sobre os tubos.	107
Figura 49. Viga hiperestática horizontal, representando os esforços sobre a cadeira.	108
Figura 50. Esquema da cadeira e forças aplicadas.....	110
Figura 51. Chapa da cadeira, e respectivo coeficiente de segurança.	110
Figura 52. Esquema de carregamento do tubo a ser dimensionado.	111
Figura 53. Seção transversal retangular.	112
Figura 54. Diagrama de forças atuantes na plataforma de elevação.	113
Figura 55. Posição do centro de massa da cadeira dimensionada.	114
Figura 56. Geometria de dimensionamento da chapa da plataforma.....	115
Figura 57. Viga carregada com peso próprio da plataforma.....	116
Figura 58. Posição do centro de gravidade da cadeira com plataforma.....	116
Figura 59. Diagrama de carregamento dos tubos laterais.....	117
Figura 60. Posição do centro de gravidade com o tubo inferior.	118
Figura 61. Diagrama de esforços estáticos sobre o tubo vertical da plataforma.	119
Figura 62. Alinhamento da viga de suspensão com o centro de gravidade.	121
Figura 63. Medidas da viga de suspensão, em mm.	121
Figura 64: Estrutura externa, forças atuantes.	122
Figura 65. Constituição de um cabo de aço.	123
Figura 66. Recomendações para uso de cabos de aço.	124
Figura 67. Cabos de aço série 8x19 com alma de fibra.	124
Figura 68. Diâmetros indicados para polias e tambores.	125
Figura 69. Forma de carregamento do trilho guia.	126
Figura 70. Plataforma, sistema de freios.....	129
Figura 71. Acionamento do Freio.	129

Figura 72. Diagrama para cálculo das reações dos pontos de frenagem.	130
Figura 73: Detalhe de uma sapata de freio.	132
Figura 74: Carregamento do tubo de acionamento do freio.	133
Figura 75. Forças aplicadas no suporte do freio.	135
Figura 76. Suporte do freio, coeficiente de segurança.	135
Figura 77: Carregamento do suporte superior.	136
Figura 78: Carregamento da viga externa.	137
Figura 79. Seleção do Motorreductor.	139
Figura 80. Conjunto cadeira elevatória explodido.	140
Figura 81. Comandos do dispositivo.	141
Figura 82. Modelo de <i>pushbutton</i>	142
Figura 83: Estrutura da cadeira do protótipo	148
Figura 84: Etapas da Manufatura da Plataforma.	148
Figura 85: Etapas da manufatura da estrutura externa.	149
Figura 86: Eixo e tambor fabricados.	149
Figura 87: Componentes do sistema de frenagem.	149
Figura 88: Estrutura externa com os trilhos-guia e o suporte do motorreductor.	150
Figura 89: Fixação do motorreductor no suporte.	151
Figura 90: Estrutura externa fixada na parede.	152
Figura 91: Um dos sistemas de freio montados.	152
Figura 92: Comparativo entre modelo CAD da plataforma (a) e o protótipo (b).	153
Figura 93: Comparativo entre modelo CAD e protótipo completo.	153
Figura 94. Limite inferior de deslocamento.	155
Figura 95. Limite superior de deslocamento.	155
Figura 96. Posição do freio não acionado.	156
Figura 97. Posição do freio acionado.	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Pesquisa realizada em residências em construção, no Bairro Alto, Curitiba.	17
Tabela 2. Pessoas, segundo a situação do domicílio e as classes de rendimento nominal mensal – Brasil (IBGE, 2010).	57
Tabela 3. População residente por tipo de deficiência (IBGE, 2000 2010).	58
Tabela 4. Comparativo entre produtos - cabinas.....	68
Tabela 5. Comparativo entre produtos - cadeiras	70
Tabela 6. Comparativo entre produtos - plataformas verticais	71
Tabela 7. Comparativo entre produtos - Plataformas sobre escadas.....	73
Tabela 8. Comparativo entre famílias de produtos.....	74
Tabela 9. Necessidades do cliente.....	77
Tabela 10. Requisitos da qualidade.	78
Tabela 11. Casa da qualidade para o Produto Dispositivo para Deslocamento Vertical.	80
Tabela 12. Requisitos do projeto.....	81
Tabela 13. Matriz de avaliação de alternativas	100
Tabela 14. Resultados Obtidos	139
Tabela 15: Análise de modos de falha do sistema de elevação.....	144
Tabela 16: Comparativo entre requisitos de projeto e resultados do protótipo.	158

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 TEMA.....	15
1.2 OPORTUNIDADE	16
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. OBJETIVO GERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. JUSTIFICATIVA.....	18
1.5 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	19
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2. O CONTEXTO DA MOVIMENTAÇÃO VERTICAL E RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES	21
2.1 MOVIMENTAÇÃO VERTICAL DE MATERIAIS E PESSOAS	21
2.1.1 CONTEXTO LABORAL	21
2.1.1.1 OBJETIVOS DA MOVIMENTAÇÃO VERTICAL.....	22
2.1.1.2 EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO VERTICAL.....	23
2.1.2 CONTEXTO URBANO	38
2.1.2.1 ELEVADOR DE CABINA	39
2.1.2.2 ESCADA ROLANTE	42
2.1.2.3 PLATAFORMA ELEVATÓRIA	44
2.1.3 OUTROS MECANISMOS DE ELEVAÇÃO.....	45
2.1.3.1 FERROVIA CREMALHEIRA.....	45
2.1.3.2 FERROVIA DE PENHASCO E FUNICULAR	46
2.1.3.3 TELEFÉRICO	47
2.1.4 CONCLUSÕES	49
2.2 RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES	49
2.2.1 LAYOUT TÍPICO DE RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES	49
2.2.2 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO TÍPICOS.....	52
2.2.3 PORTAS E JANELAS	53
2.2.4 ESCADAS.....	54
2.2.5 CARACTERIZAÇÃO DE RESIDÊNCIAS EM CURITIBA	55
2.2.6 CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS.....	56
2.2.6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS EM CURITIBA	58
2.2.7 CONCLUSÕES.....	65
2.3 BENCHMARKING.....	65
2.3.1 FORNECEDORES E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	65
2.3.2 RESULTADOS E ANÁLISE CRÍTICA	75
2.3.3 CONCLUSÕES.....	75
3 PROJETO INFORMACIONAL	76
3.1 LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DO CLIENTE.....	76
3.1.1 TÉCNICA PARA OBTENÇÃO DAS INFORMAÇÕES	76
3.1.2 NECESSIDADES DO CLIENTE.....	77
3.2 REQUISITOS DA QUALIDADE	78
3.3 CASA DA QUALIDADE.....	79
3.4 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....	79
4 PROJETO CONCEITUAL	82
4.1 FUNÇÃO GLOBAL	82
4.2 ESTRUTURA FUNCIONAL	82
4.3 MÉTODO PARA GERAÇÃO DAS CONCEPÇÕES	83
4.3.1 BRAINSTORMING.....	83
4.3.2 BRAINSTORMING REALIZADO PELA EQUIPE	84
4.5 REFINO DA SOLUÇÃO SELECIONADA.....	101
5 PROJETO PRELIMINAR	103

5.1 PROPAGADORES DE RESTRIÇÃO	103
5.2 DIMENSIONAMENTOS	105
5.2.1 CADEIRA	105
5.2.2 ESTRUTURA DA CADEIRA	106
5.2.3 PLATAFORMA DE ELEVAÇÃO	113
5.2.3.1 PLATAFORMA	114
5.2.3.2 TUBOS LATERAIS	117
5.2.3.3 TUBOS VERTICAIS	119
5.2.3.4 TUBOS SUPERIORES	120
5.2.3.5 VIGA DE SUSPENSÃO	120
5.2.4 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO E CONDUÇÃO	122
5.2.4.2 TRILHOS-GUIA	125
5.2.4.3 SISTEMA DE FREIO	128
5.2.4.4 SUPORTE DO MOTORREDUTOR	136
5.2.4.5 VIGAS EXTERNAS	137
5.2.4.5 MOTOR ELÉTRICO	138
5.2.4.6 ROLAMENTOS SUPERIORES	139
5.2.5 RESUMO DOS DIMENSIONAMENTOS	139
5.3 INSTALAÇÃO	140
5.4 OPERAÇÃO, SEGURANÇA E CONTROLE DE ACESSO	141
5.4.1 EMISSOR E RECEPTOR A LASER	142
5.4.2 PROTEÇÃO DOS CABOS DE SUSPENSÃO	142
5.5 ANÁLISE DE FALHAS	142
6 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO E VALIDAÇÃO DO PROJETO	147
6.1 ESTRATÉGIAS DE MANUFATURA	147
6.3 TESTE DE CAPACIDADE	154
6.4 TESTE DO FREIO DE SEGURANÇA	156
6.5 ORÇAMENTO	157
6.5 VALIDAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO	158
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	161
7.1 CONCLUSÕES	161
7.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	163
8. REFERÊNCIAS	164
APÊNDICE A	176
APÊNDICE B	179
APÊNDICE C	181
APÊNDICE D	217

1. INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Os dispositivos de elevação representam uma grande variedade de equipamentos utilizados em todos os setores da atividade industrial. A classificação destes equipamentos necessitaria inúmeras considerações para que fossem inclusas todas as formas construtivas da atualidade. Os principais equipamentos que fazem parte dos dispositivos de elevação são: guindastes, pontes rolantes, elevadores e guinchos. O projeto e construção de máquinas de elevação requerem a aplicação de normas específicas, que determinam as condições básicas que devem ser obedecidas.

Segundo Arboleda (2006), quando os grandes grupos habitacionais se conformaram e as civilizações antigas interagiam entre guerras e comércio o homem criou as primeiras máquinas de transporte vertical. Nestes grupos populacionais o transporte de passageiros não era importante, o que em certa medida atrasou a chegada do que hoje se conhece como cidade moderna. Entretanto, a necessidade de mover rapidamente produtos, mercancias e artefatos de um lugar mais baixo a um lugar mais alto, ou vice-versa, foi um problema que demandou grandes esforços.

No século III a.C, aqueles elevadores primitivos eram acionados por energia humana ou animal e, como resultado, a segurança, o conforto e a eficiência do transporte estava comprometida. Durante séculos, as comunidades foram agrárias e de vida horizontal e somente depois da revolução industrial é que os modernos elevadores para transporte de passageiros foram desenvolvidos (ARBOLEDA, 2006).

Na metade do século XIX quase não existiam prédios com mais de três pavimentos. Só a partir de 1852 quando Elisha Graves Otis fez a maior invenção na indústria dos elevadores, introduzindo um revolucionário mecanismo de segurança automático que permitia o elevador parar caso as cordas de tração falhassem. A partir deste momento, começaram a ser construídos prédios de maior altura. Com aquela invenção, quando os cabos rompiam, uma mola acionava duas garras acima da cabina, forçando-as a segurar-se sobre os suportes no poço do elevador. Esta

invenção acelerou a construção de elevadores e o desenvolvimento na tecnologia para transporte vertical foi rápido (ibidem).

Em 1853, Otis inaugurou a primeira fábrica de elevadores e em 1857 foi instalado o primeiro elevador para transporte de passageiros no prédio Haughwout & Company em Nova Iorque, Estados Unidos. No ano 1870 é introduzido o elevador hidráulico e em 1889 a construção da Torre Eiffel em Paris foi um evento histórico que afiançou esta indústria. Na Torre Eiffel, os elevadores hidráulicos operavam entre o solo e o primeiro pavimento, duas cabinas contrabalanceadas operavam entre o segundo e o terceiro pavimento (ibidem).

Em 1880, Werner Von Siemens inovou, com o uso do motor elétrico, a construção de elevadores. No primeiro modelo, a cabina, que suporta o motor elétrico, sobe pelo poço através de um conjunto de engrenagens que tracionam o elevador nos suportes ao lado do poço. Em 1887 foi criado o modelo de elevador elétrico que faz girar uma polia na qual se enrola um cabo de aço onde são suspensos o contrapeso e a cabina. As vantagens do elevador elétrico, rendimento, baixo custo de instalação e velocidade quase constante sem reparar na carga, popularizou o uso de elevadores para o transporte de passageiros. (ibidem).

1.2 OPORTUNIDADE

Circulando pelas ruas de Curitiba, pode-se perceber um grande número de residências que estão sendo construídas. Nota-se, também, que a grande maioria das construções possui mais de um pavimento. Fazendo uma pesquisa preliminar, demonstrada na Tabela 1, observa-se que as construções que possuem planejamento para algum tipo de sistema de elevação não chegam a 10%. Também, através de Trovit (2012), pode-se verificar imóveis dos mais variados padrões, com preços variando desde 200.000 até mais de 1.000.000 de reais, equipados com piscinas, áreas verdes, dentre outras comodidades, porém, desprovidos de sistemas de elevação. Estes foram encontrados somente em algumas residências de alto padrão, com preços variando entre 1.000.000 e 4.000.000 de reais, e em uma única residência de médio padrão, no valor aproximado de 500.000 reais.

Outra informação que deve ser fortemente considerada é o crescimento da população idosa no Brasil, bem como a incidência de pessoas portadoras de necessidades especiais. Dados do IBGE mostram grande aumento no número de

idosos com o passar dos anos possibilitando uma previsão para os próximos anos. Enquanto isso, estudos feitos a respeito de pessoas com deficiência indicam que 14,5% da população apresentam algum tipo de incapacidade (IBGE, 2010).

Com base nessas informações, observa-se uma grande lacuna de mercado a ser explorada, podendo-se chegar a uma solução adequada às condições da população.

Tabela 1. Pesquisa realizada em residências em construção, no Bairro Alto, Curitiba.¹

Número de Residências em Construção	Quantidade de Pavimentos	Planejamento de Sistema de Elevação
16	02	Não
01	02	Sim
07	03	Não
01	03	Sim
02	04	Não

Decidiu-se por focar os trabalhos em uma determinada classe de rendimento média, classe essa compreendida entre famílias que possuem rendimento médio mensal entre 3 e 15 salários mínimos. Segundo a pesquisa do IBGE, conclui-se que essas famílias somam mais de 15% da população.

Para se ter uma idéia da dimensão do público que pode ser atendido por esse produto, pode-se utilizar de dados do IBGE (2010). O Brasil possui dezesseis milhões de idosos e oito milhões de pessoas com deficiências motoras, somando somente nesses casos algo em torno de seis milhões de residências, se 15% dessas residências pertencem à classe social em discussão, então resultam mais de novecentas mil residências, habitadas por idosos ou deficientes, e pertencentes à classe social especificada.

¹ Todas as figuras, Quadros e Tabelas sem indicação explícita da fonte foram produzidos pelos autores do presente trabalho.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente trabalho é desenvolver o projeto e protótipo de um dispositivo de elevação de pessoas, animais e cargas, para ambiente residencial com dois ou três pavimentos. Espera-se um produto final que venha a interessar o mercado imobiliário direcionado à classe com renda média entre três a quinze salários mínimos por família.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral do presente trabalho, são necessários objetivos específicos:

- a) determinação das necessidades das pessoas, eventuais usuários do sistema de elevação a ser desenvolvido;
- b) Verificação dos atuais impeditivos para a popularização de elevadores residenciais (financeiros, culturais, outros);
- c) verificação das normas técnicas que abordam o tema;
- d) determinação das necessidades de construtoras e reformadoras, referindo-se ao tema.
- e) Direcionamento do projeto para residências em construção ou já construídas, a ser determinada pela pesquisa prévia

1.4. JUSTIFICATIVA

O estudo e a elaboração de uma solução para o problema apresentado é de grande relevância pelos seguintes motivos:

- a) auxiliar pessoas idosas e/ou com problemas motores no deslocamento vertical em suas residências;
- b) aumentar o conforto das pessoas que moram em residências com mais de um pavimento.
- c) Sugerir uma solução para um eminente problema futuro, onde as residências possuirão dimensões menores e a população envelhecerá.

1.5 ABORDAGEM METODOLÓGICA

O desenvolvimento de um dispositivo de elevação vertical para pessoas e objetos em ambiente residencial será derivado da metodologia proposta por Pahl *et al.* (2005). O trabalho será desenvolvido em duas etapas principais, coincidindo com os períodos das disciplinas de Projeto Final I e II, conforme cronograma apresentado na seção 4.2. A seguir, será apresentada uma descrição sucinta das atividades a serem executadas.

a) Projeto Informacional

Nesta primeira etapa será realizado o levantamento de dados necessários ao desenvolvimento do projeto, tais como as necessidades específicas do cliente, pesquisa de equipamentos existentes de elevação residencial, normas e patentes. Também, pretende-se conduzir um levantamento de campo tipificando as principais residências, objeto do estudo.

b) Projeto Conceitual

No projeto conceitual serão geradas alternativas que possam implementar as funções através de técnicas específicas. Depois de geradas, as alternativas serão avaliadas com base em critérios e, assim, selecionada uma solução.

c) Projeto Preliminar

A partir da solução selecionada, inicia-se o desenvolvimento do projeto preliminar, determinando-se a estrutura básica do produto, baseado em critérios técnicos e operacionais.

d) Projeto Detalhado

No projeto detalhado, será desenvolvida a estrutura final do produto, com materiais e custos definidos, assim como todas as informações necessárias para a sua produção.

e) Construção e Testes do Protótipo

Nesta última etapa, será produzido o protótipo preliminar e serão realizados os testes para validação do mesmo, podendo surgir possíveis revisões do projeto. O resultado final desta etapa será a apresentação de um protótipo funcional para a oportunidade identificada. Este projeto propõe o desenvolvimento do protótipo de um

dispositivo para deslocamento vertical de pessoas e objetos em ambiente residencial.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta-se distribuído em sete capítulos. O capítulo 2 do proposto trabalho abordará alguns temas relevantes ao projeto em questão, como por exemplo, a tipificação das residências alvo do projeto a ser executado, bem como algumas soluções para deslocamento vertical de pessoas oferecidas pelo mercado, terminando então com uma análise crítica do que foi apresentado.

O capítulo três, projeto informacional, trata do mecanismo de coleta de informações necessárias para compreensão do problema e o levantamento das necessidades do cliente, traduzidos em requisitos da qualidade. Considerada uma das etapas mais importantes do projeto, pois direciona todas as etapas seguintes do desenvolvimento.

O capítulo quatro engloba o projeto conceitual, onde é definida a função global que rege a oportunidade e suas sub-funções, mapeadas detalhadamente. Em seguida é apresentado o método para geração de concepções e, conseqüentemente, as quatorze concebidas. Foi feita a seleção da melhor alternativa a partir das necessidades e requisitos da qualidade e o refinamento e considerações sobre a solução selecionada.

O projeto preliminar e detalhado é apresentado no capítulo cinco, onde se desenvolve a solução conceitual até a sua configuração final. São apresentados os propagadores de restrição, caracterização e especificação dos itens e conjuntos que compõem o dispositivo, com seus respectivos cálculos dimensionais. Nesse capítulo ocorre a passagem do nível conceitual ao nível funcional do dispositivo.

No sexto capítulo é descrita a construção do protótipo, detalhando-se os conjuntos e as funções executadas por eles e como elas são realizadas. Apresentam-se, também, os procedimentos de teste adotados e os resultados obtidos, para fins da validação dos requisitos de projeto.

O capítulo sete finaliza o trabalho com a apresentação das conclusões e recomendações da equipe sobre o tema, solução obtida e o projeto desenvolvido como um todo.

2. O CONTEXTO DA MOVIMENTAÇÃO VERTICAL E RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

Neste capítulo, serão estudadas as residências unifamiliares com mais de um pavimento, objeto do produto a ser desenvolvido. Também será examinado o problema da movimentação e do transporte vertical de pessoas e bens nos mais diversos contextos. Por fim, são pesquisadas as soluções atualmente existentes para se deslocar pessoas entre os pavimentos de uma residência.

O objetivo desta pesquisa é fornecer base tecnológica para a busca de alternativas de solução para o produto proposto. Pretende-se também verificar as restrições que existirão para a aplicação das soluções encontradas.

2.1 MOVIMENTAÇÃO VERTICAL DE MATERIAIS E PESSOAS

2.1.1 CONTEXTO LABORAL

A necessidade de se deslocar pessoas e objetos verticalmente existe desde tempos remotos, e está presente em quase todos os contextos da sociedade. Segundo Moura (1983) e Prado (2008), existem registros da atividade de movimentação vertical de cargas e pessoas desde o início da terceira dinastia no Egito (2788 a.C). Como exemplo, citam a ocorrência de mecanismos para movimentação de blocos de pedra, alguns com mais de 100 toneladas, na construção da pirâmide de Cheops. Cita-se também construções como o Colosso de Rhodes, o Farol de Alexandria e os Jardins Suspensos da Babilônia, que se beneficiaram de equipamentos de elevação para sua construção e para o acesso interno.

Todos estes trabalhos eram realizados pelo adequado uso das máquinas simples: a alavanca, a roda, o plano inclinado, a cunha, a roldana e o guincho, cujo conhecimento já estava plenamente adquirido desde 100 a.C. Tais máquinas tem a propriedade principal de multiplicar a força ou o deslocamento, de forma a manter o produto de ambas constante. Ou, ainda, de direcionar a força a ser aplicada de forma mais conveniente, como a roldana, que faz com que uma força de cima para baixo seja aplicada para se levantar uma carga, permitindo assim que o operador utilize o próprio peso para executar o trabalho (MOURA, 1983).

Todos estes sistemas utilizavam tração humana até meados do século XIX, época em que surgiram as primeiras máquinas a vapor. Desde então, outras fontes de energia foram desenvolvidas (vapor, combustão interna, hidráulica, eletricidade, eólica) para substituir a força humana, o que resultou em um grande aumento nas capacidades de carga, velocidades de operação e limites de percurso (PRADO, 2008).

2.1.1.1 OBJETIVOS DA MOVIMENTAÇÃO VERTICAL

Segundo Moura (1983), entende-se por movimentação toda atividade que não envolva medição, alteração ou processamento do produto. Compreende, assim, o deslocamento, o posicionamento, o arranjo, entre outros. Tal atividade se encontra presente em todos os passos da produção, sendo que, para que ocorra a transformação de matéria-prima em produto acabado, pelo menos um dos três elementos da atividade produtiva (pessoa, máquina e material) deve se movimentar.

Estima-se que 30 a 50% dos custos totais de produção, bem como 80% do tempo de produção, são gastos com movimentação, enquanto o restante é gasto com transformação em si. O planejamento da movimentação de materiais deve, portanto, ter em foco os seguintes objetivos:

- a) Economia de tempo: o item movimentado deve ser entregue no local certo e no momento certo. Além disso, o percurso realizado deve ser o menor possível. Se possível, a movimentação deve ser eliminada ou combinada com outra atividade;
- b) Economia de espaço: deve-se objetivar a redução de áreas destinadas à estocagem, bem como arranjar a disposição das máquinas e dos sistemas de movimentação de forma que a fábrica ocupe a menor área horizontal possível. Percebe-se que a verticalização é uma solução para elevação de capacidade de armazenamento e, neste caso, o uso de equipamentos de elevação se torna inevitável;
- c) Redução de esforço humano, erros e acidentes: o sistema de movimentação deve facilitar a atividade produtiva, reduzindo a ocorrência de extravios de materiais, entrega destes nos locais errados, acidentes de trabalho e quantidade de mão de obra.

2.1.1.2 EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO VERTICAL

Os objetivos citados na seção anterior incluem também a movimentação horizontal. Porém, será dado maior enfoque à movimentação vertical. Tais equipamentos têm usualmente, entretanto, a capacidade de movimentar cargas tanto verticalmente quanto horizontalmente.

a. Correia transportadora

Sistema empregado no transporte de uma grande variedade de objetos, desde bagagens até material a granel, obedecendo a uma rota fixa. São constituídos de linhas que percorrem toda uma instalação, por onde os materiais são deslocados por deslizamento sob a ação da gravidade, ou são empurrados no caso de deslocamento horizontal ou ascendente (CIVITA, 1979; MOURA, 1983).

Existem diversos tipos de transportadores: i/ aqueles que permitem somente movimento descendente, como o de rampa deslizadora e o vibratório; ii/ aqueles que permitem deslocamento horizontal ou ascendente com pequena inclinação como os transportadores de correia, correntes ou esteiras, e pneumáticos; e iii/ os que permitem deslocamento ascendente com grandes inclinações, como os de rosca-sem-fim (ibidem).

Dentre os que possibilitam movimento ascendente, o primeiro tipo consiste em uma esteira, sustentada por roletes, que empurra as mercadorias. A esteira pode ser contínua (correia), de chapas articuladas ou de fita metálica, podendo ainda ser plana ou côncava, de forma a permitir um transporte de maior quantidade de material a granel. Dependendo do material, tais esteiras podem elevar cargas em um ângulo de até 25°, a velocidades de até 150m/min e taxas desde 12 até 700 ton/h. Existem, também, as correias transportadoras sem roletes, nas quais a correia possui veios para acomodação de cabos de aço. Isso permite a cobertura de distâncias muito maiores, bem como elimina a necessidade por um alinhamento preciso da correia, podendo esta ter até 5° de deflexão (MOURA, 1983).

O segundo tipo significativo é o transportador de correntes, na qual, uma ou mais correntes sem fim² se deslocam ao longo da linha de condução, acionadas por

²Neste contexto, corrente sem fim é uma corrente de elos que forma um *loop* fechado.
Exemplo: Corrente de bicicleta.

um motor. Neste caso, existem duas possibilidades: i/ a corrente suspender a carga a ser transportada; ou ii/ a corrente impulsionar uma calha que leva a carga até o local desejado. Em alguns casos, correntes dotadas de ganchos podem ser instaladas ao solo, para facilitar o deslocamento de carretas em locais muito inclinados, como por exemplo, em minas de carvão. Neste caso, o sistema é denominado transportador de reboque (CIVITA, 1979).

O terceiro tipo é o transportador de rosca-sem-fim, que costuma ser o meio mais barato e versátil para movimentação de material a granel em curtas distâncias e linha reta. Constitui-se de um tubo, dotado de aberturas de carga e descarga, e um parafuso de Arquimedes ao longo de todo o seu comprimento. Tal sistema pode operar em sentido horizontal, vertical ou inclinado. No caso de disposição vertical, uma rosca de pequeno passo é utilizada (MOURA, 1983).

Por último, existem os transportadores pneumáticos, nos quais, um fluxo de ar em alta velocidade impulsiona o material ao longo de tubos, permitindo o transporte de até milhares de toneladas por hora, podendo também apresentar fluxo ascendente ou descendente (CIVITA, 1979). A Figura 1 contém exemplos de transportador de correia (a), transportador de correntes (b) e transportador de rosca-sem-fim (c).

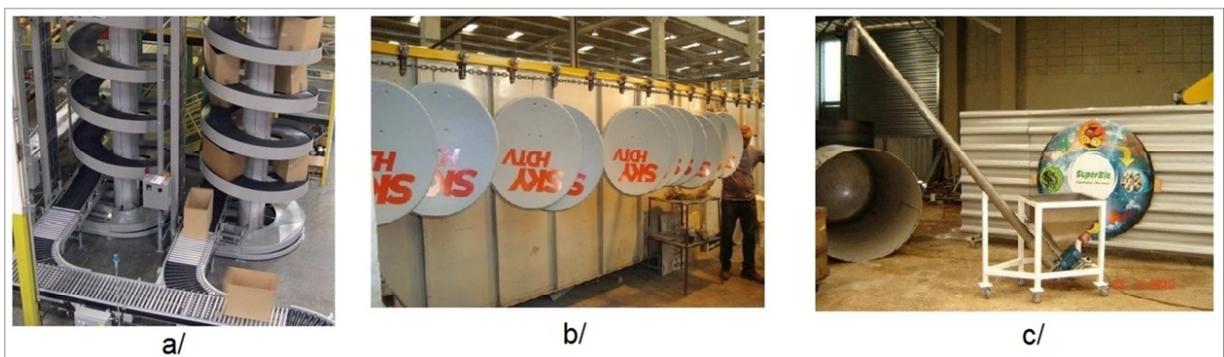


Figura 1. Diferentes tipos de transportadores. Adaptado de See Sistemas (2013), Mecalux (2013) e Olx (2012)

b. Elevadores industriais

Sistemas utilizados especificamente para movimentação vertical dos mais variados tipos de cargas, desde granéis até caixas, paletes e inclusive pessoas. Os principais tipos de elevadores usados na indústria são o elevador de canecas,

elevador de correntes, elevador de plataformas pendentes e elevador monta-carga (MOURA, 1983).

Os elevadores de canecas são aplicados em docas e silos para transporte de material granulado, bem como para carga e descarga de navios graneleiros. Este trabalho também pode ser realizado pelos transportadores pneumáticos, de correntes e de parafuso de Arquimedes, como comentado anteriormente (CIVITA, 1979).

Esse elevador consiste em uma série de recipientes (canecas) que se movem verticalmente por meio de um sistema de correias ou correntes e, geralmente, encontram-se dentro de uma calha fechada. Possuem as mais variadas capacidades e alturas, podendo transportar desde sementes até calcário, de duas até 2000 toneladas por hora, em desníveis desde três até mais de 90 metros. A classificação destes elevadores se dá pelo mecanismo de descarga. Este pode ser feito por força centrífuga, em que o recipiente é girado na polia superior ou por ação positiva, em que o recipiente é inteiramente virado para baixo. Este movimento final é necessário para que o material atinja a saída do elevador, conforme mostrado na Figura 2. Outra opção é utilizar descarga interna, em que a calha para recebimento do granel é instalada internamente à calha do elevador, e as canecas apenas seguem uma movimentação padrão (MOURA, 1983; CIVITA, 1979).

Um segundo tipo de elevador para graneis consiste de um tubo de aço dotado de uma corrente que possui saliências ou pás. A operação se dá por continuidade, em que o grão que entra empurra o grão à frente, e este meio de transporte possui boa eficiência tanto para transporte vertical quanto horizontal (CIVITA, 1979).

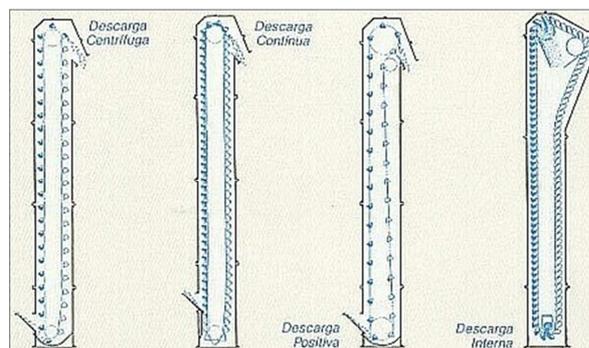


Figura 2. Tipos de elevadores de canecas, conforme mecanismo de descarga. Fonte: Graneisa (2004).

O elevador de correntes é utilizado principalmente para integração entre transportadores em diferentes pavimentos. Duas correntes distintas seguem trajetórias paralelas durante a ascensão, e trajetórias coincidentes no retorno. Esteiras flexíveis acompanham as correntes ao longo do movimento e, ao chegar ao local de ascensão, são distendidas pelo afastamento das correntes, formando plataformas horizontais capazes de levar caixas ou outras cargas utilizadas de um pavimento a outro (MOURA, 1983). A Figura 3 mostra um elevador de correntes, tipicamente usado em uma planta industrial.



Figura 3. Elevador de correntes. Fonte: Premier Tech (2011).

O elevador de plataformas pendentes, por sua vez, é formado por um par de correntes sem fim com pinos prolongados, nos quais, plataformas são penduradas e se deslocam verticalmente sempre na posição horizontal. Pode ser utilizado para o transporte de diversos tipos de carga e as plataformas podem também possuir garfos, que permitem a carga e descarga automática do item pelo engrenamento deste com o garfo (ibidem).

Os elevadores de carga ou monta-carga são utilizados principalmente para trabalhos descontínuos, possuindo capacidades desde centenas de quilogramas até dezenas de toneladas (ver Figura 4). São construídas estruturas em forma de poço, que sustentam vigas verticais que servirão de trilhos guia. Uma plataforma contendo a carga executa o movimento vertical, guiado pelas vigas e puxado por um conjunto de talhas, cremalheiras ou outros mecanismos (ibidem).



Figura 4. Elevadores de monta-carga industrial (a) e residencial (b). Adaptado de Netmultibusca (2013) e Olx (2013).

Por último, existem ainda alguns tipos especiais de elevadores, como por exemplo, o *pater noster*. Este elevador eleva passageiros, fazendo uso de um sistema de correia ou corrente transportadora de movimento cíclico, que é posta em vertical e dotada de diversas plataformas. O passageiro em um pavimento aguarda a chegada de uma plataforma e se segura à mesma para subir. O sistema pode também ser comparado a um elevador de canecas, em que as canecas são substituídas por plataformas e a velocidade é muito reduzida (ibidem). Na Figura 5, apresenta-se um exemplo deste tipo de elevador.

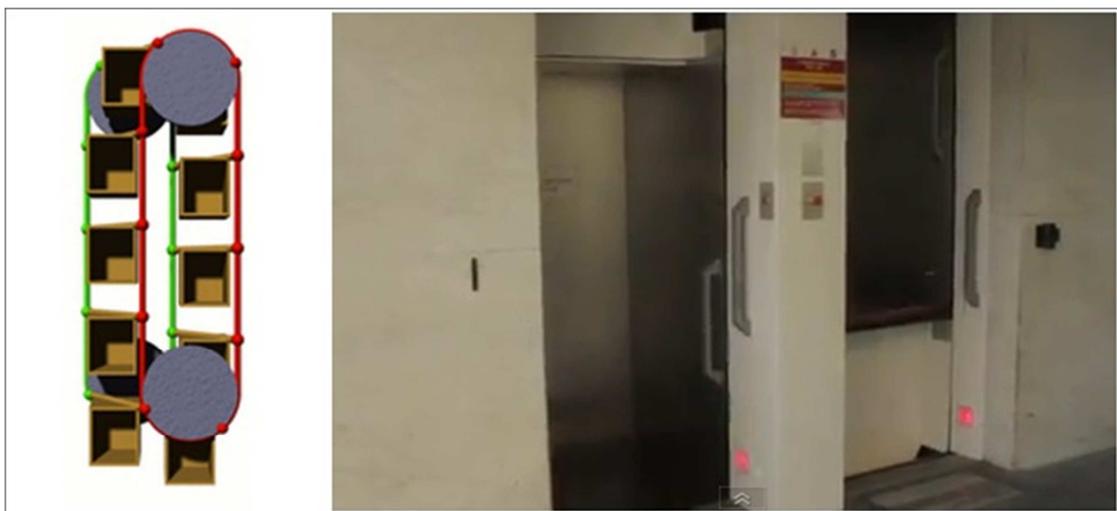


Figura 5. Esquemático e foto de um elevador *pater noster*. Fonte: Consiste Elevadores (2012).

c. Empilhadeira

Trata-se de um carro, de pelo menos três rodas, dotado de uma plataforma em forma de garfo, utilizada universalmente para transporte e elevação de cargas em estoques, fábricas e depósitos. As cargas são, geralmente, dispostas em unidades (paletes), sobre estrados feitos em madeira projetados para o recebimento do garfo (CIVITA, 1979; MOURA, 1983).

Existem dois tipos de empilhadeira: i/ os de utilidade geral; e ii/ os de grande densidade de armazenamento. Os primeiros também são chamados contrabalançados, pois o próprio veículo serve de contrapeso para a carga. Podem ser movidos por motor elétrico ou a combustão, possuir rodas de câmara ou maciça se, geralmente, possuem sistema de elevação hidráulico. O garfo é montado frontalmente ao veículo, em um mastro de duas ou três seções, que se estendem na medida em que o macaco hidráulico atua, por meio de um sistema de corrente e roletes. O mastro pode ainda ser inclinado para frente e para trás por macacos de inclinação. Dispositivos para agarre de materiais de difícil manejo, como bobinas de papel ou tambores de produtos químicos, podem ser adaptados em lugar do garfo. O sistema de direção costuma estar nas rodas traseiras, o que permite a execução de curvas de pequeno raio (ibidem).

O segundo tipo possui três subtipos:

- i) Empilhadeira lateral;
- ii) De alcance;
- iii) De torre.

Estes possuem os mesmos mecanismos de elevação que os contrabalançados, porém seus veículos são muito mais compactos.

As primeiras são destinadas a apanhar cargas de grande comprimento, ou muito pesadas e desajeitadas, pois dispõem o garfo lateralmente ao carro, e o deslocamento horizontal ocorre no sentido longitudinal da carga. Muitas dessas empilhadeiras, porém, possuem sistemas de direção em todas as rodas, o que permite grande manobrabilidade em espaços muito pequenos, executando curvas de pequeno raio ou mesmo apresentando movimento diagonal (MOURA, 1983).

Enquanto isso, as empilhadeiras de alcance possuem um mecanismo que movimenta o mastro para frente e para trás em relação ao carro, a fim de apanhar a carga. Uma vez coletada a carga, o mastro se recolhe e o conjunto passa a ter um comprimento de menos de um terço do comprimento de um convencional. Este veículo apresenta um raio de curva muito pequeno, além de possuir assentos ajustáveis para passagem do carro em lugares muito estreitos (CIVITA, 1979).

As empilhadeiras de torre, ou trans-elevadores, por outro lado, possuem um ou dois mastros fixos, e o garfo é dotado de um mecanismo de torre que permite giro deste em 90° para ambos os lados, bem como sua extensão para frente e para trás, ou para os lados. Assim, a largura mínima de corredor pode ser muito menor que para a empilhadeira de alcance, sendo limitada à diagonal da carga. O garfo pode ainda ser dotado de dispositivo pantográfico, capaz de estendê-lo a uma segunda pilha de paletes, reduzindo, dessa maneira, o número de corredores necessários para a passagem da empilhadeira. O carro é guiado através de trilhos, o que dispensa o condutor enquanto o veículo estiver no corredor de trabalho. Também, existe a opção de se substituir o garfo por uma plataforma inteiriça, o que permite a elevação de uma pessoa até o local onde o produto se encontra, para este retirar manualmente os itens necessários. Este sistema possui a vantagem de não necessitar a descida de um palete inteiro para que se separem apenas umas poucas peças (CIVITA, 1979; MOURA, 1983).

Existem ainda as empilhadeiras manuais, também chamadas de sub-apoiadas ou patolas. Estas são semelhantes, em construção, às outras, porém, requerem o manuseio do operador durante todo o tempo. Seu sistema de elevação pode ser manual, hidráulico, elétrico ou eletro-hidráulico (ibidem).

A Figura 6 mostra alguns dos tipos de empilhadeiras citados: (a) a contrabalançada; (b) trilateral; e (c) a bi-apoiada.



Figura 6. Exemplos de diferentes tipos de empilhadeiras. Adaptado de Webempilhadeiras (2010), Ztast Zanardo Treinamentos (2013) e Dutra (2013).

d. Escavadeira Hidráulica

Instrumentos utilizados na construção civil para limpeza de terrenos, escavação de valas, ou para movimentação de material a granel ou sucatas. Seu trabalho consiste em remover o material por meio de retro escavação ou por pá de carregamento, e em seguida elevá-lo até um nível em que possa ser descarregado, geralmente em um caminhão caçamba. Podem ser apoiados sobre esteiras ou sobre rodas, sendo as primeiras preferíveis para terrenos pouco firmes e, as últimas, para uso geral. Geralmente, são movidos por motor diesel modificado, que impulsiona a bomba hidráulica (CIVITA, 1979; MOURA, 1983).

O elemento mais importante deste aparelho é o braço de retro escavação. Neste processo, o material é cortado e removido pelo recolhimento da caçamba, e coletado pelo giro desta, para, em seguida, ser elevado até uma altura proporcional à estabilidade do veículo. Como pode ser vista na figura 7 (a), o braço principal pode possuir duas ou mais articulações, que são movimentadas por pistões de dupla ação, cuja atuação é controlada por válvulas acionadas por meio de alavancas e pedais. Por vezes, servomecanismos são utilizados para reduzir os esforços do operador. Além disso, o braço ainda pode ser substituído pela pá carregadeira, conforme Figura 7 (b). A diferença se dá pelo recolhimento frontal de material e pela impossibilidade de remoção abaixo do nível do solo (CIVITA, 1979).



Figura 7. Exemplos de escavadeiras hidráulicas. Adaptado de Terraplenagem (2012) e Auxter (2012).

e. Guindaste

Dispositivos, geralmente de grande porte, utilizados para carregamento e transporte de materiais em indústrias e obras ao ar livre. Utilizando talhas, ganchos, cordas, tramas, redes, cabos, mandíbulas, tenazes, eletroímãs, ou outros elementos de fixação, podem se adaptar a inúmeros tipos de carga. Também, podem ter capacidades variando desde alguns quilogramas até centenas de toneladas por vez, bem como alturas de até 100m ou mais. Existem quatro tipos de guindastes: i/ ponte rolante; ii/ pórtico rolante; iii/ de lança; e iv/ de braço telescópico (CIVITA, 1979).

As pontes rolantes possuem uma viga transversal (ponte), construída de treliças, vigas simples, vigas compostas ou vigas-caixão – sendo estas últimas preferíveis (BRASIL, 1985), onde é fixado o sistema de suspensão (guincho). O guincho é apoiado sobre a ponte através de troles que se deslocam ao longo da viga. A ponte, por sua vez, pode ser suspensa ou apoiada em trilhos, que podem ser engastados ao teto ou apoiado nas colunas do edifício. A combinação do movimento longitudinal da ponte pelos trilhos com o movimento transversal do guincho sobre a ponte permite que cargas sejam apanhadas em qualquer local do estabelecimento sem ocupar área ao chão (BRASIL, 1985; MOURA, 1983; CIVITA, 1979).

Os pórticos rolantes (golias) diferem das pontes rolantes por possuírem uma estrutura totalmente independente da edificação. A ponte, neste caso, é apoiada sobre cavaletes, que se deslocam sobre trilhos montados ao nível do solo. Existe, ainda, a configuração de semi-pórtico, ou meia-ponte, no qual, um dos trilhos é

montado na edificação, e o outro ao solo. A viga principal pode também se estender para além da área entre os trilhos, o que aumenta a área útil de trabalho, mas exige o uso de contrapesos. Alguns golias são sustentados por pneumáticos e não utilizam trilhos, o que provê maior autonomia de funcionamento. Por último, pode-se combinar a ponte rolante com o sistema de empilhadeira, o que cria um sistema de estocagem com alto nível de compactação horizontal (ibidem). A Figura 8 ilustra diferentes tipos de pontes rolantes.



Figura 8. Exemplos de ponte rolante (a) pórtico rolante (b) e semi-pórtico (c). Adaptado de Munck (2013) e Mollyn Equipamentos (2013).

Os guindastes de lança, por outro lado, são constituídos essencialmente de um braço, que pode ser construído de viga ou treliça. Este pode ser preso diretamente a uma parede ou, ainda, uma coluna fixa ao solo. A carga, geralmente, é suspensa por uma talha, que corre sobre troles através do braço. Sua operação pode ser manual, como também elétrica (MOURA, 1983).

A Figura 9 (a) ilustra um guindaste para aplicações em construção civil. Neste, a coluna, ou torre, é treliçada, assim como a lança. Ambas são construídas em módulos, de forma a possibilitar a elevação progressiva da torre ou um alongamento progressivo do braço. Este possui uma extremidade curta, onde se situa o contrapeso, e uma extremidade longa, por onde corre o trole de suspensão da carga. Desta maneira, a carga pode ser movimentada verticalmente, como também possui movimento radial através do trole da lança, e angular, pelo giro da lança ao redor da coluna, o que confere a este guindaste uma grande liberdade de movimentação. Outra configuração possível é o guindaste *Derrick* (Figura 9 (b)). Neste, um mastro vertical e um inclinado são engastados entre si, e uma talha ou outro elemento de suspensão se encontra no mastro inclinado, e um cabo ou viga engata o mastro vertical ao solo, ou a um conjunto de contrapesos no caso de um *Derrick* autônomo. (CIVITA, 1979; BRASIL, 1985).

Estes guindastes costumam ser movidos por motor diesel, e o levantamento da carga é realizado por cabos de aço enrolados em tambores presentes na torre. Apoiam-se em pneumáticos quando o terreno é firme o bastante, ou ainda, em base de concreto. Mas quando o terreno é muito instável, esteiras são utilizadas, além de que quando a altura excede um dado limite, outros pontos de apoio se fazem necessários. Em edifícios, o guindaste é construído dentro do poço da escada ou do elevador, e ao término da obra, suas partes são retiradas (CIVITA, 1979).

Por último, o guindaste de braço telescópico – Figura 9 (c), é construído junto ao veículo transportador. Neste, longarinas concêntricas são encaixadas uma dentro da outra, e pistões hidráulicos realizam a extensão das partes. Apesar de possuírem baixa capacidade de carga, são muito versáteis em trabalhos pequenos (Ibidem).

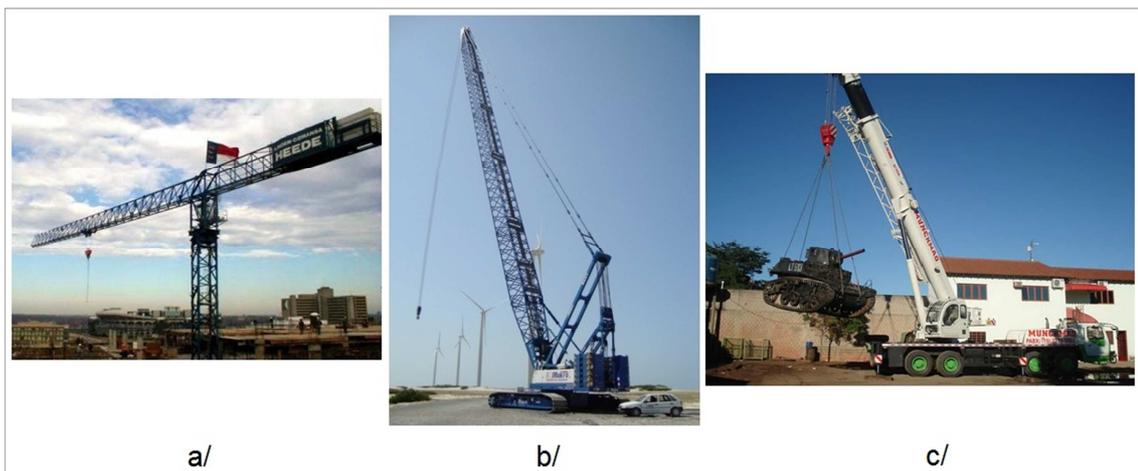


Figura 9. Diferentes tipos de guindastes. Adaptado de Makro Engenharia (2012), Howstuffworks (2012) e Munckmaq (2012).

f. Macaco

Segundo Brasil (1988), são máquinas destinadas a elevar cargas das mais variadas (desde dezenas de quilogramas até toneladas) em pequenas alturas. Existem três tipos básicos de macaco, que serão descritos a seguir:

- 1) De parafuso: é constituído de um parafuso, com plataforma apropriada para sustentar a carga em sua extremidade e uma base de tubo roscado. O parafuso possui uma alavanca para giro, e tem-se o efeito da conversão de um grande deslocamento angular na alavanca com pequena força, para um

pequeno deslocamento linear com grande força no sentido axial do parafuso. Existe, também, uma configuração em que uma articulação pantográfica possui uma rosca sem fim, disposta num sentido perpendicular ao sentido da elevação (ver Figura 10(a)). Estes macacos podem ser auto-travantes, desde que obedecido o limite máximo de passo da rosca para que a força de atrito desta possa sustentar o peso da carga. Porém, o rendimento deste sistema fica limitado em 50%;

- 2) De cremalheira: utiliza como elemento redutor um par pinhão/cremalheira, podendo ainda possuir um trem de engrenagens entre a alavanca de acionamento e o par (Figura 10 (b)). Geralmente são feitos para capacidade de 1 a 30 toneladas, com rendimento de 65%;
- 3) Hidráulico: é constituído de um cilindro hidráulico de carga, alimentado por uma bomba hidráulica de pistão e a redução é obtida pelo princípio de Pascal (ver Figura 10 (c)). Possuem maior rendimento mecânico (até 80%), e capacidades de até 500 toneladas (ibidem).

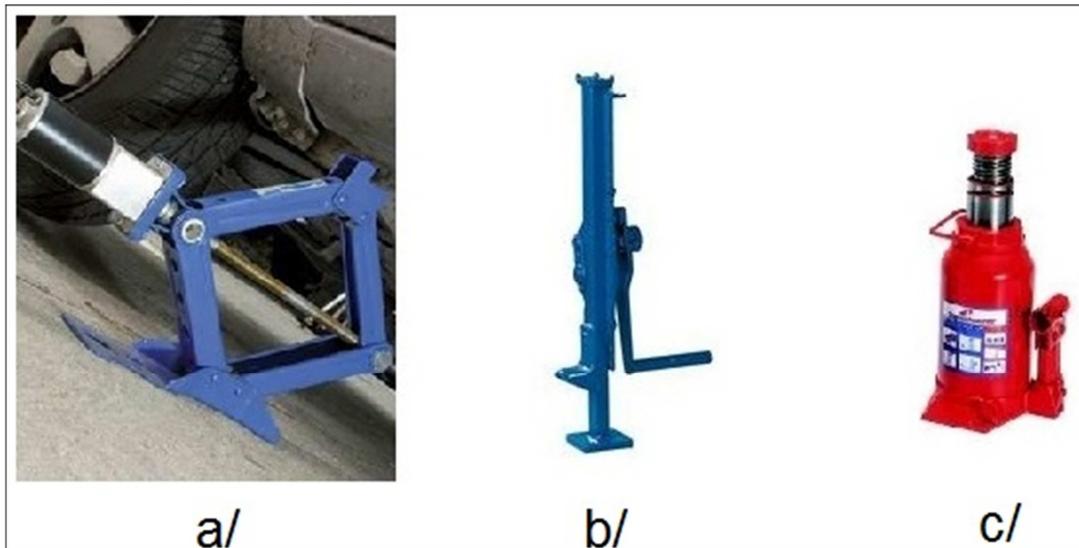


Figura 10. Diferentes tipos de macacos. Adaptado de Dias (2013), Manutan (2013) e Royal Maquinas e Ferramentas (2009)

g. Paleteira

Segundo Moura (1983), trata-se de um carrinho, como mostrado na Figura 11. Geralmente possui três rodas e um garfo capaz de elevar uma carga paletizada a uma pequena altura. Utiliza um mecanismo de macaco hidráulico combinado com

um mecanismo de retração e distensão das rodas dianteiras para realizar a elevação. Sua principal utilidade é para a realização de pequenos deslocamentos horizontais.



Figura 11. Paleteira de uso geral. Fonte: Equipacenter (2011).

h. Talha

Equipamento, constituído por associação de polias, destinado à suspensão e movimentação vertical de carga. A configuração mais simples consiste em uma roldana fixa, pelo seu eixo, a uma superfície elevada, e uma roldana móvel, em cujo eixo a carga é apoiada. Neste sistema, a força aplicada à corda para levantar a carga será de apenas metade do peso da carga, ao custo, porém, de ser necessário um deslocamento da corda duas vezes maior que a altura a ser deslocada. Outras configurações possíveis deste sistema simples, como por exemplo, o cardenal ou moitão, envolvem um maior número de polias fixas e móveis. Neste, cada conjunto de polias é montado em uma caixa, que é presa à carga e a uma estrutura por meio de ganchos. A corda é presa a uma das partes fixas da talha e corre, alternadamente, entre uma roldana fixa e uma móvel, enquanto a outra extremidade é puxada pelo operador. Dessa forma, a força do operador é multiplicada, teoricamente, pelo número de roldanas. Na prática, a multiplicação diminui devido ao atrito da corda com as roldanas e ao peso da corda, de forma que, geralmente, não é viável o uso de mais de seis polias (CIVITA, 1979). Na Figura 12, é possível verificar diferentes configurações possíveis para talhas de polias.

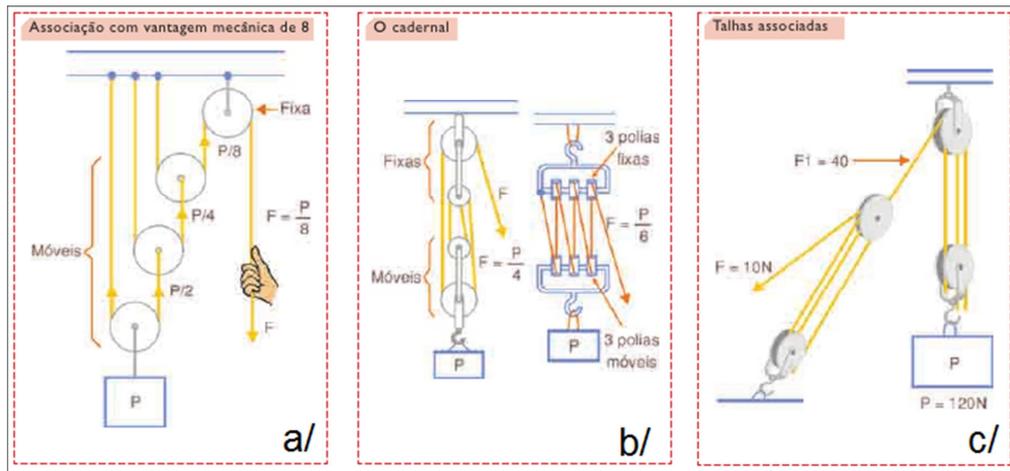


Figura 12. Configurações de talhas simples de roldanas. Adaptado de Mecatronica Atual (2011).

As talhas utilizadas industrialmente, porém, possuem algumas configurações mais complexas, envolvendo outros elementos além de roldanas. Os três principais tipos de talhas utilizadas são:

- i) A talha sem-fim/coroa;
- ii) A talha de engrenagens planetárias;
- iii) A talha diferencial, ou *Weston*.

A maioria das talhas possui acionamento manual, mas também podem ser acionadas por motor elétrico, pneumático ou hidráulico. Podem também serem instaladas em troles para deslocamento por trilhos, geralmente de vigas I, configuração conhecida como talha monovia (BRASIL, 1985).

A talha sem-fim/coroa sustenta a carga por meio de uma corrente de roletes, montada em uma roldana fixa e uma móvel. A roldana fixa, por sua vez, é acionada por uma engrenagem sem-fim, que é acionada por uma corrente independente da corrente de carga. Assim, tem-se uma redução da ordem de $1/40$ devido à engrenagem sem-fim, mais a redução de $1/2$ devido à roldana móvel. O sistema possui capacidades desde 500 até 5000 kgf, e rendimento entre 55 e 78%, podendo cair para um máximo de 40%, caso se ajuste o passo da rosca-sem-fim para que a talha se torne auto-travante (ibidem).

A talha planetária, ao contrário das outras, pode não possuir roldana móvel (ver Figura 13). A redução é obtida por uma engrenagem epicicloidal e as polias de acionamento e de carga são coaxiais, além de também possuírem correntes distintas. A polia de acionamento faz girar a engrenagem central, que faz girar as engrenagens planetas, que estão apoiadas em uma engrenagem externa de dentes internos soldada à caixa. Nas engrenagens planetas se encontra acoplado o eixo da polia de carga e a redução é toda obtida pela relação de transmissão do planetário. O rendimento deste sistema fica em torno de 70%. Em alguns casos, pode-se ainda utilizar roldanas móveis para obter maiores reduções e capacidades de carga (BRASIL, 1985; MOURA, 1983).

Por último, a talha *Weston*, ou diferencial, utiliza duas polias fixas de diferentes raios, concêntricas e construídas em um corpo único, uma roldana móvel, e uma única corrente sem fim destinada tanto ao acionamento quanto ao carregamento. Ao se acionar o sistema, as duas polias fixas giram à mesma velocidade angular, fornecendo assim diferentes velocidades tangenciais para o recolhimento e soltura de corrente no lado da carga, o que leva a uma ascensão ou uma descida da roldana móvel, onde se encontra suspensa a carga (ibidem).

A relação de redução se torna tanto maior quanto menor for a diferença entre os raios das polias fixas, e se esta diferença for suficientemente pequena, o atrito entre as partes se torna suficiente para sustentar a carga e o sistema passa a ser auto-travante (ibidem).



Figura 13. Exemplos de talhas. Fonte: Redima Diniz Representações Comerciais LTDA (2012)

i. Tirfor

Aparelho destinado à suspensão ou tracionamento de carga em qualquer direção, através de uma corda ou cabo. A ação deste dispositivo fundamenta-se no movimento das mãos de uma pessoa ao puxar uma corda de grande comprimento, conforme mostra a Figura 14 (b). Sua construção (ver Figura 14 (a)) possui dois maxilares, que se deslocam alternativamente em sentidos opostos, e que se prendem ao cabo, também alternadamente, obtendo-se, desta maneira, um movimento intermitente do cabo em uma direção, com curso ilimitado. Possui também uma alavanca principal que aciona o sistema, e uma alavanca de liberação do cabo. Este sistema possui capacidades variando desde 750 kgf até 3000 kgf (BRASIL, 1988).

A principal vantagem deste sistema sobre a talha é o menor comprimento de corda a ser disponibilizado para se elevar a uma dada altura. Enquanto uma talha requer comprimento de corda ou corrente tantas vezes maior que a altura levantada quanto o número de roldanas, o tirfor requer apenas o comprimento de corda correspondente à altura (ibidem).

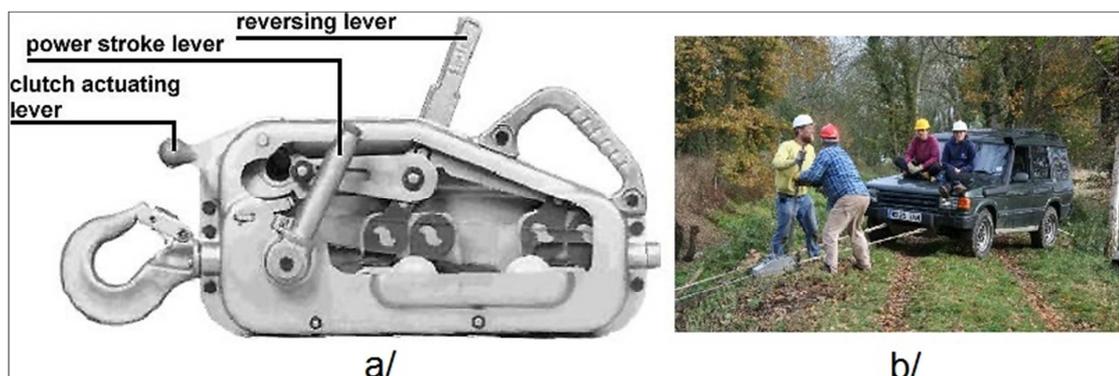


Figura 14. Detalhe construtivo de um tirfor e utilização deste como reboque. Adaptado de High Gear (2013) e Pbase (2007).

2.1.2 CONTEXTO URBANO

A verticalização dos espaços urbanos era algo considerado inviável até a metade do século XIX, quando os elevadores não eram suficientemente seguros. Então, em 1853, Elisha Graves Otis introduziu um sistema de segurança aos elevadores de plataforma em que, caso houvesse uma ruptura do cabo, mordentes acionados por molas se agarram aos trilhos guia, impedindo a queda da plataforma.

Deste momento em diante, houve um grande desenvolvimento dos elevadores de passageiros e uma enorme expansão dos edifícios, em número e altura (PRADO, 2008; ARBOLEDA, 2006).

A atual valorização do solo (terrenos) impulsiona ainda mais a verticalização. Espaços providos de pavimentos tem a grande vantagem de aumentar a área útil de uma construção, além de facilitar a solução de problemas como eletricidade, saneamento e transporte urbano, devido à concentração de pessoas e bens em uma área territorial menor. A desvantagem está na grande exigência estrutural, com conseqüente consumo de material de construção, na formação de ilhas de calor devido ao bloqueio dos ventos, e na piora da logística urbana como um todo, caso a verticalização ocorra desordenadamente (O ESTADO, 2012).

Neste contexto, os sistemas de elevação visam principalmente solucionar o problema de locomoção de pessoas em edifícios, *shopping centers*, estações elevadas de transporte e outros ambientes residenciais, comerciais ou públicos que possuam mais de um pavimento.

2.1.2.1 ELEVADOR DE CABINA

Um dos primeiros registros do uso de elevadores de pessoas vem do Palácio de Nero, que possuía um elevador feito em madeira de lei, tracionado por cabo e com guias para delimitar o movimento da cabina. Para prevenir a morte dos ocupantes, havia uma almofada de couro embaixo da cabina, e o fundo do poço recebeu uma construção cuneiforme, o que, em caso de ruptura do cabo, provocaria uma frenagem da cabina. A força era realizada por escravos, que obedeciam a um código de campainha e se baseavam em tarjas coloridas colocadas no cabo para levar a cabina até o andar desejado (PRADO, 2008).

Atualmente, o elevador de cabina é o equipamento mais utilizado para o deslocamento vertical em locais urbanos, podendo ser utilizado para elevar cargas ou passageiros. Elevadores de passageiros podem apresentar capacidades desde 250 a 1500 kgf, com velocidades entre 0,5 e 3,5 m/s, enquanto os de carga se situam entre 250 e 15000 kgf de capacidade e velocidades de 0,1 a 1,5 m/s. O sistema consiste em cabina, estrutura em forma de poço com trilhos-guia,

contrapeso, dispositivo de suspensão, máquina elevadora, sistemas de segurança e controles elétricos (RUDENKO, 1976).

Na cabina são acomodados os passageiros ou a carga. Ela deve ser totalmente fechada, e dotada de uma ou mais portas de acesso. Em elevadores de passageiros, a cabina costuma ter um interior agradável e a área da base é calculada de acordo com a capacidade, para que se tenha uma folga entre 0,3 e 0,5 m² por passageiro. Recomenda-se, para o uso do elevador por cadeirantes, medidas de pelo menos 1350 mm de largura, 1400 de profundidade e 2200 de altura, e apenas para pessoas em pé, recomenda-se 1100 mm de largura e 950 de profundidade (NEUFERT, 2011). Uma cabina para seis passageiros pode, assim, possuir um peso próprio em torno de 400 kgf. No caso dos elevadores de carga, toma-se por referência a pressão máxima admitida sobre a base, que varia entre 200 e 800 kgf/cm² de acordo com a densidade de carregamento (RUDENKO, 1976).

No local destinado à instalação do elevador (poço), é construída uma estrutura metálica, chumbada em fundação de concreto, no caso de elevadores externos, e ainda engastadas nas paredes do poço no caso de um elevador interno. Todo o sistema deve possuir resistência mecânica adequada, além de resistência a incêndio, segurança contra curtos-circuitos e outras adversidades.

Em todos os elevadores de cabina, deve haver trilhos, em ambos os lados da cabina, para fins de se guiar o movimento. O poço e a estrutura devem prover pontos de fixação para os trilhos-guia a cada 3 ou 5 m. Na cabina, são instaladas guias com perfil concordante ao dos trilhos. Existem basicamente três tipos de guia:

- a) Guia convencional: duas cantoneiras que acompanham um trilho quadrado. Mais utilizado em elevadores de carga;
- b) Guia com mola espiral: utilizada em elevadores de passageiros. A mola mantém a extremidade da guia pressionada contra o trilho, e a guia em si é colocado em um local estreito entre dois trilhos, evitando assim ou desalinhamento da cabina;
- c) Guia articulada para trilho tê.

Os trilhos são geralmente cantoneiras ou perfis tê, ou em alguns casos, pode-se utilizar barras de madeira, em aplicações de menor compromisso. Seu dimensionamento deve prever a sustentação da cabina carregada, e a resistência ao

impacto desta em caso de ruptura dos cabos. Em geral, assume-se um percurso máximo de 100 mm em caso de frenagem devido à queda, e durante este percurso, os trilhos e bloqueadores deverão absorver toda a energia cinética (ibidem).

O contrapeso é utilizado em quase todos os elevadores como um meio para se aliviar o esforço sobre a máquina elevadora. Este pode estar diretamente ligado à cabina por meio de uma roldana fixa, ou em uma extensão do cabo do tambor da máquina, ou em ambos. A caixa que contém o contrapeso também deve deslizar sobre trilhos-guia.

Para a suspensão do elevador, dá-se preferência a cabos de aço de torção paralela ou cruzada. Os cabos são selecionados adotando-se um coeficiente de segurança de oito a dez para elevadores de carga, e de 12 a 14 em elevadores de passageiros. Os diâmetros do tambor e da polia motriz, de acordo com a velocidade de operação do elevador, deve ter diâmetro de 35 a 50 vezes maior que o diâmetro do cabo. Pode-se, também, fazer uso de vários cabos de menor diâmetro para conseguir reduzir o diâmetro dos tambores e polias. Neste caso, deve-se utilizar um sistema de travessa de alavanca, para uniformizar o esforço sobre todos os cabos (ibidem).

Para a movimentação do elevador, dois tipos de máquina são utilizados:

- i) O sistema de tambor;
- ii) O de polia motriz.

No primeiro, os cabos principais são sustentados por um tambor, enrolando-se em sua superfície. No segundo, uma polia de grande diâmetro mantém simultaneamente a cabina e o contrapeso suspensos, e o cabo é transferido para o lado da cabina ou para o lado do contrapeso. Estes sistemas, até a década de 20, eram movidos por motores elétricos de alta rotação, por meio de uma engrenagem sem fim. Hoje, a tração é realizada por meio de motores com engrenagens de dentes retos ou helicoidais, ou ainda, para o caso de elevadores de mais alta velocidade, utilizam-se motores de baixa rotação sem engrenagens (RUDENKO, 1976; CIVITA, 1979; HOWSTUFFWORKS, 2013).

Todos os elevadores devem possuir freios de segurança, que devem parar a descida da cabina automaticamente em caso de ruptura ou afrouxamento dos cabos. Tais sistemas podem ser baseados em excêntricos, cunhas, rolos de aperto

ou superfícies de frenagem lisas ou entalhadas (sendo estes últimos mais eficientes). Podem ser acionados por molas, pelo peso da cabina ou do contrapeso, ou por ar comprimido. Devem ter projeto simples, e não deve ser acessível a pessoal não autorizado. O poço do elevador deve também conter um rebaixo, de profundidade normatizada, com dispositivos de amortecimento que atuarão no caso excepcional de falha dos freios. A figura 15 mostra uma ilustração de um elevador convencional, (RUDENKO, 1976; CIVITA, 1979).

Os comandos do elevador e o controle de acesso eram usualmente realizados por funcionário ascensorista até o início do século XX. Com o passar do tempo, inúmeras inovações tecnológicas resultaram na dispensa deste operador. Por exemplo, portas automáticas, com bloqueio de fechamento por detector de obstáculos, controle de movimentação por senha, evitando visitas indesejadas, cabinas com pisos móveis, controle por microprocessadores, em prédios comerciais, de um conjunto de elevadores em função do tráfego, programando-se, por exemplo, o andar mais indicado para a cabina ficar estacionada, dentre outros. Algumas recentes inovações na área de elevadores incluem o elevador sem casa de máquinas, inventado em 1989, o elevador mais rápido do mundo (12,5 m/s), instalado na Torre Landmark, no Japão e o elevador pré-montado, em 1997, que é instalado em apenas três dias (PRADO, 2008).

No Brasil, as diretrizes de projeto para elevadores de cabina são ditadas pela norma NBR NM 207/99, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), e também pela NR-12, do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego), e no caso de elevadores fabricados até 1998, pela NBR 7.192/98 (SECIESP, 2013).

2.1.2.2 ESCADA ROLANTE

Com o primeiro projeto realizado no final do século XIX, as escadas rolantes constituem um dos mais eficientes sistemas de elevação para grandes quantidades de pessoas em lugares públicos, podendo transportar até 10.000 pessoas por hora com uma potência motriz de 100HP (CIVITA, 1979).

Um esquema da escada rolante pode ser visto na Figura 16. Trata-se de uma série de degraus individuais montados em duas correntes sem fim que se movimentam para cima ou para baixo dentro de uma estrutura metálica. Geralmente

a escada é pré-montada na indústria e transportada até o local de instalação. Todavia, é possível dividir a escada em três partes que serão montadas no local: a parte superior, com o motor e os acionamentos, a central com os trilhos, e a inferior com as rodas dentadas (ibidem).

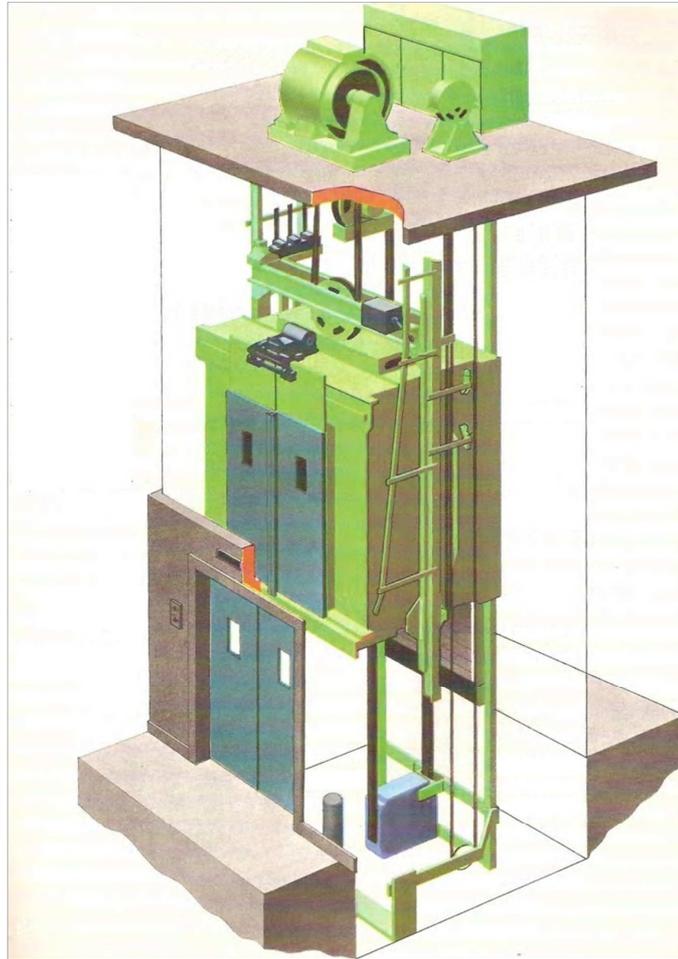


Figura 15. Elevador de cabina. Fonte: CIVITA (1979).

Emprega-se motor de indução, cujo movimento é transferido à escada por uma redução do tipo rosca sem fim. Existe ainda um dispositivo de freio que é acionado na falta de energia. Este freio é acionado por uma mola, que é mantida inativa por um solenóide energizado. Na falta de energia, cessa a atuação do solenóide e a mola aciona o freio. Este, ainda, pode ser destravado por uma alavanca, para que se opere a escada por manivela. Há também um sistema de relés interruptores que param a escada em caso de sobrecarga, assim como um sistema economizador que reduz a velocidade da escada caso não haja usuário. Este último eleva a velocidade ao detectar a entrada da primeira pessoa e a reduz

ao detectar a saída da última pessoa (ibidem). Na parte inferior, rodas dentadas são responsáveis pelo retorno dos degraus e das correntes.

Geralmente, escadas rolantes formam um ângulo de aclave entre 30 e 35°, e são sustentadas por uma estrutura tipo caixa soldada. Os degraus são feitos em alumínio injetado ou aço laminado e deslizam pelos trilhos por meio de roletes, impulsionados pelas correntes. As dimensões dos degraus são normatizadas. Borrachas são utilizadas para evitar escorregamento, e uma base em forma de pente protege a saída e o recolhimento dos degraus. Caso haja uma obstrução do pente, a escada paralisa o seu movimento (ibidem).

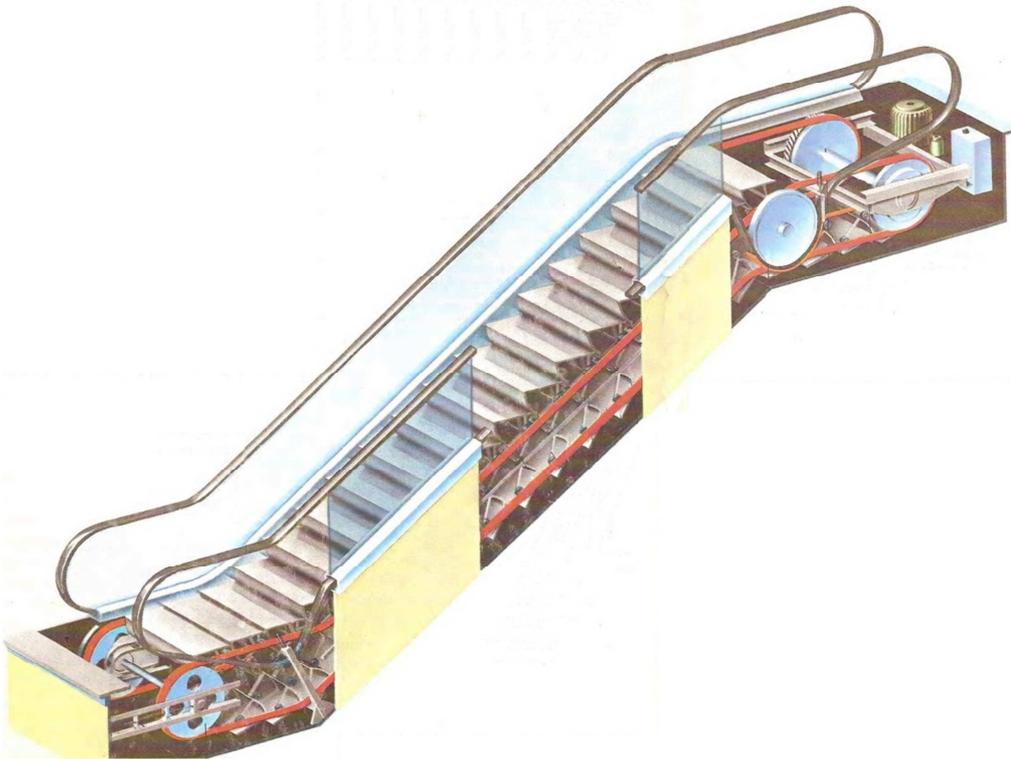


Figura 16. Diagrama de uma escada rolante. Fonte: CIVITA (1979).

2.1.2.3 PLATAFORMA ELEVATÓRIA

Equipamento usado para elevação de uma ou duas pessoas para a realização de trabalhos em altura. Possuem um cesto para acomodação de pessoal, com proteção contra queda, que é elevado por meio de braços articulados hidráulicos (lanças, Figura 17 (a)), ou por meio de mastro telescópico (Figura 17 (b)). Pode-se ainda utilizar um sistema de tesoura (pantográfica, Figura 17 (c)), acionada por um cilindro hidráulico (LOKAN MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS, 2013).

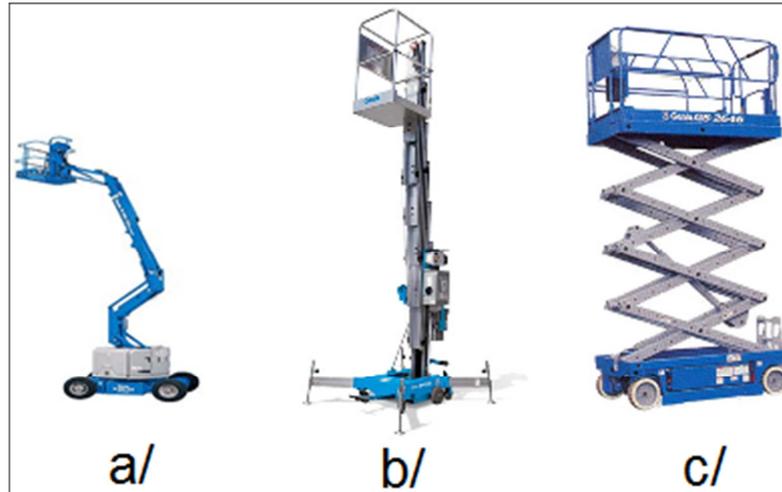


Figura 17. Plataformas elevatórias. Fonte: Lokan Máquinas e Equipamentos (2013).

2.1.3 OUTROS MECANISMOS DE ELEVAÇÃO

Aqui, são abordados dispositivos de elevação utilizados em situações especiais, que não podem ser solucionadas por equipamentos padrão. Também, são abordados equipamentos que podem ser empregados para transporte vertical, apesar de, a princípio, não serem concebidos para este fim.

2.1.3.1 FERROVIA CREMALHEIRA

Sistema utilizado em linhas ferroviárias em que a inclinação (valor igual à tangente do ângulo de subida) supera 5%. Nestes casos, os trilhos comuns perdem sua eficiência e segurança. Utiliza-se um trilho central de cremalheira, por onde ocorre a propulsão e frenagem do trem através de rodas dentadas (CIVITA, 1979).

Existem três tipos básicos de cremalheira:

- i) Tipo *Riggenbach*, que se assemelha a uma escada de aço (ver Figura 18);
- ii) Tipos *Abt* e *Strub*, que são um trilho com os dentes cortados no alto, por onde correm rodas verticais;
- iii) Sistema *Locher*, em que os dentes são cortados nos lados do trilho, e são acoplados ao trem por rodas horizontais.

Enquanto os três primeiros são utilizados em inclinações de até 25%, o tipo *Locher* pode ser usado para até 50% de inclinação (ibidem).

Tal sistema tem as desvantagens de terem manutenção dispendiosa e baixas velocidades, o que o levou a ser superado pelos sistemas de ferrovia de penhasco e teleféricos (ibidem).

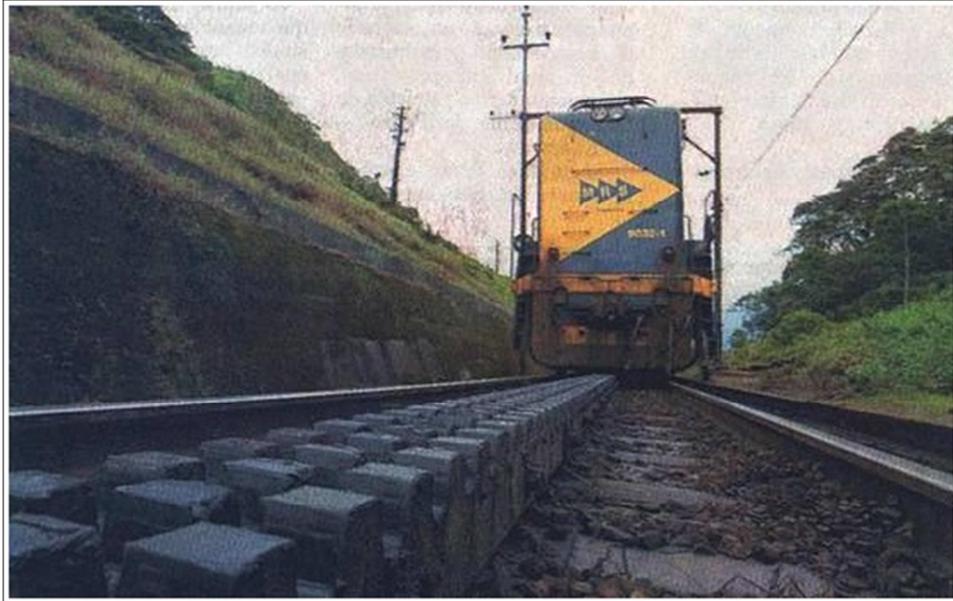


Figura 18. Sistema de Cremalheira instalado entre Minas Gerais e Cubatão. Fonte: Novo Milenio (2005)

2.1.3.2 FERROVIA DE PENHASCO E FUNICULAR

Segundo Civita (1979), este tipo de ferrovia utiliza tração por cabos para prover o transporte de vagões em inclinações muito íngremes, a partir de 50%. Os primeiros sistemas utilizavam a força de um motor a vapor situado no topo da subida, ou então, o vagão descendente carregado era utilizado para fazer subir um vagão vazio, como, por exemplo, em minas de carvão. Um tipo de ferrovia de penhasco instalado em vários locais da Grã-Bretanha era constituído de dois trilhos paralelos ocupados cada um por um vagão. Um cabo de aço conecta os dois vagões, e uma estrutura triangular mantém o vagão na horizontal mesmo quando o trilho atinge grandes inclinações. Os vagões trafegam em sentidos opostos, e param simultaneamente nas estações da base e do topo. O vagão situado no topo tinha um tanque enchido com água, enquanto o situado na base tinha este tanque esvaziado. Dessa forma, o vagão de cima, com maior peso, puxa o vagão de baixo.

Para o transporte em regiões montanhosas, foram desenvolvidos os sistemas de cremalheira, como mencionado anteriormente, e os chamados trens

funiculares, que funcionam de modo semelhante aos trens de penhasco, com a diferença de que utilizam tração elétrica em lugar das compensações de peso, além de empregar somente um trilho, com um desvio em algum ponto da linha para permitir o cruzamento dos vagões. Os veículos possuem roda de flange dupla em um lado e sem flange do outro, o que permite o desvio automático. Tais linhas atendem a inclinações de até 90%.

Dispositivos de segurança de frenagem imediata estão presentes para o caso de rompimento dos cabos. E os cabos são constantemente inspecionados. Devido à ineficiência dos freios convencionais nos trechos mais íngremes, garras são instaladas nos vagões e em caso de afrouxamento dos cabos, elas atuam diretamente nos trilhos. A figura 19 ilustra a diferença entre a ferrovia de penhasco (a) e a funicular (b).

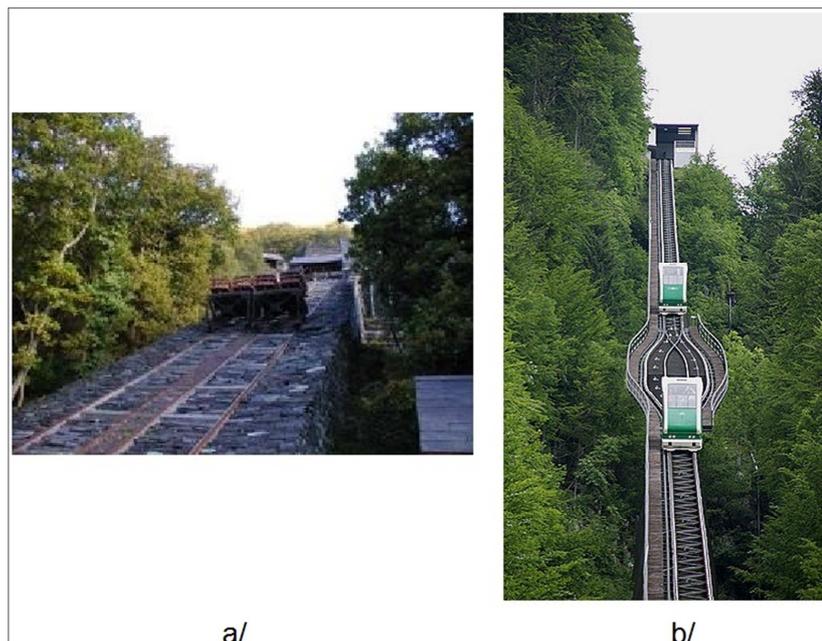


Figura 19. Ferrovias de penhasco e funicular. Adaptado de Hows (2013) e Hallstat Part 4 (2013).

2.1.3.3 TELEFÉRICO

Sistema utilizado como meio de transporte para vencer grandes distâncias em locais muito montanhosos e íngremes, diferindo das ferrovias funiculares por não possuírem trilhos sobre o solo, sendo os vagões totalmente sustentados pelos cabos (CIVITA, 1979). Existem três tipos básicos:

- i) De vagão, com capacidade para até 100 passageiros;
- ii) De cadeira, que possuem várias cadeiras, removíveis ou não, com espaço para duas ou três pessoas, espalhadas ao longo da linha;
- iii) De vagões pequenos, para quatro a dez passageiros (ver Figura 20). Este sistema também pode ser usado para o transporte de cargas, utilizando-se uma série de caçambas ou guinchos em lugar das cabinas, e podendo atingir capacidades de até 500 toneladas por hora (CIVITA, 1979; MOURA, 1983).

As cabines ou cadeiras tem seu peso sustentado pelos cabos condutores, que possuem maior diâmetro e são escorados por pilares fixos ao solo ao longo da linha, e mantidos tensionados por contrapesos. Nos sistemas de cabina, existe uma cabina por linha condutora, e em alguns casos, pode haver dois cabos condutores por cabina. A propulsão é provida por um segundo cabo, o cabo de tração, que é firmemente preso à estrutura da cabina e movimentado por motores elétricos ou a combustão. Em alguns casos, para pequenos deslocamentos, ou para transporte de cargas, pode-se utilizar o mesmo cabo como condução e tração (ibidem).

No caso dos teleféricos de cabina, o comprimento do cabo trator deve ser calculado com exatidão para garantir a parada simultânea dos carros nas estações, enquanto que este cuidado se faz desnecessário nas linhas de cadeiras. Muitos destes sistemas são automatizados, bastando aos operadores uma troca de sinais para realizar a partida dos carros (ibidem).



Figura 20. Teleférico instalado em Tianmen Shan, China. Fonte: Alves (2012).

2.1.4 CONCLUSÕES

Foram verificados inúmeros contextos onde se realiza a movimentação vertical de pessoas ou de materiais. Muitas soluções foram desenvolvidas para se resolver os mais diversos problemas. Foi possível averiguar que quase todas elas se baseiam nos seguintes princípios fundamentais de solução:

1. Braço telescópico;
2. Pistão hidráulico;
3. Cabos de suspensão;
4. Roldanas e rodas dentadas;
5. Alavancas;
6. Trilhos, cremalheiras e afins;
7. Correias e correntes;
8. Plataformas, canecas e cabinas.

Verificou-se que todos os sistemas podem ser considerados diferentes combinações destes elementos. Tendo em vista o desenvolvimento de um sistema para elevação de pessoas em residências de dois ou mais pavimentos, é possível se criar um sistema bastante inovador apenas pela combinação diferente do usual destes mesmos elementos. Entretanto, é possível que algum outro elemento de solução possa surgir ao longo do processo.

2.2 RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

Para o desenvolvimento de um sistema elevador, é necessário conhecer o *layout* típico de uma residência de dois ou mais pavimentos, materiais de construção empregados, dimensões de cômodos, portas, janelas e corredores, meios mais comuns de transposição de pavimentos (i.e escadas, rampas e outros), abordando formatos, cômodos interligados, dimensões e normatização e outros aspectos que venham a interferir na eventual instalação deste sistema.

2.2.1 LAYOUT TÍPICO DE RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

Em Gruber e Custódio Júnior (2001), pesquisas de mercado foram realizadas acerca das preferências dos potenciais compradores de imóveis,

restringindo-se a análise de residências unifamiliares com área construída entre 100 e 200 m². Estas apontaram, como preferências dos compradores, as seguintes diretrizes:

- a) A maioria procura residências com três dormitórios, e uma parcela considerável também prefere quatro dormitórios;
- b) Dentre os dormitórios, metade da população pesquisada deseja ao menos uma suíte e, muitos dos restantes, preferem duas;
- c) Alguns ainda necessitam de dependência própria para empregados domésticos;
- d) Cerca de 70% dos pesquisados apontam preferir casas com dois pavimentos, alguns ainda acrescentando porão ou sótão;
- e) Quanto ao número de banheiros, indica-se a presença do banheiro da suíte, um lavabo e um banheiro para empregados;
- f) Em relação à área de garagem, cerca de 90% procura ao menos duas vagas.
- g) Os consultados se mostram divididos em relação ao número de casas que pode haver no mesmo terreno;
- h) Todos buscam ter jardim. 70% busca ter uma sacada, preferencialmente, junto à suíte;
- i) Mais de 90% procura área para churrasqueira. Destes, 50% prefere esta no jardim, e outros preferem na cozinha ou na sacada.

Constatou-se nesta pesquisa que o item elevador não foi citado pelos autores nem pelos entrevistados.

Em relação às medidas dos cômodos, conforme Neufert (2011), essas devem ser compatíveis com as medidas humanas, visto que os ambientes são feitos primeiramente para servir às pessoas. Os cômodos, ambientes e espaços tomam por base algumas das seguintes medidas antropométricas (alt. x larg. x prof., em mm):

- a. Pessoa em pé: 1930 x 625 x 375;
- b. Pessoa sentada: 1450 x 625 x 860;
- c. Pessoa em passo de caminhada: 1930 x 625 x 875;
- d. Pessoa com bengala: 1930 x 750 x 375;
- e. Cadeirante: 800 x 1200 x 1350 (RONCATO; FONSECA, 2009).

Tendo por base estas medidas, existem algumas recomendações gerais para o projeto de residências. O pé-direito (altura desde o piso até a laje) de qualquer residência deve ser de, no mínimo, 2400 mm para todos os pavimentos. Corredores que interligam cômodos devem possuir ao menos 900 mm de largura e as portas dos compartimentos devem se abrir para dentro destes. Se isto não for possível, então o corredor deve possuir a partir de 1400 mm de largura. Recomendam-se dimensões de 3000 x 1800 mm ou 3000 x 2400 mm para áreas de serviço, como lavanderia e de 1250 x 1750 mm para despensas. Para as cozinhas, têm-se medidas de 2400 x 3000 mm e, caso exista sala de jantar, esta deve possuir 3300 x 3300 mm de área para família de seis pessoas, ou 4000 x 7450 mm para 12 pessoas (NEUFERT, 2011).

Os dormitórios e banheiros possuem maior variabilidade de medidas. Em geral, tomam-se medidas de 3000 x 2600 mm para quarto de crianças, 3500 x 3000 ou 4250 x 3000 mm para suítes, ou também, 4250 x 5200 mm para suítes com banheiro embutido. Para os banheiros, medidas podem variar desde 1150 x 900 mm até 2350 x 2500 mm, recomendando-se que existam ao menos dois banheiros para banho e um lavabo na residência (ibidem).

Ainda conforme Neufert (2011), existe um layout ótimo para disposição dos cômodos como se pode ver na Figura 21:

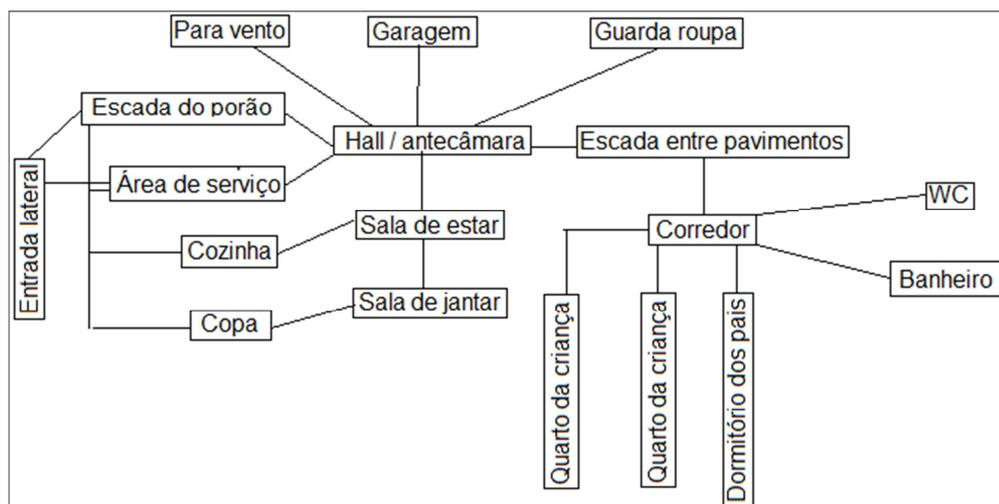


Figura 21. Esquema modelo para distribuição dos cômodos. Adaptado de Neufert (2011).

Neste, um para-vento antecede a porta de entrada, para isolar os climas externo e interno. Ainda, o *hall* de entrada se comunica com todos os principais

cômodos da casa, inclusive a escada. A cozinha é colocada numa posição que permita a visualização do jardim e do portão de entrada da residência. Segue-se, também, a lógica de deixar os espaços mais íntimos no andar superior e os espaços mais sociais no inferior. Na Figura 22, é possível verificar algumas plantas baixas de sobrados disponíveis no mercado nacional.



Figura 22. Plantas baixas de sobrados. Adaptado de Sempretops (2013).

2.2.2 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO TÍPICOS

Segundo Freitas Jr. (2010) e Ivankio, Oliveira e Latini (2007), são três os principais materiais e métodos para construção de residências, bem como para a construção civil em geral:

- i) Alvenaria estrutural;
- ii) Concreto armado com alvenaria não estrutural;
- iii) *Light Steel Framming*.

- I. Alvenaria estrutural (Figura 23 (b)): por este método, as paredes sustentam todos os esforços mecânicos envolvidos. Elas são erguidas com blocos, de concreto ou de cerâmica desenvolvidos para este específico fim, sendo mais resistentes que os blocos utilizados em paredes de construções de concreto armado. Tem ampla utilização em residências e edifícios de pequena altura devido ao menor custo final. Porém, tem como principal desvantagem a impossibilidade de realização de reformas que requeiram abertura de paredes (FREITAS Jr, 2010);
- II. Concreto armado (Figura 23 (a)): nesta técnica, uma estrutura, formada por pilares e vigas de concreto reforçado com armaduras ou tramas de aço, resiste aos esforços mecânicos. Esta estrutura pode ser fabricada no local da obra, ou pré-fabricada e apenas montada no local da edificação. As paredes são

posteriormente erguidas e tem a única finalidade de separar ambientes. Por estes motivos, construções de concreto armado não apresentam problemas para serem reformados. Tampouco trazem limitações para fixação, nas paredes, de objetos pesados, por meio de buchas ou chumbadores, não previstos anteriormente em projeto (IVANKIO; OLIVEIRA; LATINI, 2007);

- III. *Light Steel Framming* (Figura 23 (c)): esta técnica construtiva, apesar de possuir um conceito antigo, é relativamente recente no Brasil. Trata-se da estruturação do edifício por meio de perfis de aço galvanizado, que formam painéis de parede, vigas de piso e tesouras de telhado. As tubulações elétricas e hidráulicas são instaladas junto com a montagem da estrutura, e em seguida, revestimentos são aplicados com materiais como chapas de OSB (*oriented strand board*), gesso acartonado e outros. São apresentados como vantagens deste método o menor tempo de construção e menores custos devido à menor incidência de retrabalhos. Porém, da mesma forma que para alvenaria estrutural, as possibilidades de reforma são muito limitadas, exigindo estudos específicos para a execução dos reforços estruturais necessários. Isto também se faz necessário caso se pretenda fixar objetos pesados na estrutura, não previstos anteriormente, podendo até mesmo se tornar inviável este acréscimo (IVANKIO; OLIVEIRA; LATINI, 2007).

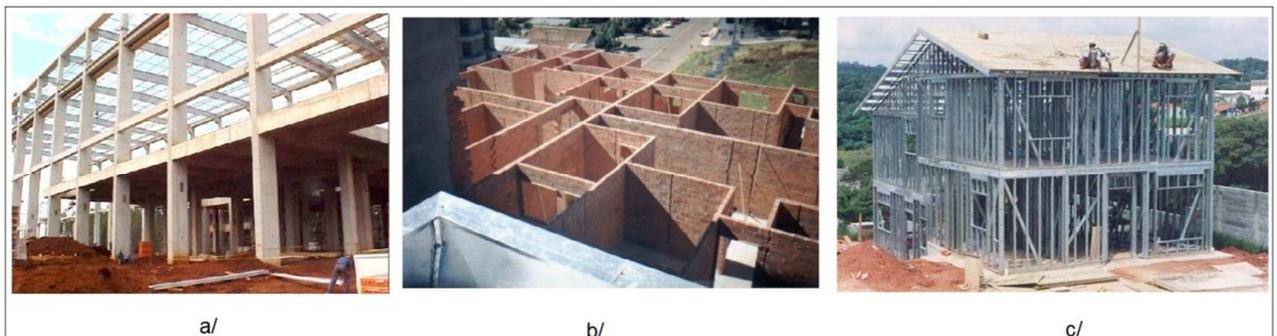


Figura 23. Formas de construção de acordo com o material. Adaptado de Construdeia (2012), Reforma Fácil (2010) e Campos (2013).

2.2.3 PORTAS E JANELAS

Segundo Neufert (2011), recomenda-se que a largura total da janela de um ambiente seja ao menos igual a um décimo da soma das medidas horizontais do local, e que, para residências com menos de 3500 mm de pé direito, a altura da

janela seja de, no mínimo, 1300 mm e ao menos 900 mm de altura para o peitoril. Em alguns casos, as janelas podem ser equipadas de protetores contra ofuscamento, como persianas, toldos, e outros.

Em relação às portas, a medida deve estar de acordo com o uso que o ambiente requer. Recomenda-se uma largura de 800 mm para quartos e banheiros, 1150 mm para portas de entrada da casa. Em caso de portas de duas folhas, as medidas são de 1700 mm para quartos, e de 1400 a 2250 mm para portas de entrada. Para a altura, recomenda-se entre 1850 e 2000 mm. Tais medidas são ditadas pelas normas DIN 4172 e DIN18100, que ainda recomenda que, caso medidas diferentes se façam necessárias em uma construção, estas deverão ser múltiplas de 125 mm.

2.2.4 ESCADAS

Constituem o principal meio de transposição entre pavimentos presente em residências. Segundo Neufert (2011), a norma DIN 18065 regulamenta o dimensionamento de escadas. É recomendada uma largura mínima de 800 mm, e dimensões de piso e espelho de, respectivamente, 280 e 170 mm. Pode-se reduzir a largura para 500 mm e as medidas dos degraus para 210 e 210 mm. Ainda, deve ser construído patamar a cada 18 degraus, devendo este medir 920 mm de piso, assim como parapeito para todos os degraus e patamares que estiverem a uma altura maior que 1 m do piso. Este parapeito deve possuir 900 mm de altura para desníveis de até 12 m, e 1100 mm para desníveis maiores.

São várias as formas pelas quais uma escada pode ser disposta. Dentre elas, são as mais comuns escadas retas (de um, dois ou três lances, ver Figura 24(a)), as escadas retas com lances final e inicial curvos (Figura 24 (b)), e escadas caracol (Figura 24 (c)). Neste último tipo, a norma DIN 18065 estabelece que a escada deve ter no mínimo 2100 mm de diâmetro externo para que esta sirva como escada principal, devendo também possuir no mínimo 800 mm de largura de degrau. Para grandes diâmetros, pode-se eliminar a coluna central, ganhando-se então em espaço disponível (ver Figura 24 (d)).

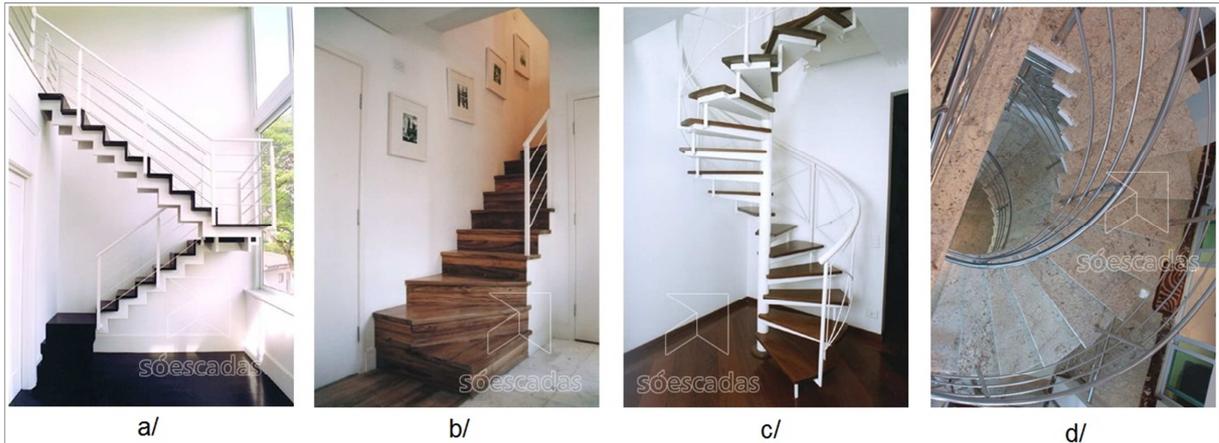


Figura 24. Diferentes tipos de escadas. Fonte: Só Escadas (2012).

2.2.5 CARACTERIZAÇÃO DE RESIDÊNCIAS EM CURITIBA

Para auxiliar a equipe na fase da prototipagem, decidiu-se por definir um sobrado típico. As medidas desse imóvel serão utilizadas para o dimensionamento do protótipo e definição do produto. A definição do sobrado típico foi elaborada a partir de uma das residências dos clientes entrevistados. A equipe acredita que essa residência possui dimensões que podem representar grande parte dos sobrados construídos em Curitiba. A Figura 25 mostra a planta baixa do sobrado típico definido pela equipe.

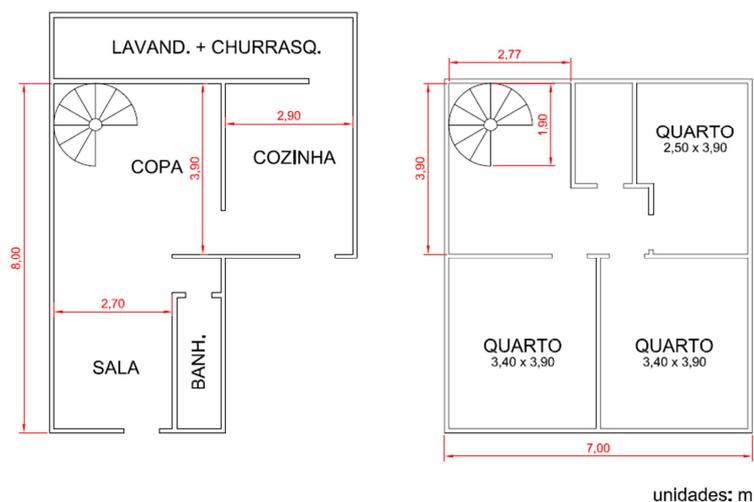


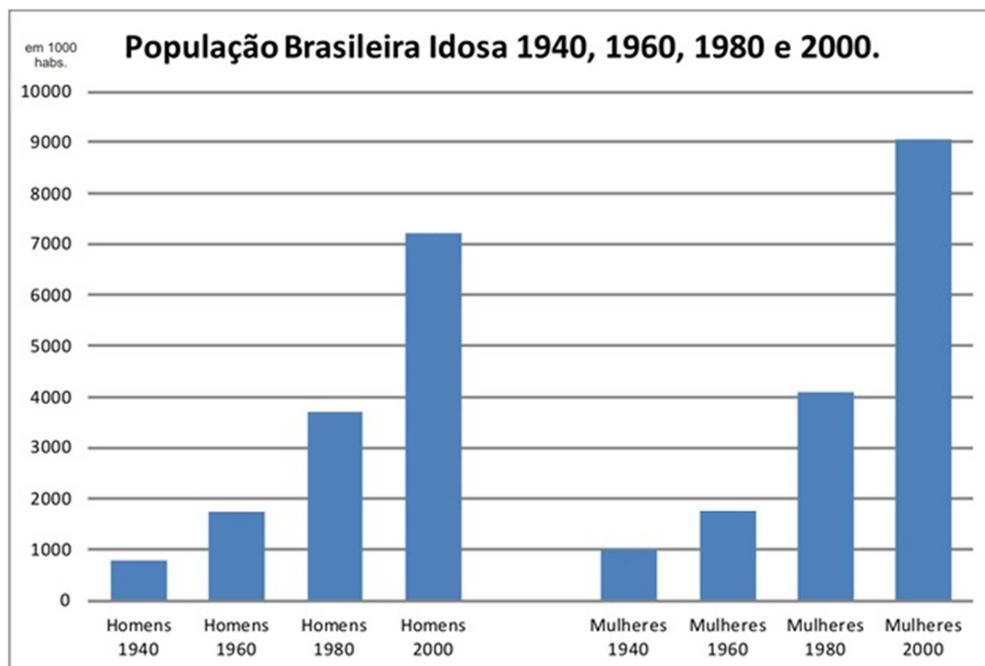
Figura 25. Planta baixa do sobrado típico.

Ainda como informação relevante, o sobrado típico possui laje com altura de 2,40m e espessura de 120 mm.

2.2.6 CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS

A representatividade dos grupos etários no total da população em 2010 é menor que a observada em 2000 para todas as faixas com idade até 25 anos, ao passo que os demais grupos etários aumentaram suas participações na última década. O grupo de crianças de zero a quatro anos do sexo masculino, por exemplo, representava 5,7% da população total em 1991, enquanto o feminino representava 5,5%. Em 2000, estes percentuais caíram para 4,9% e 4,7%, chegando a 3,7% e 3,6% em 2010. Simultaneamente, o alargamento do topo da pirâmide etária pode ser observado pelo crescimento da participação relativa da população com 65 anos ou mais, que era de 4,8% em 1991, passando a 5,9% em 2000 e chegando a 7,4% em 2010 (IBGE, 2010). A evolução da população idosa está representada na Figura 26.

Os grupos etários de menores de 20 anos já apresentam uma redução absoluta no seu contingente. O crescimento absoluto da população do Brasil nestes últimos dez anos se deu, principalmente, em função do crescimento da população adulta, com destaque também para o aumento da participação da população idosa (ibidem).



Fonte: IBGE / Censos Demográficos 1940, 1950, 1991 e 2000.

Figura 26. Evolução da população idosa. Fonte: SCIELO (2003)

Verifica-se que grande parte das construções é pertencente ao chamado grupo emergente, ou seja, pessoas que pertenciam a uma determinada classe social e que, devido a vários fatores sociais, subiram de classe social. Este fenômeno tem sido muito perceptível no Brasil, principalmente nos últimos dez anos, sendo até mesmo colocado como um dos fatores importantes que fizeram com que a economia do país continuasse estável mesmo com a crise econômica de 2009.

O dispositivo que pretende-se desenvolver, será direcionado a essa classe social emergente, que compõe residências com rendimento mensal entre três e quinze salários mínimos. A Tabela 2 mostra a representatividade dessa classe na população geral.

Tabela 2. Pessoas, segundo a situação do domicílio e as classes de rendimento nominal mensal – Brasil (IBGE, 2010).

Situação do domicílio e classes de rendimento nominal mensal (salário mínimo)	Total
Total	136 427 211
Até 1/2	4 103 417
Mais de 1/2 a 1	19 106 856
Mais de 1 a 2	18 242 008
Mais de 2 a 3	9 265 686
Mais de 3 a 5	9 899 998
Mais de 5 a 10	9 120 412
Mais de 10 a 15	2 383 207
Mais de 15 a 20	1 465 787
Mais de 20 a 30	942 115
Mais de 30	1 175 694
Sem rendimento	57 532 033

Em 2000, cerca de 24,6 milhões de pessoas se declararam portadoras de alguma deficiência. Este número corresponde a 14,5% da população total. A Tabela 3 demonstra os tipos mais comuns de deficiência na população residente.

Algumas pessoas declararam possuir mais de um tipo de deficiência. Por isto, quando somadas às ocorrências de deficiências, o número é maior do que 24,6 milhões, que representa o número de pessoas, não de ocorrências de deficiência.

Tabela 3. População residente por tipo de deficiência (IBGE, 2010).

Tipo de deficiência	População residente
Mental	2.844.937
Física	1.416.060
Visual	16.644.842
Auditiva	5.735.099
Motora	7.939.784

2.2.6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS EM CURITIBA

A caracterização dos ocupantes de residências na cidade de Curitiba foi obtida por meio de questionários cujos modelos se encontram explicitados no Apêndice A. O primeiro questionário, codificado pela equipe como MR, foi direcionado a moradores em residências com mais de um pavimento. E o segundo questionário, codificado como IMB, foi respondido por corretores imobiliários e pessoas ligadas às construtoras de residências.³

A coleta dos dados dos moradores foi feita nos bairros Cajuru, Bairro Alto e Jardim das Américas, e vinte questionários foram devidamente respondidos. Os questionários direcionados aos profissionais da área habitacional foram distribuídos sem uma região propriamente definida, e oito foram preenchidos.

³ O número total de respostas pode ser superior ao número de entrevistados, haja vista o respondente poder assinalar mais de uma alternativa.

Analisando o questionário MR, pode-se observar a faixa etária das pessoas residentes em sobrados. A maior parte dos moradores encontra-se entre vinte e quarenta anos, o que comprova que, com o passar dos anos, essas pessoas começarão a necessitar cada vez mais de um dispositivo de auxílio para deslocamento vertical. Outra informação relevante é o baixo índice de idosos residentes em sobrados. A distribuição pode ser verificada na Figura 27.

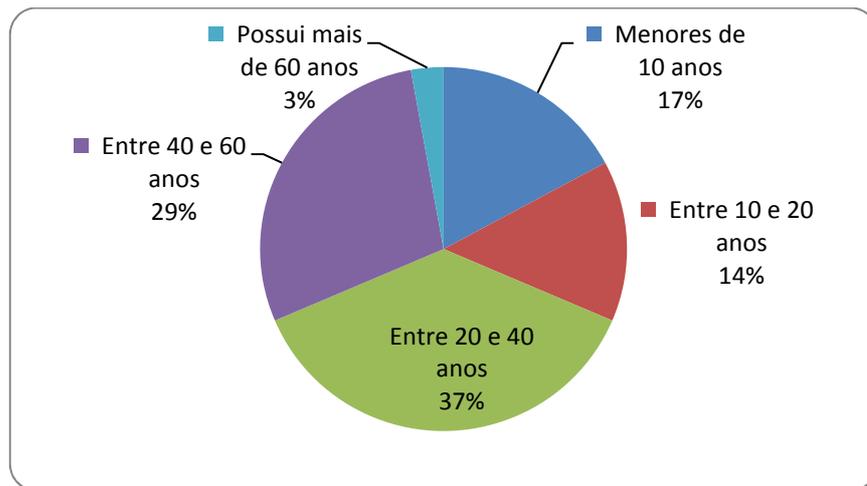


Figura 27. Pessoas residentes em sobrados, por faixa etária.

Somente em uma das vinte residências pesquisadas existia um morador com deficiência motora. Esta residência não possui sistema de elevação, o que, segundo os moradores, reduz bastante o seu conforto e suas possibilidades de deslocamento.

Em relação ao motivo da escolha por um sobrado, verifica-se a redução das dimensões dos terrenos como fator predominante, conforme Figura 28. Esta informação comprova a informação utilizada para caracterização da oportunidade.

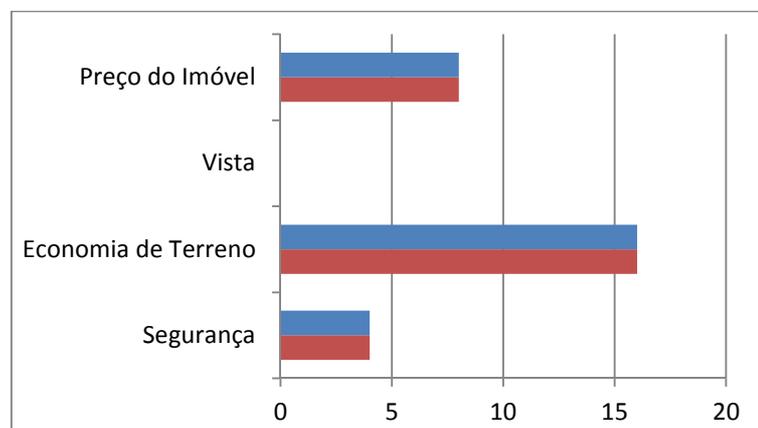


Figura 28. Motivos que determinaram pela escolha de um sobrado como residência.

Quanto às dificuldades relacionadas a deslocamento por escadas em residências com mais de um pavimento, observa-se que o transporte de objetos é o principal problema (Figura 29), seguido pelo cansaço. Nenhum morador reclamou de dores musculares durante esse deslocamento, mas, como citado anteriormente, o número de idosos, pessoas com mais de sessenta anos, encontrados durante a pesquisa foi muito baixo.

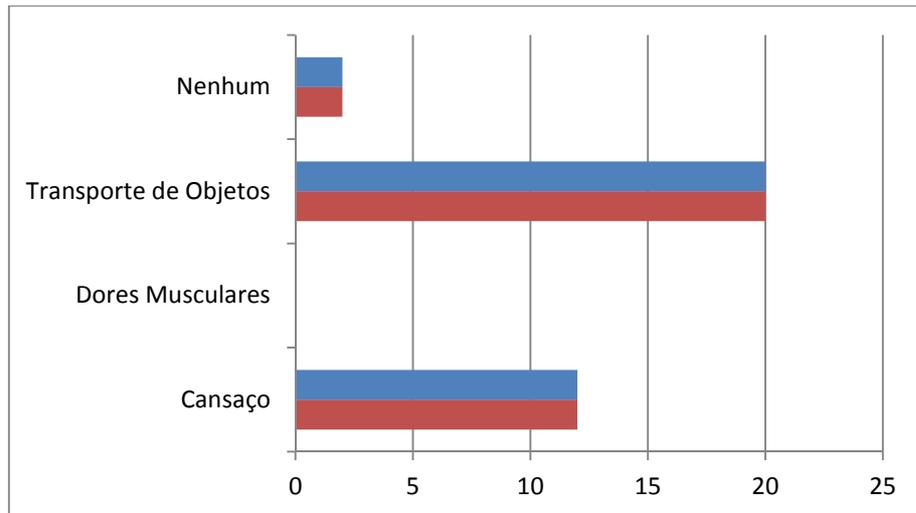


Figura 29. Dificuldades relacionadas ao deslocamento por escada em residências.

Um dos grandes dilemas desse trabalho é descobrir os motivos que fazem com que as pessoas não se interessem por residências com sistema de elevação. Verifica-se que existem outros investimentos que são colocados pelos moradores com prioridade maior, comparando-se a um elevador por exemplo. E os principais motivos apontados na pesquisa (Figura 30) foram a falta de opções, como preparar uma obra para receber o dispositivo de elevação, onde adquirir o dispositivo, e principalmente, o valor do investimento geral, não somente no sistema, mas em toda a obra.

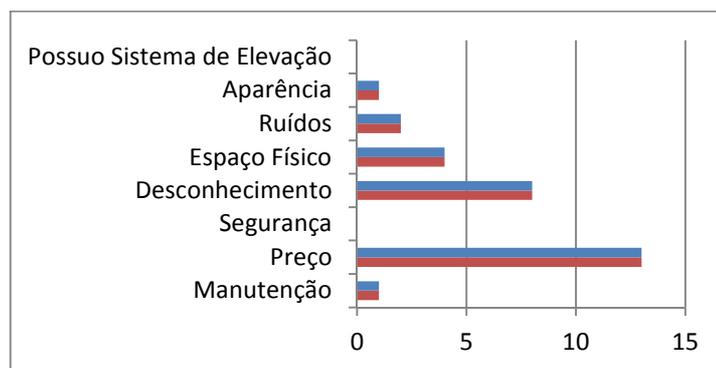


Figura 30. Principais motivos para não possuir um dispositivo de elevação.

Mostrou-se, para os moradores, imagens de modelos de dispositivos de elevação, e solicitou-se que as pessoas marcassem quais os modelos que mais agradam, e que eles gostariam de ter em sua residência. O modelo mais lembrado foi o elevador, conforme pode ser visto na Figura 31.

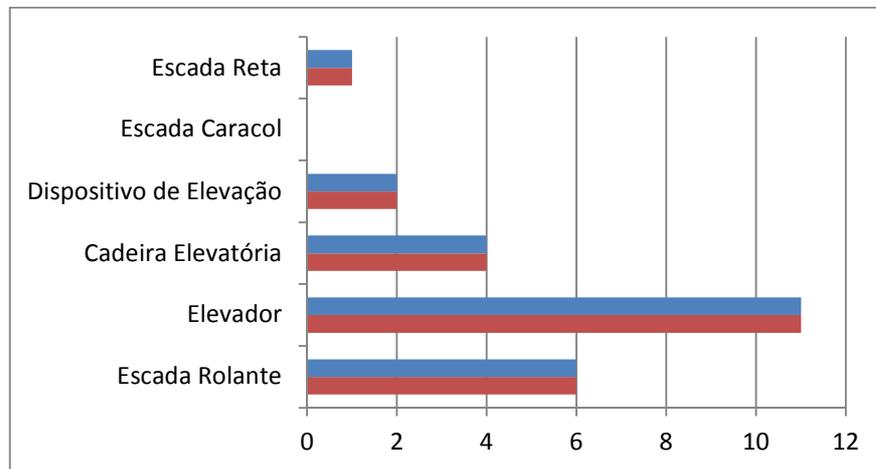


Figura 31. Preferências por modelos de dispositivos de elevação.

Por último, questionou-se aos moradores qual seria um investimento atrativo para a aquisição de um dispositivo de elevação, ou seja, quanto a pessoa estaria disposta a pagar por tal solução. Os dados recolhidos e explicitados na Figura 32 mostram que o valor do dispositivo possui grande importância para a escolha do cliente.

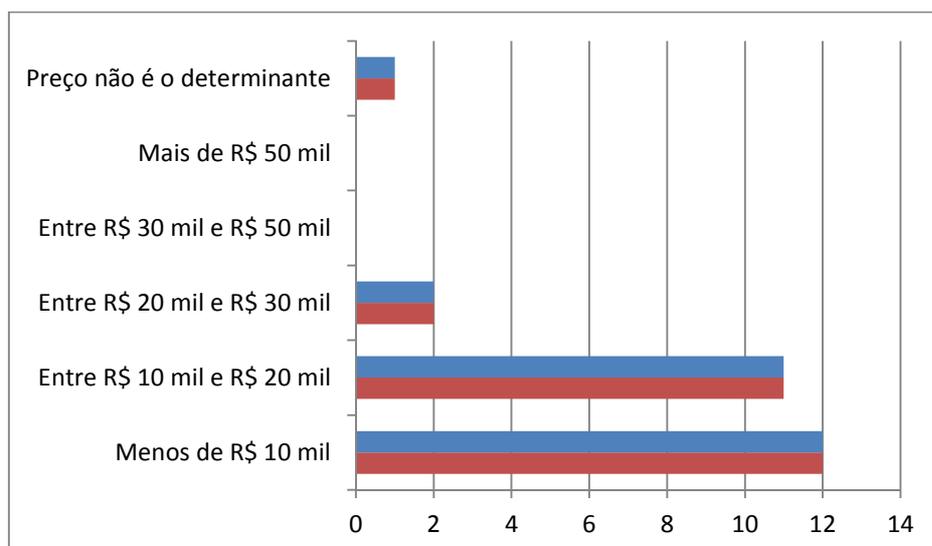


Figura 32. Quanto os moradores estão dispostos a investir em um sistema de elevação.

Foram feitos, também, questionamentos direcionados às imobiliárias e empreiteiras, pois essas empresas estão diretamente ligadas à estrutura residencial

da cidade, tendo, portanto, conhecimento a respeito de tendências do mercado imobiliário.

A primeira pergunta refere-se ao tipo de imóvel que possui o maior volume de vendas. Todas as empresas consultadas informaram que o apartamento é o imóvel mais vendido, conforme Figura 33.

Como o foco do presente trabalho está nos sobrados, perguntou-se quantos imóveis desses foram vendidos nos últimos anos, e nessa questão, pode-se observar um número elevado de sobrados vendidos na cidade. Vale lembrar que foram oito empresas que responderam o questionário.

A segunda questão tem por objetivo determinar quantos dos sobrados vendidos possuem algum tipo de sistema de elevação, e a resposta das empresas entrevistadas comprovou aquilo que havia sido exposto no primeiro capítulo do referido trabalho, Figura 34.

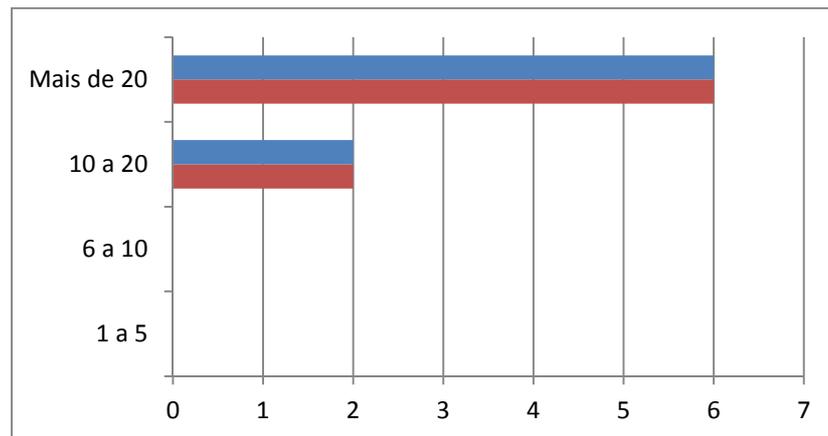


Figura 33. Número de sobrados vendidos no último ano, por cada empresa entrevistada.

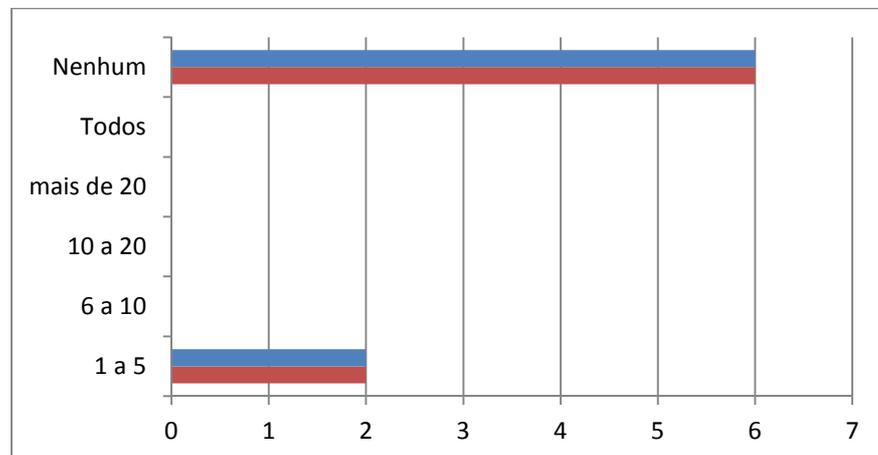


Figura 34. Número de sobrados vendidos que possuem dispositivo de elevação.

Foi questionado também sobre qual a opinião das empresas com relação à valorização sofrida por um imóvel, simplesmente por possuir algum dispositivo de elevação, o resultado pode ser visto na Figura 35.

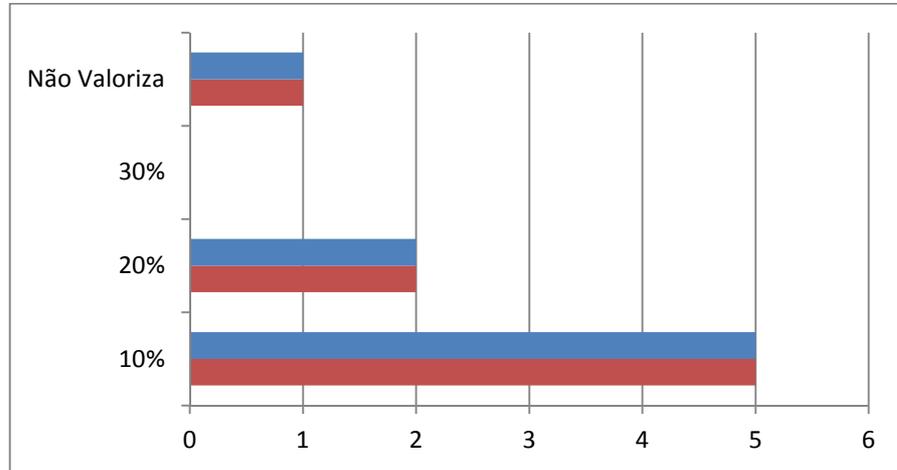


Figura 35. Quanto valoriza um imóvel que possui dispositivo de elevação.

É interessante então questionar as empresas ligadas ao ramo de construção civil para entender quais são os principais desmotivadores que fazem com que a grande maioria das residências não possua nenhum tipo de sistema de elevação. A Figura 36 apresenta as respostas obtidas.

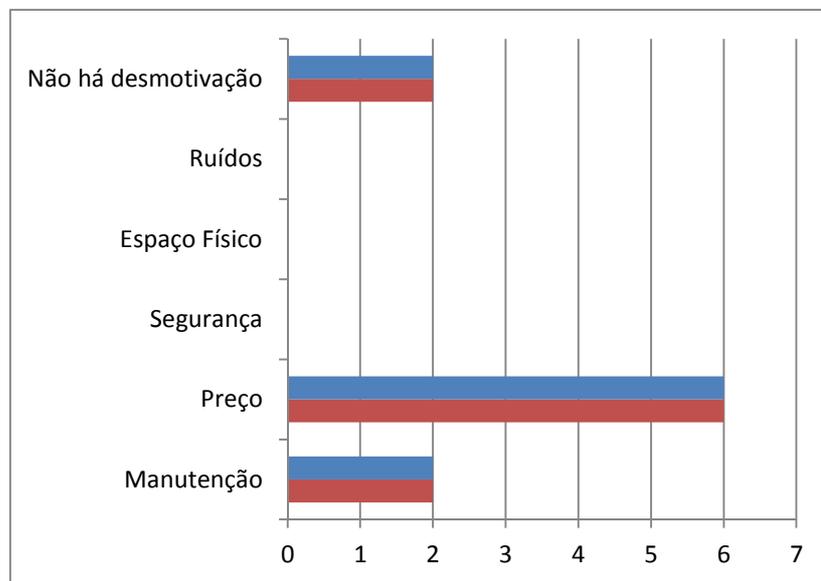


Figura 36. O que desmotiva a aquisição de um imóvel com dispositivo de elevação.

Outro questionamento da equipe foi quanto à procura por imóveis que já possuam elevador ou outro dispositivo. O resultado obtido está na Figura 37.

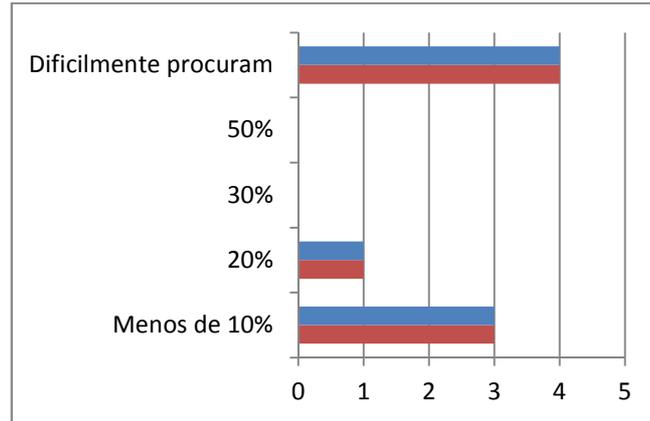


Figura 37. Percentual de clientes que buscam imóveis que possuam dispositivo de elevação

Alguns modelos de dispositivos de elevação, mais comumente encontrados no mercado, foram expostos aos entrevistados, e questionou-se qual o modelo mais adequado para uma residência. As respostas estão colocadas na Figura 38.

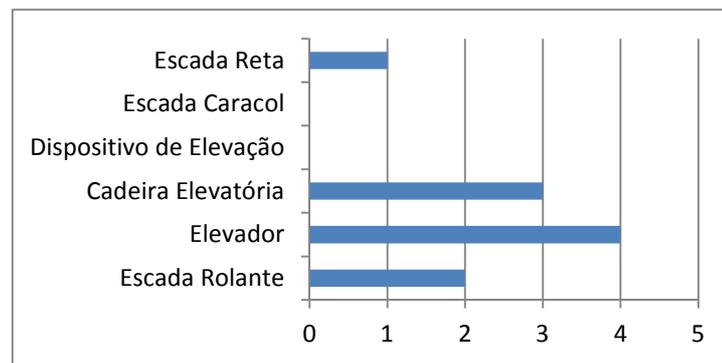


Figura 38. Solução ideal para dispositivo de elevação.

Por último, questionou-se às empresas qual seria um investimento atrativo para a aquisição de um dispositivo de elevação, ou seja, quanto a pessoa estaria disposta a pagar por tal solução. Os dados recolhidos e explicitados na Figura 39 mostram esses valores.

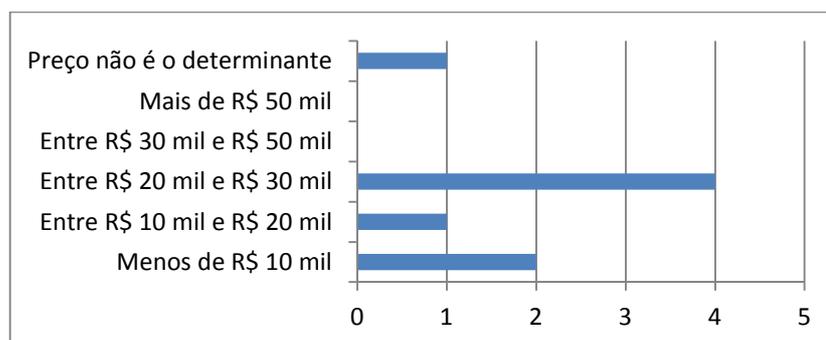


Figura 39. Valor para um dispositivo de elevação, segundo construtoras.

2.2.7 CONCLUSÕES

Foi possível verificar os diferentes aspectos de uma residência unifamiliar, com suas conseqüentes restrições à instalação de um dispositivo de elevação de pessoas. Em alguns casos, não é possível que a construção suporte os esforços do dispositivo, como no caso de construções *Light Steel Framming* e de alvenaria estrutural. Nestes, o dispositivo deve ser auto-portante, ou mesmo não pode ser instalado, devido à impossibilidade de se construir as vias de passagem.

Foram verificadas, também, as medidas pertinentes à construção do sistema, como medidas antropométricas, que determinam as dimensões mínimas do dispositivo para levar uma ou mais pessoas confortavelmente, medidas comuns de cômodos, que limitam as dimensões externas do aparelho, assim como o *layout* típico, que influencia no local onde seria instalado um elevador.

Por último, foi caracterizado o perfil do potencial usuário do sistema de elevação. Por esta, pode-se confirmar o aumento da procura por residências de mais de um pavimento, como também pode-se esclarecer os motivos pelos quais sistemas de elevação não são comumente encontrados. Confirmou-se o custo como o principal fator impeditivo, como fora previsto anteriormente, seguido do desconhecimento e do espaço físico.

2.3 BENCHMARKING

A concepção de um novo produto requer o conhecimento prévio dos produtos já disponibilizados pelo mercado. Neste caso específico, todas as soluções existentes atualmente para o problema específico de se deslocar pessoas verticalmente em uma residência unifamiliar de dois ou mais andares.

2.3.1 FORNECEDORES E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

No Brasil, as seguintes empresas são as principais fornecedoras de produtos de elevação de pessoas em residências:

- a. ThyssenKrupp Elevadores (THYSSENKRUPP, 2012)
 1. Elevadores de cabina;
 2. Cadeiras elevatórias – escadas retas ou com curvas;

3. Plataformas para cadeira de rodas – vertical ou sobre escada;
- b. Daiken Elevadores (DAIKEN, 2012)
 1. Elevadores de cabina;
 2. Plataformas para cadeira de rodas – vertical ou sobre escada;
- c. Surimex Stairlift (SURIMEX, 2012)
 1. Cadeiras elevatórias;
- d. Homelift Elevadores (HOMELIFT, 2012)
 1. Elevadores de cabina;
 2. Plataformas verticais;
- e. Montele Elevadores (MONTELE, 2012)
 1. Elevadores de cabina;
 2. Plataformas verticais;
- f. Mont'Anna Elevadores (MONTANNA, 2012)
 1. Elevadores de cabina;
 2. Plataformas verticais;
- g. Vertline Elevadores (VERTLINE, 2012)
 1. Plataformas verticais;
- h. Kohl Elevadores e Sistemas (Minilift Elevadores) (KOHL, 2012)
 1. Elevadores de cabina;
 2. Plataformas verticais;
- i. AGS Elevadores (AGS, 2012)
 1. Plataformas verticais;
- j. IEE Engenharia (Minivator) (IEE, 2012)
 1. Elevadores de cabina;
- k. Dinâmica Máquinas (DINÂMICA, 2012)
 1. Plataformas verticais.

Para se executar o comparativo entre os produtos, foi necessário determinar quais características devem ser levadas em consideração. Tais parâmetros determinaram alguns dos requisitos que o produto a ser desenvolvido deve atingir ou, eventualmente, superar. Para o contexto da elevação de pessoas em residências, os seguintes parâmetros se mostram relevantes:

- a. Capacidades;
 1. Número de pessoas;

2. Peso máximo;
3. Percurso máximo;
- b. Velocidade de subida;
- c. Dimensões externas;
- d. Forma de estruturação;
 1. Auto-portante;
 2. Sobre parede;
- e. Requer construção / reforma;
- f. Princípio de condução e tração;
- g. Dispositivos de segurança;
- h. Acabamento;
- i. Acessórios;
- j. Preço.

Os dados a respeito dos produtos foram obtidos a partir de levantamento de campo e por solicitações de orçamentos. Na Tabela 4, foi realizado o levantamento dos elevadores de cabina junto aos fornecedores, e os dados entregues por estes foram então categorizados de acordo com os parâmetros estabelecidos neste trabalho. Alguns dos fabricantes não forneceram dados suficientes, assim, alguns campos estão em branco. Na última linha, tomou-se uma média aproximada dos parâmetros numéricos e uma verificação de maiores frequências de ocorrência dos parâmetros descritivos. Os produtos de mesma família foram separados por marcas. Diferentes modelos de uma mesma marca e família estão separados por “/” (barra). O mesmo foi realizado para as cadeiras elevatórias (Tabela 5), plataformas verticais (Tabela 6), e plataformas sobre escadas (Tabela 7).

Os parâmetros médios obtidos em cada uma das tabelas anteriores são confrontados na Tabela 8, com o objetivo de se comparar as famílias de produtos em relação aos parâmetros de desempenho adotados.

Tabela 4. Comparativo entre produtos - cabinas

Marca	Capacidade	Velocidade (m/s)	Dimensões externas (lg x pf x al)	Percurso máximo (m)	Estruturação	Necessidade de obra civil	Tração	Energia	Segurança	Acabamento	Acessórios	Preço (R\$)
ThyssenKrupp	Três pessoas		1,49m x 1,51m x 3,5m+perc.	12	Sobre caixa de corrida construída ⁴	Caixa de corrida com poço 0,5m	Sistema de engrenagem; Suspensão por cabos de aço	220V +-10%, monofásico ou bifásico; 2,2kW	No-break; Alarme; Luz de emergência Sleeping; Telefone	Aço Inox espelhado; Moldura em madeira	Ventilador; Espelho; Cabina Panorâmica	
Daiken	Três pessoas 225kgf	0,35	1,4m x 1,6m x 2,9m+perc.	11 (máx. 4 paradas)	Caixa de corrida construída; Vigas de concreto 0,4m a cada 1,5m; Sem casa de máquinas	Caixa de corrida com poço 0,5m;	Sistema hidráulico ação indireta com correntes	220V trifásico 3,5kW	Limitador de velocidade; Fechos eletromecânicos; Descida de emergência	Pintura eletrostática branca; Aço inox escovado (opcional)	Ventilador; Barreira infravermelha;	60000,00 a 65000,00
Homelift	Três pessoas 225kgf	2,4	1,3m x 1,6m x 2,8m+perc.		Sem poço e sem casa de máquinas	Rebaixo 0,2m	Motor Redutor	220V bifásico ou trifásico	Barreira infravermelha			41000,00 a 47000,00
Montele	Três pessoas 225kgf	0,35	1,5m x 1,75m x 2,9m+1,5m (cs. maq.)+perc	12 (5paradas)	Caixa de corrida de estrutura metálica	Aberturas para portas; poço 1m	Eletromecânica; Suspensão por cabos, com contrapeso		Barreira infravermelha; Alarme; Luz de emergência; Interfone	Aço inox ou pintura eletrostática branca	Telefone Caixa e cabina panorâmica; Espelho; Piso em granito	

⁴ Caixa de corrida: Construção vertical, em forma de torre, dentro da qual, a cabina do elevador se movimenta. Em geral, construída em alvenaria, mas também podendo ser construída em estrutura metálica.

Montana					Em caixa de corrida construída, ou estrutura metálica com paredes em vidro		Hidráulica		No-break		Ventilador; Espelho;	
Minilift	Duas pessoas 150kgf	0,13	0,9m x 0,9m x 2,4m+perc	12 (4paradas)	Trilho vertical engastado à parede	Furações para fixação do trilho; Abertura de alçapão nos pisos superiores	Suspensão por cabos de aço	110 ou 220V, monofásico ou trifásico 600W	No-Break; Garras de freio reservas; Telefone; Bloqueio devido à porta não fechada; Sensores de obstrução de passagem	Frente panorâmica; Lateral semi-panorâmica; Pintura eletrostática	Ventilador	
Minivator	200kgf	0,13	0,97m x 1,42m x 2,4m+perc.	3,6m (2paradas); Opcional 9m e/ou 3 paradas	Trilho Vertical engastado à parede	Furações para fixação do trilho; Abertura de alçapão nos pisos superiores	Suspensão por cabos de aço, sem contra-peso	220 ou 380V trifásico (opcional 220V bifásico) 750W	Travamento automático da porta; Freios de emergência; 2 cabos para 2500Kgf cada; Sensores de obstrução de passagem; Cabina com ventilação natural			
Media	200kgf	0,4	1,5m x 1,5m x 2,5m +percurso	10m	Caixa de corrida construída	Construção da caixa de corrida x Furações para fixação do trilho	Suspensão por cabos de aço	220V mono, bi ou trifásico	Bloqueio infravermelho; Luz de emergência; Sensor de obstrução de passagem	Pintura eletrostática; aço inox escovado	Ventilador; Espelho; telefone; Cabina panorâmica	53250,00

Tabela 5. Comparativo entre produtos - cadeiras

Marca	Capacidade	Velocidade (m/s)	Dimensões externas (lg x pf x al)	Percurso máximo (m)	Estruturação	Necessidade de obra civil	Tração	Energia	Segurança	Acabamento	Acessórios	Preço
ThyssenKrupp	138kgf / 125kgf	0,1 / 0,15	0,64m x 0,68m x 0,96m / 0,8m x 0,75m(0,34m recolhido) x 0,95m	7,5 linear Ângulo máx: 28° a 45° (escada reta) / Âng. max. 70° (escada curva)	Trilho engastado à escada	Furações	Pinhão e cremalheira	110 ou 220V 368W	Cinto de segurança; Sensores de obstrução de passagem;		Controle remoto de chamada e envio; Controle de giro do assento	22000 (esc. Reta)
Surimex			0,62m x 0,66m (0,35m dobrada)x 1,1m									24000 (esc. Reta) 49000 a 53000 (esc. Curva)
Media	130kgf	0,12	0,63m x 0,67m (0,4m dobrada) x 1m	7,5m linear Ângulo máximo 45 / 70°	Trilho preso à parede da escada	furações	Pinhão e Cremalheira	110 / 220V	Sensor de obstrução de passagem		Controle remoto ; giro do assento	37000

Tabela 6. Comparativo entre produtos - plataformas verticais

Marca	Capacidade	Velocidade (m/s)	Dimensões externas (lg x pf x al)	Percurso máximo (m)	Estruturação	Necessidade de obra civil	Tração	Energia	Segurança	Acabamento	Acessórios	Preço
ThyssenKrupp	duas pessoas (cad. + acomp.) 250kgf	0,1	1,34m x 1,55m x 2,2m+perc.	4	Sobre caixa de corrida construída ou caixa metálica independente	Caixa de corrida (opcional); Aberturas para portas; Poço 0,1m	Hidráulica oleodinâmica	220V +-10%, monofásico ou bifásico; 2,2kW		Caixa envidraçada; Chapa cinza texturizada;		40000 a 45000
Daiken	325kgf	0,042 / 0,1	1,62m x 1,45m x 3,2m / 1,52m x 1,56m x 2,6m+perc.	2 / 4	Caixa de enclausuramento metálica	Furações na parede; Poço 0,07m; Reforços para chumbamento / Aberturas para portas; vigas de concreto no piso; poço 0,15m	Fuso / Hidráulico	220V monofásico 750W / 220V trifásico 2,2kW	Interfone;		Joystick; Rampa; Enclausuramento auto-portante	
Montele	1 cad. ou 2 pessoas 275kgf / 1 cad. +1 acomp. ou 2 pessoas 340kgf	0,1	1,4m x 1,5m x 1,1m+perc. / 1,6m x 1,5m x 2,3m+perc.	2 / 4	Estrutura metálica / Caixa de enclausuramento		Fuso	220V ou 380V trifásico	No-Break e motor auxiliar para descida	Pintura eletrostática; aço inox (opcional)		26560,0 Somente equipamento e instalação

Montana				2 / 4	Estrutura auto-portante		Hidráulica ou elétrica		Travamento automático da porta			
Vertline			1,50m x 1,55m x 2m+perc.	4	Caixa de corrida construída	Caixa de corrida; poço 0,1m			Resgate; Braço de travamento da cabina; Fechamento da porta por mola hidráulica		Iluminação por presença; Resgate automático; Barreira infravermelha	
AGS									Botão de parada de emergência; Travamento automático da porta; Piso antiderrapante	Aço inox escovado		
Dinâmica			1,50m x 1,50m									30000 Unitário (FOB)
Média	300kgf	0,08	1,55m x 1,55m x 2,5m+perc.	2 ou 4m	Caixa metálica independente	Aberturas para portas; Poço 0,1m;	Hidráulica ou elétrica	220V trifásico; 2,2kW	Parada de emergência; trava automática da porta	Pintura; aço inox escovado; vidro panorâmico		32196

Tabela 7. Comparativo entre produtos - Plataformas sobre escadas

Marca	Capacidade	Velocidade (m/s)	Dimensões externas (lg x pf x al)	Percurso máximo	Estruturação	Necessidade de obra civil	Tração	Energia	Segurança	Acabamento	Acessórios	Preço
ThyssenKrupp	225kgf / 250kgf	0,067 / 0,1		13m linear (esc. Reta) / 20m linear (esc. curva)	Trilho engastado à parede	Furações		220V +-10%, monofásico ou bifásico, no piso superior			Plataforma Basculante	50000
Daiken	300kgf	0,1	1m x 0,29m (dobrada) x 1m	15m linear Ang. máx 47° (escada reta)	Trilhos engastados à parede, ou auto-portantes	Furações		0,5kW; Bateria; Carregador 230V monofásico		Pintura eletrostática	Plataforma dobrável; Rampa de acesso	60000
Surimex												85000 a 90000
Média	260kgf	0,09	1m x 0,29 x 1m	16m linear Ang. Máx. 47°	Trilhos engastados	Furações		0,5 kW; 220V monofásico		Pintura eletrostática	Plataforma dobrável ou basculante	71250

Tabela 8. Comparativo entre famílias de produtos.

Família	Capacidade média	Velocidade (m/s)	Dimensões externas (lg x pf x al)	Percurso máximo	Estruturação	Necessidade de obra civil	Tração	Energia	Segurança	Acabamento	Acessórios	Preço
Cabinas	200kgf	0,4	1,5m x 1,5m x 2,5m +percurso	10m	Caixa de corrida construída	Construção da caixa de corrida x Furações para fixação do trilho	Puxamento	220V mono, bi ou trifásico	Bloqueio infravermelho; Luz de emergência; Sensor de obstrução de passagem	Pintura eletrostática; aço inox escovado	Ventilador; Espelho; telefone; Cabina panorâmica	53250
Cadeiras	130kgf	0,12	0,63m x 0,67m (0,4m dobrada) x 1m	7,5m linear Ângulo máximo 45 / 70°	Trilho preso à parede da escada	furações	Pinhão e Cremalheira	110 / 220V	Sensor de obstrução de passagem		Controle remoto ; giro do assento	37000
Plataformas verticais	300kgf	0,08	1,55m x 1,55m x 2,5m+perc.	2 ou 4m	Caixa metálica independente	Aberturas para portas; Poço 0,1m;	Hidráulica ou elétrica	220V trifásico; 2,2kW	Parada de emergência; trava automática da porta	Pintura; aço inox escovado; vidro panorâmico		32196
Plataformas sobre escadas	260kgf	0,09	1m x 0,29 x 1m	16m linear Ang. Máx. 47°	Trilhos engastados	Furações		0,5 kW; 220V monofásico		Pintura eletrostática	Plataforma dobrável ou basculante	71250

2.3.2 RESULTADOS E ANÁLISE CRÍTICA

Dos produtos averiguados, pode-se observar que o elevador de cabina é o mais dispendioso em espaço físico e necessidade de reforma. Mas, simultaneamente, é o que provê o melhor serviço, com percurso de até 10 m verticais, velocidade de 0,4 m/s e espaço suficiente para acomodação de cadeirante. A plataforma elevatória vertical apresentou, inesperadamente, maior capacidade de carga. Foram pesquisadas empresas que prestam serviço também para ambientes comerciais, enquanto que somente elevadores de cabina específicos para residências foram analisados. Provavelmente, por isso, a plataforma superou a cabina em capacidade. Em compensação, a plataforma vertical apresentou o menor desempenho em velocidade, limitado em 0,08 m/s. As cadeiras elevatórias e plataformas para escadas, por outro lado, se mostraram as mais econômicas em relação a espaço físico e necessidade de intervenções na residência, porém, com desempenhos de velocidade, percurso e capacidade de carga mais limitados, carregando apenas uma pessoa, em percursos em até 45°.

Em relação aos preços, as plataformas sobre escadas foram os itens de maior custo verificado. Isto ocorre pois os aparelhos vendidos são importados, visto não haver fabricação nacional deste produto. As cadeiras elevatórias para escadas retas e as plataformas verticais se mostraram os mais econômicos em termos de preço unitário, enquanto os elevadores de cabina e as cadeiras para escadas curvas apresentaram preço mediano.

2.3.3 CONCLUSÕES

O *benchmarking* tem com principal intuito conhecer o que já existe de soluções disponíveis para o problema específico a ser resolvido por este trabalho. Pode-se averiguar a quantidade de fornecedores existentes no mercado e seus respectivos produtos, além das principais características destes.

Desta forma, tomou-se o conhecimento dos principais princípios de solução dados pelo mercado, e se necessário, o produto desenvolvido neste trabalho poderá utilizar uma diferente concepção, sempre com o objetivo de atingir, ou se possível, superar, os produtos já disponíveis em relação aos seus parâmetros de desempenho.

3 PROJETO INFORMACIONAL

Segundo Forcellini (2002), “o esclarecimento da tarefa consiste na análise detalhada do problema de projeto, buscando-se todas as informações necessárias ao pleno entendimento do problema”. Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de algumas etapas de projeto descritas neste capítulo.

3.1 LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DO CLIENTE

Compreender as reais necessidades e desejos do cliente é fundamental para o bom desenvolvimento de um produto. Segundo Cheng e Melo Filho (2007), objetivo nesta fase de projeto é, a partir do ponto de vista do cliente, produzir uma lista de necessidades que seja a mais ampla possível.

A seguir estão listadas algumas das formas mais comuns de obtenção das necessidades do cliente:

- a) entrevistas: podem ser realizadas individualmente ou em grupo, de curta duração (aproximadamente uma hora), buscando obter as verdadeiras necessidades do cliente;
- b) observação direta: esta técnica é embasada na análise do processo atual de realização da tarefa, a qual o novo produto deverá auxiliar;
- c) questionários: deverão ser realizadas perguntas e aplicados a um grupo de usuários.

3.1.1 TÉCNICA PARA OBTENÇÃO DAS INFORMAÇÕES

A equipe escolheu o método de entrevista individual e observação direta para obter uma maior precisão das informações. No Apêndice B pode-se verificar quais foram as perguntas produzidas e um resumo das respostas dos moradores.

A equipe entrevistou três moradores que haviam demonstrado, em conversas anteriores, terem dificuldades no deslocamento entre pavimentos em suas residências.

A observação direta foi feita durante a visitação aos entrevistados, onde a equipe solicitou aos moradores que demonstrassem como fazem o deslocamento entre os pavimentos, as observações foram anotadas e serviram para complementar o quadro das necessidades do cliente.

Feitas as entrevistas com os usuários, concluiu-se que residências de dois pavimentos, já construídas, e sem sistema de elevação, constituem o mercado de maior potencial. Percebeu-se, também, a demanda para que o sistema fosse instalado internamente à residência. A equipe, portanto, adotou esta diretriz para os processos seguintes.

3.1.2 NECESSIDADES DO CLIENTE

Baseado na voz do cliente, pode-se agora tabelar as suas necessidades e desejos. A Tabela 9 elenca as necessidades identificadas nas entrevistas e o respectivo valor do cliente observado. Os valores variam de 1 a 10, onde 1 significa que a necessidade possui importância desprezível, 5 significa pouco importante e 10 significa que a necessidade é de fundamental importância.

Tabela 9. Necessidades do cliente.

Necessidades do Cliente	Valor do Consumidor
Segurança para o usuário	10
Fácil instalação	8
Sem arestas cortantes	9
Operação simples	8
Pouca emissão de ruídos	9
Estabilidade mecânica	8
Baixo custo do equipamento	7
Visual que harmoniza com o ambiente	7
Durabilidade	7
Baixo peso	6
Fácil Limpeza	7

Fácil manutenção	6
Eliminar risco de choque elétrico	8
Poucas adaptações na edificação	9
Fácil acesso	8
Suportar cargas de 300kg ou mais	9

3.2 REQUISITOS DA QUALIDADE

Nota-se que as necessidades dos clientes têm ainda um tom subjetivo. É necessário, neste momento, transformar esses dados em um formato técnico. Para tanto, deve-se observar a Tabela 9 e listar características mensuráveis que representem cada necessidade, e formar, então, os requisitos da qualidade, mostrados no Tabela 10, por exemplo, facilidade de limpeza pode ser relacionada com um pequeno número de componentes visíveis ou cantos de difícil acesso.

Tabela 10. Requisitos da qualidade.

Requisito	Unidade	Tendência
Preço	R\$	↓
Número de cantos vivos	Unidades	↓
Peso total do equipamento	kgf	↓
Capacidade de carga	kgf	↑
Nível de ruído	dB	↓
Dispositivos de emergência	Unidades	↑
Tempo de instalação	Horas	↓
Opções no painel de comando	Unidades	↓
Itens de acabamento residencial	Unidades	↑
Área de entrada e saída	m ²	↑
Obras para adaptação do dispositivo	Unidades	↓

3.3 CASA DA QUALIDADE

Segundo Cheng e Melo Filho (2007) é preciso “transformar as necessidades do cliente em informações do mundo da tecnologia”. O objetivo agora é o de estabelecer relações entre as necessidades do cliente e as características da qualidade.

A Tabela 11 mostra o desenvolvimento da casa da qualidade. O grau de relacionamento entre as características da qualidade e necessidades do cliente pode ser um, para fraco, três para médio e cinco para forte. Os campos em branco significam que não há relação. O valor do consumidor pode variar de zero a dez e representa o grau de importância de cada necessidade para o cliente. Faz-se então uma somatória da multiplicação entre o grau de relacionamento e o valor do cliente, classificando, assim, as características da qualidade.

3.4 ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO

Para prosseguimento do projeto, faz-se necessário a definição de objetivos e metas a serem cumpridas pela equipe de desenvolvimento. Com as informações da casa da qualidade, pode-se classificar, em ordem de importância, os requisitos principais a serem atingidos. A Tabela 12 é definida da seguinte maneira:

- a) Classificação na casa da qualidade: é a posição em que a característica da qualidade foi estabelecida conforme os critérios da casa da qualidade;
- b) Requisito do projeto: são as características da qualidade que nesse momento são interpretadas como requisitos de projeto a serem alcançados;
- c) Objetivos ou metas: são dados definidos pela equipe em reuniões após as entrevistas com os moradores;
- d) Tendência: os objetivos devem seguir uma tendência de alta ou baixa, dependendo do requisito;
- e) Sensor: através destes pode-se medir se os objetivos ou metas estão sendo alcançados.
- f) Saídas indesejáveis: é o que se pretende evitar, atingindo o objetivo ou a meta.

DISPOSITIVO PARA DESLOCAMENTO VERTICAL			CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE										VALOR DO CONSUMIDOR	
			Preço	Nº Cantos Vivos	Peso do Produto	Suporte de Carga	Nível de Ruído	Dispositivos de Emergência	Tempo de Instalação	Opções no Painel de Comando	Itens de Acabamento Residencial	Área de Entrada e Saída		Obras para Adaptação do Dispositivo
Valor	Grau de Relacionamento		MENSURAÇÃO	TENDÊNCIA										
5	Forte		R\$	↓	un.	kgf	kgf	dB	un.	hrs	un.	un.	m ²	un.
3	Médio													
1	Fraco													
Nenhum (Em branco)														
NECESSIDADES DO CLIENTE	NÍVEL 1	NÍVEL 2												
	Segurança	Segurança para o Usuário	5	5	1	3		5		5		3		10
		Sem arestas cortantes	1	5						3				9
		Estabilidade Mecânica	3		5	5			1			1	3	8
		Suportar Cargas de 300kgf ou mais	3		5	5			1				1	9
		Eliminar Risco de Choque Elétrico						3		5				8
	Comodidade	Fácil Instalação	3		3			3	5		3		5	8
		Fácil Manutenção	1					3		5	1	3	3	6
		Fácil Limpeza		3						3	5			7
		Fácil Acesso								1		5		8
		Operação Simples	1					3		5				8
		Poucas Adaptações na Construção	3		3				5		3		5	9
		Pouca Emissão de Ruídos			1		5							9
		Baixo Custo do Equipamento	5		3	3	3	5	1	3	5		3	7
		Visual que Harmoniza com o Ambiente	3					1			5	1		7
		Durabilidade	5		3	1							1	7
Baixo Peso	5		5	5		1	3		1			6		
Somatório: $\sum(\text{grau de relacionamento}) \times (\text{valor do consumidor})$			296	116	227	173	66	188	127	210	195	103	164	
Classificação da Característica da Qualidade			1	9	2	6	11	5	8	3	4	10	7	

Tabela 11. Casa da qualidade para o Produto Dispositivo para Deslocamento Vertical.

Tabela 12. Requisitos do projeto

Classif. Casa Qualid.	Requisito do Projeto	Objetivo ou Meta	Tend.	Sensor	Saídas indesejáveis
1	Preço	R\$ 15.000,00	↓	Consumidor	Rejeição do consumidor
2	Peso do produto	3.000 kgf	↓	Balança	Necessidade de reformas na edificação
3	Opções no painel de comando	cinco opções	↓	Contagem	Complexidade de uso
4	Itens de Acabamento Residencial	Maior Possível	↑	Consumidor	
5	Dispositivos de Emergência	Maior Possível	↑	Simulação de Situações de Emergência	Falha em uma situação de emergência
6	Suporte de Carga	100 kgf	↑	Balança	Falha no dispositivo por excesso de carga
7	Obras para Adaptação do Dispositivo	Menor Possível	↓	Consumidor	Rejeição do Consumidor
8	Tempo de Instalação	48 horas	↓	Cronômetro	Demora na instalação
9	Número de Cantos Vivos	Ausência	-	Contagem	Risco do consumidor se ferir ao utilizar o dispositivo
10	Área de Entrada e Saída	Largura 800mm, Altura 2100mm	↑	Trena	
11	Nível de Ruído	50 dB	↓	Decibelímetro	Desconforto ao morador

4 PROJETO CONCEITUAL

Segundo Forcellini (2002), o projeto conceitual é considerado a etapa mais importante durante o projeto de um produto, pois as decisões tomadas nesta etapa influenciam os resultados das fases seguintes. O projeto conceitual é a etapa que gera, a partir de necessidades detectadas, concepções para o produto que atendam, da melhor maneira possível, estas necessidades, sujeitas às limitações de recursos e restrições de projeto. O modelo de produto obtido ao final desta fase é a concepção do produto, que, representa a solução fundamental que desempenha a função global.

4.1 FUNÇÃO GLOBAL

A função global é função de maior nível do sistema. Ela exprime a relação entre as entradas e as saídas de um sistema, em termos de material, energia e sinal. A Figura 40 exprime a função maior a que o dispositivo deverá desempenhar:

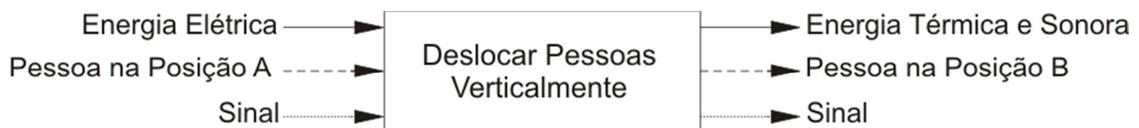


Figura 40. Função Global

4.2 ESTRUTURA FUNCIONAL

Nesta etapa do projeto conceitual, deve-se realizar a decomposição da função global em funções de menor nível, de forma a facilitar a visualização do processo e a concepção do produto. A Figura 41 revela a estrutura funcional, contendo as subfunções, que são derivadas da função global.

De posse das informações explicitadas, a equipe passa para a fase seguinte, que é a geração das concepções. Após a geração das concepções, faz-se uma comparação com os requisitos do cliente, definindo-se assim o produto que será desenvolvido.

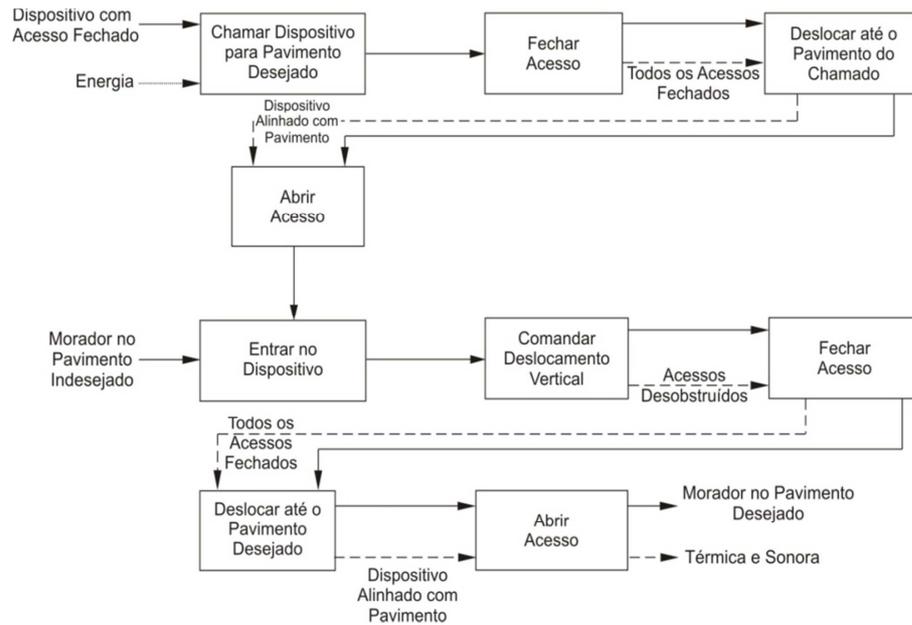


Figura 41. Estrutura funcional do dispositivo para deslocamento vertical.

4.3 MÉTODO PARA GERAÇÃO DAS CONCEPÇÕES

4.3.1 BRAINSTORMING

Segundo Pahl et. al (2005), o processo de *Brainstorming* consiste em uma “chuva de idéias”. Isto significa que, uma vez definida a oportunidade de projeto, busca-se pensar no maior número possível de alternativas para solução do problema apresentado. Este método é bastante útil em situações em que:

- Pretende-se criar uma solução muito diferente do comum;
- Ainda não houver um princípio de solução vislumbrado;
- Não é conhecido o processo físico para a solução do problema;
- As sugestões já conhecidas revelam-se ineficazes.

Apesar do grande número de idéias criadas, em geral o *brainstorming* não chega a criar soluções acabadas. Grande parte das propostas não é viável para execução, ou já são conhecidas pelos especialistas. Portanto, se o processo de *brainstorming* resultou ao menos em duas novas idéias sobre as quais valha a pena prosseguir, ou se conseguiu um esclarecimento da direção a se tomar para buscar a solução, então o processo já foi suficientemente produtivo.

4.3.2 BRAINSTORMING REALIZADO PELA EQUIPE

Baseando-se no que foi apresentado por Pahl et. al.(2005), a equipe adotou este método para buscar alternativas de solução para o problema de se transpor pessoas e objetos entre pavimentos de uma residência unifamiliar. Para isto, a equipe utilizou o seguinte procedimento.

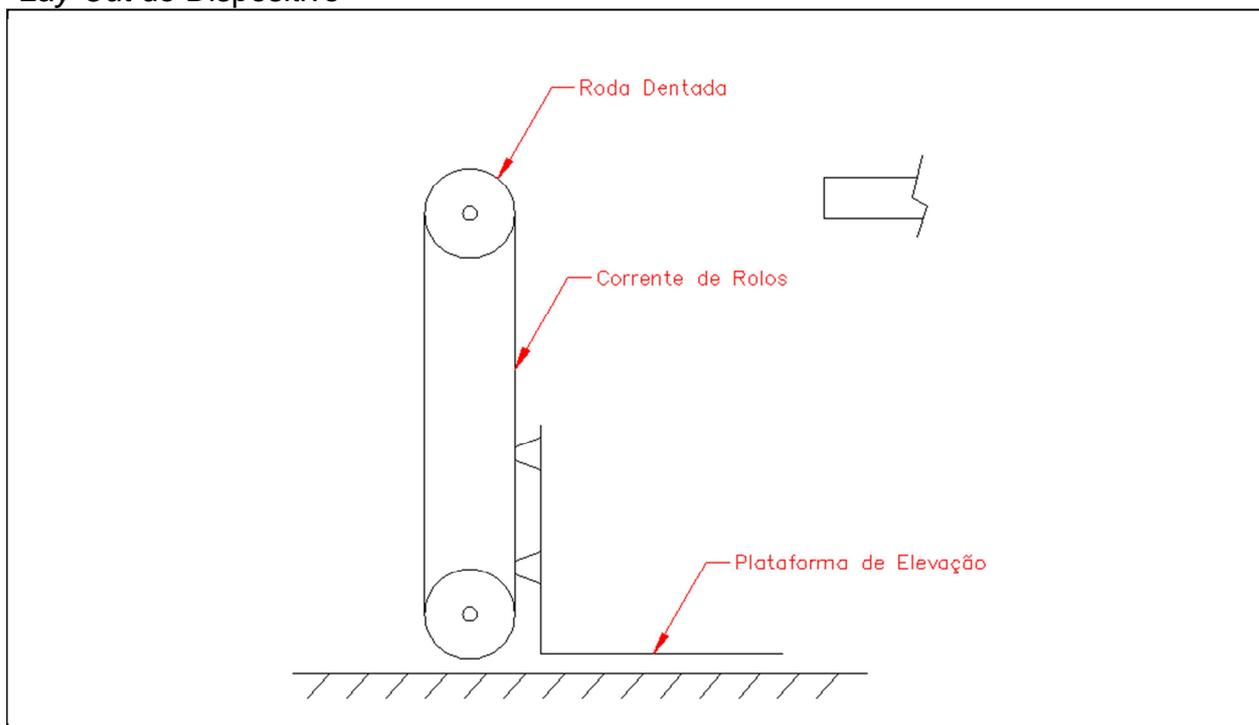
- 1) Os integrantes da equipe de trabalho integraram o grupo de *brainstorming*.
- 2) Foi realizada uma sessão de trinta minutos;
- 3) Um integrante por vez apresentou a sua idéia;
- 4) Cada idéia consistiu em um *layout* mais completo possível de solução;
- 5) A possibilidade física de implementação foi o único critério de avaliação adotado;
- 6) Nenhum julgamento foi tecido a respeito de qualquer das idéias;
- 7) Cada idéia foi desenhada em próprio punho, em uma folha padronizada;
- 8) Posteriormente à sessão, cada idéia foi julgada quanto às suas vantagens e desvantagens. Tais informações foram incluídas na folha padrão.

A folha padrão, utilizada para a exposição das idéias fica denominada como formulário para estruturação de concepções. A Figura 42 mostra como é o formato do formulário e a função de cada um de seus campos. Em seguida, são apresentadas as concepções geradas durante a reunião.

Número da Concepção	Número da Concepção: Lay Out do Dispositivo
Lay Out do Dispositivo	
Descrição	Descrição do Dispositivo
Acionamento	Descrição do Acionamento
Vantagens	Principais Vantagens
Limitações	Limitações Observadas

Figura 42. Formulário para estruturação das concepções.

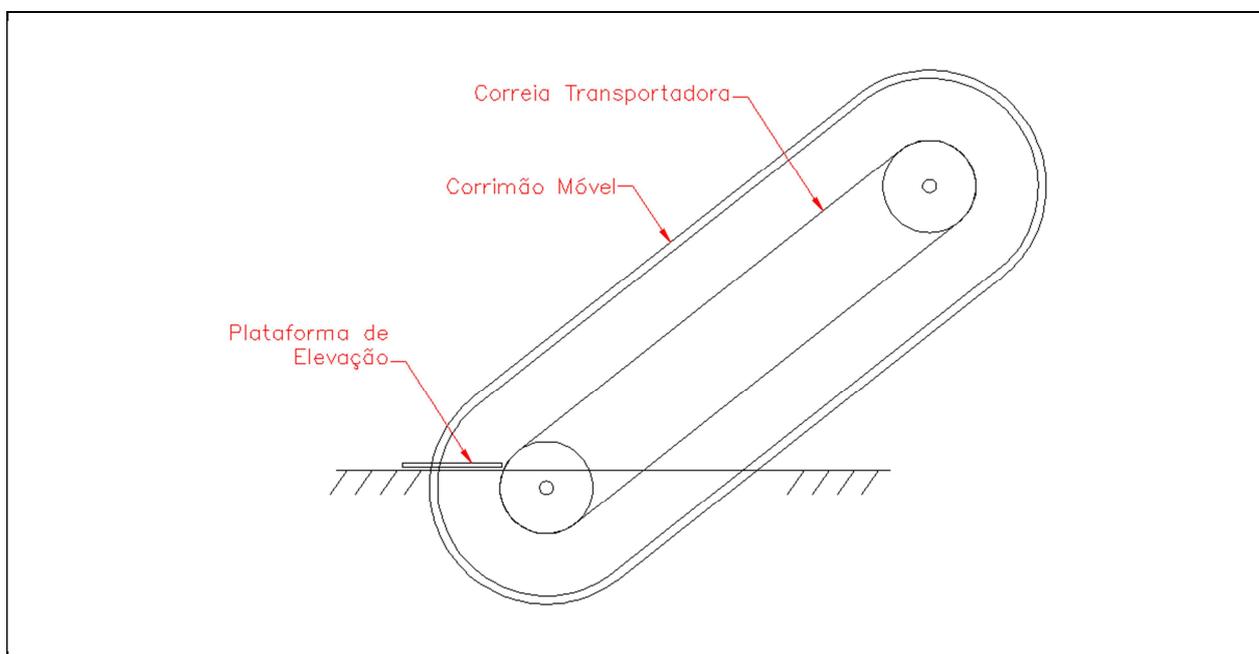
Número da Concepção: CO-001
 Lay Out do Dispositivo



Descrição do Dispositivo	<p>Plataforma acionada por corrente de rolos Princípio semelhante ao elevador de canecas. A plataforma é presa a uma corrente sem fim, de rolos, que é movimentada por duas rodas dentadas.</p>
Descrição do Acionamento	<p>Motor elétrico acoplado à roda dentada que aciona a corrente.</p>
Principais Vantagens	<p>Simple implantação, não necessita de grandes adaptações na Edificação</p>
Limitações Observadas	<p>Segurança, tensão na corrente, ruídos</p>

Número da Concepção: CO-002

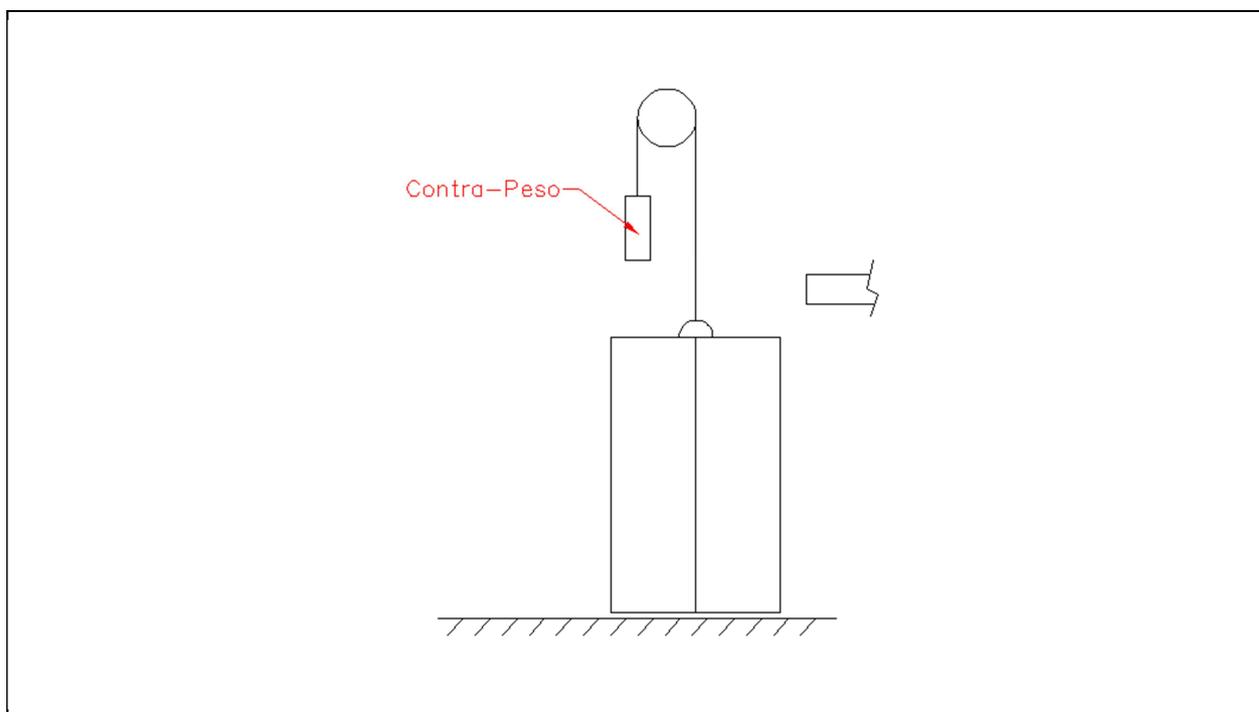
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Plataforma rolante Semelhante à escada rolante, porém, possuindo apenas uma plataforma, com dimensões suficientes para acomodação de cadeirante. A movimentação é revertida para a descida, em contraponto à escada rolante, que tem um funcionamento contínuo.</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Através de motor elétrico conectado à roda de acionamento, que move simultaneamente a correia transportadora e o corrimão</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Valorização do imóvel, aspecto visual</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Difícil implantação, muitas adaptações na edificação, espaço físico, Custo elevado</p>

Número da Concepção: CO-003

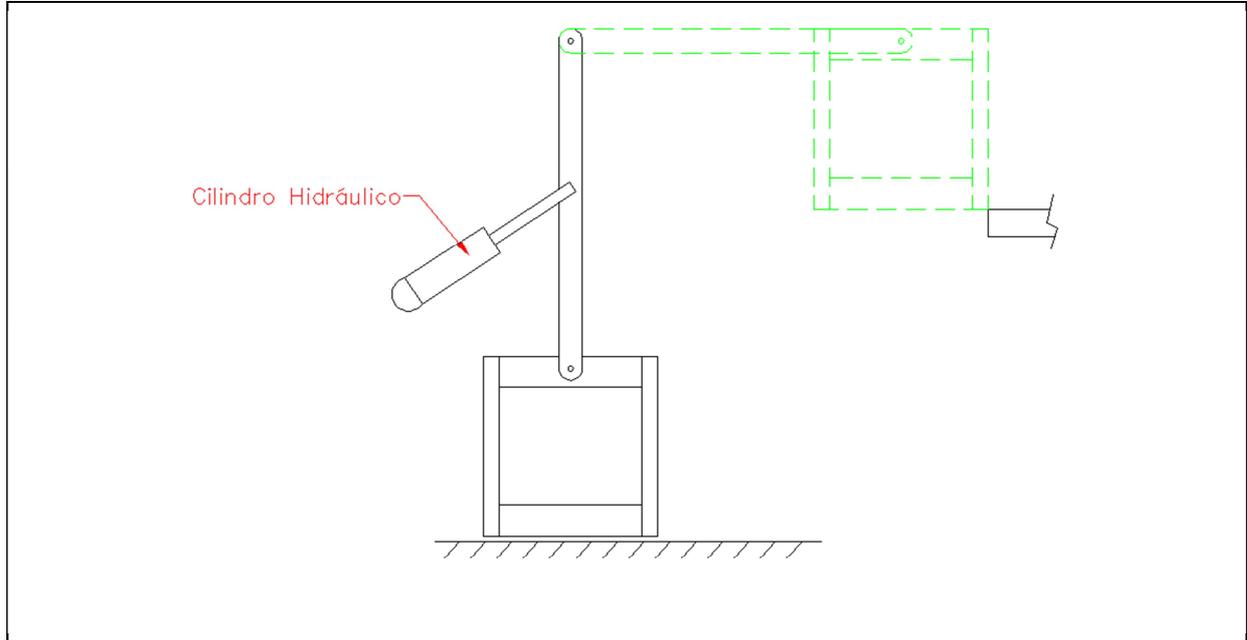
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Elevador Elevador convencional, suspenso por cabos de aço, e possuindo contra-peso para reduzir o carregamento sobre o motor.</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Acionado por motor elétrico conectado ao dispositivo por cabo de aço</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Segurança, facilidade de implantação, aspecto visual</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Produto formado por muitos itens, emissão de ruídos</p>

Número da Concepção: CO-004

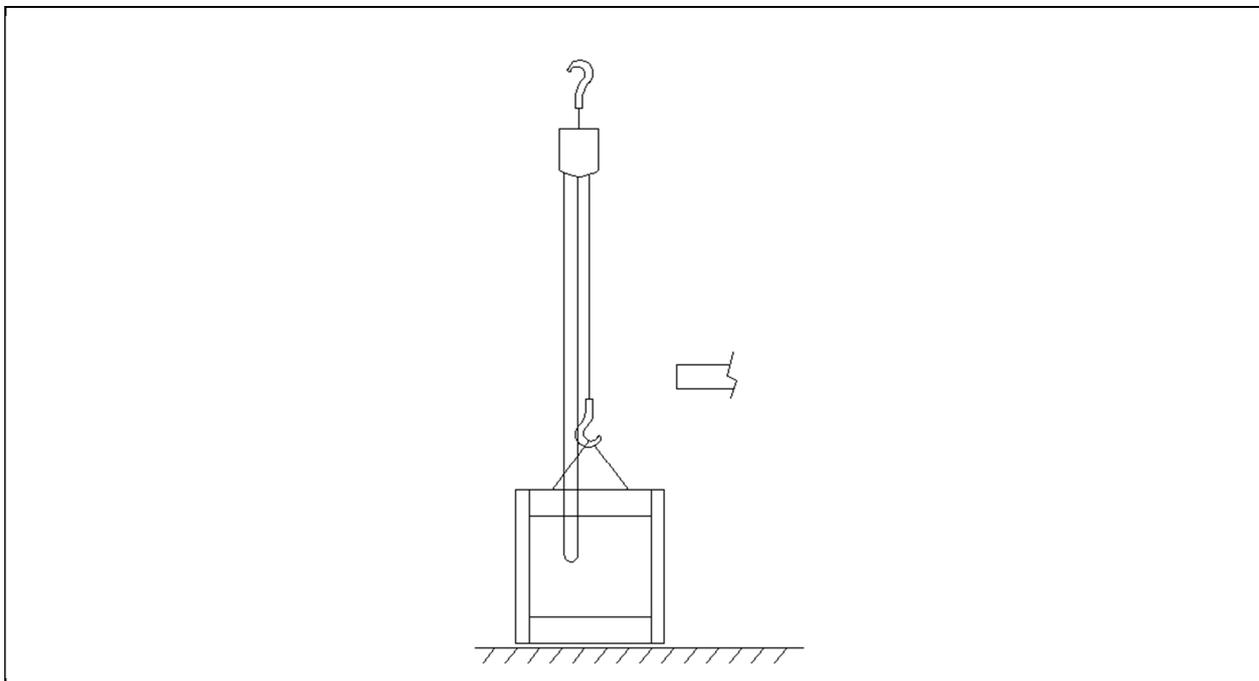
Lay Out do Dispositivo



Descrição do Dispositivo	Gaiola de elevação por braço rotativo
Descrição do Acionamento	Acionado através de um cilindro hidráulico fixado em um braço rotativo
Principais Vantagens	Baixa emissão de ruídos, boa precisão no deslocamento e fim de curso
Limitações Observadas	Ocupa grande espaço físico, necessita de bomba hidráulica

Número da Concepção: CO-005

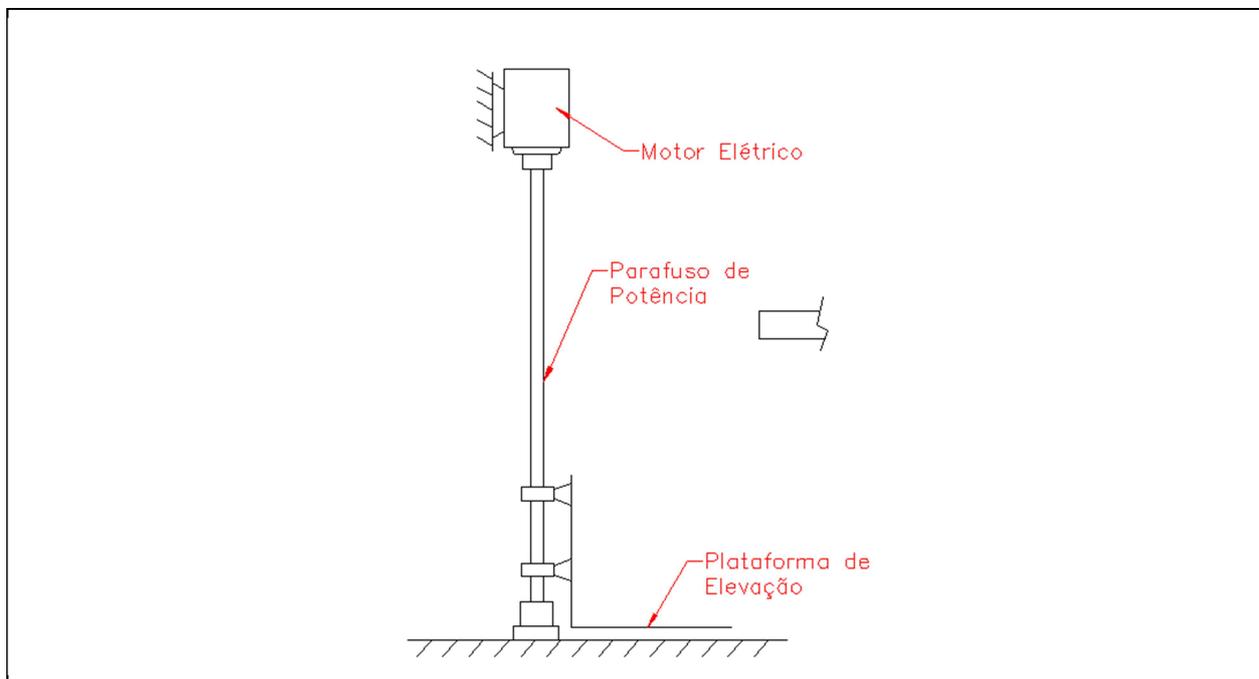
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Gaiola de elevação acionada por talha A plataforma é suspensa e movimentada por uma talha epicicloidal.</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Acionamento manual, através de corrente, ou por um volante que aciona a corrente</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Dispositivo não precisa de energia elétrica para ser acionado</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Esforço físico, dificuldades para enquadramento às normas de segurança</p>

Número da Concepção: CO-006

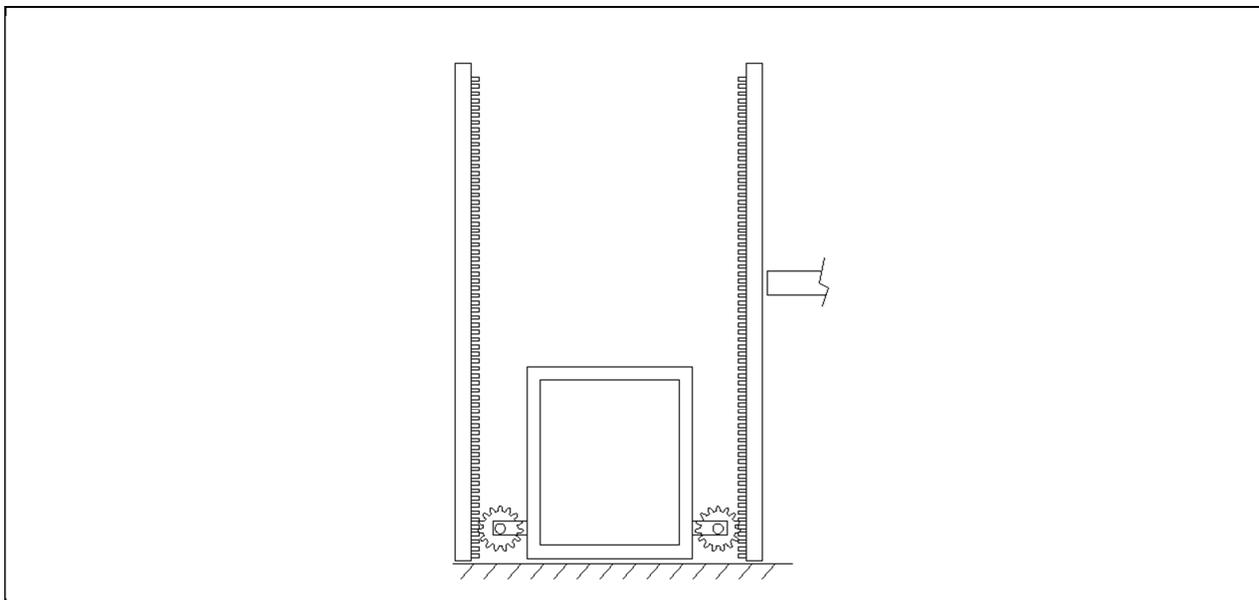
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Plataforma acionada por parafuso de potência</p> <p>A plataforma é acoplada a um parafuso sem fim, que é rotacionado por um motor elétrico, fazendo o conjunto subir ou descer.</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Motor elétrico</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Precisão no deslocamento, segurança, pouca emissão de ruídos</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Manutenção, lubrificação</p>

Número da Concepção: CO-007

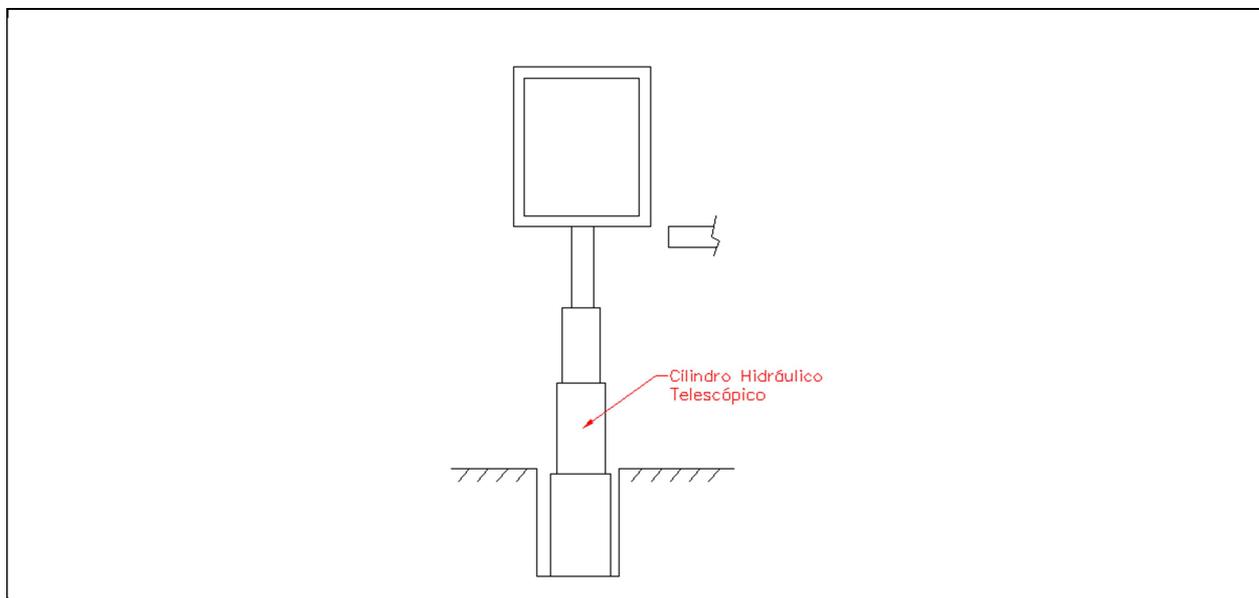
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Ascensão vertical por pinhão-cremalheira O motor se encontra dentro da plataforma, e faz girar duas engrenagens. A rotação destas engrenagens é convertida em movimento vertical pelas cremalheiras</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Acionamento por moto-reductor</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Construção segura, permite a implementação de freio de emergência</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Construção complexa, alto custo</p>

Número da Concepção: CO-008

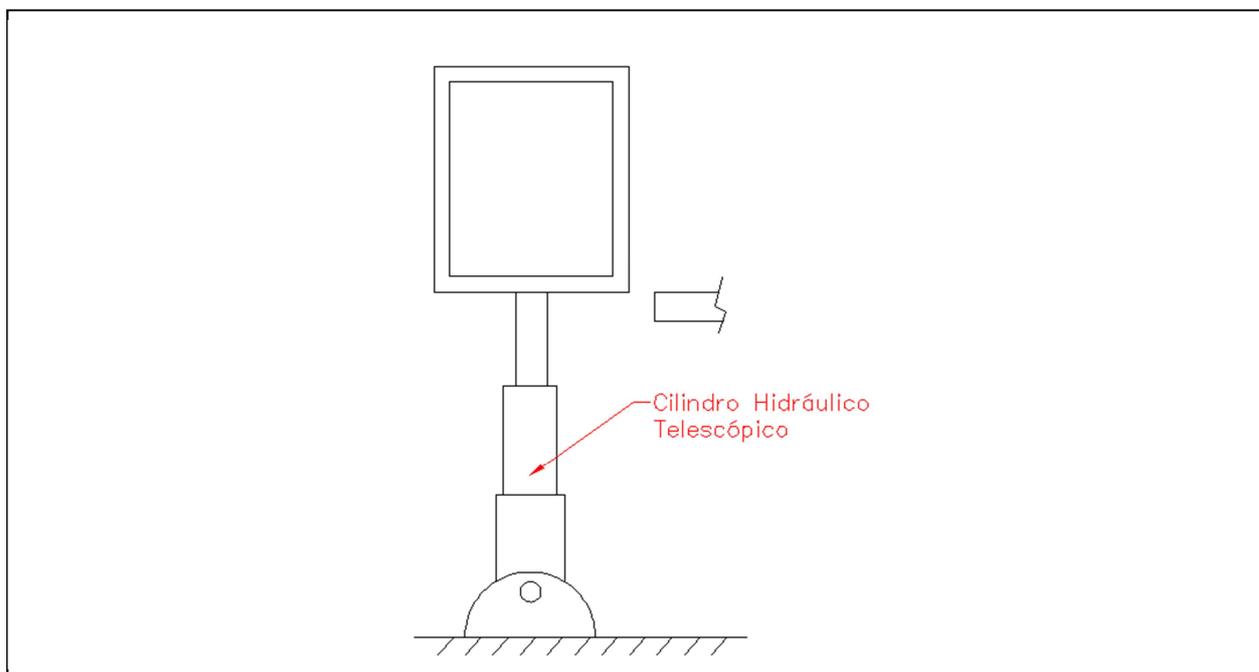
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Elevação por braço telescópico</p> <p>A plataforma é elevada por um cilindro hidráulico com pistão telescópico, ou por um conjunto de longarinas coaxiais, conectadas por cremalheiras.</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Acionamento hidráulico ou por cremalheiras</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Construção compacta e discreta, relativa simplicidade de princípio</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Necessário construir fosso</p>

Número da Concepção: CO-009

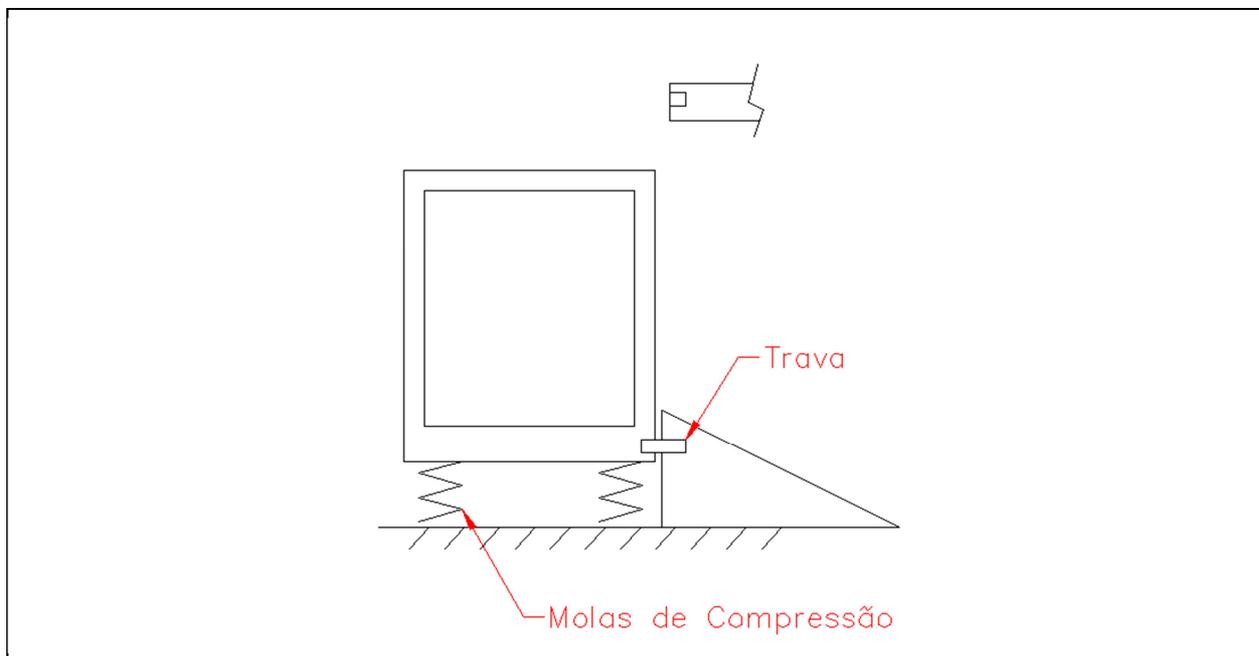
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Braço telescópico mais articulação</p> <p>No piso inferior, o braço telescópico está horizontal. A elevação ocorre pelo giro da articulação seguido pela atuação do sistema hidráulico ou de cremalheiras.</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Moto-reductor para a articulação, hidráulico ou cremalheiras para o braço telescópico</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Pode dispensar a construção do fosso, menor esforço comparado com a articulação pura</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Produto de elevada complexidade</p>

Número da Concepção: CO-010

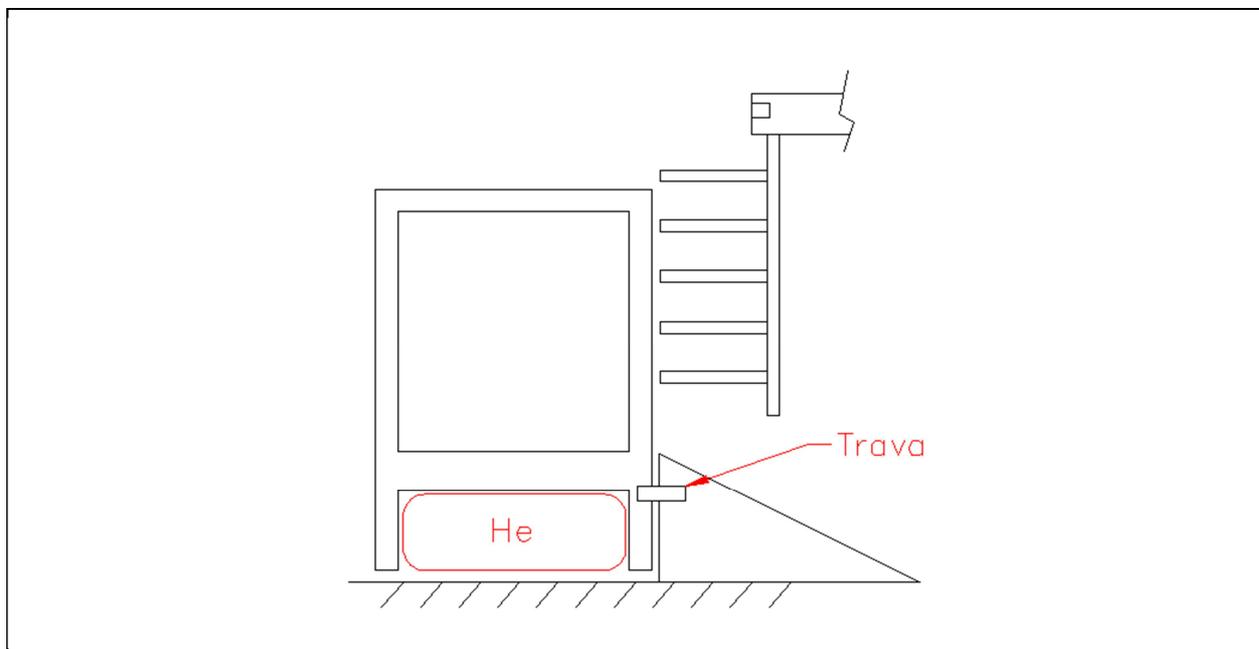
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Elevador por oscilação massa-mola</p> <p>A instalação do sistema é tal que as alturas dos pisos correspondem aos pontos de máximo deslocamento do sistema massa-mola formado pelas massas do ocupante e da plataforma, com as molas do conjunto.</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Soltura da trava do sistema, e acionamento automático da trava ao alcançar o piso de destino.</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Consumo de energia elétrica desprezível.</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Possibilidade de acidente por fadiga nas molas, controle da velocidade, necessidade de precisão para o travamento nos pontos de parada.</p>

Número da Concepção: CO-011

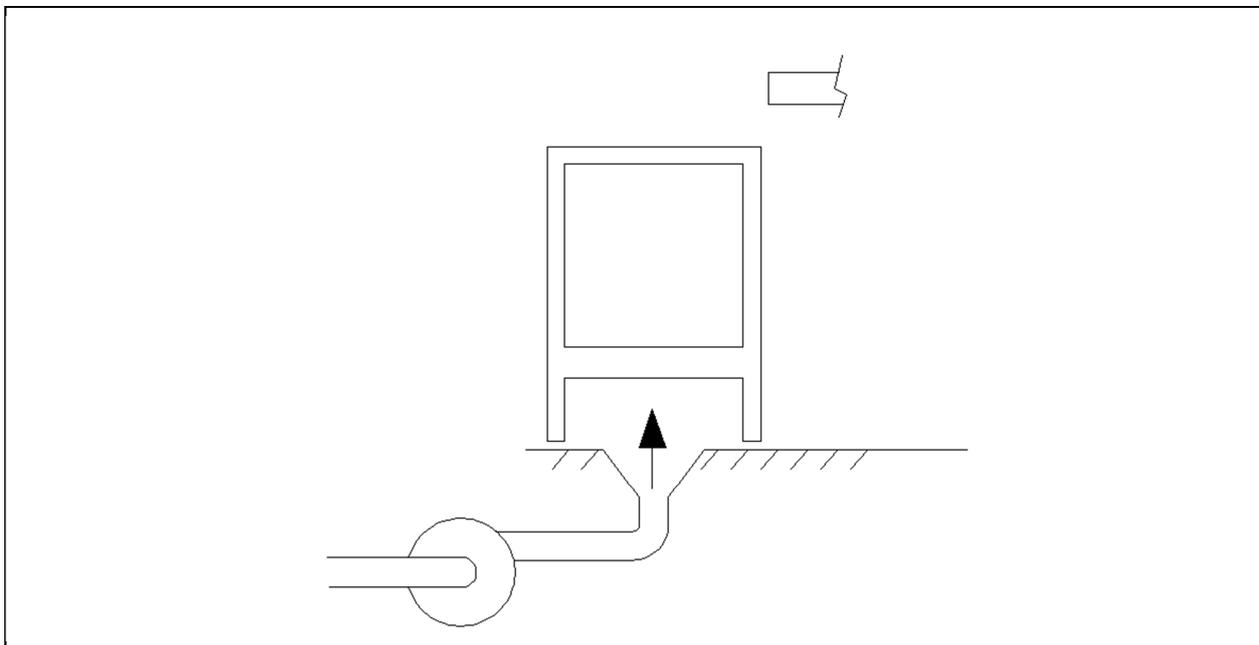
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Elevador por força de empuxo</p> <p>A plataforma é suspensa por um gás de baixa densidade, em volume suficiente para que o peso da plataforma mais o de um ocupante seja anulado pela força de empuxo.</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>A movimentação vertical é realizada manualmente, por meio de ganchos dispostas ao longo da parede.</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Sem peças móveis, não consome energia elétrica</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Grande volume de gás necessário, baixa estabilidade mecânica, emprega esforço físico</p>

Número da Concepção: CO-012

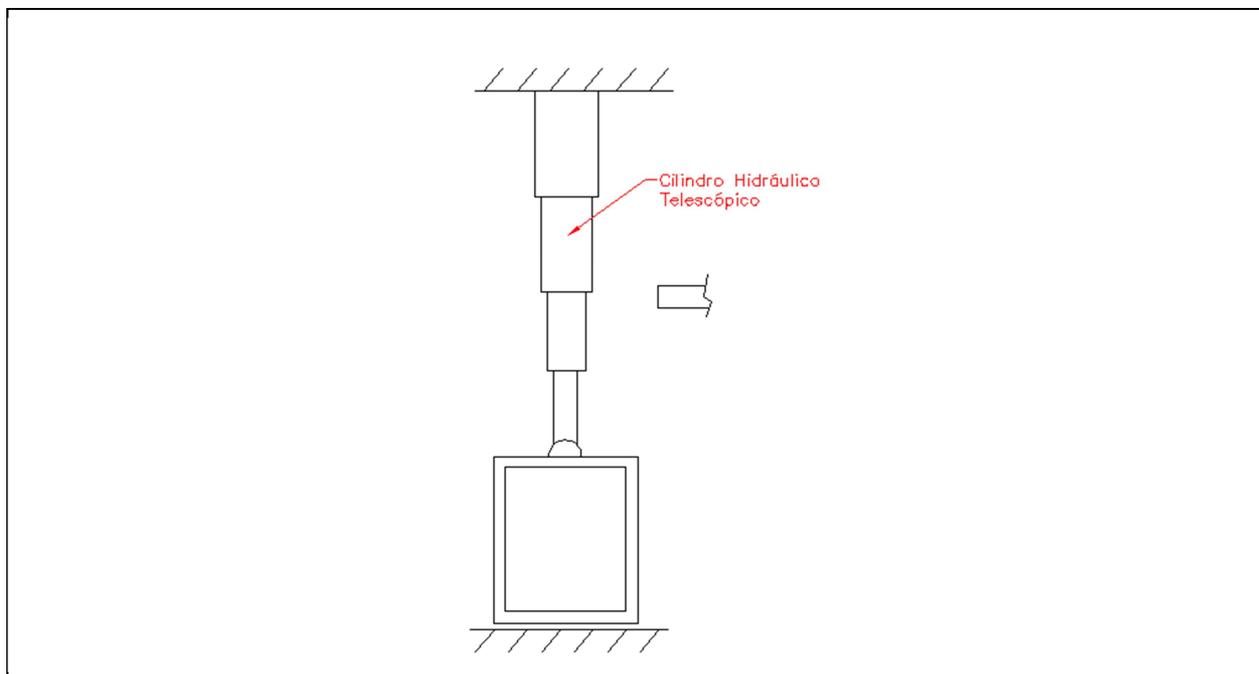
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Elevação por corrente de ar ascendente</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Base do dispositivo fica em compartimento vedado, e a corrente de ar inferior à base serviria para subir ou descer o dispositivo</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Poucas partes móveis</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Baixa estabilidade, transtornos com a corrente de ar, grande consumo de energia, difícil implantação</p>

Número da Concepção: CO-013

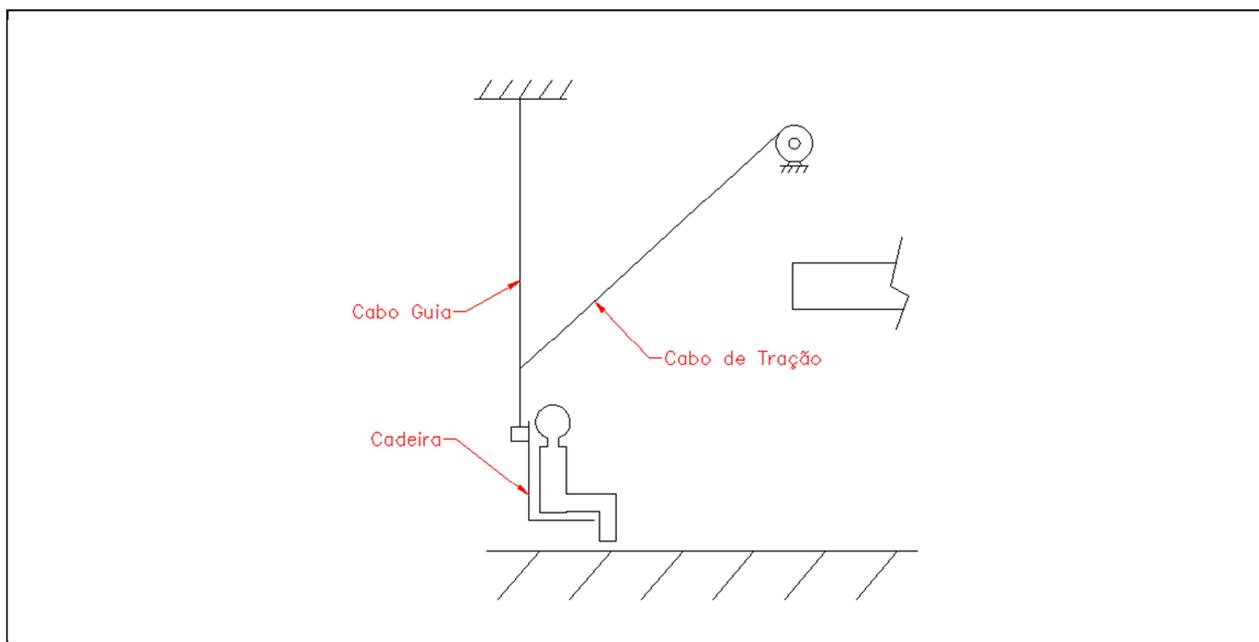
Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Elevação por braço telescópico de tração</p> <p>A gaiola é presa, em sua parte superior, a um sistema telescópico, que é fixado no teto superior da residência.</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Acionamento hidráulico ou por cremalheiras</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Simplicidade de implantação</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Em caso de cilindro hidráulico, necessita bomba hidráulica, em caso de cremalheira, aumenta o número de partes móveis do dispositivo</p>

Número da Concepção: CO-014

Lay Out do Dispositivo



<p>Descrição do Dispositivo</p>	<p>Cadeira pendular elevatória</p>
<p>Descrição do Acionamento</p>	<p>Motor elétrico acoplado ao cabo de aço, que traciona e eleva a cadeira</p>
<p>Principais Vantagens</p>	<p>Simplicidade de projeto e execução</p>
<p>Limitações Observadas</p>	<p>Segurança, capacidade de carga</p>

4.4 AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS

Com o conjunto inicial de alternativas de solução já estabelecido, parte-se para a etapa de avaliação, classificação e verificação da efetividade das alternativas em atender aos requisitos de produto previamente estabelecidos. Segundo Roozenburg e Eekels (1995), este é um processo de tomada de decisão, que sempre utiliza algum grau de intuição (sem a qual, o processo simplesmente para), e sempre envolve algum nível de incerteza.

No projeto conceitual do elevador residencial, a equipe teve o objetivo de explorar as mais diversas idéias. Por isso, para a concepção das alternativas, o método do *brainstorming* foi utilizado. Vários princípios de solução foram gerados, preocupando-se apenas com o princípio fundamental de funcionamento, sem descrever maiores detalhes.

A equipe utilizou, para primeira avaliação, uma modificação do método proposto por Pugh (1991) de avaliação relativa baseada em referência. Este método segue os seguintes passos:

Organizar as alternativas e os requisitos da especificação de produto em uma matriz;

Selecionar uma alternativa para ser a referência. No caso deste trabalho, a alternativa elevador convencional (CO-003) foi utilizada, por ser uma tecnologia amplamente difundida;

As outras alternativas foram comparadas com a referência, e a elas em cada requisito, um dos seguintes valores foi atribuído: (-1) – pior que a referência; (0) – igual à referência; (+1) – melhor que a referência;

Um peso foi definido a cada requisito, de acordo com o grau de valor atribuído pelo consumidor. Este, foi utilizado para multiplicar o valor dado à alternativa. O método original de Pugh (1991) não prevê esta ponderação e trata todos os requisitos como iguais;

Os valores resultantes são somados para cada alternativa e, aquela com maior pontuação, corresponde à melhor alternativa.

O resultado da avaliação das alternativas pode ser visto na Tabela 13.

	Concepções geradas														Valor do consumidor
	Nº Conceção		Denominação da Conceção												
	CO-001	CO-002	CO-003	CO-004	CO-005	CO-006	CO-007	CO-008	CO-009	CO-010	CO-011	CO-012	CO-013	CO-014	
	Plataforma por Corrente de Rolos	Plataforma Rolante	Elevador(REFERÊNCIA)	Gaiola de elevação por braço rotativo	Gaiola de elevação por talha	Plataforma por parafuso de potência	Ascensão vertical por pinhão-cremalheira	Elevação por braço telescópico	Braço telescópico mais articulação	Elevador por oscilação massa-mola	Elevador por força de empuxo	Elevador por corrente de ar ascendente	Elevador por braço telescópico de tração	Cadeira pendular elevatória	
Segurança para o usuário	-1	1	0	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	0	-1	10
Fácil instalação	0	-1	0	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	8
Sem arestas cortantes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Operação simples	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	8
Pouca emissão de ruídos	0	0	0	1	0	0	-1	1	0	1	1	-1	1	1	9
Estabilidade mecânica	0	0	0	-1	0	1	1	1	0	-1	-1	-1	1	-1	8
Baixo custo do equipamento	0	-1	0	0	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	7
Visual que harmoniza com o ambiente	0	1	0	0	0	0	-1	0	0	-1	0	1	0	0	7
Durabilidade	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	-1	-1	-1	0	1	7
Baixo peso	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	6
Fácil limpeza	-1	0	0	0	0	0	0	1	-1	-1	1	-1	1	1	7
Fácil manutenção	0	-1	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	1	6
Eliminar risco de choque elétrico	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	8
Poucas adaptações na edificação	0	-1	0	-1	0	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	0	9
Fácil acesso	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1	8
Suportar cargas de 300kgf ou mais	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	-1	9
Σ Valor x Valor do Consumidor	-33	-10	0	-14	25	12	-28	4	-18	-45	-50	-83	11	15	
Classificação das Concepções	11	7	6	8	1	4	10	5	9	12	13	14	3	2	

Tabela 13. Matriz de avaliação de alternativas

Após verificados os pontos favoráveis e desfavoráveis de cada conceito em relação à referência, a concepção CO-005 (gaiola de elevação por talha) se apresentou como a solução de maior potencial.

4.5 REFINO DA SOLUÇÃO SELECIONADA

Uma vez definida a classificação das soluções, é necessário que se descreva com maior detalhamento a solução escolhida. Conforme Pugh (1995), deve-se verificar os pontos negativos das soluções mais promissoras e, se estudar modificações que possam minimizar estas desvantagens.

Ao se estudar normas vigentes para utilização de talhas – NBR 1.316, verificou-se que este equipamento não pode ser utilizado para elevação de pessoas. Sua utilização é restrita para cargas. Assim, este conceito não poderá ser refinado, pois a alteração no sistema de acionamento descaracteriza a concepção. Portanto, a concepção de segunda melhor colocação passou a ser o foco dos estudos.

O conceito examinado foi o da cadeira pendular elevatória, representado na Figura 43.

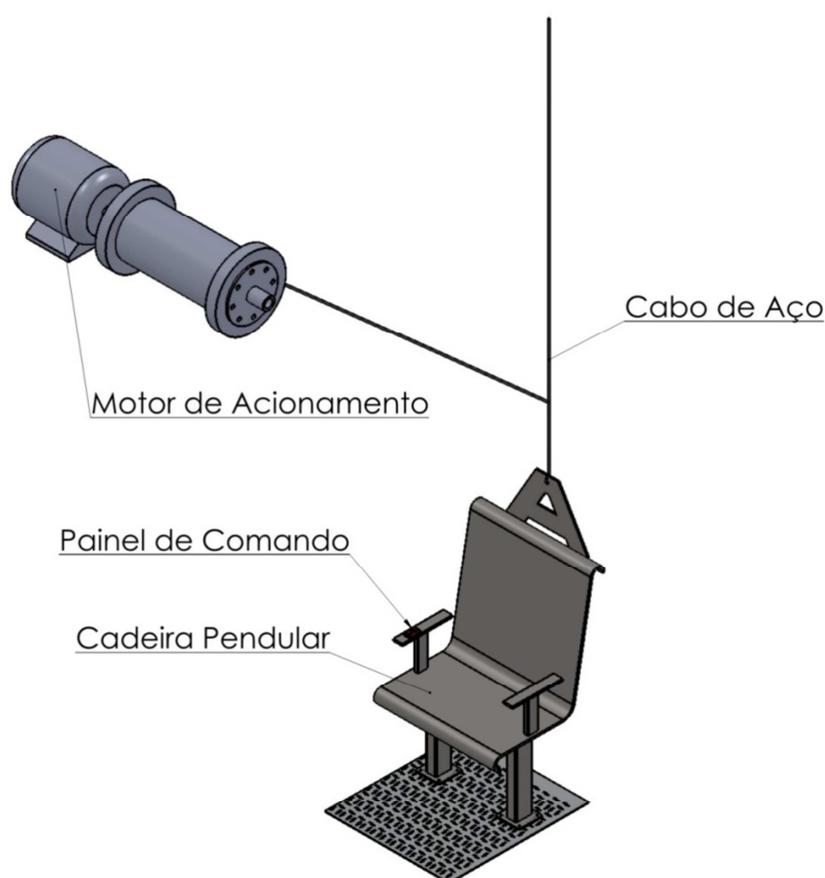


Figura 43. Cadeira Pendular

Este conceito, apesar de todas as facilidades, ainda tem, como maiores limitações, reduzida estabilidade mecânica e baixa capacidade de carga. Todavia, observou-se a possibilidade de se aprimorar esta solução com algumas modificações. Da concepção original, manteve-se o elemento “cadeira”, e o princípio de tracionamento por cabos de aço. Porém, o movimento pendular é substituído por um movimento vertical, guiado por trilhos. Esta concepção adaptada pode ser vista no esboço apresentado pela Figura 44.

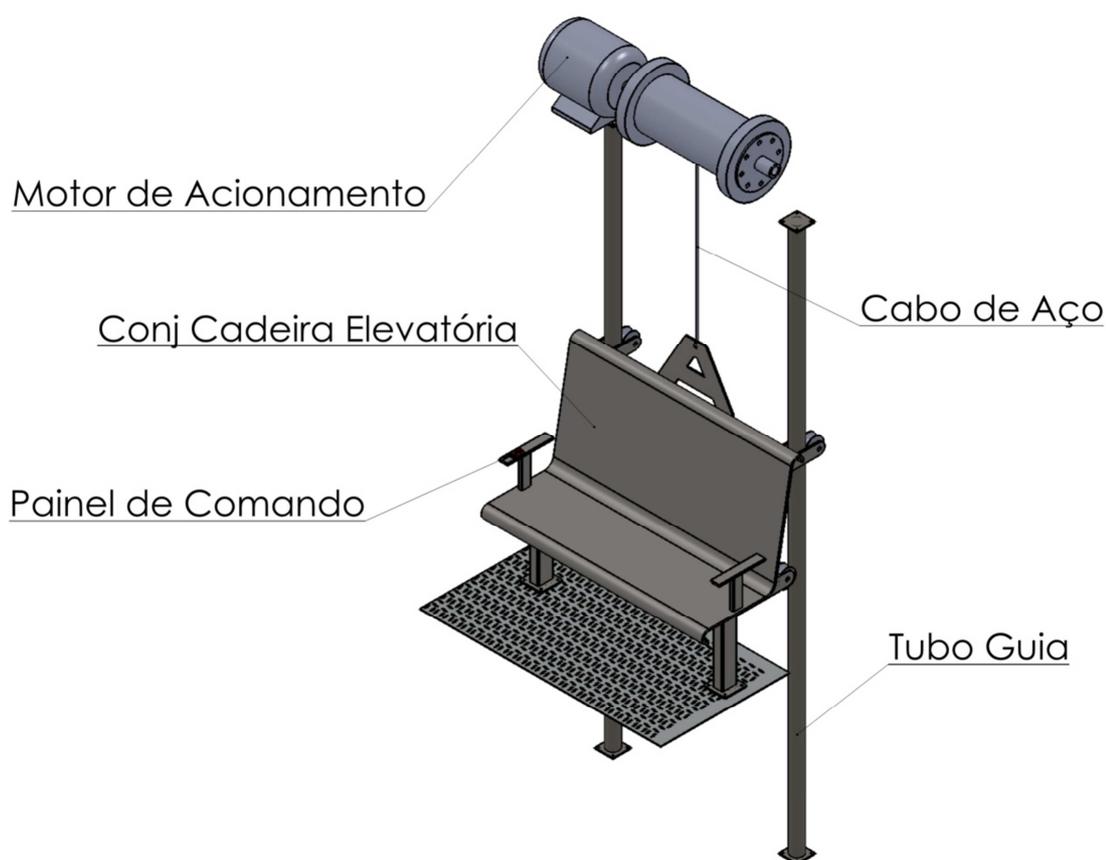


Figura 44. Esboço de solução.

A solução descrita destaca-se por cumprir os requisitos solicitados pelo cliente. É de simples aplicação e instalação. Possui número reduzido de componentes, o que remete a um custo final dentro das expectativas do cliente. Acredita-se, também, que a solução tem condições de atender às normas de segurança para dispositivos de elevação unifamiliar, além de valorizar o imóvel por possuir visual harmônico e que não agride o ambiente.

5 PROJETO PRELIMINAR

No capítulo anterior, foi realizada a análise funcional do produto e o desenvolvimento de alternativas, que terminou com a escolha de uma concepção de produto a ser formalizada. Neste capítulo, será apresentado o passo seguinte, no qual a concepção é desenvolvida, segundo um roteiro técnico, para se transformar em um produto fabricável.

5.1 PROPAGADORES DE RESTRIÇÃO

Inúmeras são as variáveis que interferem no desenvolvimento de um produto, sobre muitas das quais, não existe a possibilidade de interferência durante o desenvolvimento do produto. Em geral, estas variáveis independentes estão relacionadas ao usuário do produto, a normas vigentes, padrões comerciais de componentes, forças da natureza, dentre outros. Por isto, estes parâmetros devem ser examinados com rigor antes de se tomar qualquer decisão a respeito da construção do produto. Na Figura 45, podem ser vistos os agentes externos que se relacionam com o produto, assim como as imposições e limitações que trazem ao mesmo. O diagrama de influências está exemplificado na Figura 46.

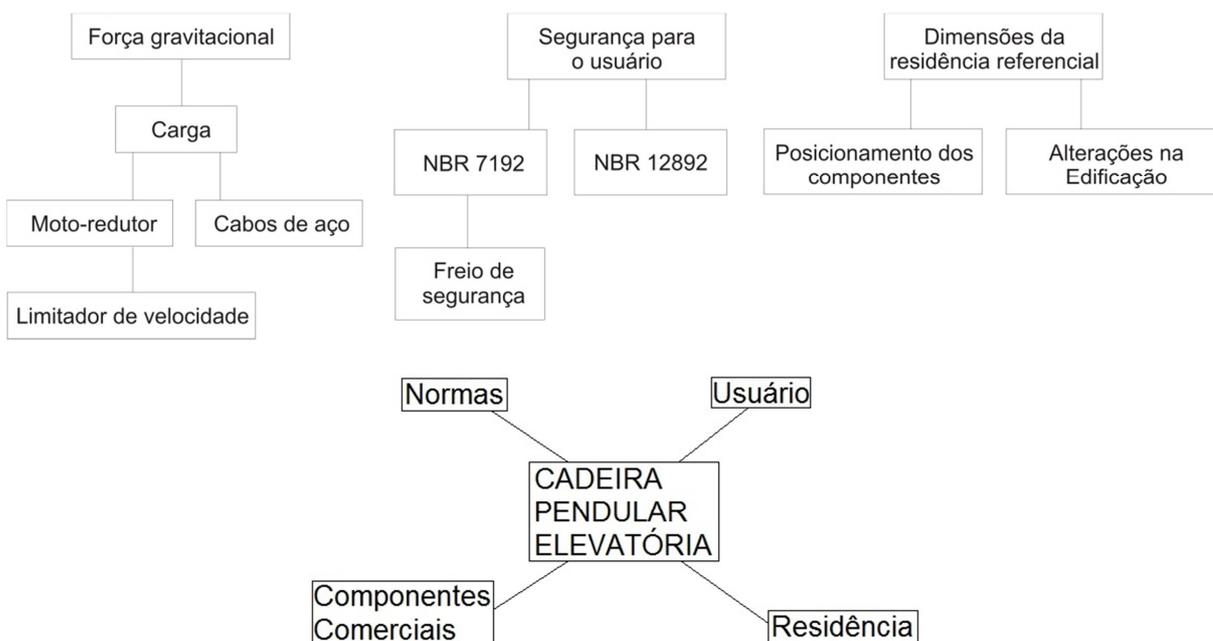


Figura 45. Fatores que interferem a construção do produto.

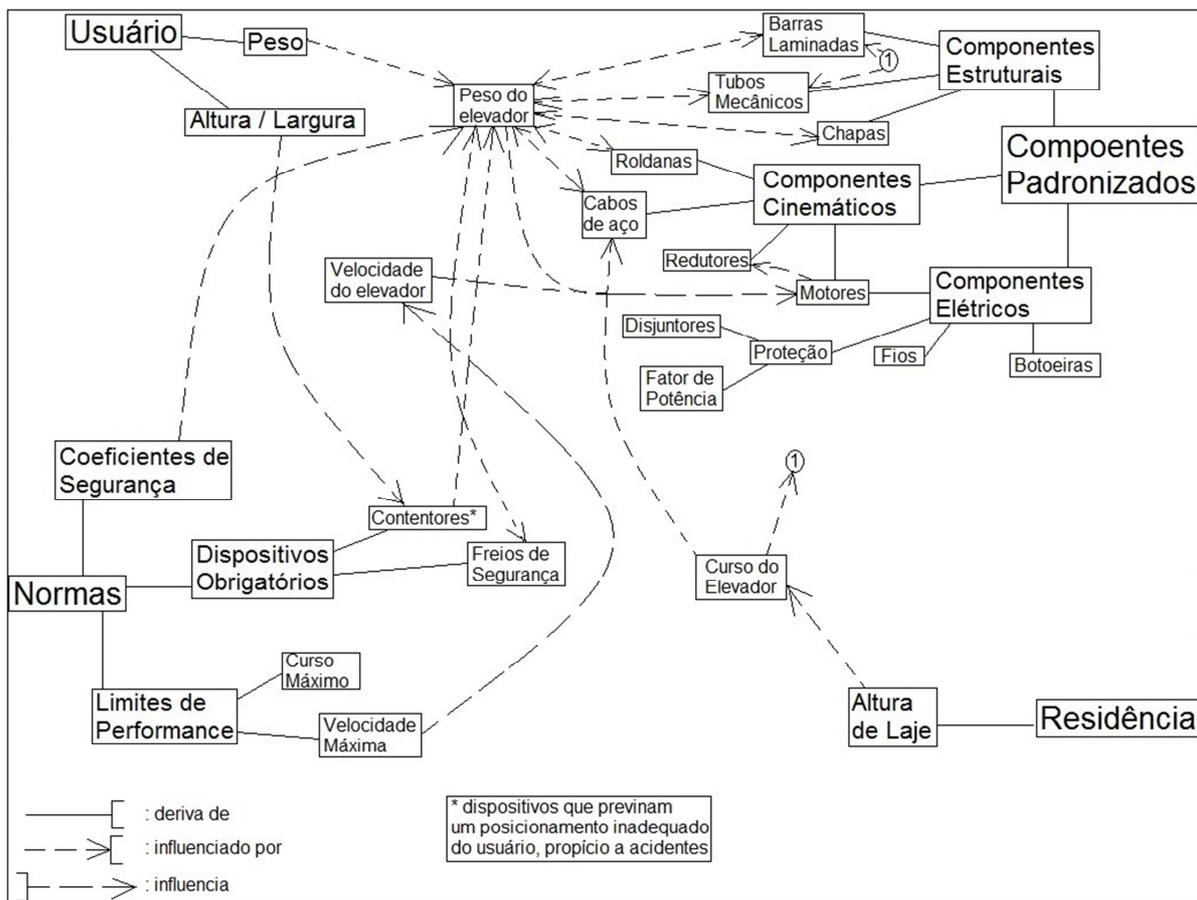


Figura 46. Diagrama de Influências.

Podem ser notadas, no diagrama, algumas interações unidirecionais. A interação é unidirecional quando a variável de origem não pode ser alterada ao longo do projeto. Logo, os estudos foram dirigidos primeiramente sobre estas variáveis.

Pode-se perceber que as dimensões físicas do usuário do produto deve ser as primeiras variáveis a serem estudadas. Em seguida, as normas devem ser consultadas, para a obtenção de informações sobre coeficientes de segurança. Todas estas informações irão, a princípio, determinar as dimensões da cadeira, que por conseguinte, determinam as espessuras de chapa e, por fim, o peso da cadeira. Este peso, somado ao do usuário, influencia nos dimensionamentos da plataforma, na estrutura da plataforma, e assim por diante, em um processo de cascata.

5.2 DIMENSIONAMENTOS

5.2.1 CADEIRA

Este foi o primeiro elemento a ser dimensionado, pois depende somente dos dados antropométricos do usuário e do número de usuários a serem atendidos simultaneamente. Primeiramente, as dimensões gerais da cadeira foram determinadas, tendo em vista a melhor acomodação do usuário. Em seguida, o material e as espessuras foram definidas utilizando como critério o suporte ao esforço estático do peso do usuário, aplicando-se o coeficiente de segurança determinado em norma.

Sanders e McCormick (1993)⁵ apresentam medidas gerais do corpo humano, dentre as quais são tomadas as medidas relativas a um homem, de estatura média, sentado. Toma-se o peso de pessoa acima da média para fins de segurança:

1. Altura total: 1360 mm;
2. Distância horizontal desde o cóccix até o joelho: 600 mm;
3. Distância vertical entre o cóccix e o chão: 450 mm;
4. Distância vertical entre o joelho e o chão: 550 mm
5. Distância vertical entre o cóccix e o cotovelo: 250 mm;
6. Largura do quadril: 360 mm;
7. Largura entre cotovelos: 420 mm;
8. Massa: 91 kg.

Recomenda-se ainda que o assento seja inclinado para trás em 7°, com o objetivo de oferecer a melhor postura para a coluna lombar, assim como um ângulo de 17° para trás para o encosto.

A cadeira foi, então, dimensionada para a fabricação a partir de uma chapa de aço dobrada, vista a facilidade de obtenção de matéria-prima e de equipamento por parte da equipe. Com bases nos valores apresentadas acima, as seguintes dimensões foram adotadas para a cadeira:

1. Comprimento horizontal do assento: 500 mm;
2. Ângulo guia entre assento e horizontal: 7° para trás;

⁵ Devido á dificuldade para se encontrar dados antropométricos em literatura brasileira, foi utilizada esta fonte.

3. Largura do assento: 600 mm;
4. Ângulo guia entre assento e encosto: 100° ;
5. Altura vertical do encosto: 450 mm;
6. Largura do encosto: 600 mm;
7. Altura da dobra do encosto: 172 mm;
8. Raios de dobramento: os máximos permitidos pelo maquinário.

O projeto resultante destas diretrizes pode ser observado na Figura 47.

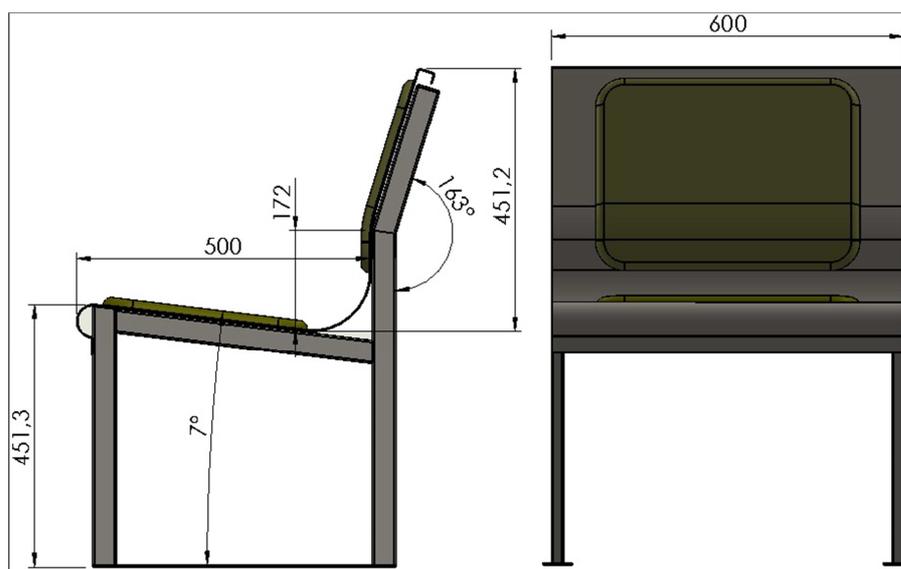


Figura 47. Vistas da cadeira dimensionada conforme recomendações ergonômicas.

5.2.2 ESTRUTURA DA CADEIRA

A cadeira é sustentada por uma estrutura metálica fabricada a partir de tubos retangulares de aço, como pode ser visto na Figura 47. Tal material foi utilizado devido à grande facilidade de obtenção, à disponibilidade deste em várias medidas e espessuras de parede e à facilidade de montagem destes sobre chapas.

Segundo a NBR 12892, as estruturas responsáveis pela acomodação dos usuários de um sistema de elevação devem atender a um coeficiente de segurança mínimo de cinco, com base na capacidade nominal de carga. Este coeficiente de segurança foi utilizado para o dimensionamento da estrutura, assim como para a espessura da chapa da cadeira.

Para fins de padronização da fabricação, a equipe optou por dimensionar apenas um dos tubos da cadeira, e tornar os restantes iguais ao dimensionado.

Optou-se pela utilização do tubo quadrado 20 x 40 mm, devido a este ser capaz de prover elevado momento de inércia com pequena espessura, dando assim, a possibilidade de economia de peso.

A espessura dos tubos teve que ser calculada. Para isso, foram estudadas as forças atuantes sobre a cadeira, com o intuito de verificar qual dos tubos sofre maior esforço. O diagrama de forças pode ser visto na Figura 48.

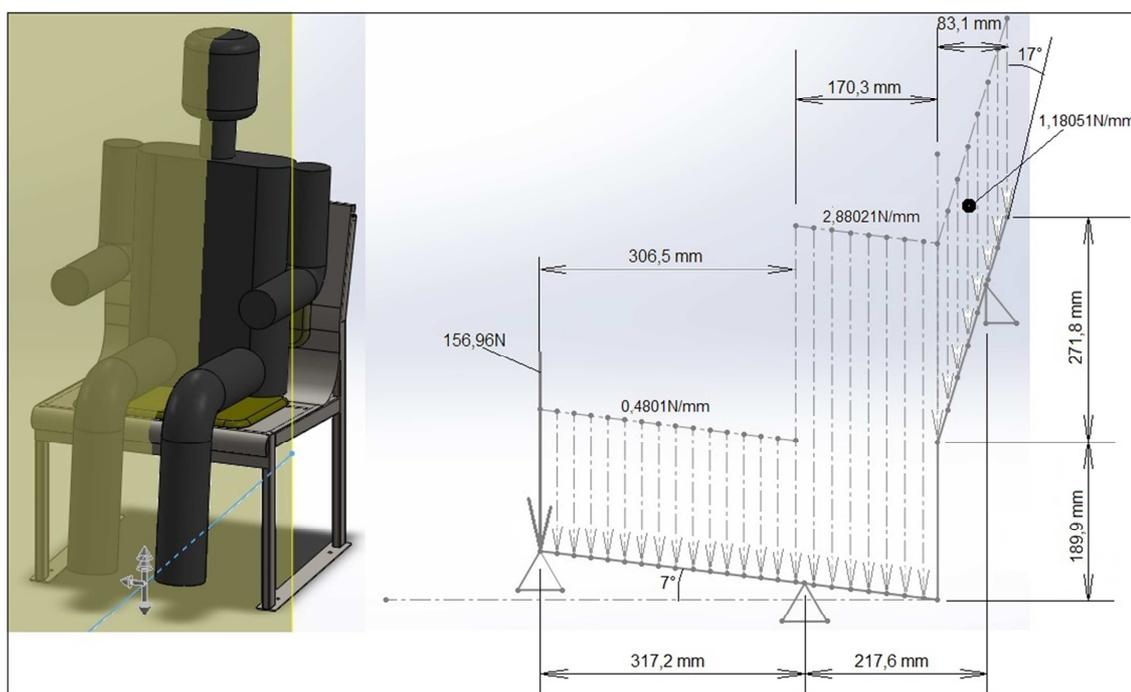


Figura 48. Corte de modelo no plano lateral e diagrama de forças sobre os tubos.

As forças foram aferidas através de um modelo de corpo humano, elaborado em *SolidWorks*TM e baseado nos dados antropométricos apresentados por Sanders e McCormick (1993). Neste, foram produzidas secções para obtenção dos pesos das pernas e joelhos, coxas e tronco. Ao se elaborar o diagrama de forças, foram realizadas as seguintes considerações:

1. O usuário está sentado no centro da cadeira, e a distribuição de forças no plano frontal é simétrica. Assim, podem ser desprezados quaisquer momentos no plano frontal;
2. Foram estimadas através do modelo, as massas de 16 kg para as pernas, 15 kg para as coxas e 60 kg para o tronco, totalizando 91 kg;

3. O peso das pernas, considerando que os pés não tocam o chão, fica concentrado na travessa frontal. Enquanto isso, o peso das coxas é distribuído ao longo da cadeira;
4. O percentual do peso do tronco aplicável ao encosto corresponde à razão entre a altura da parte inclinada do encosto e a altura total do mesmo. Deste peso aplicável, o peso de fato considerado foi: $Peso\ aplicado = Peso\ aplicavel * \sin 17^\circ$. O restante do peso do tronco foi, então, aplicado ao assento. Disso resultou 98,1 N (10 kgf) para o encosto e 490,5 N (50 kgf) para o assento;
5. Não foi aplicado o coeficiente de segurança nesta etapa, pois será considerado na etapa seguinte.

O objetivo principal deste diagrama é calcular as reações dos pontos de apoio, que correspondem à força aplicada sobre cada travessa da cadeira, para então se verificar qual delas sofre maior esforço. Como somente forças verticais de peso são aplicadas, o sistema pode ser resolvido como uma viga horizontal hiperestática, como a da Figura 49.

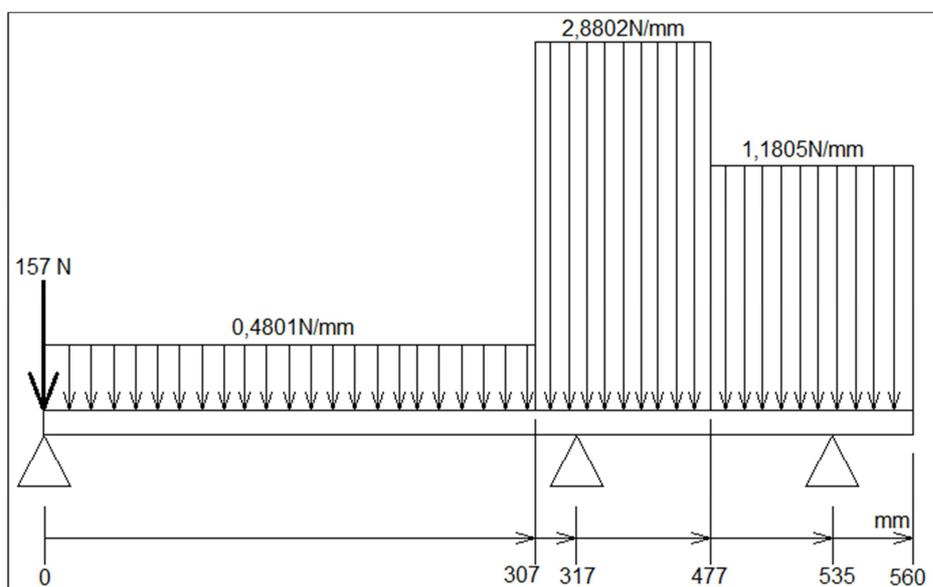


Figura 49. Viga hiperestática horizontal, representando os esforços sobre a cadeira.

Conforme Lardner e Archer (1994), para um sistema hiperestático, as equações de equilíbrio de forças e momentos externos não são suficientes para

resolver as reações de apoio. Faz-se necessário obter equações extras, que podem se originar das relações entre forças e deformação do corpo sob estudo. Com base nisso, esta viga foi resolvida da seguinte maneira:

- a) Existem três incógnitas (R_1 , R_2 e R_3) para serem encontradas, o que demanda três equações. Duas delas correspondem às equações de equilíbrio estático:

$$\sum F_y = 0 \quad (1)$$

$$\sum M_O = 0 \quad (2)$$

- b) A terceira equação foi obtida analisando-se o comportamento de deflexão da viga. Após se equacionar o momento fletor com as reações incógnitas, foi utilizada a seguinte relação para determinar a deflexão da viga:

$$\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M(x)}{EI} \quad (3)$$

Onde:

$v(x)$: deflexão ao longo da viga

$M(x)$: momento fletor ao longo da viga

I : momento de inércia da viga

E : módulo de elasticidade do material

- c) A equação da deflexão foi resolvida sabendo-se que:

$$v(\text{pontos de apoio}) = 0 \quad (4)$$

- d) A resolução de (3) forneceu a terceira equação, e as seguintes reações de apoio foram encontradas:

1. $R_1 = 63,63 \text{ N}$
2. $R_2 = 815,66 \text{ N}$
3. $R_3 = 12,71 \text{ N}$

Para fazer o dimensionamento da espessura da chapa da cadeira, utilizou-se o simulador *SimulationXpress*TM do *SolidWorks*TM. O primeiro passo para a simulação é fornecer ao *software* os dados dos pontos de apoio e da força aplicada. A figura 50 ilustra como esses dados foram inseridos no simulador. A força distribuída utilizada na simulação foi de 981 N (100 kgf).

Considerando que a chapa da cadeira será fabricada em aço ABNT 1020, a equipe foi reduzindo a espessura da chapa e analisando o coeficiente de segurança fornecido pelo simulador. Para a chapa de espessura 1,2 mm, conhecida no mercado como chapa #18, o coeficiente de segurança ficou em 5.23447, resultado considerado satisfatório pela equipe. A Figura 51 mostra o resultado obtido através do simulador.

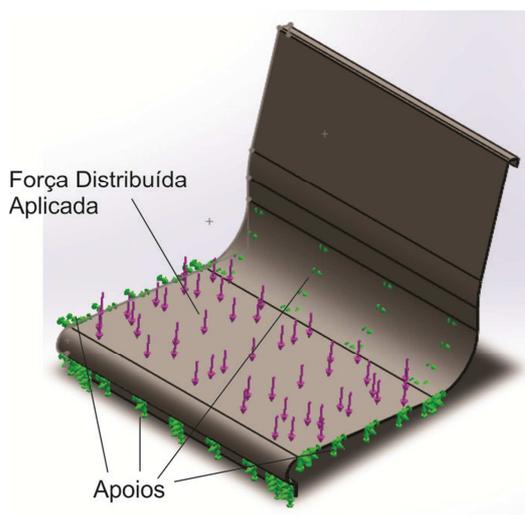


Figura 50. Esquema da cadeira e forças aplicadas.

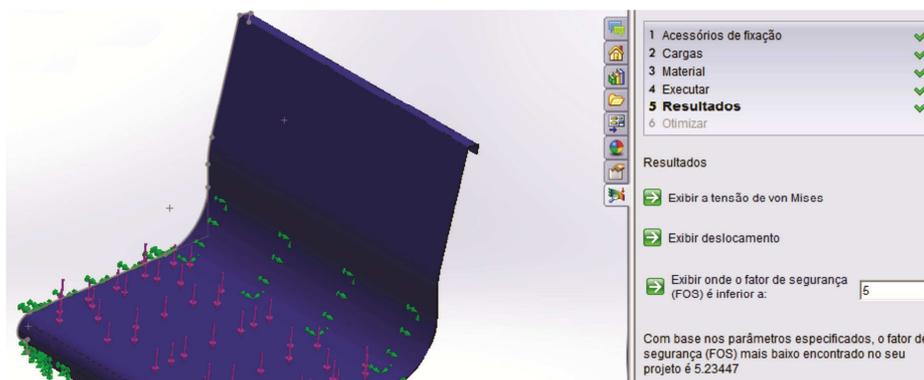


Figura 51. Chapa da cadeira, e respectivo coeficiente de segurança.

Em relação à estrutura tubular, percebe-se que, das três travessas de largura, a travessa R2 suporta 91% do peso aplicado, e sofre esforço de flexão. Enquanto isso, cada uma das travessas laterais, que possuem menor comprimento, recebem metade deste carregamento na forma de flexão. Além disso, cada um dos pés dianteiros recebe cerca de 20% do carregamento total, enquanto cada um dos pés traseiros recebe cerca de 30%, e todos eles o recebem na forma de compressão. Logo, evidencia-se que a travessa R2 recebe o carregamento mais crítico.

Esta travessa foi dimensionada considerando-se, como carregamento, a reação de apoio calculada, de 815,21 N (83,1 kgf), mais metade do peso da chapa, 73,58 N (7,5 kgf), distribuídos ao longo da largura de quadril verificada, de 360 mm. Assim, tem-se uma viga carregada da seguinte maneira (Figura 52):

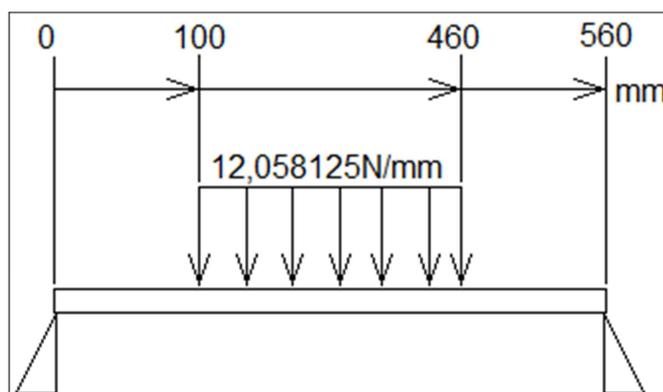


Figura 52. Esquema de carregamento do tubo a ser dimensionado.

O dimensionamento seguiu o roteiro apresentado por Lardner e Archer (1994):

1. Determinar as reações dos pontos de apoio, pelas equações (1) e (2);
2. Determinar as forças cortantes ao longo da viga;
3. Determinar os momentos fletores ao longo da viga;
4. Dimensionar para o momento fletor máximo, conforme a expressão dada pela equação:

$$\sigma_{esc} = \frac{MC}{I} \quad (5)$$

Onde:

σ : Limite de escoamento do material;

M : momento fletor máximo presente na viga

C : distância entre a linha neutra da viga e o local de maior tensão;

I : momento de inércia da viga.

Considerou-se, como valor de limite de escoamento, 295 MPa (CALLISTER Jr, 2002). E para o carregamento considerado, foi encontrado um momento fletor de 424,05 Nm. Ainda, visto que o tubo possui as medidas de 20 x 40 mm de seção transversal externa, sabe-se, portanto, que $C = 20$ mm (0,02 m). Logo:

$$295 * 10^6 < \frac{424,05 * 0,02}{I} \therefore I > 2,87 * 10^{-8} m^4 = 28749,1 mm^4$$

Para uma seção transversal retangular oca, Figura 53, o momento de inércia é dado pela seguinte expressão:

$$I = \frac{BH^3}{12} - \frac{bh^3}{12} \quad (6)$$

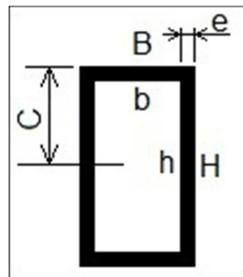


Figura 53. Seção transversal retangular.

Como os valores de B e H são conhecidos, tem-se que:

$$28749,1 > \frac{20 * 40^3}{12} - \frac{bh^3}{12} \therefore \frac{bh^3}{12} < 77917,5 mm^4$$

Esta condição pode ser satisfeita para uma espessura de 1,2 mm, como segue:

$$\frac{bh^3}{12} = \frac{17,6 * 37,6^3}{12} = 77964,15 \cong 77917,5.$$

Portanto, para toda a estrutura da cadeira, é utilizado tubo retangular de 20 x 40 x 1,2 mm.

5.2.3 PLATAFORMA DE ELEVAÇÃO

Esta estrutura, constituída de uma plataforma sustentada por vigas, um pórtico vertical e uma viga central superior, é responsável pela sustentação e elevação da cadeira, além de servir de engate para os trilhos-guia e para os cabos de aço. Nesta estrutura, podem ser verificados os seguintes esforços atuantes (ver Figura 54):

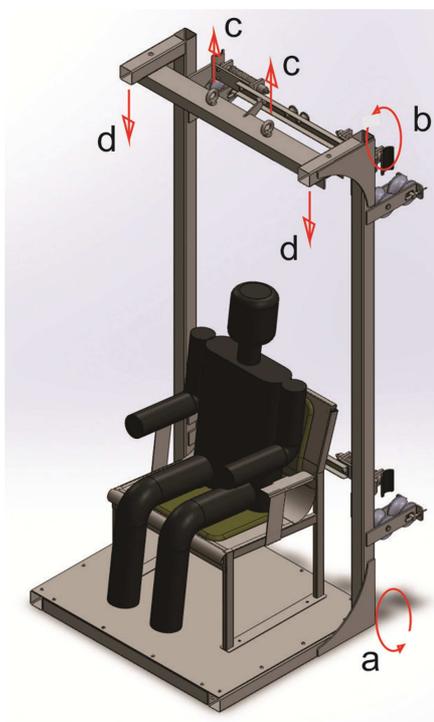


Figura 54. Diagrama de forças atuantes na plataforma de elevação.

a) Momento na base inferior traseira da plataforma;

- b) Momento na estrutura superior traseira;
- c) Força necessária para elevação do conjunto, que atua no cabo de aço e no olhal;
- d) Flexão na viga de elevação.

5.2.3.1 PLATAFORMA

Analisando-se o resultado final do dimensionamento da cadeira, verifica-se que esta possui um peso de 261,93 N (26,7 kgf). Somando-se ao peso do corpo humano, totalizam 1154,64 N (117,7 kgf), com centro de massa centralizado no plano frontal, e localizado 223,3 mm à frente dos pés traseiros no plano lateral, como pode ser visto na Figura 55.

A plataforma consiste em uma chapa de aço de 1086,5 mm de largura e 850 mm de profundidade, sustentada lateralmente por tubos, com a cadeira montada centralizada na largura, e com os tubos traseiros 2,7 mm para frente em relação aos tubos verticais do pórtico. Foi dimensionada considerando que o peso da cadeira mais o de uma pessoa, multiplicado pelo coeficiente de segurança, tem aplicação sobre a plataforma distribuída ao longo da largura das sapatas da cadeira. A geometria de dimensionamento pode ser vista na Figura 56.

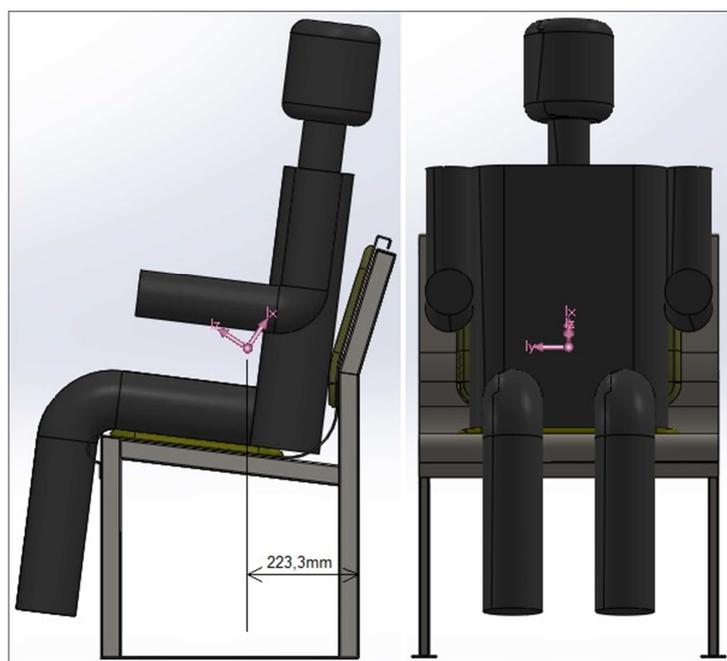


Figura 55. Posição do centro de massa da cadeira dimensionada.

Nesta geometria, a seção transversal da viga é uma seção retangular, com medidas da profundidade e espessura da chapa. O momento fletor do diagrama resultante é de 423 Nm. Aplicando a equação do esforço em vigas, eq. (5) e a equação do momento de inércia da seção retangular, eq. (6), chega-se a uma espessura de 3,2 mm para a chapa da plataforma.

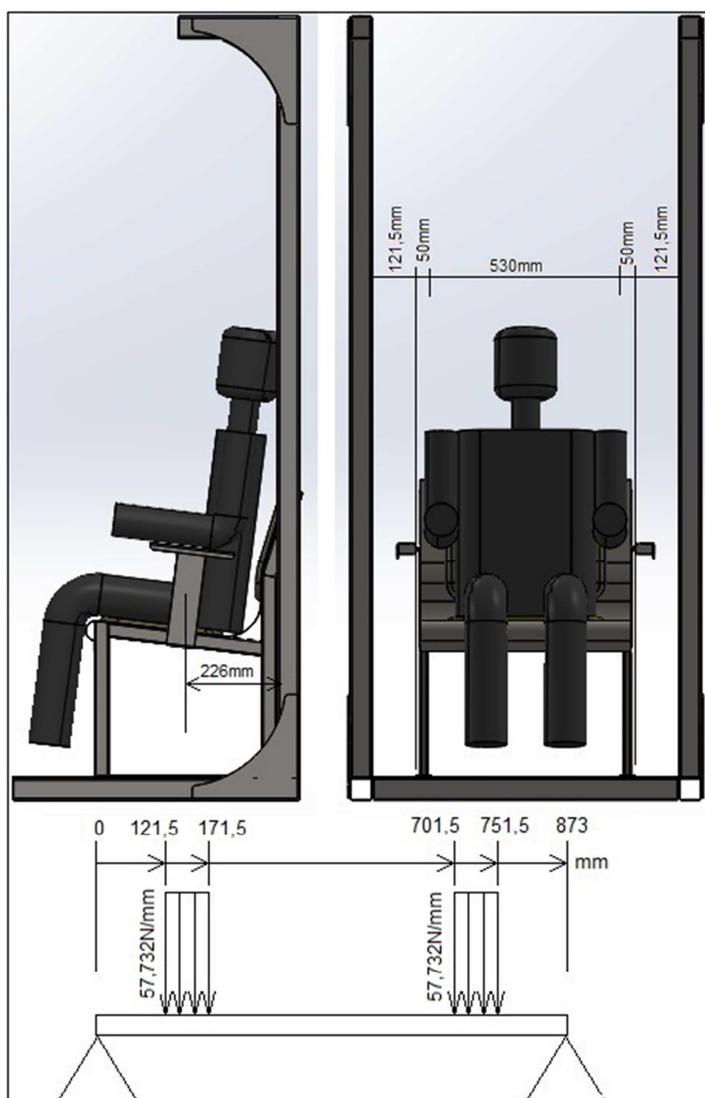


Figura 56. Geometria de dimensionamento da chapa da plataforma.

Com esta espessura e, admitindo densidade de $7,85 \text{ kg/mm}^3$ para o aço 1020 (CALLISTER Jr, 2002), a chapa carrega o sistema com um peso próprio de 231,52 N (23,6 kgf), o que corresponde a um acréscimo de cerca de 20% em

relação ao carregamento inicial. Logo, novo cálculo deve ser realizado, considerando o peso próprio da chapa, da forma como mostrada na Figura 57.

Com o novo carregamento, têm-se um momento fletor de 549 Nm, o que resulta em uma chapa de 3,6 mm de espessura. Com esta alteração, peso da chapa é acrescido de 3,0 kgf, o que já não é mais significativo. Por fim, tem-se como carregamento total da cadeira mais o da plataforma, um peso de 144,3 kgf, cuja localização do centro de gravidade pode ser visto na Figura 58.

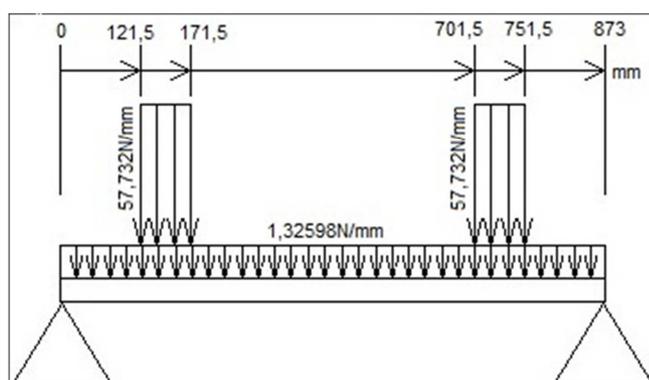


Figura 57. Viga carregada com peso próprio da plataforma.

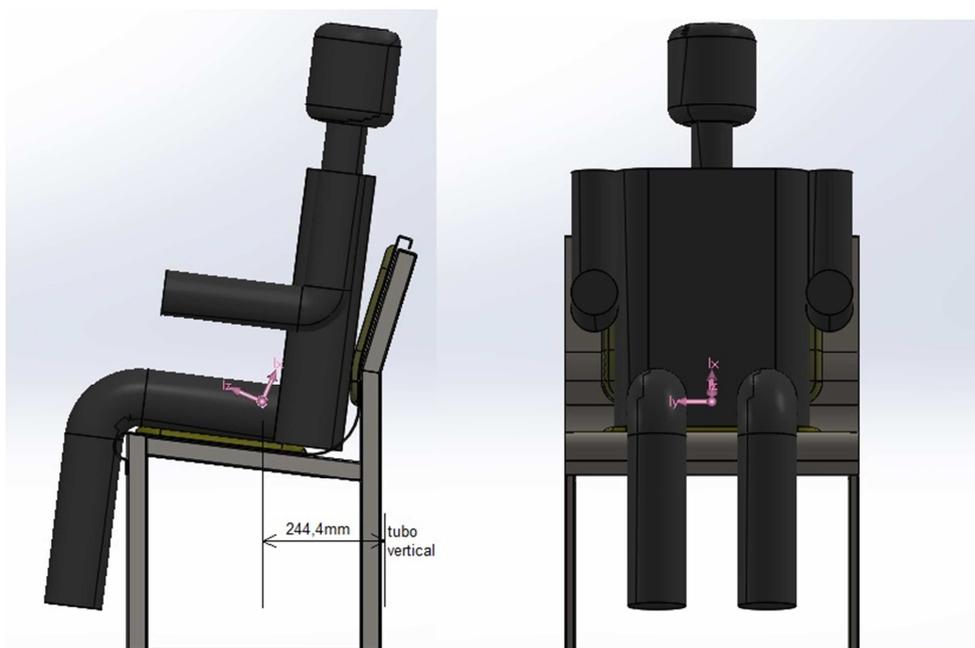


Figura 58. Posição do centro de gravidade da cadeira com plataforma.

5.2.3.2 TUBOS LATERAIS

São responsáveis pelo suporte da plataforma e pela conexão desta com o pórtico vertical. Foram adotados tubos de seção quadrada de 63,5 x 63,5 mm, assim como todo o pórtico vertical. A espessura foi calculada considerando um carregamento de viga em balanço e engastada em uma extremidade, conforme mostra a Figura 59.

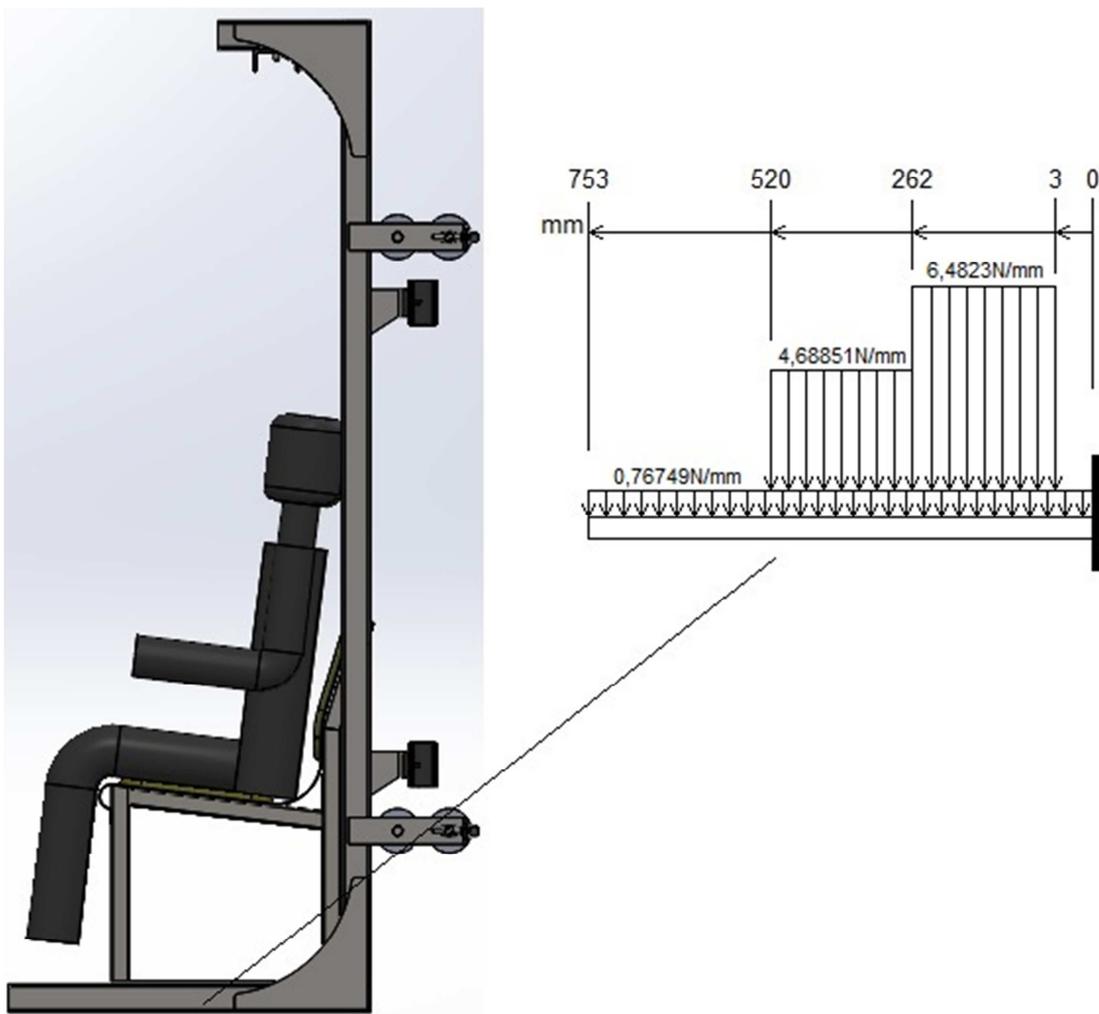


Figura 59. Diagrama de carregamento dos tubos laterais.

A viga em questão é carregada com o peso próprio da plataforma, de 260,95 N (26,6 kgf), distribuído ao longo de todo, e também com o peso distribuído da cadeira, de 1154,64 N (117,7 kgf). Foi realizado um balanço de forças para se averiguar o peso incidente sobre cada perna da cadeira, resultando 670,02 N para as pernas traseiras, e 484,61 N para as pernas dianteiras. Cada peso calculado foi distribuído ao longo de metade da profundidade da cadeira. Por fim, as cargas foram

tomadas de metade, visto haverem duas vigas, e posteriormente multiplicada pelo coeficiente de segurança de cinco, conforme especifica a norma NBR 12892.

Procedendo-se com os cálculos, obteve-se um momento fletor de 913,2 Nm. Utilizando as equações (5) e (6) para o tubo quadrado 63,5 x 63,5 mm, conclui-se que o tubo deve possuir um momento de inércia mínimo de $98265,7 \text{ mm}^4$, o que é obtido com uma espessura de 0,6 mm. Com este dimensionamento, o centro de gravidade da plataforma passa a se situar a 292 mm do centro do tubo vertical, como pode ser visto na Figura 60.

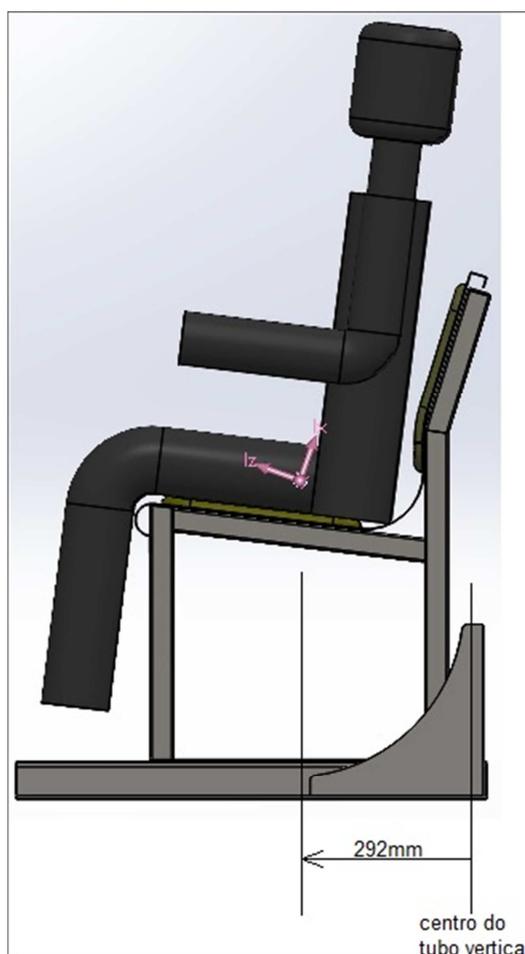


Figura 60. Posição do centro de gravidade com o tubo inferior.

Porém, visto que, para fins de padronização, os tubos laterais e os do pórtico vertical terão a mesma espessura, foram dimensionados os outros elementos, para então, se utilizar a maior espessura encontrada em todos os tubos.

5.2.3.3 TUBOS VERTICAIS

Fazendo-se uma análise das forças do sistema, percebe-se que os tubos laterais estão submetidos a uma carga de tração e a uma carga de momento, como pode ser visto na Figura 61.

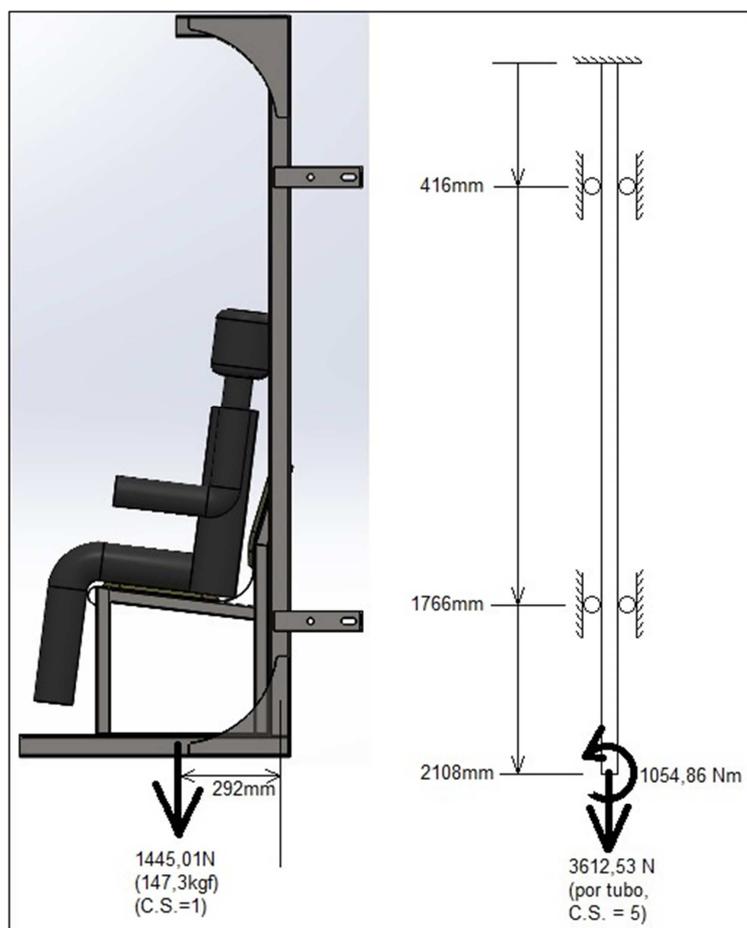


Figura 61. Diagrama de esforços estáticos sobre o tubo vertical da plataforma.

Da mesma forma que a cadeira, este tubo teve de ser dimensionado, considerando-se uma viga hiperestática, devido às reações dos suportes de roldana, que fixam o tubo aos trilhos guia. Procedendo-se com a resolução, obtém-se as seguintes reações de apoio:

Roldana Inferior: 1098,72 N, para a esquerda;

Roldana Superior: 2643,5 N, para a direita;

Tubo superior: 1544,78 N, para a esquerda; 214,21 Nm horário; 3612,53 N para cima.

As reações das roldanas são utilizadas posteriormente para o dimensionamento destas e dos rolamentos e, também, têm contribuição no dimensionamento dos trilhos-guia.

Realizando-se a análise da viga, obtém-se um momento fletor máximo de 1054,85 Nm. A tensão máxima atuante sobre a viga foi determinada somando-se a tensão de tração devido à carga axial com a mesma devido ao momento fletor. Desta forma, foi obtida uma espessura mínima de 0,8 mm para o tubo vertical.

5.2.3.4 TUBOS SUPERIORES

No dimensionamento do tubo vertical, foram calculadas as reações devido ao tubo superior, sob o ponto de vista do tubo vertical. Estas reações podem ser usadas para calcular o tubo superior, devendo-se, entretanto, inverter os sentidos das forças e momentos, para o ponto de vista deste tubo. Considerando este tubo como viga engastada, chega-se a um momento fletor de 843,77 Nm, que combinado a uma carga axial de 1544,78 N, resulta em uma espessura mínima de 0,6 mm.

Percebe-se, portanto, que o tubo vertical possui o carregamento mais crítico, requerendo uma espessura de 0,8 mm. Porém, fazendo-se uma pesquisa entre os fornecedores de tubos, percebe-se que esta espessura, apesar de constar em catálogos, não é disponível para o tubo 63,5 x 63,5 mm. Foi então utilizado um tubo com espessura de 1,9 mm, menor medida disponível no mercado para este tubo.

5.2.3.5 VIGA DE SUSPENSÃO

Por fim, foi dimensionada a viga de suspensão, que é responsável pela conexão da estrutura da plataforma com os cabos de aço. Para garantir a inexistência de momento torçor, bem como o equilíbrio entre os momentos fletores, a viga foi posicionada de maneira a se alinhar com o centro de gravidade do sistema, como pode ser visto na Figura 62.

Após os dimensionamentos anteriores, a estrutura atingiu um peso de 1765,8 N (180 kgf). Fazendo-se um acréscimo estimado de 25% devido às roldanas, aos componentes do sistema de frenagem e à própria viga de suspensão, chega-se a uma carga de 2207,3 N (225 kgf). Aplicando-se o coeficiente de segurança de

cinco, previsto pela norma, obtêm-se um carregamento de 11036,3 N. Visto ser a viga simétrica em relação às cargas, cada lado da viga recebe 50% da carga, 5518,1 N, assim como cada cabo de aço. O momento fletor máximo ocorre no ponto de içamento, e vale 1931,4 Nm.

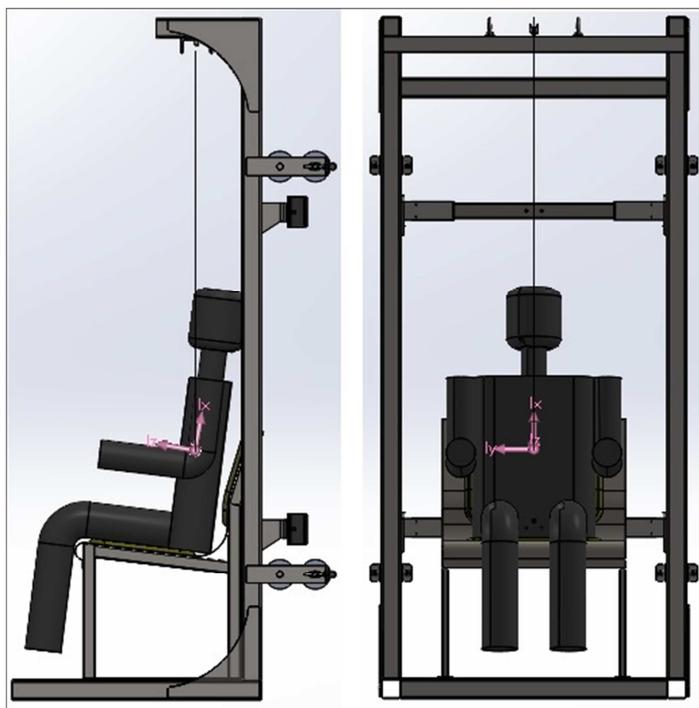


Figura 62. Alinhamento da viga de suspensão com o centro de gravidade.

O componente em questão corresponde a uma viga U, cujo carregamento foi simulado na ferramenta de análise *SolidWorks Simulation Xpress*TM. As medidas resultantes do dimensionamento podem ser vistas na Figura 63.

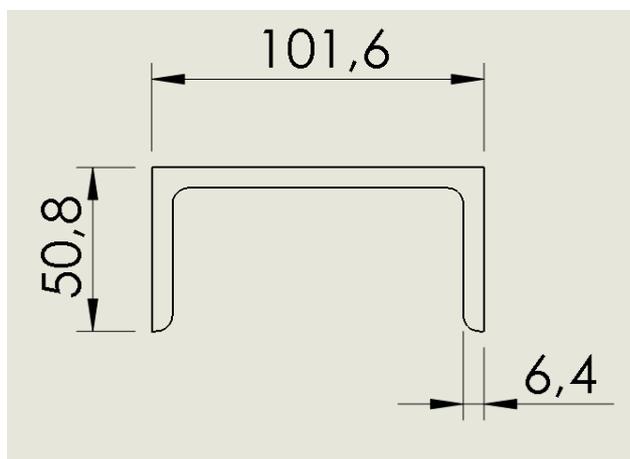


Figura 63. Medidas da viga de suspensão, em mm.

5.2.4 ESTRUTURAS DE SUSPENSÃO E CONDUÇÃO

Após se dimensionar a plataforma de elevação (carro), o próximo passo consiste em dimensionar as estruturas responsáveis pela movimentação, condução e segurança da plataforma. Neste grupo de dispositivos, estão incluídos os cabos de aço, o sistema de freio, os trilhos-guia, o tambor de enrolamento dos cabos, e a estrutura externa, como pode ser visto na Figura 64.

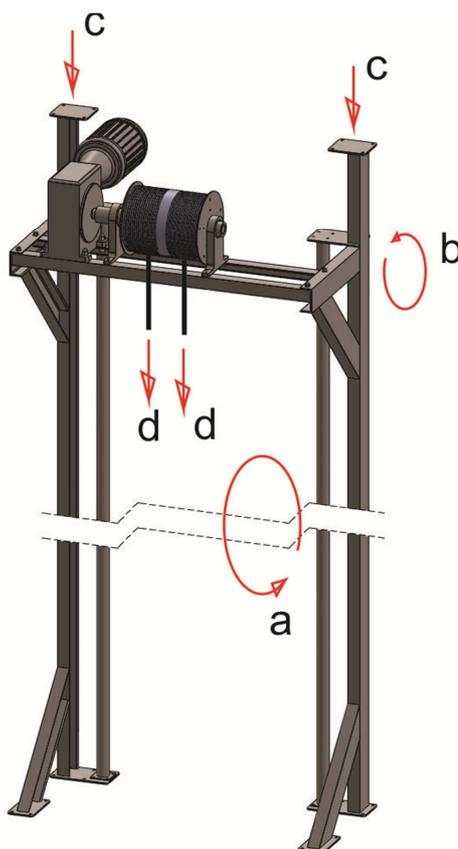


Figura 64: Estrutura externa, forças atuantes.

5.2.4.1 CABOS DE AÇO

Analisando as normas específicas para elevadores unifamiliares, mais especificamente a norma NBR12892 - Projeto, Fabricação e Instalação de Elevador Unifamiliar, alguns pontos devem ser destacados para a seleção dos cabos de aço:

- a) O cabo utilizado para acionamento do freio de segurança, desde a conexão ao cabo do limitador de velocidade até sua fixação ao freio de segurança, deve atender aos seguintes requisitos:

- a.1) ser metálico e resistente à corrosão;
 a.2) possuir, no mínimo, seis pernas, conforme demonstrado na Figura

65;

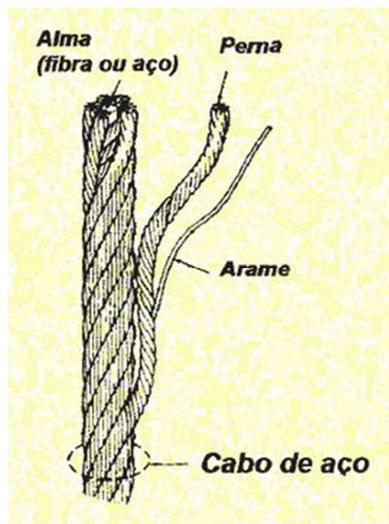


Figura 65. Constituição de um cabo de aço. Fonte: UT Cabos (2013).

- a.3) o fator de segurança deve ser, no mínimo, igual a cinco;
 a.4) seu diâmetro nominal não deve ser inferior a 6 mm;
 a.5) não deve ser de construção Filler⁶;

b) Os meios de suspensão devem ser, no mínimo, de dois cabos de aço.

c) O diâmetro mínimo não pode ser inferior a 6,35 mm e deve ter alma de fibra.

d) O coeficiente de segurança dos meios de suspensão deve ser de, no mínimo, sete, com base na tensão de ruptura nominal de cada fabricante.

Pelos dados fornecidos pelo *software Solid Works*, onde o produto está sendo modelado, a massa total da plataforma, já com o passageiro, chega a 224,8 kg. Considerando-se que alguns dispositivos de segurança ainda precisem ser acrescentados, o dimensionamento do cabo de aço será feito sobre um peso total de 2943 N (300 kgf), que será dividida pelos dois olhais de elevação e multiplicada pelo

⁶ A composição "Filler" possui arames principais e arames finos, que servem de enchimento para a boa acomodação dos outros arames. Os arames de enchimento não entram no cálculo da carga de ruptura dos cabos, nem estão sujeitos às especificações que os arames principais devem satisfazer (U.T CABOS, 2013).

coeficiente de segurança normatizado, que é 7. Portanto, cada cabo de suspensão deverá suportar 10300,5 N (1050 kgf).

Utilizando-se do catálogo da empresa U.T. Cabos (U.T. CABOS, 2010), foram extraídas informações importantes para a seleção dos cabos de aço, como por exemplo quais os modelos mais utilizados para cada aplicação, conforme Figura 66.



PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE CABOS DE AÇO	
APLICAÇÃO	CONSTRUÇÃO DE CABO DE AÇO GERALMENTE UTILIZADO
Ponte Rolante	6x41WS + AF (baixa temperatura) ou AACI (alta temperatura), torção regular, pré-formado, IPS, polido.
Monta carga (guincho de obra)	6x25F + AACI, torção regular, EIPS, polido.
Perfuração por percussão	6x19S + AFA (alma de fibra artificial), torção regular à esquerda, IPS, polido.
Cabo trator Teleférico	6x19S + AFA, torção lang, IPS, polido.
Elevadores de Passageiros	8x19S + AF, torção regular, traction steel, polido.
Pesca	6x19S + AFA e 6x7 + AFA, torção regular, galvanizado, IPS.
Guinchos, Guindastes e Gruas	6x25F + AACI ou 19x7, torção regular, EIPS, polido.

Figura 66. Recomendações para uso de cabos de aço. Fonte: U.T. Cabos (2010).

Segundo recomendação do fabricante, para utilização em elevadores de passageiros, deve-se usar os cabos da série 8x19S + AF, conforme a Figura 67.



Diâmetro Diameter		Massa aproximada em kg/m Approximate mass in kg/m	Carga de ruptura mínima em tf Minimum breaking load in tf
mm	Polegadas inches		
6,4	1/4"	0,146	1,83
8,0	5/16"	0,223	2,86
9,5	3/8"	0,315	4,10
11,5	7/16"	0,446	5,42
13,0	1/2"	0,580	7,50
16,0	5/8"	0,880	11,5

O valor da massa indicado na tabela é referencial, podendo variar em função da tolerância do passo do cabo.

Figura 67. Cabos de aço série 8x19 com alma de fibra. Fonte: U. T. Cabos (2010).

Selecionou-se, então, o cabo de diâmetro 1/4" (6,35 mm), que tem capacidade para suportar cargas de até 1830 kgf. Dividindo-se o valor da carga de ruptura mínima do cabo, pelo valor da carga aplicada, chega-se a um coeficiente de segurança igual a 12,2.

Definido o modelo do cabo, é importante dimensionar o diâmetro de enrolamento do cabo, para que possa ser definido o carretel que ficará acoplado ao motor, a Figura 68 contém a indicação do fabricante, quanto ao diâmetro do enrolamento.

Construção do cabo	Diâmetro da polia ou do tambor	
	Recomendado	Mínimo
6x7	72	42 vezes o diâm. do cabo
6x19 Seale	51	34 vezes o diâm. do cabo
18x7 Não rotativo	51	34 vezes o diâm. do cabo
6x21 Filler	45	30 vezes o diâm. do cabo
6x25 Filler	39	26 vezes o diâm. do cabo
6x19 (2 operações)	39	26 vezes o diâm. do cabo
8x19 Seale	39	26 vezes o diâm. do cabo
6x36 Filler	34	23 vezes o diâm. do cabo
6x41 Filler ou Warrington-Seale	31	20 vezes o diâm. do cabo
8x25 Filler, 8x36 WS e 8x31 WS (AF – FC)	31	20 vezes o diâm. do cabo
6x37 (3 operações)	27	18 vezes o diâm. do cabo
6x43 Filler (2 operações)	27	18 vezes o diâm. do cabo
6x61 Warrington (3 operações)	21	14 vezes o diâm. do cabo

Diâmetros indicados para polias e tambores por tipo de equipamento				
TIPO DE EQUIPAMENTO	NORMA	APLICAÇÃO	D/d mínimo	
			TAMBOR	POLIA
GUINDASTE	ASME B30.5	ELEVACÃO	18	18
		ELEVACÃO DA LANÇA	15	15
		MOITÃO	---	16
GRUA	ASME B30.3	ELEVACÃO	18	18
ESCAVADEIRA (MINERAÇÃO)	ANSI M11.1	ELEVACÃO	24	24
		ARRASTE	22	22
PERFURADORA ROTATIVA	API 9B	PERFURAÇÃO	20	30
GUINDASTE OFFSHORE	API 9B	ELEVACÃO	18	18
ELEVADOR	ASME A17.1	ELEVACÃO	40	40
		COMPENSACÃO	---	32

D = Diâmetro da polia ou tambor
d = Diâmetro do cabo de aço

Figura 68. Diâmetros indicados para polias e tambores. Fonte: U. T. Cabos (2010).

Segundo o fabricante, o diâmetro mínimo da polia (ou do tambor) aplicado ao cabo selecionado é de 40 vezes o diâmetro do cabo. Portanto, igual a 256 mm. A equipe decidiu por trabalhar com 260 mm de diâmetro do tambor.

5.2.4.2 TRILHOS-GUIA

São responsáveis por manter o sistema de elevação em seu curso correto, durante o funcionamento normal do dispositivo. Em caso de ruptura dos cabos, porém, os trilhos-guia devem ser capazes de suportar todo o carregamento dinâmico causado pelo acionamento dos freios de segurança, assim como o peso do equipamento.

De acordo com a norma NBR 12892, elevadores residenciais não podem atuar a velocidades superiores a 0,25 m/s. Porém, em caso da existência de limitador de velocidade, este pode permitir a elevação da velocidade até 0,38 m/s. Além disso, em caso de ruptura dos meios de suspensão, o freio de segurança, que pode ser de atuação instantânea, não deve permitir um deslizamento superior a 100 mm (0,1 m). Em relação aos trilhos, deve-se atender à norma NBR NM207, segundo a qual, as tensões devido à flambagem, causada pelo carregamento dinâmico somado ao estático, devem atender a um coeficiente de segurança de 2,5 para tensão de escoamento de 520 MPa, e de 2,65 para tensão de escoamento de 370 MPa. Considerando a função coeficiente de segurança por tensão de escoamento uma equação de reta, resulta que para o material utilizado neste trabalho, de 295 MPa, deve-se utilizar um coeficiente de 2,725. Assim, as tensões devido à flambagem excêntrica deve permanecer inferiores a 108,3 MPa.

Considerando como 224,8 kg a massa do carro de elevação, e aplicando a equação de Torricelli para uma velocidade inicial de 0,38 m/s, em descida, e um deslocamento de 0,1 m até a parada completa, têm-se uma aceleração de $0,722 \text{ m/s}^2$, o que resulta em uma força dinâmica de 162,3 N. Somando esta à força peso, de 2205,3 N, e dividindo em dois trilhos, resulta que cada trilho deve resistir a um carregamento de 1183,8 N.

Este carregamento foi aplicado sobre o trilho-guia em seu ponto mais elevado, para fins de se maximizar a segurança, conforme mostrado na Figura 69.

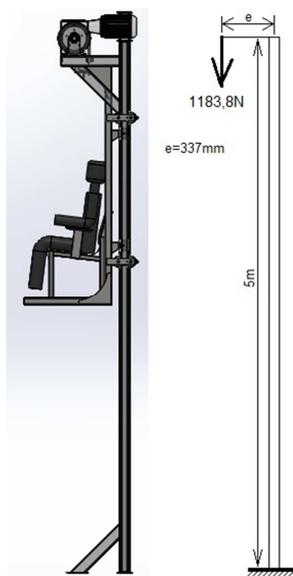


Figura 69. Forma de carregamento do trilho guia.

Foi utilizada a metodologia para cálculo de flambagem excêntrica apresentada por Lardner e Archer (1994):

1. Estabelece-se um carregamento crítico, P_{cr} , acima do qual, o sistema sob flambagem se torna instável, tendendo à ruptura. Por isso, P_{cr} deve ser sempre maior que o carregamento existente;
2. Uma vez determinado o P_{cr} , calcula-se o momento de inércia correspondente, pela seguinte expressão:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{K^2 L^2} \quad (7)$$

Onde:

E : módulo de elasticidade do material;

I : momento de inércia da coluna;

L : altura da coluna;

K : fator de correção, dependente da forma de apoio das extremidades.

3. Considerando um tubo de seção circular, o momento de inércia é dado pela seguinte expressão:

$$I = \frac{\pi}{64} (D_e^4 - D_i^4) \quad (8)$$

Onde: D_e e D_i são, respectivamente, os diâmetros externo e interno do tubo.

4. Caso os diâmetros sejam arredondados, o valor de P_{cr} deve ser recalculado;
5. Considerando o carregamento excêntrico, como mostrado na figura, a tensão máxima presente na coluna é calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{P}{A} \left[1 + \frac{ec}{r^2} \sec \left(\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_{cr}}} \right) \right] \quad (9)$$

Onde:

P : carga existente sobre a coluna;

- A : área de secção transversal da coluna;
 e : excentricidade da carga em relação à linha neutra da coluna;
 c : distância entre a linha neutra e o ponto de máxima tensão da coluna;
 r^2 : raio de giração da coluna;

$$r^2 = \frac{I}{A} \quad (10)$$

6. Repete-se todo o procedimento, com valores cada vez maiores de P_{cr} , até que a tensão $\sigma_{máx}$ atinja um valor aceitável.

O fator K escolhido para o cálculo foi de dois, pois foi considerado que o teto, apesar de prender a extremidade superior da estrutura, não deve ser submetido a carregamento. Logo, foi necessário considerar a extremidade superior como livre. Procedendo com esta metodologia, foi escolhido um diâmetro externo de 50 mm, e pelos cálculos, foi determinada uma espessura de 4 mm para a parede do tubo.

5.2.4.3 SISTEMA DE FREIO

Este sistema é responsável por impedir a queda do elevador em caso de ruptura dos cabos de aço, ou do meio de suspensão utilizado, constituindo-se um dispositivo obrigatório em qualquer sistema de elevação.

Neste trabalho, foi concebido, como solução, um conjunto de quatro sapatas de borracha, que atuam sobre os trilhos por meio de molas. As molas são mantidas comprimidas pela ação de um cabo de aço, preso a um tubo central que tem seu momento, causado pela força das molas, impedido pela ligação aos cabos de aço de ascensão. Em caso de ruptura de um dos cabos, ou de ambos, ocorre o giro do tubo de acionamento, com a conseqüente liberação das molas e ativação dos freios. O funcionamento da concepção pode ser verificado na Figura 70 e na Figura 71.

Neste sistema os seguintes dimensionamentos devem ser feitos:

- Área das sapatas de borracha;
- Dimensões das molas (constante elástica, diâmetros de arame e de espira, número de espiras e comprimento livre);
- Diâmetro do pino de acionamento;
- Diâmetro do cabo de aço;

- e) Espessuras das chapas que conectam as sapatas à plataforma;
- f) Diâmetro e espessura de parede do tubo de acionamento.

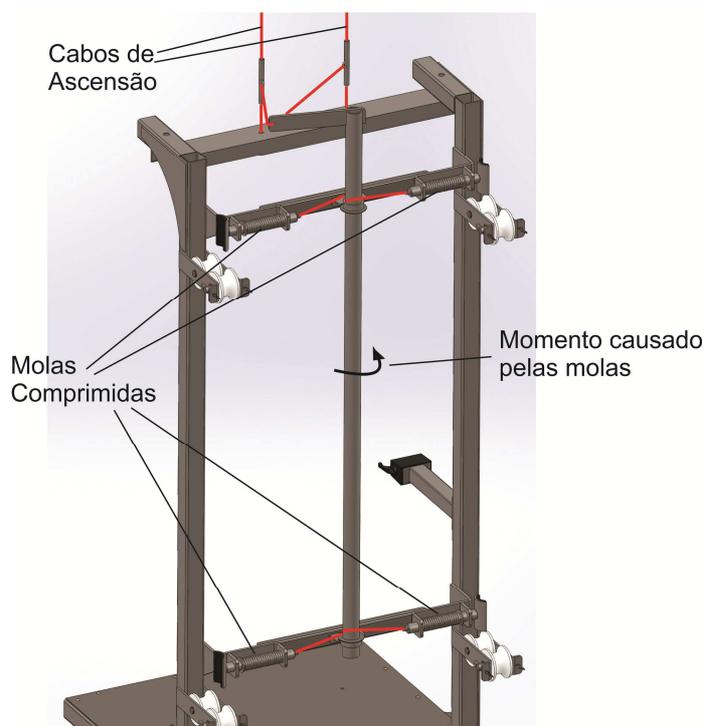


Figura 70. Plataforma, sistema de freios.

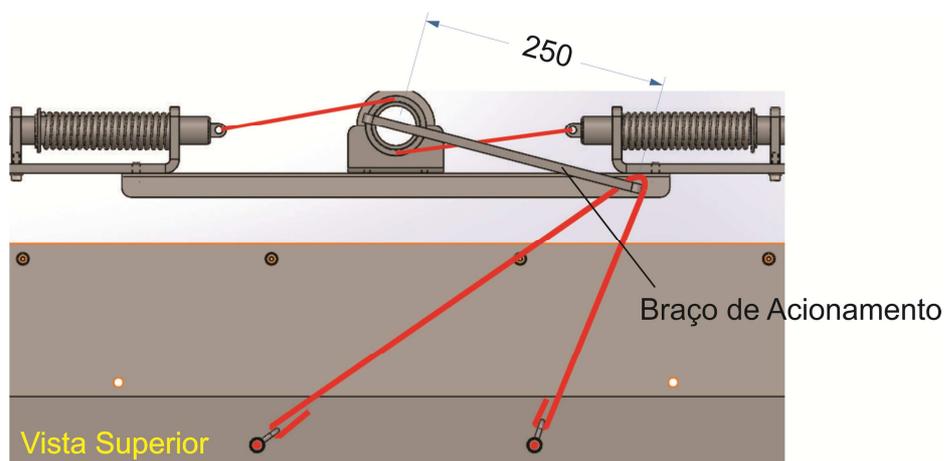


Figura 71. Acionamento do Freio.

Todos estes dimensionamentos requerem o cálculo das reações nos pontos de apoio, causadas pelo carregamento de plataforma de elevação devido à falha dos cabos de aço. Este carregamento pode ser resolvido como uma treliça, conforme mostra a Figura 72.

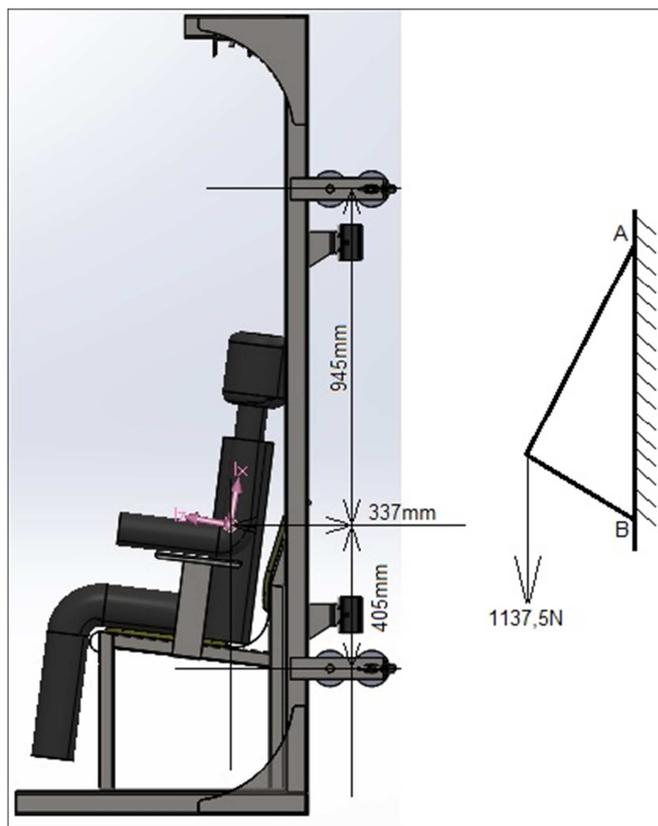


Figura 72. Diagrama para cálculo das reações dos pontos de frenagem.

:

Para fins de simplificação, considerou-se que as roldanas e os freios coincidem verticalmente. Considerou-se, também, que os elos da treliça possuem liberdade rotacional, de modo a não surgir momentos nestes. Com estas considerações, foram obtidas as seguintes forças:

- a. Roldana superior, horizontal: 283,95N, para a direita;
- b. Sapata superior, vertical: 796,24N, para cima;
- c. Roldana inferior, horizontal: 283,95N, para a esquerda;
- d. Sapata inferior, vertical: 341,26N.

Estas forças devem ser utilizadas para se dimensionar as diferentes partes do sistema, aplicando-se um coeficiente de segurança de 2,5 em relação à tensão de escoamento, com exceção das molas e do cabo de acionamento, conforme estabelece a norma NBR 12892. Esta norma também dita que, para molas que possuam pré-carga, esta força não deve causar no material da mola tensões maiores que metade do limite elástico do material. Para o cabo de acionamento, a

norma determina que o cabo seja metálico, de no mínimo seis pernas, com diâmetro mínimo de 6mm, e deve possuir um coeficiente de segurança mínimo de cinco.

a) Sapatas de borracha

Para as sapatas, optou-se por utilizar a borracha EPDM, material que possui grande durabilidade ao envelhecimento, sendo utilizada na fabricação de partes externas de automóveis, como frisos de portas por exemplo. Segundo Webcalc (2003), a borracha possui coeficiente de atrito igual a 0,6 quando em contato com o aço e tensão de resistência à ruptura de, no mínimo 5 MPa, com alongamento de 650% (ELASTOTEC, 2013). Esses dados dependem dos elementos químicos utilizados no processo de vulcanização da borracha.

A tensão de compressão aplicada sobre a sapata pode ser obtida através da divisão da força da mola pela área de contato entre a sapata e a guia.

- a. Área de contato entre borracha e guia = $0,00544 \text{ m}^2$;
- b. Força aplicada sobre a sapata = 950 N;
- c. Tensão aplicada sobre a borracha = 174,632 kPa;

Optou-se por utilizar a sapata com espessura de 8 mm, por ser um material vendido em mantas e que pode ser encontrado no mercado com certa facilidade nessas medidas.

b) Molas

Dividindo a força de atrito atuante na frenagem pelo coeficiente de atrito, de 0,6, resulta uma força de 1895 N por trilho, a ser aplicada pelas molas. Tomando a média das reações verificadas em cada sapata, tem-se que cada mola deve exercer uma força de 950 N sobre a sapata.

Ao pesquisar por especificações de mola, constatou-se que os fabricantes trabalham com as dimensões fornecidas pelo consumidor, e não com produtos pré-dimensionados, deve-se passar ao fabricante as especificações para assim obter-se uma cotação da mola pretendida. Assim, tomando-se por base a força de 950 N, e as dimensões de montagem do sistema Figura 73, escolheu-se uma mola de compressão, com comprimento inicial (livre) de 232 mm.

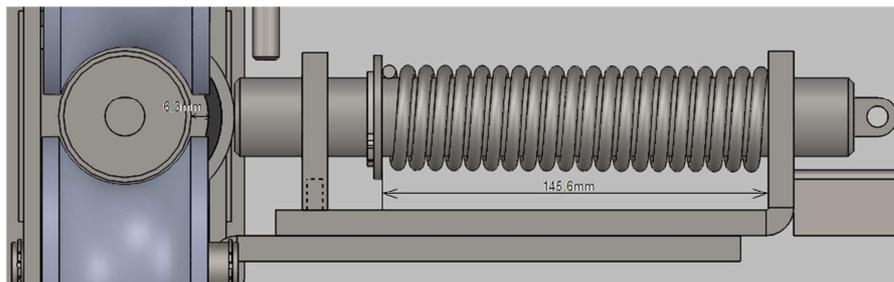


Figura 73: Detalhe de uma sapata de freio.

Foi estabelecido como 145,6 mm o comprimento da mola armada, e 6,3 mm como a distância entre a sapata e o trilho. Assim, têm-se aproximadamente 152 mm para o comprimento da mola quando o freio está ativado. Utilizando a lei de Hooke - $F = K\Delta x$, para um deslocamento de 80 mm, conclui-se que a constante elástica da mola deve ser de 11,895 N/mm.

Para o cálculo das dimensões físicas da mola, Autodesk (2013) apresenta a seguinte expressão:

$$K = \frac{Ed^4}{8D^3n} \quad (11)$$

Onde:

K : constante elástica da mola (N/m);

E : módulo de elasticidade do material (Pa);

d : diâmetro do arame ou fio da mola (m);

D : diâmetro médio da mola (m);

n : número de espiras da mola.

Foi escolhida, para a mola do freio, uma mola de 35 mm de diâmetro com 20 espiras, e utilizando a eq. (11), determinou-se um arame de 4,5 mm de diâmetro.

c) Pino-guia da mola de freio

Com a constante elástica determinada, e verificando que a mola requer um deslocamento de pré-carga de 86,4 mm, calcula-se que a força de pré-carga, a ser aplicada pelo cabo de aço sobre a mola, corresponde a 1027,7 N. O pino-guia da mola de freio, que pode ser visto na figura, é submetido a esta força em forma de

tração. Aplicando o coeficiente de segurança de 2,5 conforme rege a norma, e considerando o limite de escoamento como 295MPa, chega-se a um diâmetro de 3,5 mm para um pino maciço.

Porém, em caso de atuação do freio, o pino estará submetido a uma carga de flexão de 570 N, devido à força de atrito. Sendo de aproximadamente 42 mm a distância entre o mancal de apoio do pino e a superfície do trilho, têm-se um momento fletor de 24 Nm. Aplicando o cálculo para esforço em vigas, equação (5), determina-se um diâmetro mínimo de 13 mm para o pino.

Por fim, tendo por objetivo a melhor acomodação da mola, foi escolhido um pino de 30 mm de diâmetro, o que garante elevado coeficiente de segurança e impossibilita a deflexão transversal da mola.

d) Tubo de acionamento do freio

Para realizar o acionamento do freio, foi utilizado um tubo de 50,8 mm de diâmetro. Considerando que o tubo deve ser girado até que se obtenha, em cada mola, a força de pré-carga de 1027,7 N, então cada par de molas carregará o tubo com um momento torçor de 52,21 Nm. Como cada par de molas exerce forças opostas entre si, elas não carregam o tubo com flexão. Porém, na extremidade de engate do tubo aos cabos de ascensão, a força aplicada para o acionamento não é contrabalançada, o que resulta em um carregamento de flexão. O carregamento é ilustrado na figura 74.

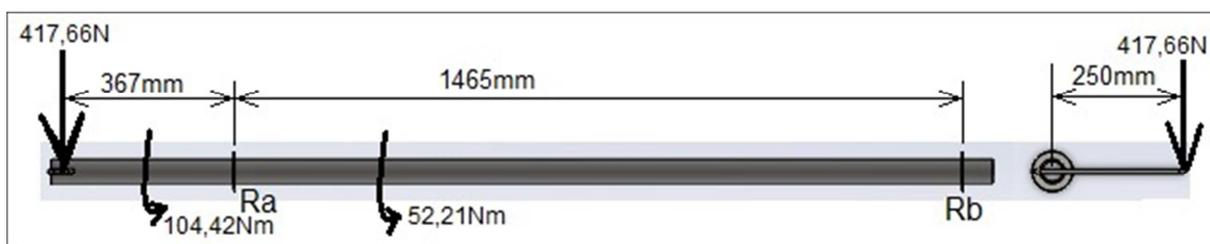


Figura 74: Carregamento do tubo de acionamento do freio.

Fazendo a análise da flexão causada pela força de acionamento, obtém-se um momento fletor de 153,28 Nm. Portanto, o carregamento máximo resulta da combinação deste momento fletor com o momento torçor máximo, de 104,42 Nm. A tensão causada pelo momento fletor é dada pela equação (5), a tensão de cisalhamento causada pelo momento torçor é dada pela seguinte expressão (LARDNER; ARCHER, 1994):

$$\tau = \frac{TC}{J} \quad (12)$$

Onde:

τ : Tensão limite de cisalhamento do material, dada por

$$\tau = \frac{\sigma_{esc}}{2} \quad (13)$$

T : Momento torçor;

C : distância máxima entre a linha neutra e extremidade do corpo;

J : momento polar de inércia, dado, para um tubo de seção circular, por:

$$J = \frac{\pi D^4}{32} \quad (14)$$

As tensões devidas aos momentos torçor e fletor devem ser combinadas, e o dimensionamento deve satisfazer a condição de TRESCA, que para um estado plano de tensões, é dada por:

$$\sigma_{esc} < 2R \quad (15)$$

Onde:

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (16)$$

Onde σ_x e σ_y são as tensões axiais nas direções x e y, e τ_{xy} corresponde à tensão de cisalhamento. No caso deste dimensionamento, σ_x corresponde à tensão devido ao momento fletor, τ_{xy} corresponde à tensão devido ao momento torçor, e $\sigma_y=0$. Combinando todas estas equações, e resolvendo para o tubo, resulta em:

$$D_i^4 = D_e^4 - D_e \frac{32\sqrt{M^2+T^2}}{\pi\sigma_{esc}} \quad (17)$$

Executando os cálculos, resulta que o tubo de acionamento do freio, de 50,8 mm de diâmetro externo, deve ter 0,3 mm de espessura de parede.

d) Chapas para sustentação da plataforma pelos freios

Para dimensionamento das chapas suporte dos freios, utilizou-se o simulador *SimulationXpress*TM do *SolidWorks*TM. O primeiro passo para utilizar o simulador é

definir as faces onde serão aplicadas as forças e o apoio, como apenas uma parte da face de apoio está sujeita ao esforço e o simulador não possui um recurso que possibilite limitar apenas uma parte da face, optou-se por recortar a parte da face sujeita ao esforço e simular como se a face da espessura da chapa estivesse apoiada. Dessa forma, pode-se simular uma situação bem próxima a situação real de atuação do freio. A Figura 75 representa as faces onde as forças foram aplicadas.

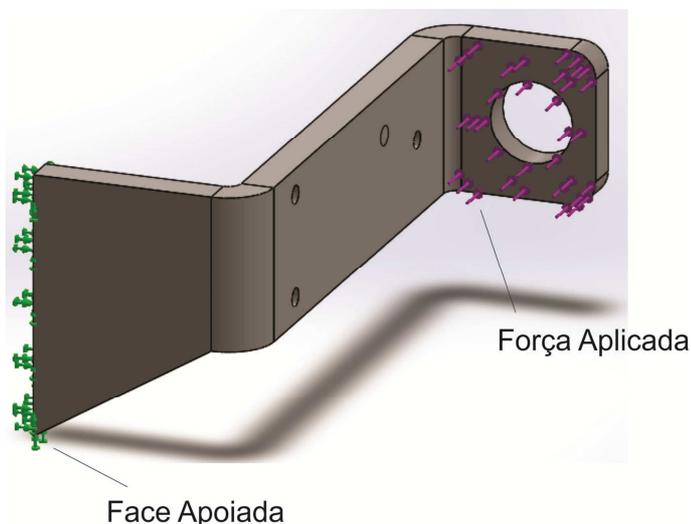


Figura 75. Forças aplicadas no suporte do freio.

Após análise dos valores oriundos do simulador, foi identificado que o coeficiente de segurança do sistema é igual a 7.05437, conforme Figura 76. Portanto, a peça está em conformidade com a norma NBR 12892 que exige coeficiente de segurança mínimo igual a 5.

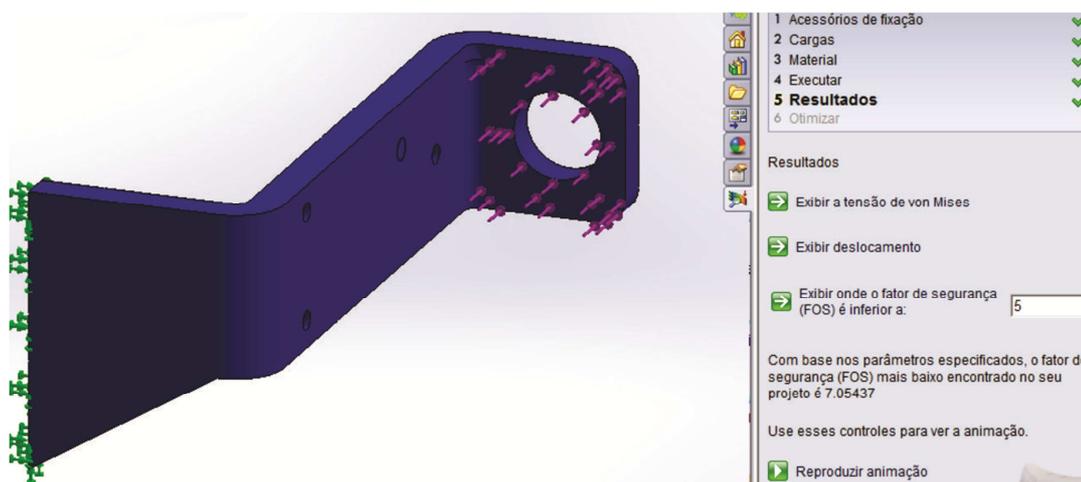


Figura 76. Suporte do freio, coeficiente de segurança.

Para que o coeficiente de segurança seja alcançado, a espessura do suporte deve ser de 12,7 mm para fabricação em aço ABNT 1020.

5.2.4.4 SUPORTE DO MOTORREDUTOR

Este componente é responsável pelo suporte do motorreductor, do tambor, do cabo de aço e, durante a operação normal do sistema, deve também suportar o peso do carro de elevação. Devido à força dinâmica necessária para acelerar o carro em subida durante a partida do motor, e à redução do esforço durante a partida para descida, este componente sofre esforço de fadiga. Porém, neste trabalho, o suporte foi dimensionado conforme a norma NBR 12892, que prevê coeficiente de segurança com base no carregamento nominal e no limite de escoamento do material. O carregamento consiste em uma viga sob flexão, como pode ser visto na figura 77.

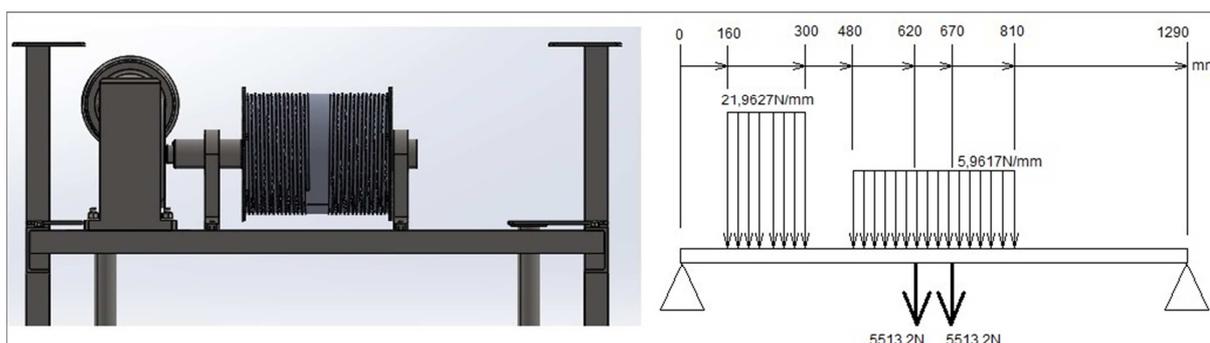


Figura 77: Carregamento do suporte superior.

As cargas distribuídas correspondem aos pesos do motorreductor (21,9627 N/mm) e do tambor (5,9617 N/mm), que somam 981 N (100 kgf), e as cargas concentradas correspondem ao peso do carro, de 2205,3 N (224,8 kgf). Todas as cargas foram multiplicadas por cinco, para que se atenda à norma. Efetuando-se os cálculos, utilizando a equação (5), chega-se ao seguinte resultado:

$$\frac{C}{I} < 6,993836 * 10^{-5} mm^{-3} \therefore \frac{I}{C} > 14298 mm^3$$

O resultado verificado, $\frac{I}{C}$, é denominado, segundo Gerdau (2009), módulo de resistência da viga.

Foram utilizados dois perfis I para o suporte. Gerdau (2009) apresenta uma tabela de perfis I, na qual, verifica-se que o menor perfil disponível, de 76,2mm de altura, 4,32mm de espessura de alma, 59,18mm de largura de aba e 6,6mm de

espessura de aba, possui um módulo de resistência de 27600 mm^3 . Assim, com a utilização de dois perfis, garante-se um coeficiente próximo de 20 em relação ao carregamento estático, o que também contorna o problema do carregamento dinâmico e de fadiga.

5.2.4.5 VIGAS EXTERNAS

Estrutura responsável pela sustentação de todo o sistema. Acomoda os trilhos-guia, suporta o motor, o tambor e a plataforma, devendo ser capaz de resistir ao esforço de flambagem devido ao peso dos componentes, bem como ao carregamento dinâmico da plataforma em caso de falha dos cabos de aço. Além disso, não deve causar carregamento na laje da residência onde é presa a flange superior. O carregamento considerado pode ser visto na Figura 78.

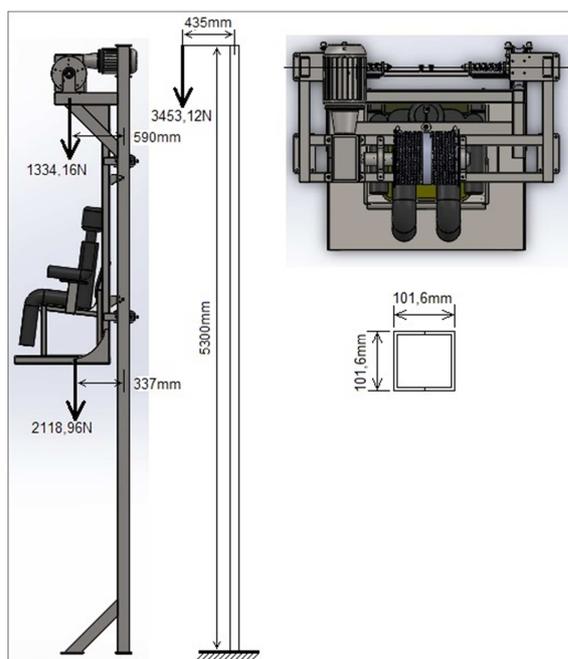


Figura 78: Carregamento da viga externa.

Foi utilizada a mesma metodologia aplicada ao cálculo dos trilhos-guia. Mas para fins de simplificação dos cálculos de momento de inércia, as duas vigas U, de 101,6 mm de comprimento e 50,8 mm de aba, foram consideradas unidas, formando um tubo quadrado de 101,6 x 101,6 mm. Esta simplificação não seria válida se a viga estivesse orientada de forma que o valor de C não fosse igual ao valor de C válido para um tubo quadrado.

Procedendo com a metodologia, equações (7), (9), (6) e (10), obtém-se uma espessura mínima de 1,6 mm. Foi, portanto, utilizada a espessura de 3,175 mm, menor espessura encontrada no mercado para este tipo de viga.

5.2.4.5 MOTOR ELÉTRICO

Definidos os cabos de aço e o tambor de enrolamento, é possível determinar o torque necessário para a elevação da plataforma. A norma NBR12892 recomenda que a velocidade de elevação não deve exceder 0,25 m/s. Tendo os dados de torque e velocidade, pode-se determinar a potência do motor, através do seguinte cálculo:

$$P [W] = T [N.m] \cdot \omega [rad/s]$$

$$\text{Torque} = 300\text{kgf} \cdot 0,13\text{m} \cdot 9,81 = 382,6 \text{ N.m}$$

$$V_{\text{max}} = 0,25 \text{ m/s}, D = 0,26 \text{ m}$$

$$n = V / \pi \cdot D \text{ portanto, } n = 0,306 \text{ rot/s} = 18,36 \text{ rpm} = 1,923 \text{ rad / s}$$

$$P = 382,6 \cdot 1,923 = 735,8 \text{ W}$$

$$1\text{CV} = 735,5\text{W}$$

$$\text{Portanto, } P = 1,0 \text{ CV}$$

O Fator de Serviço F_s indicado pelo fabricante para o caso é 1.2, portanto o motorreductor utilizado precisa dispender o mínimo de 1,2 CV.

Após verificação dos catálogos dos fabricantes, chegou-se a conclusão de que motorredutores com a potência calculada não possuem torque suficiente para elevação do sistema. Portanto, os principais requisitos observados pela equipe ficaram por conta do torque que deve ser de, no mínimo, 383 Nm e da velocidade que deve ser de, no máximo, 18,36 rpm.

O motorreductor destacado na Figura 79, o modelo GS110 com redução de 80 vezes, foi a melhor opção encontrada, pois possui torque de 485 Nm, velocidade 14,375 rpm e potência de 1,5 CV, atendendo assim as necessidades do presente projeto. O catálogo do fabricante também fornece todas as dimensões do motorreductor, possibilitando assim a parametrização do item e sua perfeita acomodação no projeto.

MODELO	RED	1700 RPM - MOTOR 4P 60 Hz					1400 RPM - MOTOR 4P 50 Hz					1150 RPM - MOTOR 6P 60 Hz					η
		Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Ps	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Ps	Pe (cv)	Pe (KW)	MT (Nm)	RPM	Ps	
GS 110	10	15.00	11.00	544	170.0	1.2	10.00	7.50	440	140.0	1.5	10.00	7.50	536	115.0	1.4	88%
	15	10.00	7.50	529	113.3	1.1	10.00	7.50	643	93.3	1.0	7.50	5.50	587	76.7	1.2	85%
	20	7.50	5.50	511	85.0	1.2	7.50	5.50	621	70.0	1.1	7.50	5.50	756	57.5	1.0	83%
	25	6.00	4.50	497	68.0	1.2	5.50	4.00	553	56.0	1.1	5.00	3.70	612	46.0	1.1	80%
	30	7.50	5.50	721	56.7	1.0	5.50	4.00	642	46.7	1.2	6.00	3.70	852	38.3	1.0	78%
	40	6.00	4.50	744	42.5	1.0	4.00	3.00	602	35.0	1.2	4.00	3.00	733	28.8	1.1	75%
	50	4.00	3.00	585	34.0	1.0	3.00	2.20	533	28.0	1.2	3.00	2.20	649	23.0	1.1	71%
	60	3.00	2.20	511	28.3	1.1	3.00	2.20	621	23.3	1.0	2.00	1.50	504	19.2	1.3	69%
80	2.00	1.50	438	21.3	1.2	2.00	1.50	532	17.5	1.0	1.50	1.10	485	14.4	1.2	66%	

Figura 79. Seleção do Motorreductor. Fonte: Geremia Redutores LTDA (2013).

5.2.4.6 ROLAMENTOS SUPERIORES

Os rolamentos superiores foram selecionados, não por sua capacidade de carga, mas sim pelo diâmetro interno, visto que o eixo do motor possui diâmetro de 42 mm e que, para a forma de fixação idealizada pela equipe, faz-se necessário o uso de uma camisa sobre o eixo. O valor da carga suportada por cada rolamento deve ser de 150 kgf, com o coeficiente de segurança 7, a carga suportada deve ser de 10,3 kN. O rolamento adequado selecionado foi o modelo de esferas, NSK, 6113zzc3 (NSK, 2013).

5.2.5 RESUMO DOS DIMENSIONAMENTOS

Após serem calculados todos os componentes mecânicos mais importantes do elevador, segue a Tabela 14 com os resultados obtidos. Todos os componentes, com exceção das molas e das sapatas, utilizam aço ABNT 1020.

Tabela 14. Resultados Obtidos

Componente	Qtde.	Material	Medidas gerais	Espessura
Cadeira	1	Chapa	---	1,2 mm
Estrutura cadeira	1	Tubo retangular	20 x 40 mm	1,2 mm
Plataforma	1	Chapa	---	3,6 mm
Estrutura da plataforma	1	Tubo quadrado	63,5 x 63,5 mm	1,9 mm
Viga de suspensão	1	Viga "U"	101,6 x 50,8 mm	6,35 mm
Cabo de ascensão	2	Cabo com alma de fibra	Diâmetro ¼"	---
Tambor de enrolamento	1	---	Diâmetro 260 mm	---
Trilho-guia	2	Tubo	Diâmetro 50 mm	4 mm
Sapata de freio	4	---	Amplitude 98° Raio interno 25 mm	8 mm esp. 100 mm comp.
Mola de freio	4	---	Comp. 232 mm Diâmetro 35 mm 20 espiras	Diâmetro de arame 4,5 mm
Pino-guia de mola de freio	4	Barra laminada	Diâmetro 30 mm	---
Suporte do freio	---	Chapa	---	12,7 mm
Suporte do motorreductor	2	Viga "I"	3"	4,32 mm

Viga externa	2	Viga "U"	101,6 x 50,8 mm	3,175 mm
Motorreductor	1	---	485 Nm 14,375 rpm	---
Rolamentos	8	SKF 61913	---	---

Os desenhos das peças, com todas as dimensões finais, podem ser vistos no Apêndice C.

5.3 INSTALAÇÃO

A equipe direcionou o projeto para as residências já construídas. Isto traz inúmeras restrições à instalação do produto, cujas peças devem ser capazes de serem locomovidas para dentro da residência. Para resolver este problema, a equipe decidiu por uma construção modular, na qual, as peças que definem a largura do elevador são levadas em separado. Assim, cada viga externa é montada individualmente. Posteriormente, cada trilho é parafusado à respectiva estrutura e cada estrutura lateral da plataforma é posicionada. Por último, as travessas frontais da plataforma são parafusadas em cada estrutura lateral, as vigas de suporte do motorreductor são parafusadas, a plataforma é parafusada, e a cadeira é fixada na plataforma. A figura 80 ilustra os componentes separadamente.



Figura 80. Conjunto cadeira elevatória explodido.

5.4 OPERAÇÃO, SEGURANÇA E CONTROLE DE ACESSO

Para o painel de comando, optou-se por utilizar a chave reversora modelo CR603 do fabricante Margirius (MARGIRIUS, 2007). Essa chave é de simples operação e fácil instalação, sendo necessário apenas um novo painel serigrafado onde, ao invés dos comandos direita e esquerda, ficariam os comandos sobe e desce. O painel de comando fica localizado na plataforma, porém, separado da cadeira de elevação, pois em caso de necessidade de transportar apenas objetos, a cadeira pode ser facilmente removida, retirando-se quatro porcas do tipo borboleta que fixam a cadeira à plataforma. A Figura 81 mostra a localização dos comandos do sistema.

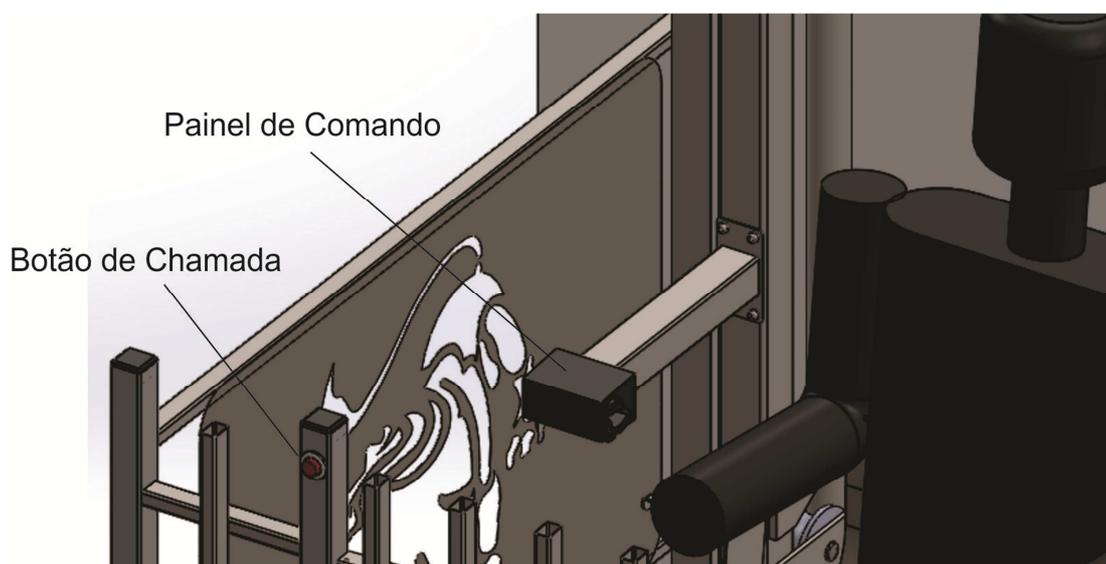


Figura 81. Comandos do dispositivo.

Na parte externa da estrutura, localiza-se também outro botão de comando, denominado botão de chamada. Esse botão tem por finalidade trazer a plataforma quando a mesma estiver no outro piso. Vale lembrar que esse botão só atingirá seu objetivo caso os botões *pushbutton* localizados nos portões de acesso estiverem pressionados.

Nos portões de acesso à cadeira de elevação, será instalado um interruptor do tipo *pushbutton*, fabricado pela empresa brasileira Margirius, conforme Figura 82. O sistema só pode ser acionado quando todos os botões estiverem acionados, ou seja, se algum dos portões de acesso estiver aberto, o sistema não funciona.



Figura 82. Modelo de *pushbutton*. Fonte: Margirius (2007)

5.4.1 EMISSOR E RECEPTOR A LASER

Analisou-se também outro dispositivo de segurança, que consiste em produzir uma cabine de protetora através de emissores de laser. Esses emissores devem ser colocados na laje superior, junto ao motor de acionamento, os espelhos refletores ficam instalados no piso inferior, ao redor da plataforma. Qualquer interrupção dos raios, ou seja, se o passageiro ultrapassar os limites da plataforma, fará com que o sistema seja desligado. Dispositivos semelhantes são utilizados em máquinas operatrizes, para proteção do operador em partes móveis, que trazem riscos de acidentes.

Para uma versão futura do produto, pode ser estudado um sistema físico, que venha a substituir a barreira a laser na função de impedir o usuário de se posicionar fora da área segura do elevador.

5.4.2 PROTEÇÃO DOS CABOS DE SUSPENSÃO

Um dos fatores que trazem grande risco para o usuário é o chicoteamento dos cabos de suspensão. Para o presente projeto, outras concepções foram abordadas de forma mais aprofundada e é necessário um estudo mais detalhado para este problema.

5.5 ANÁLISE DE FALHAS

Em um sistema de elevação, a manutenção torna-se um importante aspecto, devido aos riscos associados à sua operação. Segundo Lafraia (2001), a análise de modos e falha e efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis – FMEA*) tem por objetivo

se prever, de forma estruturada e lógica, causas de falhas no sistema, suas conseqüências, grau de severidade e de risco e ações preventivas e corretivas a serem tomadas.

Segundo Lafraia (2001), *modo de falha* é a maneira pela qual ocorre a falha de um componente, ou seja, descrevem-se os eventos que resultam na incapacitação do componente a executar a sua função concebida, com os parâmetros de desempenho pré-estabelecidos. O autor também aponta para a necessidade de se distinguir entre FMEA de projeto e FMEA de processo, pois nestes dois âmbitos, é possível que uma mesma conseqüência de falha tenha causas completamente distintas.

A equipe elaborou uma FMEA de projeto do sistema de elevação, com base no que é proposto por Lafraia (2001) e Viana (2002). Foi gerada a Tabela 15, em que cada coluna registra, para cada componente, os seguintes itens:

1. Número do item;
2. Descrição do componente;
3. Funções do componente;
4. Modo de falha do componente;
5. Causas do modo de falha;
6. Conseqüências da falha;
7. Modos de detecção;
8. Índice de gravidade da falha (IG – 0 a 10);
9. Índice de probabilidade de ocorrência (IP – 0 a 10);
10. Índice de detectabilidade (ID – 0 a 10, quanto maior, mais difícil de detectar);
11. Índice de risco ($IR = IG \cdot IP \cdot ID$);
12. Ações preventivas e corretivas.

Constata-se, pela FMEA, que o sistema de freio constitui o item mais crítico do sistema de elevação, requerendo inspeções periódicas e substituição de componentes. Em segundo lugar, está o motorreductor e o tambor, em especial o seu suporte, que em caso de ruptura, provoca a queda de todo o sistema. Por isso, seu dimensionamento deve ser o mais seguro possível e, se necessário, deve haver substituição periódica do suporte. Deve-se também realizar manutenção periódica do motorreductor, com troca de lubrificante, inspeção de gaxetas e retentores e outros itens.

Tabela 15: Análise de modos de falha do sistema de elevação.

N.	Descrição	Funções	Modo de Falha	Causas	Conseqüências da falha	Modos de detecção	IG	IP	ID	IR ⁷	Ações preventivas / corretivas
1	Motorreductor	Deslocar o elevador Prover a correta velocidade Manter o elevador na posição quando desligado	Ausência de energia(1); Vazamento de lubrificante do redutor (2); Lubrificante contaminado ou expirado (3); Quebra de engrenagem no redutor(4); Quebra de mancais no motor ou no redutor(5);	(1): Ausência de energia na residência (1): Ligação elétrica sub-dimensionada (2): Má vedação dos retentores do redutor; (2) e (3): Abertura na carcaça do redutor (4) e (5): Motorreductor subdimensionado (4) e (5): Motorreductor sobrecarregado	(1): Elevador não se desloca (4) e (5): Motor gira em velocidade superior à especificada em descida (1), (2) e (3): Motor gira em velocidade inferior à especificada em subida (4) e (5): O elevador desce com o motor desligado (2): Contaminação da residência com lubrificante	(1): verificação do funcionamento de outros equipamentos; (1): Medição de tensão de entrada em funcionamento; (2): Verificação de ponto de acúmulo de lubrificante; (3): Verificação de ruído e vibração durante o funcionamento; (4) e (5): Verificação de vibração (2), (3), (4) e (5): medição da velocidade de deslocamento	(1): 7 (2): 5 (3): 3 (4):9 (5):8	(1):3 (2):2 (3):4 (4):1 (5):2	(1):2 (2):2 (3):6 (4):5 (5):5	(1): 42 (2): 20 (3): 72 (4): 45 (5):80	(1):Verificar capacidade energética da residência (1): Fazer correto dimensionamento elétrico (2): Verificar e substituir retentores e gaxetas (2) e (3): Substituir lubrificante após X horas de trabalho (4) e (5): Informar capacidade máxima de carga (4) e (5): Substituir engrenagem após N ciclos de trabalho (4) e (5): Substituir mancal após N ciclos de trabalho (4) e (5): Redimensionar o motorreductor
2	Trilho-guia	Manter o curso do elevador em operação normal Sustentar o elevador em caso de parada de emergência	Ruptura das flanges(1) Atrito entre o trilho e as roldanas durante o funcionamento normal(2) Ausência ou insuficiência de atrito na parada de emergência(3) Excesso de deflexão durante operação normal(4)	(1) e (4): trilhos sub-dimensionados (1), (3) e (4): Sobrecarga (2) e (3): Excesso de sujeira nos trilhos (3) Presença de agente lubrificante no trilho (3) Insuficiência de rugosidade	(1) e (3): Queda do elevador (1) e (4): Travamento do elevador (2): Elevador sobe com velocidade inferior à especificada	(1) e (4): medição da deflexão dos trilhos durante o funcionamento (2) e (3): Inspeção visual nos trilhos	(1): 10 (2): 5 (3): 10 (4): 7	(1): 2 (2): 6 (3): 5 (4): 3	(1): 3 (2): 2 (3): 5 (4): 8	(1): 60 (2): 60 (3): 250 (4): 168	(1), (3) e (4): Informar capacidade máxima de carga (1) e (4): Redimensionar trilhos (2) e (3): Fazer limpeza dos trilhos; (3): Aumentar a rugosidade dos trilhos
3	Sistema de freio	Manter as sapatas distantes dos trilhos	Ruptura do cabo de gatilho(1)	(1) e (2): Cabo sub-dimensionado	(1) e (2): Frenagem indevida do elevador	(1): verificação de arames rompidos	(1): 6	(1): 2	(1): 4	(1): 48	(3): Informar capacidade máxima de carga

⁷ São considerados críticos, requerendo especial atenção, índices de risco maiores que 90.

		em operação normal	Sapata encosta no trilho em operação normal(2)	(3): Relaxação da mola (3): Presença de agente lubrificante nas sapatas	(2): Redução da velocidade de funcionamento (3): Queda do elevador (4): Enfraquecimento dos trilhos	(1) e (2): medição da distância entre as sapatas e os trilhos (3) e (4): Inspeção visual das sapatas (3): Medição da espessura da borracha das sapatas	(2): 3 (3): 10 (4): 6	(2): 3 (3): 6 (4): 5	(2): 3 (3): 5 (4): 2	(2): 27 (3): 300 (4): 60	(1) e (2): redimensionar o cabo de gatilho (3): Substituir a mola após X horas de trabalho (3) Redimensionar sapatas e molas (4) Retirar corpos estranhos (4) Substituir trilhos após atingir estado crítico de desgaste
4	Tambor	Deslocar o elevador Suportar o elevador Recolher e liberar o cabo de ascensão;	Quebra do suporte do tambor(1); Quebra de eixo ou mancais(2); Tambor embola os cabos de ascensão(3); Tambor provoca ruptura dos cabos de ascensão(4);	(1): Suporte sub-dimensionado (1) e (2): Sobrecarga (1) e (2): Fadiga (2): Eixo sub-dimensionado (2): Fim da vida útil dos mancais (2): Perda de lubrificação (3): Deformação dos veios de acomodação (4): veios de acomodação com raio incorreto (4): presença de arestas cortantes nos veios (4): Excesso de atrito entre os cabos e o tambor;	(1) e (2): Queda do tambor e do motorreductor (1), (2) e (4): Queda do elevador (3): desgaste dos cabos de ascensão (3): travamento do elevador	(1): Verificação da deflexão do suporte durante o funcionamento (1) e (2): Verificação da presença de trincas (3): Verificação de solavancos no movimento do elevador; (3) e (4): Verificação de arames rompidos nos cabos	(1): 10 (2): 9 (3): 7 (4): 9	(1): 3 (2): 3 (3): 5 (4): 4	(1): 7 (2): 8 (3): 2 (4): 4	(1): 210 (2): 216 (3): 70 (4): 144	(1): Informar capacidade máxima de carga (1): Substituir suporte após N ciclos de trabalho (1): Redimensionar o suporte (2): Substituir eixo após N ciclos de trabalho (2): Redimensionar o eixo (3): Definir a correta profundidade dos veios de acomodação (4): arredondar as arestas dos veios de acomodação (4): Refazer a lubrificação do tambor após X horas de trabalho
5	Cabo de ascensão	Suportar o elevador	Ruptura	Cabos sub-dimensionados Excesso de atrito	Queda do elevador	Verificação de arames rompidos Verificação de oscilação na	8	3	4	96	Informar capacidade máxima de carga Redimensionar os cabos

				entre os cabos e o tambor Presença de arestas cortantes Sobrecarga		parada do elevador					Refazer a lubrificação após X horas de trabalho Eliminar arestas cortantes
6	Roldana	Manter o elevador alinhado aos trilhos-guia Eliminar o atrito entre o elevador e o trilho-guia Sustentar o elevador durante a parada de emergência	Quebra(1) Quebra de mancal(2) Quebra de eixo(3) Excesso de atrito(4)	(1), (2) e (3): Sobrecarga (1): Fim da vida útil (2): Fim de vida do mancal (3): Fadiga (4): Fim da vida útil de roldana ou mancal (4): Perda de lubrificação (4): Presença de corpo estranho	(1), (2) e (3): desprendimento do elevador dos trilhos (3) Queda da roldana (4): Redução da velocidade de funcionamento em relação ao especificado	(1), (2) e (3): Verificação de trincas (2) e (4): Verificação de ruído e vibração (4): Inspeção visual das roldanas	(1): 8 (2): 8 (3): 9 (4): 4	(1): 3 (2): 3 (3): 2 (4): 6	(1): 6 (2): 5 (3): 7 (4): 4	(1): 144 (2): 120 (3): 126 (4): 144	(1), (2) e (3): Informar capacidade máxima de carga (1) e (4): Retirar corpos estranhos (1), (2) e (4): Substituir roldana e mancal após N ciclos de trabalho (3): Redimensionar o eixo
7	Chave reversora	Acionar e desligar o elevador Selecionar o sentido de movimento do elevador	Travamento da chave(1) Mau contato(2) Ligação elétrica incorreta(3)	(1) e (2): Presença de sujeira (3): Elevador se desloca no sentido errado (2): Movimento intermitente do elevador	(1) e (2): Elevador não aciona (3): Elevador se desloca no sentido errado (2): Movimento intermitente do elevador		(1): 5 (2): 5 (3): 6	(1): 4 (2): 6 (3): 2	(1): 5 (2): 4 (3): 2	(1): 100 (2): 120 (3): 24	(1) e (2): Substituir chave (3): Corrigir a ligação elétrica
8	Pushbutton	Bloquear o funcionamento do elevador quando não pressionado Liberar o acionamento do elevador quando pressionado	Pushbutton trava em posição liga(1) Pushbutton trava em posição desliga(2) Mau-contato(3)	(1), (2) e (3): Presença de sujeira ou corpo estranho (1), (2) e (3): fim da vida útil do componente	(1): Elevador funciona com cercado aberto (2): Elevador não funciona com cercado fechado (3): Elevador tem funcionamento intermitente	Inspeção visual no componente Medição de resistência elétrica	(1): 7 (2): 4 (3): 6	(1): 6 (2): 6 (3): 5	(1): 2 (2): 2 (3): 4	(1): 84 (2): 48 (3): 120	Retirar corpos estranhos Substituir componente

6 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO E VALIDAÇÃO DO PROJETO

A construção do protótipo constitui o último passo no processo de desenvolvimento de um produto. Tem a finalidade principal de aplicar fisicamente os resultados dos projetos conceitual, preliminar e detalhado, e avaliar estes, segundo os critérios da especificação de projeto. Neste capítulo, descreve-se o processo de manufatura do protótipo, e comparam-se as peças fabricadas com seus respectivos modelos CAD. Descrevem-se, também, os testes realizados sobre o protótipo para fins de, primeiramente, validar a função global e a estrutura funcional e, por último, validar o protótipo em relação à especificação de produto.

A equipe optou por trabalhar com prova de conceito, testando a resistência do dispositivo com relação subida e descida, e o dispositivo de frenagem, em caso de ruptura dos cabos. Optou-se também por trabalhar com um modelo em escala reduzida de 1:2, por tratar-se de uma escala normalizada, por reduzir consideravelmente os custos da manufatura do protótipo, e por ser suficiente para a prova de conceito.

6.1 ESTRATÉGIAS DE MANUFATURA

No contexto deste trabalho, não houve uma preocupação com a eliminação dos cantos vivos, haja vista que trata-se de uma prova de conceito.

O protótipo foi fabricado na empresa 3S Artefatos Metálicos Ltda, sob a responsabilidade de um dos integrantes da equipe de desenvolvimento. Foi realizada toda a fabricação e montagem mecânica do dispositivo, áreas sobre as quais os integrantes da equipe possuem domínio. Foram empregados os seguintes processos de fabricação:

- a) Corte e soldagem dos tubos da cadeira;
- b) Corte e soldagem das sapatas da cadeira na estrutura tubular (ver Figura 83);
- c) Corte da chapa da plataforma;
- d) Corte e soldagem dos tubos das estruturas da plataforma (ver Figura 84);
- e) Corte e soldagem das chapas de mão francesa da estrutura;

- f) Corte da viga de suspensão;
- g) Corte dos trilhos-guia;
- h) Corte, dobra e soldagem das chapas e vigas da estrutura externa;



Figura 83: Estrutura da cadeira do protótipo



a) Soldagem da Estrutura da Plataforma



b) Plataforma parcialmente fabricada

Figura 84: Etapas da Manufatura da Plataforma.

- i) Corte, usinagem e soldagem dos eixos de freio;
- j) Corte, dobra, furação e soldagem do mancal do tambor;

- k) Corte, soldagem e usinagem do eixo e do tambor (ver Figura 86);
 l) Aquisição do motorreductor, das roldanas e das molas de freio (ver Figura 87);



Figura 85: Etapas da manufatura da extrutura externa.



Figura 86: Eixo e tambor fabricados.

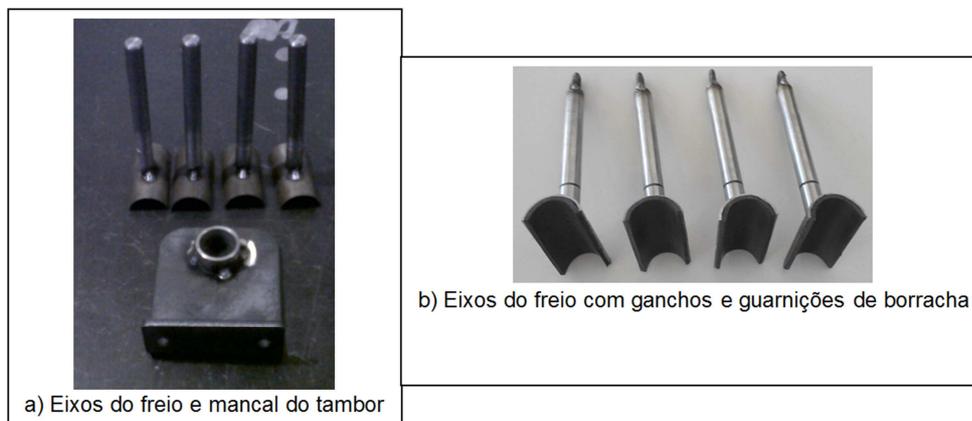


Figura 87: Componentes do sistema de frenagem.

A plataforma foi projetada de forma que cada estrutura lateral seja soldada. A seguir, as duas estruturas laterais são parafusadas a travessas distanciadoras de largura, que também são utilizadas para a fixação do eixo acionador dos freios. Para o protótipo e sua respectiva prova de conceito, a equipe considerou que as fixações soldadas possuem maior praticidade e agilidade, sem alterar o sistema como um todo, portanto as travessas de ligação foram soldadas.

Após a fabricação dos subconjuntos, procedeu-se a montagem, obedecendo-se os seguintes passos:

- a) Parafusamento da viga do suporte do motorreductor nas estruturas externas laterais;
- b) Parafusamento dos trilhos-guia nas estruturas externas laterais (ver Figura 88);



Figura 88: Estrutura externa com os trilhos-guia e o suporte do motorreductor fixados.

- c) Ligação elétrica do motorreductor por meio de disjuntor trifásico;
- d) Posicionamento do motorreductor e do tambor na estrutura externa (ver Figura 89);



Figura 89: Fixação do motorreductor no suporte.

- e) Posicionamento da estrutura externa e respectiva fixação na parede (ver Figura 90);



Figura 90: Estrutura externa fixada na parede.

- f) Parafusamento da plataforma na sua estrutura;
- g) Soldagem da viga de suspensão na estrutura da plataforma;
- h) Soldagem dos olhais na viga de suspensão;
- i) Montagem das roldanas anteriores em seus suportes;
- j) Montagem das molas, arruelas, anéis elásticos e cabos dos freios (ver Figura 91);



Figura 91: Um dos sistemas de freio montados.

- k) Montagem dos cabos de aço nos olhais da viga de suspensão;
- l) Posicionamento do carro de elevação nos trilhos-guia;
- m) Montagem das roldanas posteriores;
- n) Armação do sistema de freio;
- o) Enrolamento dos cabos de aço no tambor.

A Figura 92 apresenta um comparativo entre a alternativa derivada do projeto preliminar e o resultado obtido na fabricação da plataforma. Pode-se observar que o produto fabricado ficou semelhante ao modelo projetado, e que os dispositivos puderam ser implementados da maneira como foram concebidos, possibilitando, assim, a realização da prova de conceito proposta. Uma observação feita no protótipo foi de que a chapa de acionamento do freio, que foi projetada para ser

soldada, deve ser parafusada para possibilitar a montagem. O desenho do acionamento do freio, com a correção efetuada, pode ser observado no Apêndice C.

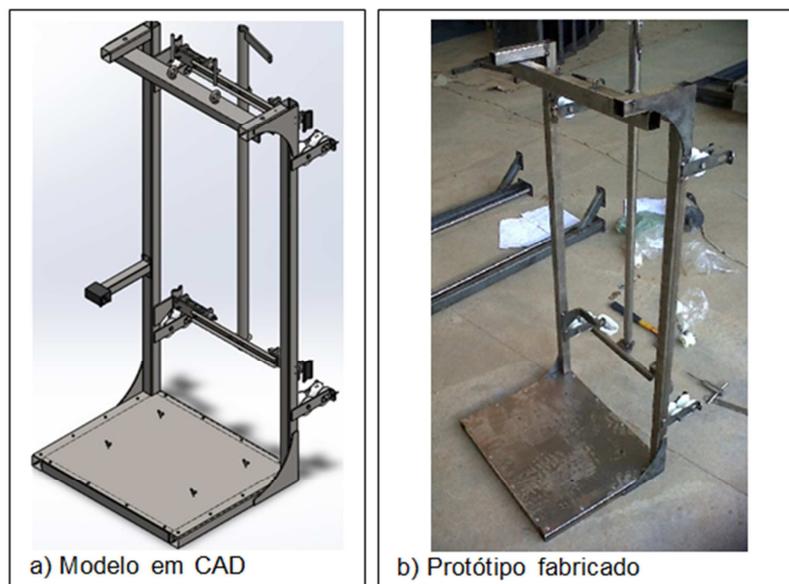


Figura 92: Comparativo entre modelo CAD da plataforma (a) e o protótipo (b).

Por sua vez, a Figura 93 contém o modelo em CAD do conjunto final (ver Figura 93-a) e o protótipo manufaturado (Figura 93-b).



Figura 93: Comparativo entre modelo CAD e protótipo completo.

Os comandos elétricos não foram implementados nesta fase, devido a dificuldades e restrições para a aquisição de material de difícil instalação (e.g. transmissores laser), e conhecimento em áreas que não se encontram no escopo do curso. O acionamento do motorreductor se deu por ligação trifásica, através de um disjuntor. Para se obter a reversão da rotação, a ligação de duas das três fases era invertida.

As proteções (grades) do produto foram desconsideradas, bem como dispositivos de segurança para o usuário e sensores de fim de curso no protótipo, pois o objetivo era o teste de conceito, onde a equipe teve como diretriz, avaliar capacidade de carga e a capacidade de frenagem do sistema.

Após a montagem do protótipo, foram realizados os testes de capacidade de carga e de funcionamento do freio de segurança, para fins de se validar o mecanismo de acionamento, bem como os cálculos realizados. As funções relacionadas a controle de acesso, detecção de obstrução de passagem e de chamada, que dependiam da instalação dos comandos elétricos, não foram avaliadas.

6.3 TESTE DE CAPACIDADE

O primeiro teste realizado foi o de capacidade de carga, no qual, o protótipo, deveria ser capaz de funcionar normalmente portando 50 kgf de carga.

A plataforma móvel, após instalada, recebeu um carregamento de materiais de construção embalados, totalizando 50 kgf. Em seguida, foram realizados, com sucesso, deslocamentos ascendentes, e descendentes. Durante a descida, a plataforma pode descer até 70 mm do chão. Ao se encostar a plataforma no chão, porém, ocorre a soltura dos cabos. Isto ocorreu devido à forma simples com que os cabos foram presos ao tambor e, também, porque não foi implementado o sensor de fim de curso na base do sistema. Durante a subida, o dispositivo pode se elevar até 1,3 m, o que em escala real, resultaria em um deslocamento de 2,6 m, atendendo, assim, à maioria das residências. O elevador se deslocou a uma velocidade aproximada de 0,1 m/s, a partir motorreductor de 17 rpm acionando um tambor de 100 mm de diâmetro.

Devido a não conformidades na fabricação do protótipo, ocorreu a geração de ruídos (derivados de atritos diversos) durante os percursos de subida e descida. Porém, estes não afetaram o funcionamento do sistema. Nas figuras 93 e 94, são apresentados os limites mínimo e máximo de elevação obtidos com o protótipo.



Figura 94. Limite inferior de deslocamento.



Figura 95. Limite superior de deslocamento.

6.4 TESTE DO FREIO DE SEGURANÇA

Este dispositivo tem a função de atuar em caso de emergência, e necessitava de um teste exclusivo, para que se validasse o princípio de solução adotado para esta função.

Neste teste, a plataforma móvel foi carregada com 50 kgf de materiais de construção dispostos em embalagens. A plataforma móvel foi deslocada até uma altura próxima da máxima e, então, os cabos foram cortados. Em seguida, foi verificado se o sistema funcionou corretamente, e foi medido o deslocamento que o elevador sofreu durante a frenagem. Os resultados obtidos foram:

- a) Ao se cortar o primeiro cabo, o protótipo falhou em desarmar o sistema de freio, como era previsto, pois a presilha do cabo de acionamento fez com que o eixo de acionamento continuasse na posição de desarme, porém, sabe-se que no produto fabricado na escala normal esse problema não ocorreria. A segurança, porém, não foi comprometida, visto que o segundo cabo continuou sustentando o peso do elevador.
- b) Cortando-se o segundo cabo, o sistema de freio se desarmou, travando o elevador. Após o desarme do freio, o carro apresentou um deslocamento de cerca de 30 mm. Ocorreu, porém, um efeito indesejado de chicoteamento dos cabos de suspensão. Logo, o tambor deverá receber uma cobertura que impossibilite que o cabo alcance grandes distâncias.

Nas figuras 95 e 96, pode ser visto um dos eixos de freio nas posições acionada e não acionada.



Figura 96. Posição do freio não acionado.



Figura 97. Posição do freio acionado.

6.5 ORÇAMENTO

Um fator que sempre foi destacado pelo usuário, como algo fundamental para a aquisição de um equipamento para deslocamento vertical em residências, foi o preço final do equipamento. Portanto, após o término do projeto, a equipe decidiu por orçar todo o produto final, em escala real, para chegar em um preço final e verificar se esse valor está compatível com os requisitos do cliente.

O orçamento foi elaborado na mesma planilha que é utilizada pela Metalúrgica 3S para orçar os produtos fabricados no seu cotidiano. As planilhas podem ser examinadas no Apêndice D, onde foram orçados a cadeira estofada, plataforma de elevação, estrutura externa e as grades de proteção, respectivamente.

Para a obtenção do preço final, a equipe optou pelo sistema de *Mark Up*⁸, onde o custo total do produto é multiplicado por um fator, e o resultado da multiplicação já é o preço que será praticado para a venda do produto. Os valores de impostos já são considerados no fator de multiplicação. A Metalúrgica 3S costuma trabalhar com um *Mark Up* igual a 1.6, e a equipe decidiu por manter esse fator. Vale lembrar que, um *Mark Up* de 1.6 não significa lucro de 60%, para determinar o lucro na venda de um produto, muitos outros fatores devem ser definidos, como por exemplo os impostos creditados, os impostos incidentes, armazenamento, logística,

⁸ O *Mark Up* é um multiplicador aplicado sobre o custo de um bem ou serviço para a formação do preço de venda. Esse multiplicador é obtido através de uma fórmula que insere os impostos sobre venda, despesas financeiras, comissões sobre as vendas, despesas administrativas, despesas de vendas, outras despesas e a margem de lucro desejada (FLUXO DE CAIXA, 2013).

comissões entre outros. Porém, segundo a Metalúrgica 3S, 1.6 é uma margem compatível com o mercado para o qual o produto se destina.

Conforme as planilhas mencionadas, os valores finais são:

- a) Cadeira Estofada: R\$ 128,84;
- b) Plataforma de Elevação: R\$ 1.043,22;
- c) Estrutura Externa: R\$ 3.186,61;
- d) Grades de Proteção: R\$ 586,56.

Outros itens que também devem fazer parte do custo do produto:

- e) Instalação: R\$ 1.200,00;
- f) Cortina de Segurança a Laser: R\$ 3.500,00.

Somando-se os custos, chega-se num valor total igual a R\$ 9.645,23, que multiplicado pelo fator *Mark Up*, resulta num valor final para o produto de 15.432,37, valor que foi considerado satisfatório pela equipe, visto que, nas entrevistas realizadas com os clientes, percebeu-se que valores próximos a R\$ 15.000,00 são vistos como muito atrativos para a aquisição do presente produto.

6.5 VALIDAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO

Com os testes sobre o protótipo finalizados e o cômputo dos valores financeiros realizado, é possível agora verificar se a concepção proposta atinge os requisitos de projeto, estabelecidos no capítulo 3. A Tabela 16 apresenta o comparativo entre os requisitos de projeto e os parâmetros obtidos no protótipo.

Tabela 16: Comparativo entre requisitos de projeto e resultados do protótipo.

Requisito	Resultado Esperado	Tendência Esperada	Resultado Obtido	Avaliação
Preço	R\$ 15000,00	↓	R\$15432,37	
Peso	3000kgf	↓	Não avaliado	
Opções no painel de comando	Cinco	↓	Projeto: três Protótipo: Não avaliado	

Itens de acabamento residencial	Maior possível	↑	Projeto: Cerca com acabamento personalizado; Protótipo: Nenhum	
Dispositivos de emergência	Maior possível	↑	Projeto: - Freio de segurança - Bloqueio com abertura do cercado - Sensor de obstrução a laser - Sensor de fim de curso Protótipo: Freio de segurança funcional	
Suporte de carga	100kgf	↑	Protótipo em escala 1:2 suportou 50 kgf	
Obras para adaptação do dispositivo	Menor possível	↓	Projeto: Abrir alçapão na laje da residência; Fazer acabamento na abertura; Reforçar o alçapão com uma viga de amarração; Na pior hipótese, construir uma coluna extra para suportar a laje. Protótipo: Não avaliado, pois o protótipo não foi construído em uma residência.	
Tempo de	48 horas	↓	Protótipo montado e	

instalação			instalado em 48 horas.	
Número de cantos vivos	Zero	-	Protótipo: Nas áreas destinadas aos usuários, o número de cantos vivos é bastante reduzido, e não foram detectados pela equipe, riscos de ferimentos ao usuário.	
Área de entrada e saída	Largura 800mm Altura 2100mm	↑	Atendido.	
Nível de ruído	50dB	↓	Não avaliado	

Conclui-se que, em relação às funções mecânicas, o protótipo atendeu às especificações de projeto, sendo capaz de operar normalmente com 50 kgf de carga. Por sua vez, o freio de segurança se mostrou capaz de não permitir a queda do carro com o corte dos cabos, apesar de não ter corretamente desarmado ao se cortar um cabo. Pode-se concluir que esta falha ocorreu devido a não conformidades de fabricação, comuns ao se tratar de um protótipo.

As especificações referentes aos comandos de chamada, controle de acesso, bloqueio de funcionamento não puderam ser avaliadas, pois não foram implementadas no protótipo. Em uma etapa posterior, estes comandos deverão ser instalados e testados em relação a sua funcionalidade.

A avaliação geral é de que o protótipo atendeu às expectativas e a prova de conceito pode ser feita de forma satisfatória.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 CONCLUSÕES

A crescente valorização do solo e a conseqüente verticalização dos espaços urbanos, desde construções comerciais até as residências, tem tornado o mercado dos sistemas de elevação cada vez mais demandado. Somando-se a isto, o envelhecimento da população brasileira demonstra a eminente necessidade de se criar sistemas de auxílio ao deslocamento vertical, de pessoas e cargas, entre pavimentos.

Diante deste cenário, a equipe de desenvolvimento focou o seu trabalho nas residências unifamiliares já construídas, com o objetivo de prover um sistema capaz de atender às necessidades de seus moradores, em especial idosos. Foi realizada uma extensa pesquisa a respeito dos recursos existentes que realizam trabalhos de deslocamento vertical. Em seguida, caracterizou-se o potencial cliente, bem como a residência alvo, a casa unifamiliar de dois ou mais pavimentos. Levantaram-se, também, as soluções já disponibilizadas pelo mercado para atender a este problema.

Com estas informações obtidas, um produto foi especificado, com requisitos a serem atingidos de acordo com as necessidades verificadas através dos potenciais clientes. Confirmou-se a hipótese levantada pelos integrantes da equipe, de que o custo de aquisição tem sido o principal fator impeditivo para a popularização de sistemas de elevação em residências. Outro fator importante verificado, foi a ocupação indesejada de espaço físico. Todavia este se mostrou menos relevante do que o fator custo.

Foi realizada uma análise de todas as funções que o produto deveria implementar. Em seguida, 14 concepções de produto foram geradas pelo processo de *brainstorming*. Com base nas funções descritas na etapa anterior e na especificação de produto, as 14 concepções foram avaliadas para que uma solução fosse escolhida para ser refinada.

Uma vez desenvolvido o conceito, foi realizado o projeto preliminar, onde as partes do produto foram dimensionadas e formalizadas. Grande quantidade de

conhecimento técnico foi aplicada em dimensionamentos, tarefa que, por determinações de norma, torna-se crucial para este tipo de produto.

Por fim, foi construído um protótipo e, com este, foram avaliados principalmente o funcionamento mecânico e o comportamento estrutural do sistema. Através dos testes do protótipo, verificou-se que este atendeu à maioria dos requisitos de projeto. Suportou, em funcionamento, à carga prevista, e foi capaz de impedir a queda no evento de ruptura dos cabos.

Com o protótipo, foi possível se validar muitos dos princípios de solução adotados para este produto. Por exemplo, a estrutura auto portante se mostrou um conceito correto, pois minimiza o número de alterações a serem realizadas na residência. Isso pode ser percebido através dos eventos ocorridos durante a fixação do protótipo. Em segundo lugar, o princípio de solução adotado para o sistema de freio se mostrou funcional, atuando efetivamente da maneira como foi concebido. Por fim, os dimensionamentos realizados foram validados, visto que a plataforma móvel se mostrou capaz de suportar toda a carga prevista, sem apresentar qualquer deformação durante os testes.

Com este trabalho, muitos aprendizados foram colhidos. Em especial, os conceitos de mecânica geral e mecânica dos sólidos foram amplamente revistos. Além disso, com a construção do protótipo, foi possível conhecer as particularidades inerentes aos processos de fabricação, principalmente o processo de soldagem, que foi aplicado na maioria dos componentes. Pode-se notar, também, o impacto da maneira como se conduz a pesquisa prévia sobre o resultado final da concepção de um produto, o que pode ser concluído ao se fazer uma reflexão final sobre o projeto conceitual.

Com o projeto do sistema de elevação, e com a construção e os testes do protótipo, foi alcançado o objetivo de se desenvolver um produto, para o problema da movimentação vertical de pessoas em residências unifamiliares, que venha a interessar ao mercado imobiliário. Da mesma forma, foram atingidos todos os objetivos específicos de levantamento do contexto geral do âmbito da elevação e movimentação vertical, e da tomada de decisão entre se desenvolver para residências já construídas ou em construção, para a qual, a equipe decidiu pela primeira opção.

7.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este desenvolvimento foi focado na situação específica de se deslocar verticalmente pessoas entre pavimentos de uma residência unifamiliar. O presente projeto pode ser aperfeiçoado, com estudos ainda mais detalhados sobre o transporte de pessoas portadoras de necessidades, como cadeirantes, feridos, especiais, e outros.

Para uma nova versão do produto, deverá ser realizado um levantamento mais exaustivo das residências já construídas, e então, deverão ser implementadas as alterações no produto, com o intuito de minimizar ainda mais as adaptações civis na residência. Por fim, as funções de controle e automação deverão ser implementadas, visto que não foram utilizadas neste protótipo.

Sugere-se, para futuros trabalhos, a exploração destes e de outros nichos de mercado, verificando as melhores soluções para cada situação específica, Assim como, explorar os sistemas de movimentação vertical, de modo que cada vez mais, novas formas de se movimentar pessoas e cargas possam per concebidas. Sugere-se, também, que seja realizado um trabalho exclusivo em desenvolvimento de dispositivos de segurança para elevadores, ou mesmo para outros fins.

8. REFERÊNCIAS

AGS. **Elevadores e componentes**. 2012. Disponível em: <<http://www.agselevadores.com.br/>>. Acesso em: 12/10/2012.

ALVES, Milton Guimarães. **Posts à beira-mar**. 2011. Disponível em: <<http://postsabeiramar.blogspot.com.br/2011/09/uma-viagem-pelos-mais-famosos.html>>. Acesso em: 11/09/2012.

ANSAY, Samuel Soares. **Mecânica dos sólidos 1**. Curitiba: UTFPR, 2010. Notas de aula.

ARBOLEDA, Daniel Maurício Muñoz. **Implementação e simulação de algoritmos de escalonamento para sistemas de elevadores usando arquiteturas reconfiguráveis**. 128 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5748/1/2006_Daniel%20Mauricio%20Mu%C3%B1oz%20Arboleda.pdf>. Acesso em: 11/04/2012.

AUTODESK. **Gerador de molas de compressão**: fórmulas de cálculo em unidades métricas. 2013. Disponível em: <http://wikihelp.autodesk.com/Inventor/ptb/2012/Help/0073-Autodesk73/0742-Manual_d742/0888-Geradore888/0891-Gerador_891/0893-F%C3%B3rmulas893>. Acesso em: 13/07/2013.

AUXTER. **Escavadeira JCB**. Escavadeira com o melhor custo-benefício do mercado. 2012. Disponível em: <<http://www.escavadeira.com.br/>>. Acesso em: 06/01/2013.

BRASIL, Haroldo Vinagre. **Máquinas de levantamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988.

CALLISTER Jr, Willian D. **Ciência e Engenharia dos Materiais**: uma introdução. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2002.

CAMPOS, Alessandro de Souza. **O que é *light steel framing*?** 2013. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&Cod=85>>. Acesso em: 17/02/2013.

CHENG, Lin Chih; MELO FILHO, Leonel Del Rey. **QFD**: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2007.

CIVITA, Victor. **Como funciona**: enciclopédia da ciência e técnica. 2. Ed. São Paulo: Editora Abril, 1979.

CONSISTE ELEVADORES. **Conheça *Pater Noster*: um dos elevadores mais antigos do mundo**. 2012. Disponível em: <<http://www.consisteelevadores.com.br/2012/11/conheca-paternoster-um-dos-elevadores-mais-antigos-do-mundo/>>. Acesso em: 13/02/2013.

CONSTRUDÉIA. **Concreto armado**. 2012. Disponível em: <<http://construdeia.com/concreto-armado/>>. Acesso em: 17/02/2013.

DAIKEN. **Elevadores**. 2012. Disponível em: <<http://www.daiken.com.br/>>. Acesso em: 20/10/2012.

DIAS, Altamir. **Macaco eletromecânico**. 2013. Disponível em: <http://emc5301.altamir.prof.ufsc.br/projeto/projetos_semestrais/paginas/sem_20092_TA/2030_Resumo.htm>. Acesso em: 06/01/2013.

DINÂMICA. **Máquinas**. 2012. Disponível em: <<http://www.dinamicamaquinas.com.br/>>. Acesso em: 18/10/2012.

DUTRA Máquinas. **Empilhadeira Elétrica elevação 2,60 m capacidade 1.000 kg tração manual - LE1026-C –Paletans**. 2013. Disponível em: <<http://www.dutramaquinas.com.br/produtos/empilhadeira-eletrica-elevacao-2-60-m-capacidade-1-000-kg-tracao-manual-le1026-c-le1026-c>>. Acesso em: 06/01/2013.

ELASTOTEC ARTEFATOS DE BORRACHA. **Manual Técnico de propriedades e aplicações da borracha**. Disponível em <<http://www.elastotec.com.br/manual-tecnico>>. Acesso em: 22/07/2013.

EQUIPACENTER, Soluções em equipamentos. **Paleteira manual hidráulica Saur PMS 2500**. 2011. Disponível em: <http://www.equipacenter.com.br/paleteiras/paleteira_manual_hidraulica.php>. Acesso em: 06/01/2013.

FLUXO DE CAIXA. **Formação do preço de venda**. 2013. Disponível em: <http://www.fluxo-de-caixa.com/fluxo_de_caixa/preco_venda.htm>. Acesso em: 24/08/2013.

FORCELLINI, Fernando A. **Capítulo1**. Desenvolvimento de produtos e sua importância para a competitividade. 2002. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disciplinas/ProjetoDeProduto1/download/Apost%20WEG%2001%20Forcellini.pdf>>. Acesso em: 15/01/2013.

FREITAS Jr., José de Almendra. **Alvenaria Estrutural**. 2010. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/wiki/images/8/87/TC025_Alvenaria_estrutural_A.pdf>. Acesso em: 17/02/2013.

GERDAU. **Barras e perfis**. 2009. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br/produtos-e-servicos/produtos-linhas-de-produtos.aspx>>. Acesso em: 10/07/2013.

GEREMIA REDUTORES LTDA. **Linha gs**. 2013. Disponível em: <<http://www.geremiaredutores.com.br/download-pdf.php?menu=catalogo&arquivo=redutor-catalogo-linha-gs.pdf>>. Acesso em: 15/07/2013.

GRANEÍSA, Equipamentos LTDA. **Elevadores de caneca**. 2004. Disponível em: <<http://www.graneisa.com.br/canecadetalhe.html>>. Acesso em: 04/09/2012.

GRUBER, Augusto Cesar Henke. CUSTÓDIO JÚNIOR, Paulo Roberto. **Proposta de questionário para pesquisa de mercado de residências de 100 a 200 m²**. 30 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – CEFET-PR, Curitiba, 2001.

HALLSTATT PART 4. **Funicular to the salt mine**. 2013. Disponível em: <<http://www.colindaylinks.com/austria/hallstatt4.html>>. Acesso em: 07/01/2013.

HIGH GEAR. **Tirfor/Griphoist**. 2013. Disponível em: <<http://www.highgearsales.com/Tirfor21.html>>. Acesso em: 13/02/2013.

HOMELIFT. **Produtos**. 2011. Disponível em: <<http://www.homelift.com.br/elevadores.htm>>. Acesso em: 02/05/2012.

HOWS. **Funicular railways of UK**. 2013. Disponível em: <<http://www.hows.org.uk/personal/rail/>>. Acesso em: 07/01/2013.

HOWSTUFFWORKS. **Como funcionam os guindastes de torre**. 2012. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/guindastes-de-torre.htm>>. Acesso em: 11/09/2012.

HOWSTUFFWORKS. **E se você estivesse em um elevador e o cabo rompesse?** 2013. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/questao730.htm>>. Acesso em: 11/01/2013.

IBGE. **Características da População e dos Domicílios**. 2010.a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/caracteristicas_da_populacao_tab_brasil_zip.shtm>. Acesso em: 11/05/2012.

IBGE. **No Brasil, 14,5% da população são pessoas portadoras de deficiência, 2010**. 2010.b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=438&id_pagina=1>. Acesso em: 11/05/2012.

IBGE. **Nosso Povo, Características da População**. 2010.c. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/7a12/conhecer_brasil/default.php?id_tema_menu=2&id_tema_submenu=5>. Acesso em: 11/05/2012.

IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. 2010.d. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1866&id_pagina=1>. Acesso em: 05/05/2012.

IEE ENGENHARIA. **Minivator**. 2012. Disponível em: <<http://www.ieseeng.com.br/>>. Acesso em: 15/10/2012.

IVANKIO, Alessandro Marcelo. OLIVEIRA, Charles Uilians. LATINI, Roberto André. **Análise comparativa do sistema *light steel framing* com o sistema concreto armado e alvenaria de blocos cerâmicos**. 145f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Construção Civil) – UTFPR. Curitiba. 2007.

KOHL EQUIPAMENTOS E SISTEMAS. **Elevador Minilift**. 2012. Disponível em: <<http://www.minilift.com.br/>>. Acesso em 21/10/2012.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora LTDA, 2001.

LARDNER, Thomas J; ARCHER, Robert R. **Mechanics of solids**: an introduction. New York: McGraw-Hill, Inc, 1994.

LOKAN MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Plataforma elevatória – tipo tesoura**. 2013. Disponível em: <<http://www.lokan.com.br/portfolio/plataforma-elevatoria-tipo-tesoura>>. Acesso em: 12/01/2013.

MAKRO ENGENHARIA. **Guindastes**. Divisão Heavy Lift. 2012. Disponível em: <<http://www.makroengenharia.com.br/equipamentos.php?cat=3#palco>>. Acesso em: 11/09/2012.

MANUTAN. **Macacos de coluna de suporte capacidades de 3 a 16 toneladas**. 2013. Disponível em: <http://www.manutan.pt/macacos-de-coluna-de-suporte-capacidade-de-3-a-16-toneladas_M192-55.html?finalCatString=&viewSize=30>. Acesso em: 06/01/2013.

MARGIRIUS, Continental Indústria de Controles Elétricos LTDA. **Chaves para motores.** 2007.a. Disponível em: <<http://www.margirius.com.br/Comandos.aspx?p=cs600.inc&r=motor#p>>. Acesso em: 25/07/2013.

MARGIRIUS, Continental Indústria de Controles Elétricos LTDA. **Interruptores *pushbutton*.** 2007.b. Disponível em: <http://www.margirius.com.br/Interruptor-industria.aspx?r=pushbutton>. Acesso em 25/07/2013.

MECALUX Logismarket. **Transportador aéreo de corrente.** 2013. Disponível em: <<http://www.logismarket.ind.br/itapeti/transportador-aereo-de-corrente/2268769429-1179618395-p.html>>. Acesso em: 05/01/2013.

MECATRÔNICA ATUAL. **Trabalhando com polias ou roldanas.** 2011. Disponível em: <<http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/881/preview:yes>>. Acesso em: 13/02/2013.

MOLLYN EQUIPAMENTOS. **Cotação de pórtico rolante.** 2010. Disponível em: <http://www.mollyn.com.br/Cotacoes_de_porticos.html>. Acesso em: 06/01/2013.

MONT'ANNA. **Elevadores especiais e monta-cargas.** 2012. Disponível em: <<http://www.montannaelevadores.com.br/>>. Acesso em: 20/10/2012

MONTELE. **Elevadores.** 2012. Disponível em: <<http://www.montele.com.br/>>. Acesso em: 18/10/2012

MOURA, Reinaldo Aparecido. **Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais.** São Paulo: Instituto IMAM, 1983.

MUNCK. **Ponte rolante Munck e multimarcas**. 2013. Disponível em: <<http://www.pontesrolante.com/>>. Acesso em: 06/01/2013.

MUNCKMAQ. **Locação de Guindastes**. 2013. Disponível em: <<http://www.munckmaq.com.br/guindastes-munck.php>>. Acesso em: 06/01/2013.

NETMULTIBUSCA. **Elevador industrial, elevador de carga, reforma de elevador industrial**. 2013. Disponível em: <http://www.netmultibusca.com.br/elevador-industrialelevador-de-cargareforma-de-elevador-industrial_1243.php>. Acesso em: 13/02/2013.

NEUFERT, Peter. **Arte de projetar em arquitetura**. 17. Ed. Portugal: Editora Gustavo Gilli, SL, 2011. 618p.

NSK. **Catálogo Geral**. 2013. Disponível em: <http://www.nsk.com.br/catalogo_geral.zip>. Acesso em: 24/07/2013.

NOVO MILÊNIO. **Cargas, da cremalheira para a esteira**. 2005. Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0102z18.htm>>. Acesso em: 11/09/2012.

O ESTADO. Jornal do estado do Ceará. **Verticalização urbana: praticidade, acessibilidade e segurança**. 2012. Disponível em: <<http://www.oestadoce.com.br/noticia/verticalizacao-urbana-praticidade-acessibilidade-e-seguranca>>. Acesso em: 13/02/2013.

OLX. **Fotos de transportador rosca-sem-fim**. 2012. Disponível em: <<http://atibaia.olx.com.br/pictures/rosca-transportadora-sem-fim-iid-321285489>>. Acesso em: 05/01/2013.

OLX. **Elevador Monta-carga**. 2013. Disponível em: <<http://campinas.olx.com.br/elevador-monta-carga-iid-277061872>>. Acesso em: 13/02/2013.

PAHL, Gerhard et. al. **Projeto na engenharia**. Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos. Métodos e aplicações. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2005.

PBASE. **Hereford& Gloucester Canal Yarkhill 17th & 18th November 2007**. 2007. Disponível em: <<http://www.pbase.com/timlewis/image/89585189>>. Acesso em: 13/02/2013.

PRADO, Andreia do. **Uma abordagem sobre elevadores**: do surgimento à decoração. 111f. Monografia (Especialização em Design de Interiores) – UTFPR. Curitiba. 2008.

PREMIER TECH. **Correias transportadoras de caixas e unidades leves**. Transportador vertical contínuo. 2011. Disponível em: <<http://www.premiertechieg.com/pt/products/continuous-vertical-conveyor/>>. Acesso em: 13/02/2013.

PUGH, Stuart. **Total design**. Integrated methods for successful product engineering. London. Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

REDIMA DINIZ REPRESENTAÇÕES COMERCIAIS LTDA. **Talha manual de corrente**. 2012. Disponível em: <<http://www.redimabh.com.br/csmtalha.htm>>. Acesso em 11/09/2012.

REFORMA FÁCIL. **Vantagens da alvenaria estrutural**. 2010. Disponível em: <<http://www.reformafacil.com.br/vantagens-da-alvenaria-estrutural>>. Acesso em: 17/02/2013.

RONCATO, Magno Alberto. FONSECA, Thiago Krachinski. **Avaliação de alternativas para transporte vertical de pessoas**. 132f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Mecânica) – UTFPR. Curitiba. 2009.

ROOZEMBURG, N. F. M. EEKELS, J. **Product design: fundamentals and methods**. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.

ROYAL MÁQUINAS E FERRAMENTAS. **Macaco Hidráulico Garrafa 2 toneladas 2 Estágios–Starfer**. 2009. Disponível em: <<http://www.royalmaquinas.com.br/loja/website/490/16301/borracharia/macaco-hidraulico-garrafa-2-tonelada-2-estagios.html>>. Acesso em: 06/01/2013.

RUDENKO, N. **Máquinas de elevação e transporte**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1976.

SANDERS, Mark S. MCCORMICK, Ernest J. **Human factors in engineering design**. New York: McGraw-Hill, Inc, 1993.

SECIESP (Sindicato das Empresas de Conservação, Manutenção e Instalação de Elevadores do Estado de São Paulo). **Normas técnicas: respeitadas aumentam a segurança de todos**. 2013. Disponível em: <http://www.seciesp.com.br/UserFiles/File/Materia_Jun_06.pdf>. Acesso em: 11/01/2013.

SEE SISTEMAS. **Outros equipamentos para movimentação.** 2013. Disponível em: <<http://www.seesistemas.com.br/p/equipamentos-para-movimentacao/>>. Acesso em: 05/01/2013.

SEMPRETOPS. **Planta de sobrado.** 2013. Disponível em: <<http://www.sempretops.com/diversos/planta-de-sobrado/>>. Acesso em: 17/02/2013.

SÓESCADAS. **Tipos de Escada.** 2012. Disponível em: <<http://www.soescadas.com.br/tipos.htm>>. Acesso em 07/05/2012.

SURIMEX. **Stairlift.** 2012. Disponível em: <<http://www.surimex.com.br/>>. Acesso em: 16/10/2012.

TERRAPLENAGEM. **Carregadeira COMBAT 936.** 2012. Disponível em: <http://www.terraplenagem.net/?attachment_id=1022>. Acesso em: 06/01/2013.

THYSSENKRUPP. **Elevadores.** 2012. Disponível em: <<http://www.thyssenkruppelevadores.com.br/site/>>. Acesso em: 15/10/2012.

TROVIT. **Pesquisa casas 2 pavimentos.** 2012. Disponível em: <<http://imoveis.trovit.com.br/casas-2-pavimentos-residencial>>. Acesso em: 15/06/2012.

UT CABOS. **Catálogo de produtos.** 2013. Disponível em: <<http://www.utcabos.com.br/>>. Acesso em 25/06/2013.

VERTLINE. **Elevadores.** 2012. Disponível em: <<http://www.vertline.com.br/>>. Acesso em: 14/10/2012.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora LTDA, 2002.

WEBCALC. **Coeficiente de atrito dinâmico**. 2003. Disponível em <http://www.webcalc.com.br/ciencias/coef_atrito.html>. Acesso em: 15/07/2013.

WEBEMPILHADEIRAS. **Vale a pena comprar uma empilhadeira usada?** 2010. Disponível em: <<http://webempilhadeiras.blogspot.com.br/2010/12/vale-pena-comprar-uma-empilhadeira.html>>. Acesso em: 06/01/2013.

ZTAST ZANARDO TREINAMENTOS. **NR 11 – Operador de Empilhadeira Elétrica Trilateral**. 2013. Disponível em: <<http://www.ztast.com.br/operador-de-empilhadeira-eletrica-trilateral>>. Acesso em: 06/01/2013.

APÊNDICE A

O Apêndice A apresenta os questionários utilizados na pesquisa prospectiva.

MR

Prezado senhor,

Pretende-se com o questionário abaixo levantar e confirmar dados para a definição de um dispositivo de elevação para ambiente residencial. Trata-se de um trabalho acadêmico, do curso de Engenharia Industrial Mecânica, para a disciplina de Projeto Final. A equipe assegura o completo sigilo das informações prestadas, comprometendo-se a não utilizá-las para outro fim, senão o deste trabalho.

1) Das pessoas moradoras desta residência:

São menores de 10 anos

Tem entre 10 e 20 anos

Tem entre 20 e 40 anos

Tem entre 40 e 60 anos

Tem mais que 60 anos

2) Existe algum portador de deficiência residente em sua casa?

sim

não

4) Quais os motivos que levaram a escolha de um imóvel tipo sobrado?

Segurança

Economia de terreno

Vista

5) Quais os principais inconvenientes associados à escada?

Cansaço

Transporte de móveis

Dores musculares

Nenhum

6) Existiria um interesse pela existência de um sistema de elevação em sua residência ?

sim

não

7) Quais os motivos que o levaram à escolha de uma residência sem sistema de elevação ?

Manutenção

Espaço Físico

Preço

Ruídos

Segurança

Aparência

Desconhecimento

Não informado

8) Qual das opções abaixo você considera como a melhor solução para o deslocamento entre pavimentos?



Escada Rolante

Elevador



Cadeira Elevatória

Dispositivo de Elevação



Escada Caracol

Escada Reta

8) Qual seria na sua opinião um investimento atrativo, em reais, para que uma pessoa adquirisse um dispositivo de elevação ?

Menos de 10 mil

Entre 10 e 20 mil

Entre 20 e 30 mil

Entre 30 e 50 mil

Mais de 50 mil

Preço não é o determinante



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Mecânica
Engenharia Industrial Mecânica
Projeto Final

IMB

Prezado senhor,

Pretende-se com o questionário abaixo levantar e confirmar dados para a definição de um dispositivo de elevação de pessoas e objetos em ambiente residencial. Trata-se de um trabalho acadêmico, do curso de Engenharia Industrial Mecânica, para a disciplina de Projeto Final. A equipe assegura o completo sigilo das informações prestadas, comprometendo-se a não utilizá-las para outro fim, senão o deste trabalho.

1) Dos tipos de imóveis listados abaixo, qual possui o maior volume de vendas ?

- Apartamento
 Casa
 Sobrado

2) Quantos sobrados a empresa vendeu no último ano ?

- 1 a 5 6 a 10
 10 a 20 Mais de 20

3) Dos sobrados vendidos, quantos possuem algum sistema de elevação entre os pavimentos ?

- 1 a 5 6 a 10
 10 a 20 Mais de 20
 Todos Nenhum

4) Em geral, quanto um dispositivo de elevação valoriza um imóvel ?

- 10% 20%
 30% Não valoriza

5) Na sua opinião, o que desmotiva as pessoas a comprarem sobrados com elevador ou outro sistema de elevação ?

- Manutenção Espaço Físico
 Preço Ruídos
 Segurança Não há desmotivação

6) Quantos dos clientes procuram sobrados que possuem algum tipo de sistema de elevação ?

- Menos de 10%
 20%
 30%
 50%
 Difícilmente procuram

7) Qual das opções abaixo você considera como a melhor solução para o deslocamento entre pavimentos em um sobrado ?



Escada Rolante

Elevador



Cadeira Elevatória

Dispositivo de Elevação



Escada Caracol

Escada Reta

8) Qual seria na sua opinião um investimento atrativo, em reais, para que uma pessoa adquirisse um dispositivo de elevação ?

- Menos de 10 mil Entre 10 e 20 mil
 Entre 20 e 30 mil Entre 30 e 50 mil
 Mais de 50 mil Preço não é o determinante

Identificação: _____ Empresa: _____

APÊNDICE B

O Apêndice B apresenta a entrevista individual, feita com um morador de residência com 2 pavimentos.

Morador: Cláudio Oliveira Santos

Idade: 42 anos

Em sua residência, como é feito o acesso entre os pavimentos ?

Por escada, do tipo reta.

A forma atual como é feito o acesso gera algum tipo de desconforto ?

Sim, principalmente quando preciso carregar objetos. Após um dia de trabalho também posso dizer que não me sinto confortável em subir as escadas.

No caso de instalação de um dispositivo de elevação, quais os principais inconvenientes associados ?

Vejo problemas com relação às reformas que teriam que ser executadas para a instalação do dispositivo, é muito difícil encontrar alguma empresa que faça a instalação do dispositivo. Outro problema é o preço elevado, que fica em torno de R\$ 30.000,00 (trinta mil reais).

E quais os principais benefícios associados ?

O principal benefício seria a facilidade de locomoção entre os pavimentos, a valorização do imóvel.

Quais são, na sua opinião, os principais requisitos necessários para um dispositivo de elevação ?

Primeiramente a segurança, isso é indispensável. Alguns itens que considero importantes também são:

- a) Aparência: o dispositivo precisa ser harmônico ao ambiente onde for instalado;

- b) Ruídos: precisa ser silencioso, a ponto de poder ser utilizado a noite sem causar incômodos às outras pessoas moradoras no domicílio;
- c) Facilidade de montagem: seria interessante que o dispositivo não necessitasse de grandes mudanças na construção da residência, pois obras causam muitos transtornos.

Algum modelo de dispositivo em especial lhe chama mais a atenção ?

Não conheço outro dispositivo residencial que não seja o elevador.

Cadeiras elevatórias resolveriam o seu problema ? (mostrada uma imagem de cadeira elevatória)

Não vejo com bons olhos, não me parece confortável para transporte de objetos, vejo esse dispositivo como algo bem direcionado para idosos mesmo.

E uma escada rolante, qual sua opinião ?

Seria fantástico, mas vejo um grande problema de espaço e também muitas adaptações teriam que ser feitas para a instalação.

Qual sua opinião sobre elevadores residenciais ?

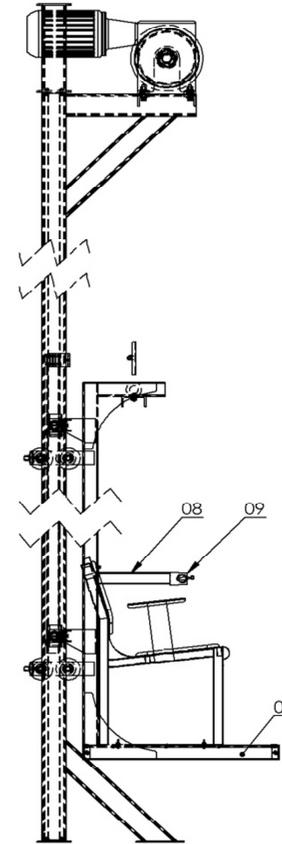
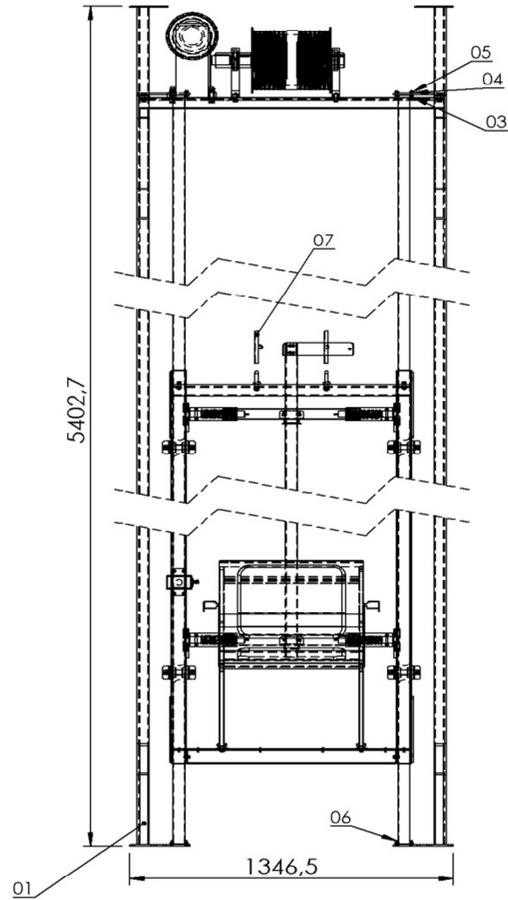
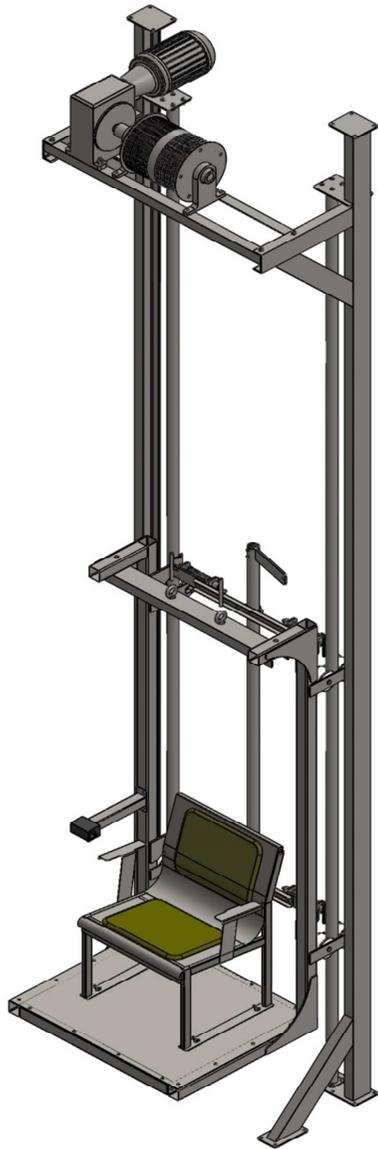
É o dispositivo que mais vejo no mercado, parece ser o mais difundido e o de melhor aceitação. Não vejo uma solução melhor até o momento.

APÊNDICE C

Este apêndice contempla os desenhos do dispositivo, elaborados após a etapa de projeto preliminar, na seguinte sequência:

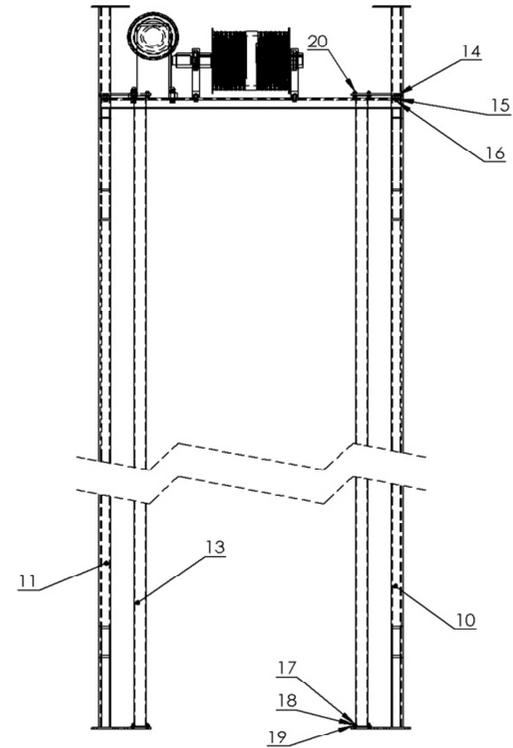
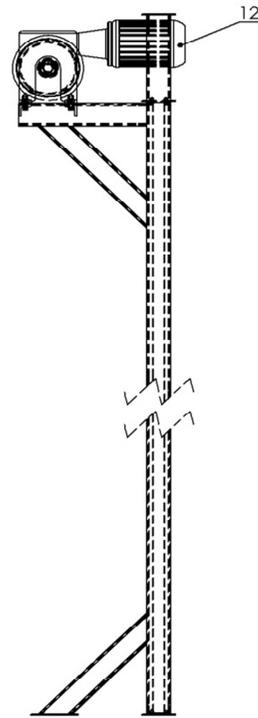
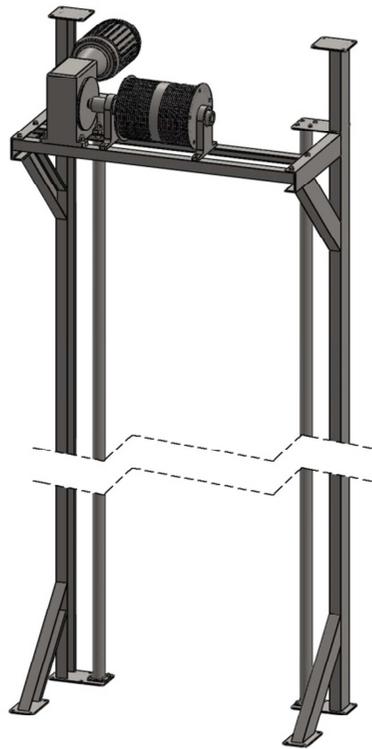
Cadeira de Elevação – Conjunto Total	183
Estrutura Externa	184
Plataforma – Montagem	185
Conjunto Tubo Cabo de Aço	186
Braço de Comando	187
Lateral Direita Estrutura Externa	188
Lateral Esquerda Estrutura Externa	189
Conjunto Acionamento	190
Conjunto Tubo Guia	191
Estrutura da Cadeira	192
Plataforma – Conjunto Coluna Direita	193
Plataforma – Conjunto Coluna Esquerda	194
Conjunto Tubo Acionador	195
Suporte do Acionador	196
Roldana	197
Eixo Móvel da Roldana	198
Barra Distanciadora	199
Chapa Frontal do Freio	200
Plataforma – Viga Superior	201
Conjunto Eixo do Freio	202
Eixo Fixo das Roldanas	203
Travessa Fixadora das Roldanas	204

Conjunto Tambor	205
Mancal	206
Cantoneira 1	207
Cantoneira 2	208
Eixo de Ligação	209
Plataforma – Tubo Lateral	210
Plataforma – Tubo Inferior	211
Plataforma – Tubo Superior	212
Plataforma – Mão Francesa	213
Suporte das Roldanas	214
Conjunto Grade de Proteção	215
Chapa Lateral Grade	216



09	01	Dispositivo de Comando		CR603 Margirius
08	01	Braço de Comando	Aço ABNT 1020	
07	02	Conj. Tubo Cabo de Aço	Aço ABNT 1020	
06	08	Paraf. Esc. Sext. Int. M8x20	Aço médio carbono	temperado
05	16	Porca M8	Aço médio carbono	temperado
04	24	Arruela Lisa M8	Aço médio carbono	zincado
03	08	Paraf. Cil. Sext. Int. M8x25	Aço médio carbono	temperado
02	01	Plataforma		
01	01	Estrutura Externa		
Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação
		 		
		Unidade	mm	Professor
		Revisão	00	Aluno
		Tratam.		Aluno
		Data	30/07/13	Visto
		Desenho		Escala
		Cadeira de Elevação - Conjunto	 	Código
			1:30	

01

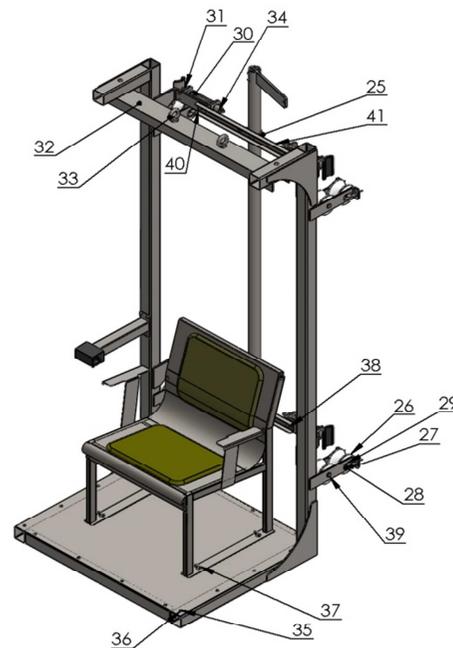
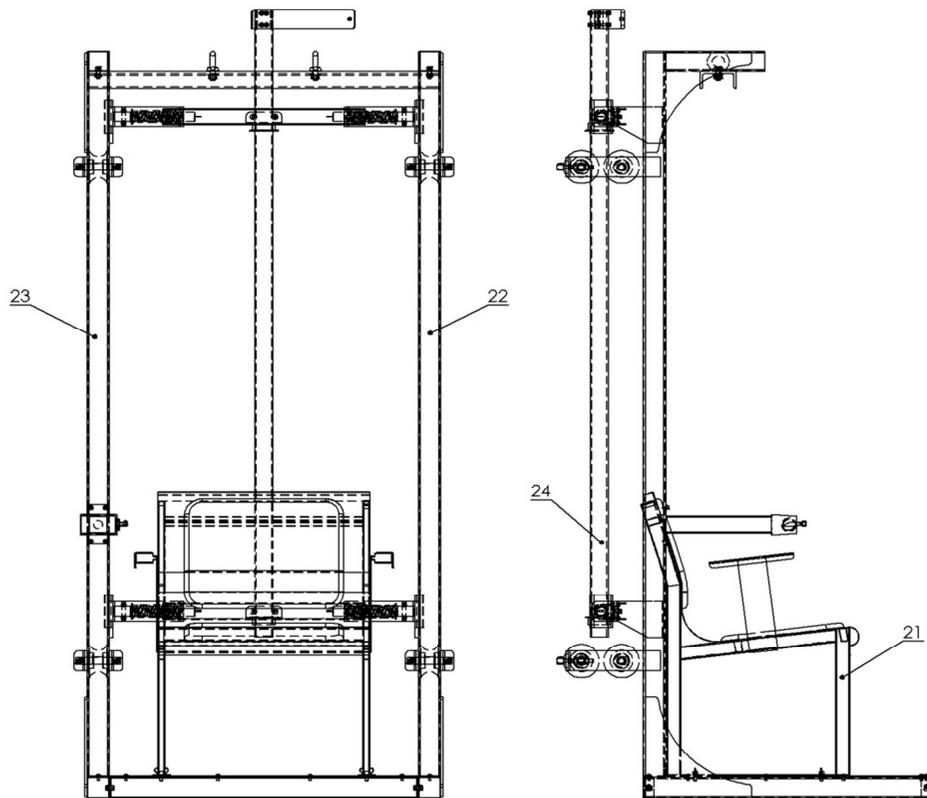


20	08	Paraf. Cil. Sext. Int. M8x25	Aço médio carbono	temperado
19	24	Arruela Lisa M8	Aço médio carbono	zincado
18	16	Porca M8	Aço médio carbono	temperado
17	08	Paraf. Esc. Sext. Int. M8x25	Aço médio carbono	temperado
16	04	Paraf. Cil. Sext. Int. M10x30	Aço médio carbono	temperado
15	08	Arruela Lisa M10	Aço médio carbono	zincado
14	04	Porca M10	Aço médio carbono	temperado
13	02	Conjunto Tubo Guia	Aço ABNT 1020	
12	01	Conjunto Acionamento		
11	01	Lateral Esquerda Estrutura Ext.	Aço ABNT 1020	
10	01	Lateral Direita Estrutura Ext.	Aço ABNT 1020	

Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação
			Unidade	mm
			Professor	Cziulik
			Revisão	00
			Aluno	Orlando
			Tratam.	Aluno
			Elton	
			Data	29/07/13
			Visto	
Desenho			Escala	Código
Estrutura Externa			1:30	



Unidade mm Professor Cziulik
 Revisão 00 Aluno Orlando
 Tratam. Aluno Elton
 Data 29/07/13 Visto
 Escala 1:30 Código



41	02	Travessa Fix. das Roldanas	Ch. Aço 1020 #2,65mm	
40	04	Paraf. Cab. Cil. M8x16	Aço Médio Carbono	Sext. Inter.
39	04	Eixo Fixo das Roldanas	Aço ABNT 1020	
38	12	Paraf. Cab. Cil. M6x16	Aço Médio Carbono	Sext. Inter.
37	04	Paraf. Borboleta M8x18	Aço Médio Carbono	
36	28	Arruela Lisa M6	Aço Médio Carbono	
35	16	Paraf. Cab. Abaul. M6x16	Aço Médio Carbono	Sext. Inter.
34	04	Conj. Eixo do Freio		
33	02	Olhal	Aço Médio Carbono	14x2
32	01	Plataforma - Viga Superior	Aço ABNT 1020	
31	04	Chapa Frontal Freio	Ch. Aço 1020 #3/8" (9,5mm)	
30	04	Mola	Aço ABNT 1070	
29	16	Anel Elástico	Aço ABNT 1070	
28	04	Barra Distanciadora	Aço ABNT 1020	
27	04	Eixo Móvel da Roldana	Aço ABNT 1020	
26	08	Roldana	PVC Rígido	
25	02	Suporte do Acionador	Aço ABNT 1020	
24	01	Conj. Tubo Acionador		
23	01	Plataf. - Conj. Coluna Esq.		
22	01	Plataf. - Conj. Coluna Dir.		
21	01	Estrutura da Cadeira	Aço ABNT 1020	
Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação
			Unidade	mm
			Revisão	00
			Tratam.	Aluno
			Data	09/08/13
			Escola	Visto
			Escala	1:20
			Codigo	

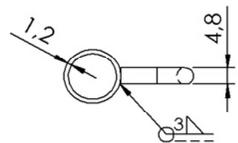
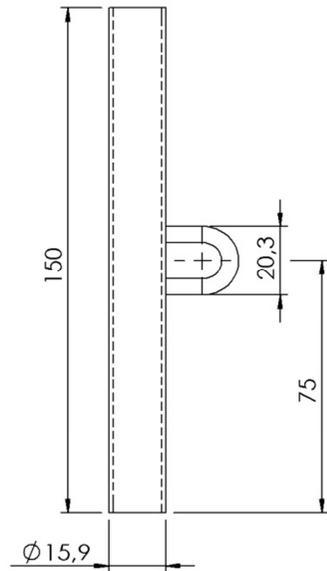


Desenho

Plataforma - Montagem

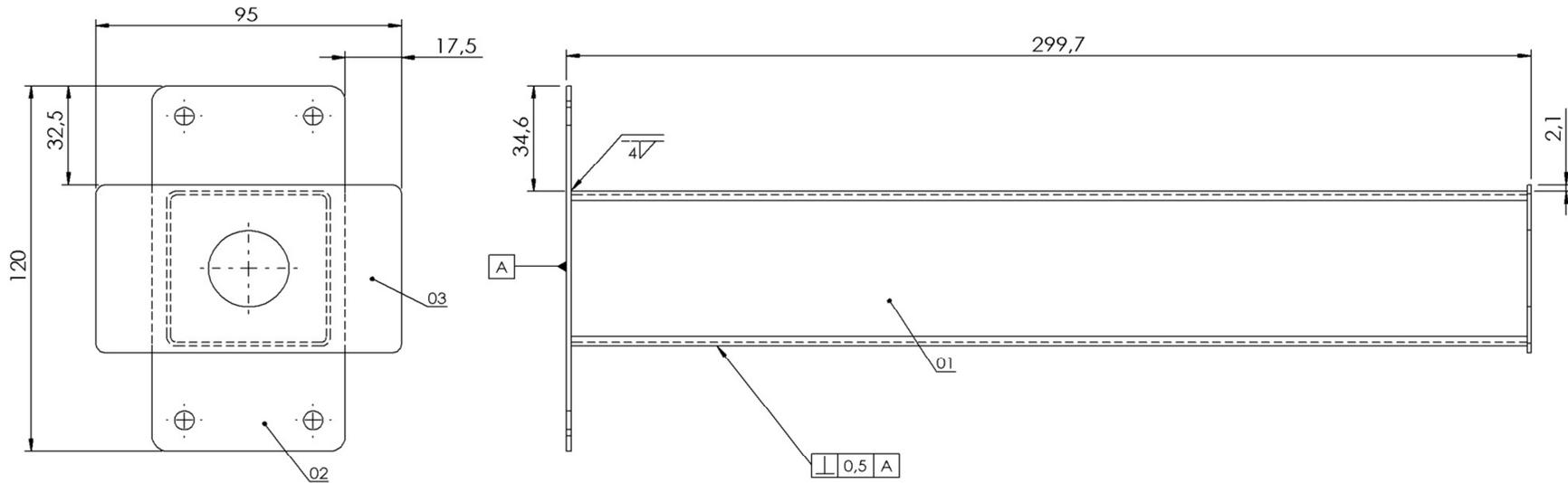


1:20

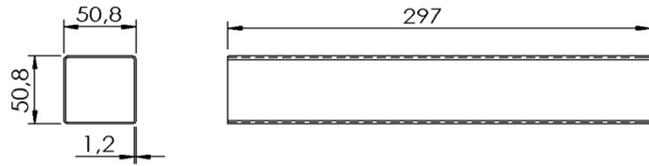


07	02		Aço ABNT 1020			
Item	Qtde.	Descrição	Material		Observação	
  <small>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</small>			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	zincado	Aluno	Elton
			Data	22/08/13	Visto	
<small>Desenho</small> Conjunto Tubo do Cabo de Aço					<small>Escala</small> 1:2	<small>Código</small>

08

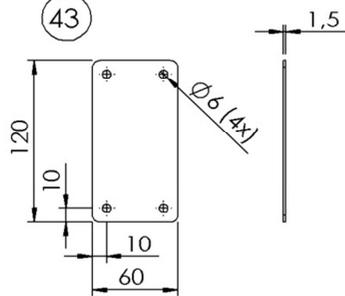


42



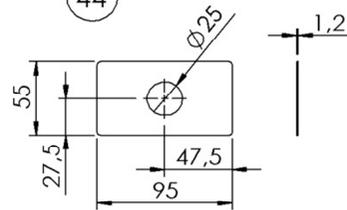
Esc: 1:5

43



Esc: 1:5

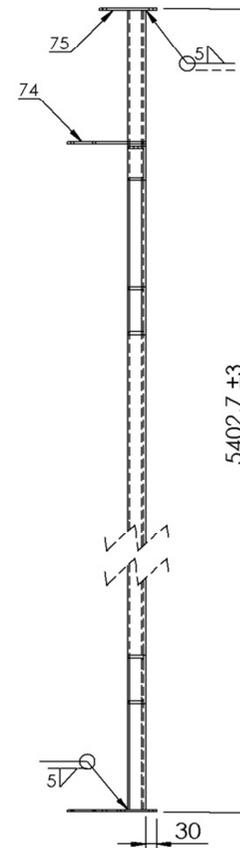
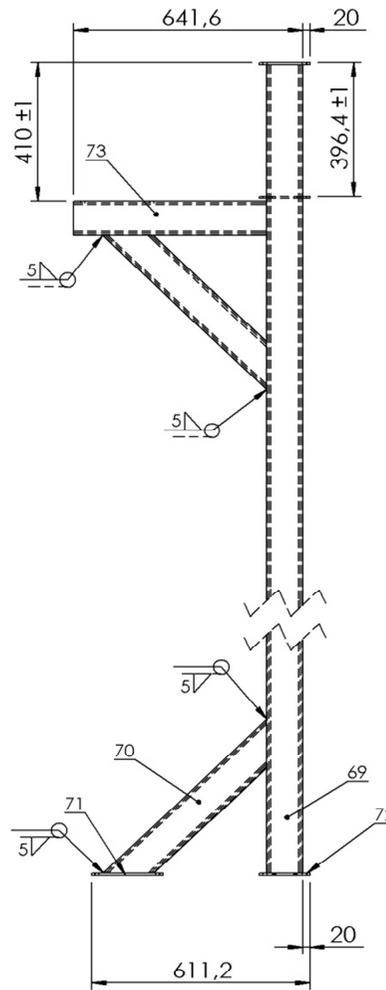
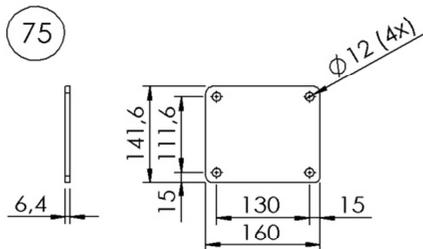
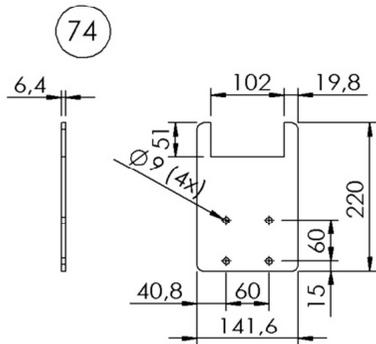
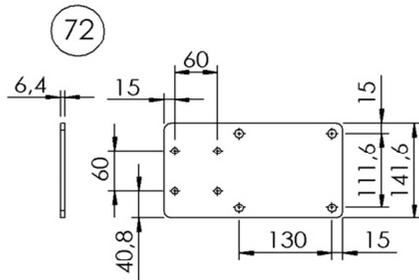
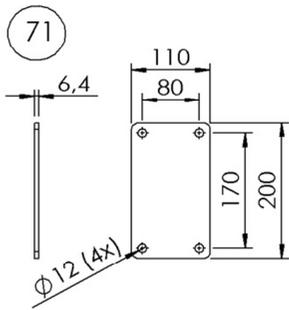
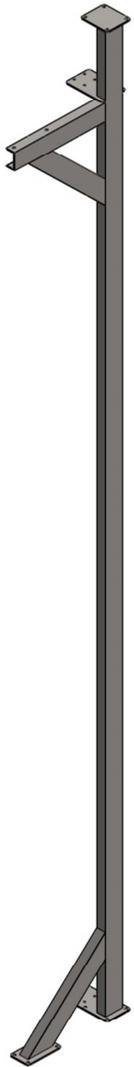
44



Esc: 1:5

44	01	Painel de Comando - Chapa	Ch. Aço ABNT 1020		
43	01	Painel de Comando - Suporte	Ch. Aço ABNT 1020		
42	01	Braço do Painel de Comando	Tubo Aço ABNT 1020		
Item	Qtde.	Descrição	Material		Observação
			Unidade	mm	Professor
			Revisão	00	Aluno
			Tratam.	Epóxi	Aluno
			Data	25/07/13	Visto
Desenho			Escala		Código
Braço de Comando			1:2		





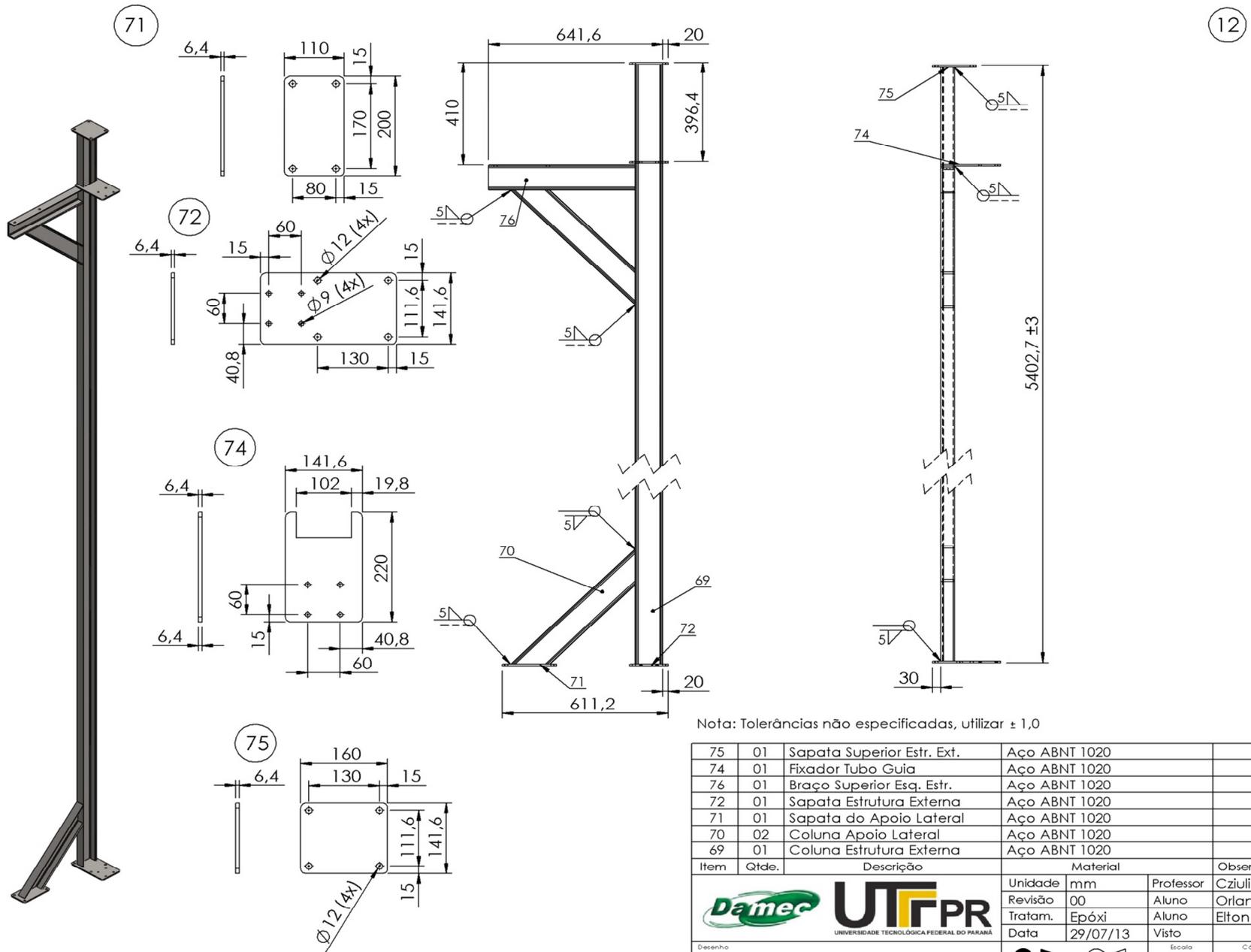
11

Nota: Tolerâncias não especificadas, utilizar ± 1,0

Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação
75	01	Sapata Superior Estr. Ext.	Aço ABNT 1020	
74	01	Fixador Tubo Guia	Aço ABNT 1020	
73	01	Braço Superior Direito Estr.	Aço ABNT 1020	
72	01	Sapata Estrutura Externa	Aço ABNT 1020	
71	01	Sapata do Apoio Lateral	Aço ABNT 1020	
70	02	Coluna Apoio Lateral	Aço ABNT 1020	
69	01	Coluna Estrutura Externa	Aço ABNT 1020	

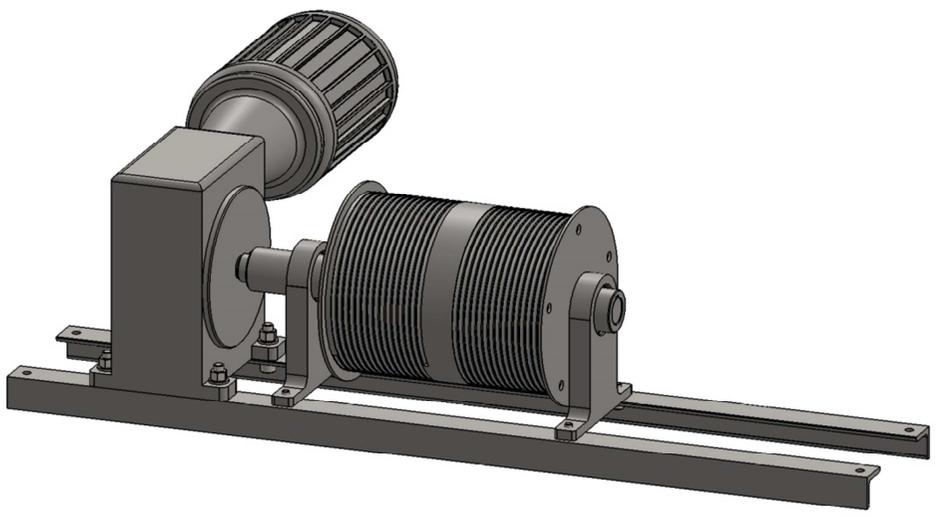
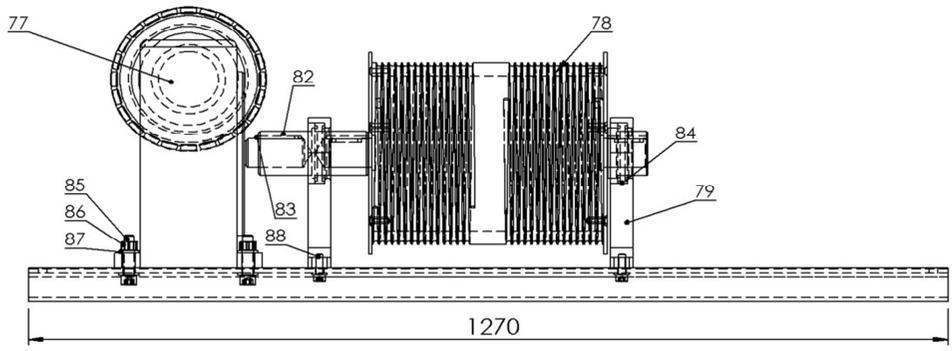
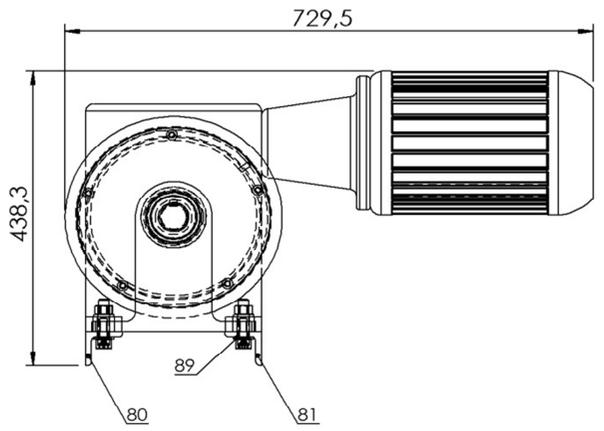
Unidade	mm	Professor	Cziulik
Revisão	00	Aluno	Orlando
Tratam.	Epóxi	Aluno	Elton
Data	29/07/13	Visto	

Desenho	Escala	Código
Lateral Direita Estrutura Externa	1:20	

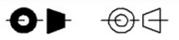


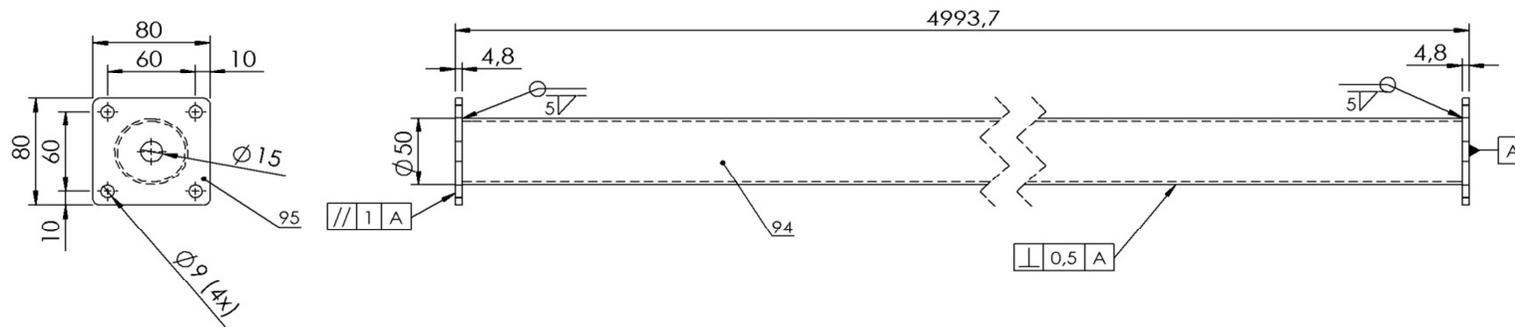
Nota: Tolerâncias não especificadas, utilizar ± 1,0

75	01	Sapata Superior Estr. Ext.	Aço ABNT 1020	
74	01	Fixador Tubo Guia	Aço ABNT 1020	
76	01	Braço Superior Esq. Estr.	Aço ABNT 1020	
72	01	Sapata Estrutura Externa	Aço ABNT 1020	
71	01	Sapata do Apoio Lateral	Aço ABNT 1020	
70	02	Coluna Apoio Lateral	Aço ABNT 1020	
69	01	Coluna Estrutura Externa	Aço ABNT 1020	
Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação
			Unidade	mm
			Revisão	00
			Tratam.	Epóxi
			Data	29/07/13
			Visão	Visto
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			 Escala 1:20	Código Cziulik Orlando Elton
Desenho Lateral Esquerda Estrutura Externa				



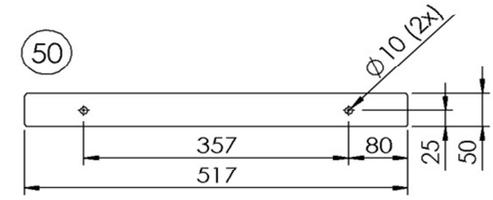
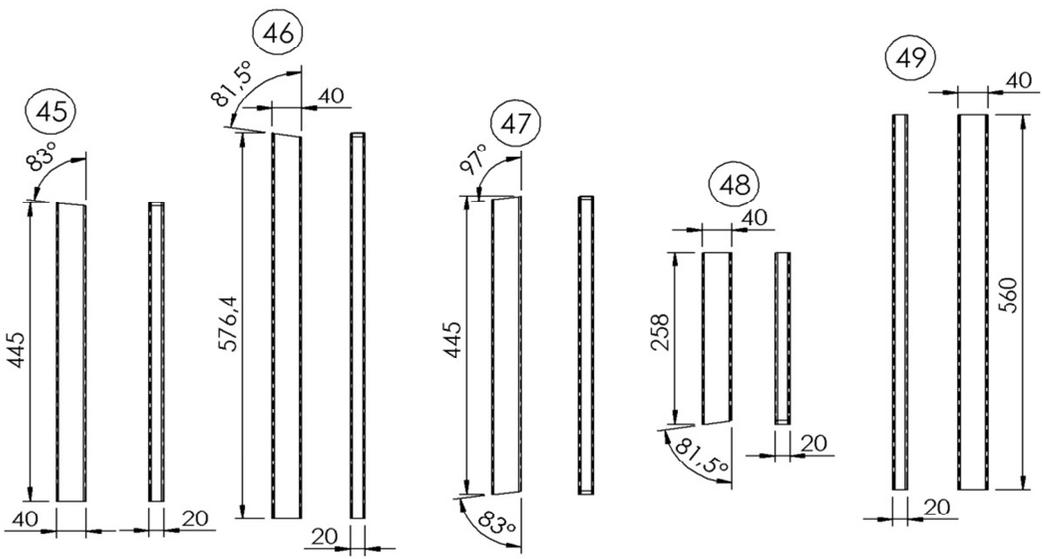
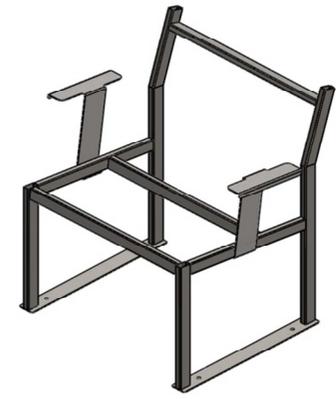
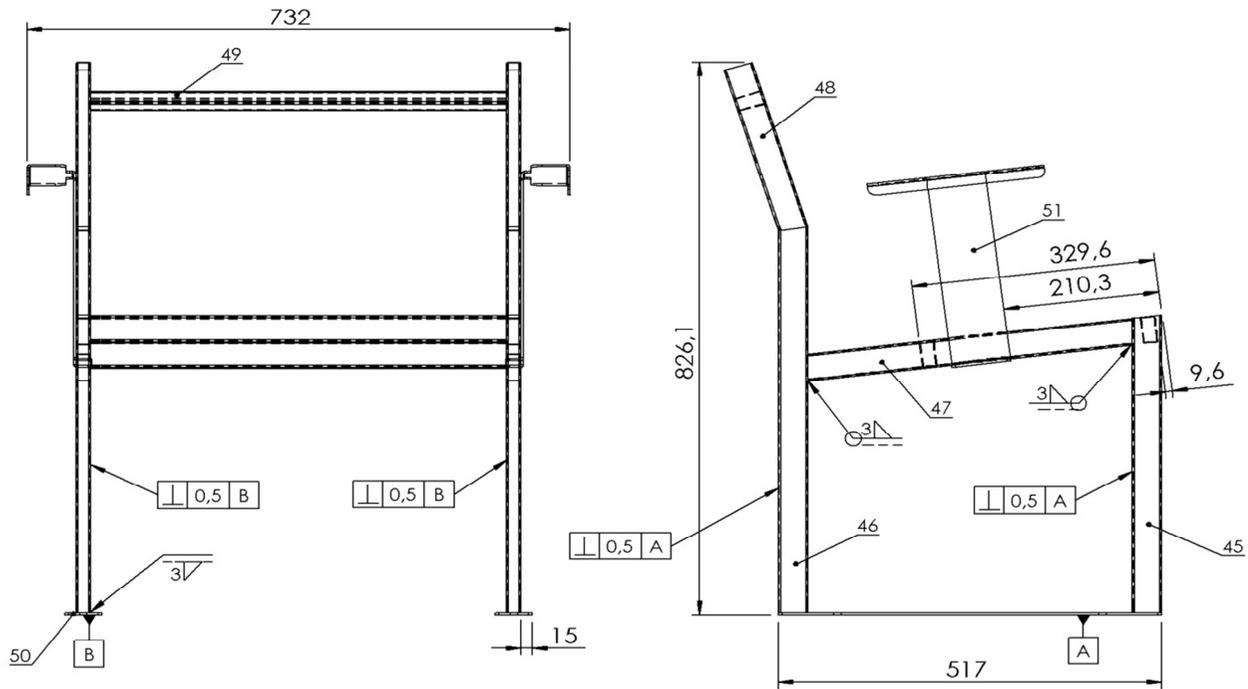
Nota: Motorreductor fabricado pela empresa Geremia Redutores, modelo: GS110-1150rpm - Redutor 1:80

89	04	Arruela Lisa M10	Aço Médio Carbono	
88	04	Paraf. Allen M10x30	Aço Médio Carbono	
87	08	Arruela Lisa M14	Aço Médio Carbono	
86	04	Porca M14	Aço Médio Carbono	
85	04	Paraf. Allen M14x60	Aço Médio Carbono	
84	02	Rolamento 1 carr. esferas NSK		6113ZC3
83	02	Chaveta	Aço Baixo Carbono	9x10x60
82	01	Eixo de Ligação	Aço ABNT 1020	
81	01	Cantoneira 2	Aço ABNT 1020	
80	01	Cantoneira 1	Aço ABNT 1020	
79	01	Mancal	Aço ABNT 1020	
78	01	Conjunto Tambor		
77	01	Motorreductor		
Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação
		 		
Unidade	mm	Professor	Cziulik	
Revisão	00	Aluno	Orlando	
Tratam.		Aluno	Elton	
Data	29/07/13	Visto		
Desenho				Escala
Conjunto Acionamento				1:30
				Código

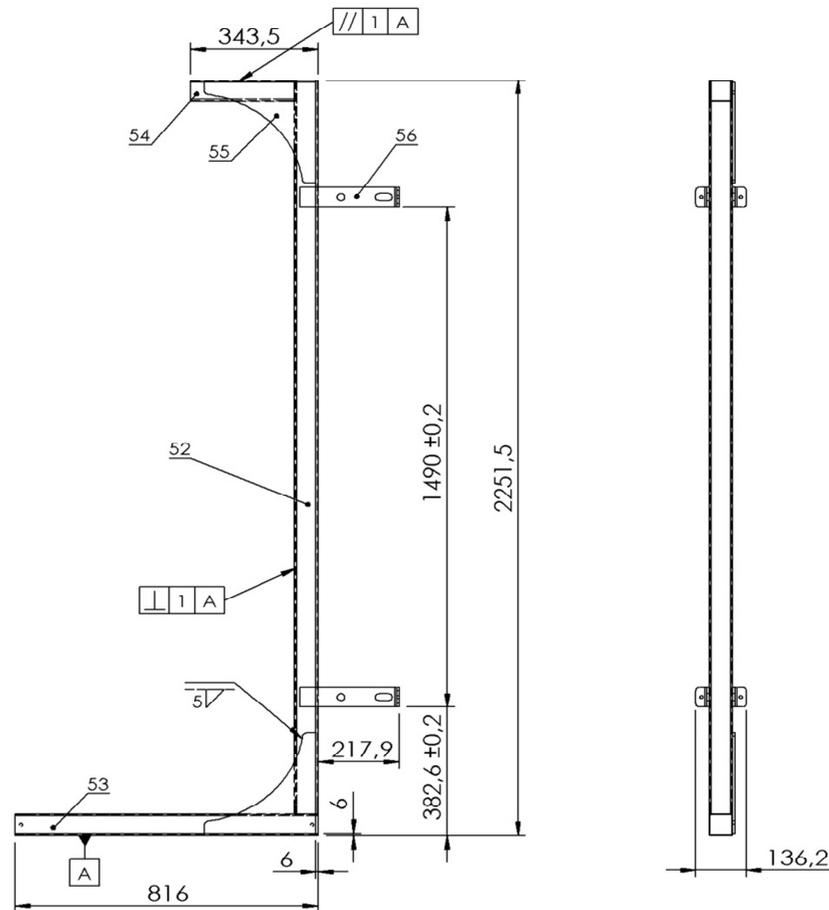


95	02	Sapata Tubo Guia	Ch. Aço ABNT 1020 #4,8mm		
94	01	Tubo Guia	Tubo Aço 1020 Ø2"x4mm		
Item	Qtde.	Descrição	Material		Observação
			Unidade	mm	Professor
			Revisão	00	Aluno
			Tratam.	Zincado	Aluno
			Data		Visto
Desenho			Escala		Código
Conjunto Tubo Guia			1:5		

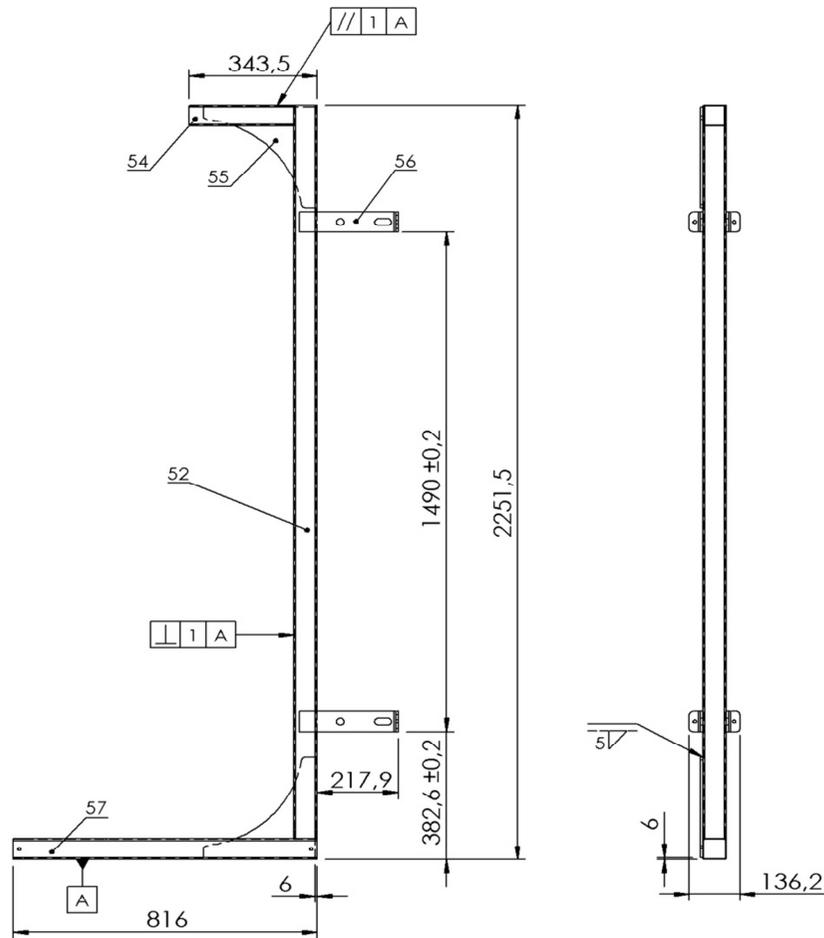




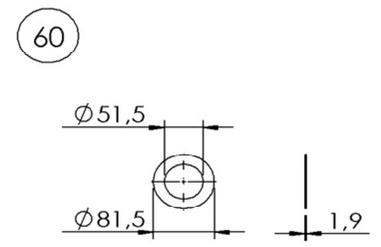
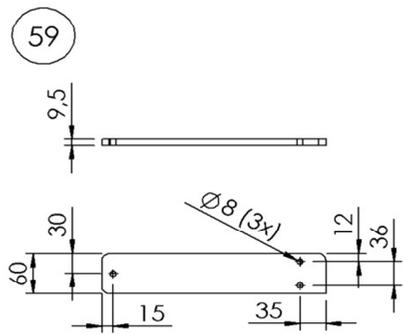
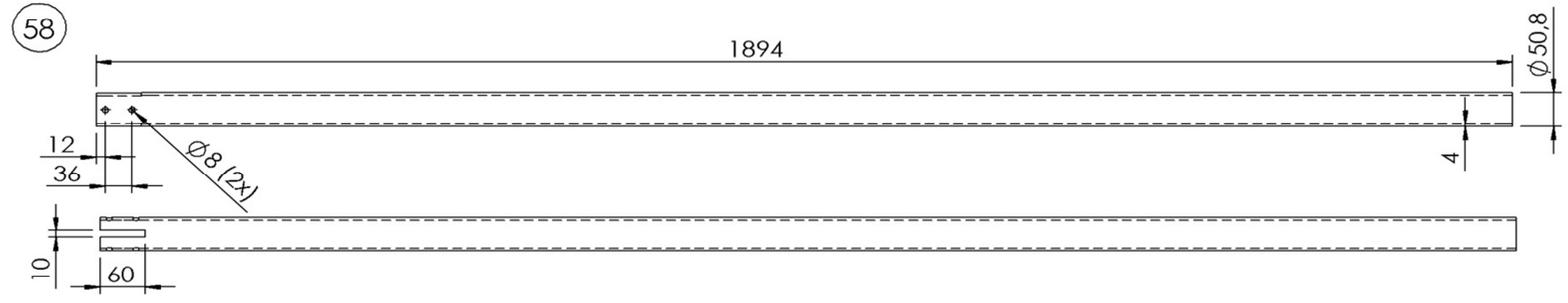
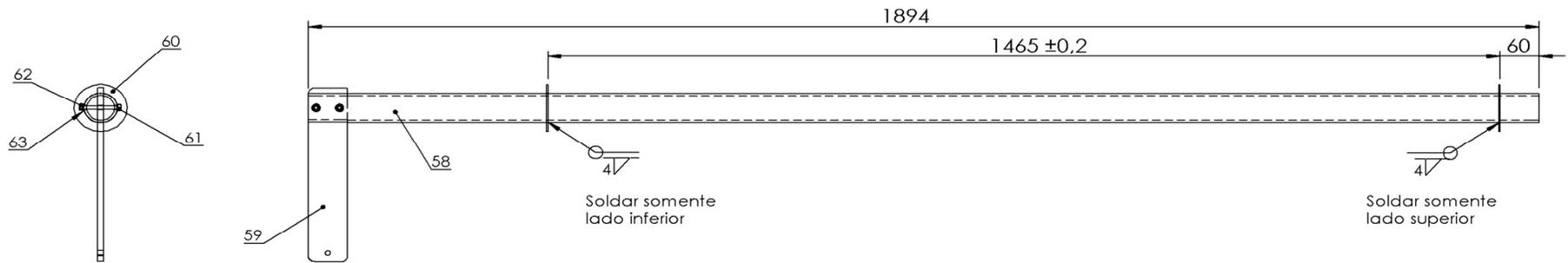
51	02	Encosto da Cadeira	Ch. Aço ABNT 1020 #3mm			
50	02	Base da Cadeira	Ch. Aço ABNT 1020 #3mm			
49	03	Tubo 5	Tubo Aço 1020 20x40x1,2mm			
48	02	Tubo 4	Tubo Aço 1020 20x40x1,2mm			
47	02	Tubo 3	Tubo Aço 1020 20x40x1,2mm			
46	02	Tubo 2	Tubo Aço 1020 20x40x1,2mm			
45	02	Tubo 1	Tubo Aço 1020 20x40x1,2mm			
Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação		
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	montagem	Aluno	Elton
			Data	16/07/13	Visto	
Desenho			Escala		Código	
Estrutura da Cadeira			1:10			



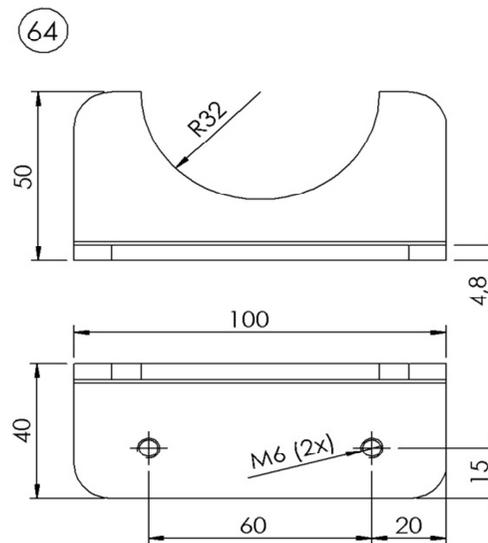
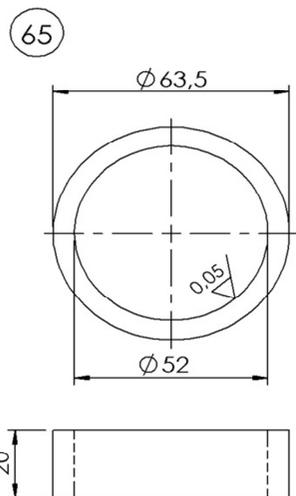
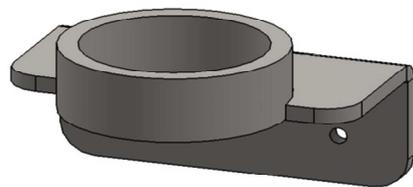
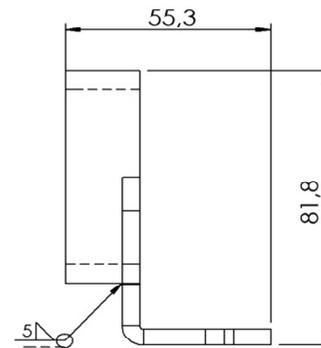
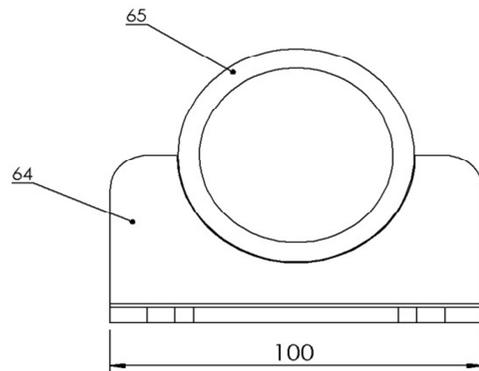
56	04	Suporte da Roldana	Ch. Aço ABNT 1020			
55	02	Plataforma - Mão Francesa	Ch. Aço ABNT 1020			
54	01	Plataforma - Tubo Superior	Tubo Aço ABNT 1020			
53	01	Plataforma - Tubo Inferior	Tubo Aço ABNT 1020			
52	01	Plataforma - Tubo Lateral	Tubo Aço ABNT 1020			
Item	Qtde.	Descrição	Material		Observação	
			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	Epóxi	Aluno	Elton
			Data	25/07/13	Visto	
Desenho					Escola	1:20
Plataforma - Conjunto Coluna Direita					Código	



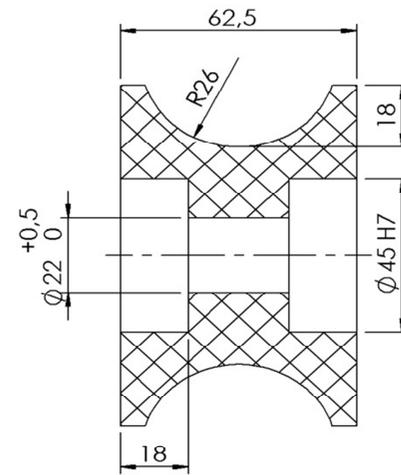
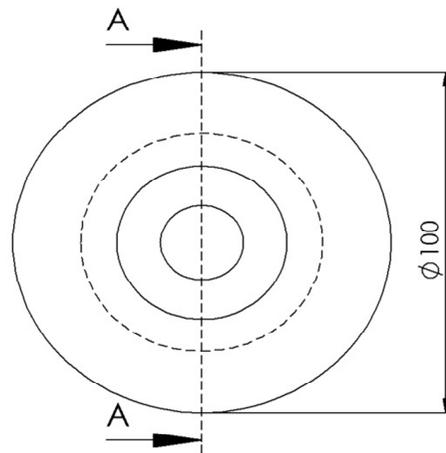
56	04	Suporte da Roldana	Ch. Aço ABNT 1020			
55	02	Plataforma - Mão Francesa	Ch. Aço ABNT 1020			
54	01	Plataforma - Tubo Superior	Tubo Aço ABNT 1020			
57	01	Plataforma - Tubo Inferior Esq.	Tubo Aço ABNT 1020			
52	01	Plataforma - Tubo Lateral	Tubo Aço ABNT 1020			
Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação		
			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	Epóxi	Aluno	Elton
			Data	25/07/13	Visto	
Desenho				Escala	1:20	Código
Plataforma - Conjunto Coluna Esquerda						



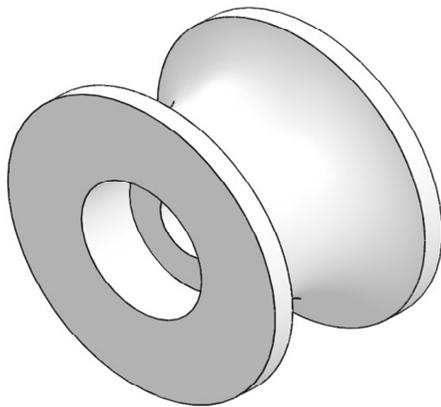
63	04	Arruela M6	Aço médio carbono			
62	02	Porca M6	Aço médio carbono			
61	02	Paraf. Sext. M6x60	Aço médio carbono			
60	02	Anel do Tubo Acionador	Aço ABNT 1020			
59	01	Chapa do Acionador	Aço ABNT 1020			
58	01	Tubo Acionador	Aço ABNT 1020			
Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação		
			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	Zincado	Aluno	Elton
			Data	25/08/13	Visto	
Desenho					Escala	Código
Conjunto Tubo Acionador					1:10	



65	01	Sup. Tubo Acionador - Anel	Aço ABNT 1020			
64	01	Sup. Tubo Acionador - Chapa	Aço ABNT 1020			
Item	Qtde.	Descrição	Material		Observação	
			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	Zincado	Aluno	Eilton
			Data	25/08/13	Visto	
Desenho					Escala 1:2	Código
Suporte do Acionador						

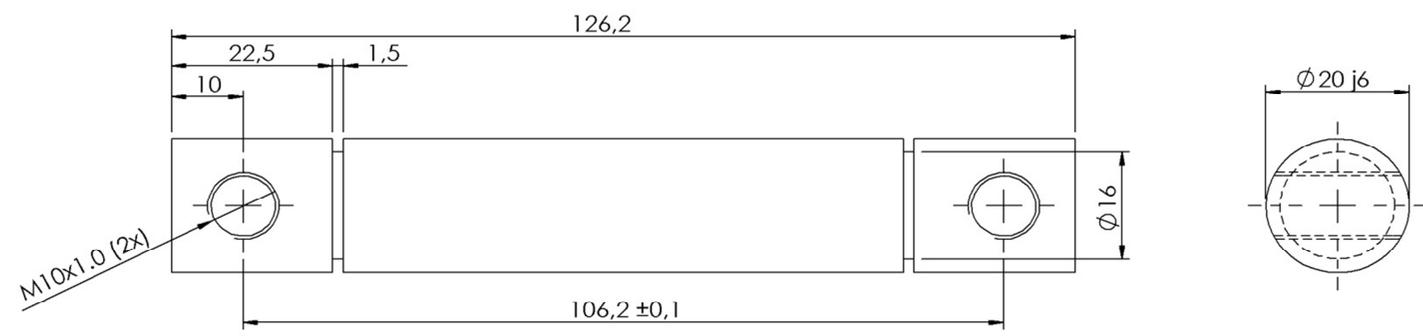


SEÇÃO A-A



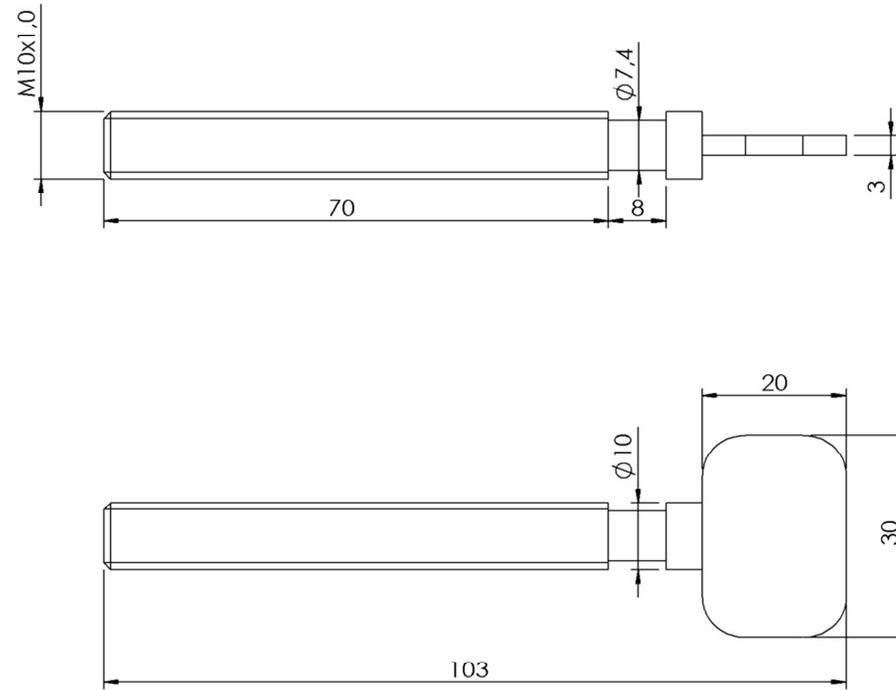
Item	08	Descrição	PVC Rígido		Observação
Qtde.			Unidade	mm	Professor Cziulik
			Revisão	00	Aluno Orlando
			Tratam.	Natural	Aluno Elton
			Data	25/07/13	Visto
Desenho	Roldana			Escala	Código
				1:2	





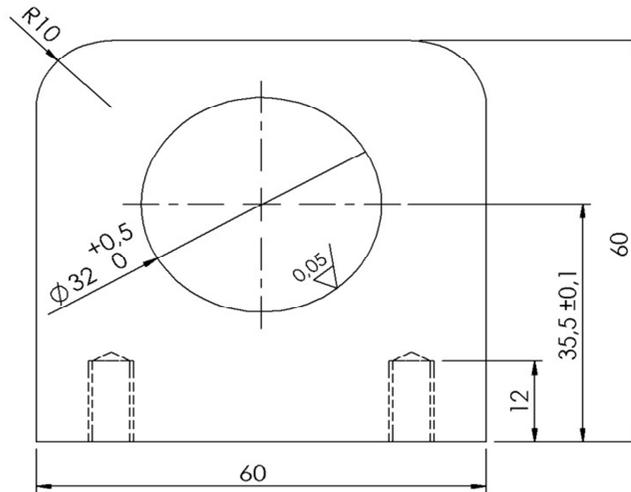
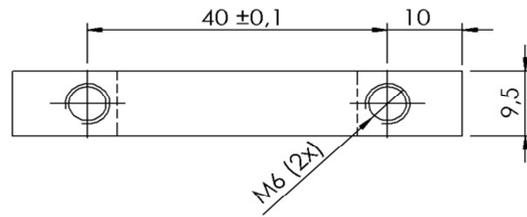
Item	04	Qtde.	Descrição	Aço ABNT 1020		Observação
				Material	Professor	
				Unidade	Aluno	
				Revisão	Aluno	
				Tratam.	Aluno	
				Data	Visto	
Desenho				Escala	Código	
Eixo Móvel da Roldana				1:1		



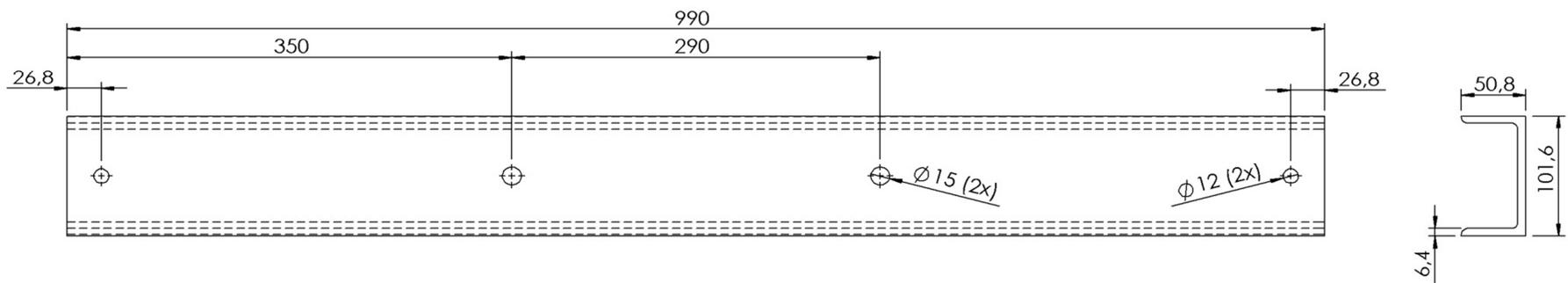


Item	04	Qtde.	Aço ABNT 1020		Observação
	Descrição		Material		
	Barra Distanciadora		Unidade	mm	Professor
			Revisão	00	Aluno
			Tratam.	Zincado	Aluno
			Data	25/07/13	Visto
Desenho	Barra Distanciadora		Escala	1:1	Código



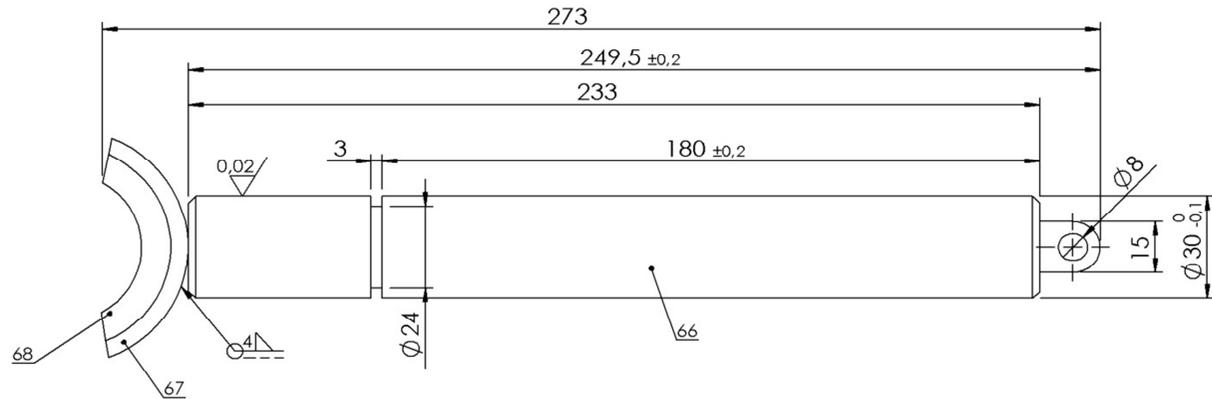
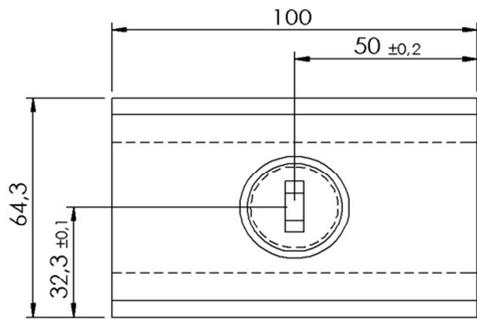


Item	04	Descrição	Ch. Aço 1020 #9,5mm		Observação	
	Qtde.		Material			
			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	Epóxi	Aluno	Orlando
			Data	25/07/13	Visto	
Desenho		Chapa Frontal Freio		Escala	Código	
				1:1		

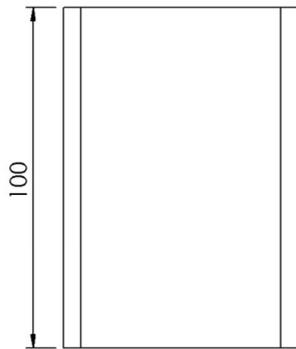


Nota: Para tolerâncias dimensionais não especificadas, utilizar $\pm 0,5$.

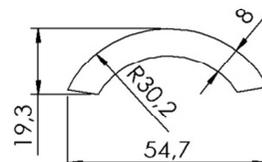
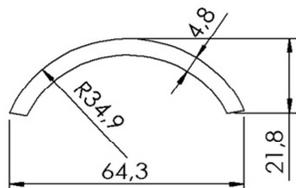
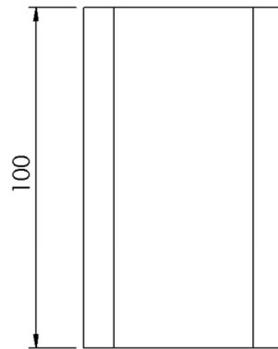
Item	01	Descrição	Perfil Viga U Aço ABNT 1020		Observação	
Qtde.			Material			
			Unidade	mm	Professor	
			Revisão	00	Aluno	Cziulik
			Tratam.	Epóxi	Aluno	Orlando
			Data	25/07/13	Visto	Elton
Desenho	Plataforma - Viga Superior			Escala	Código	
				1:5		



67

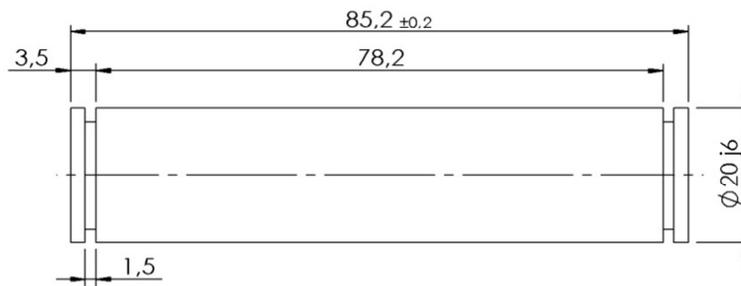


68

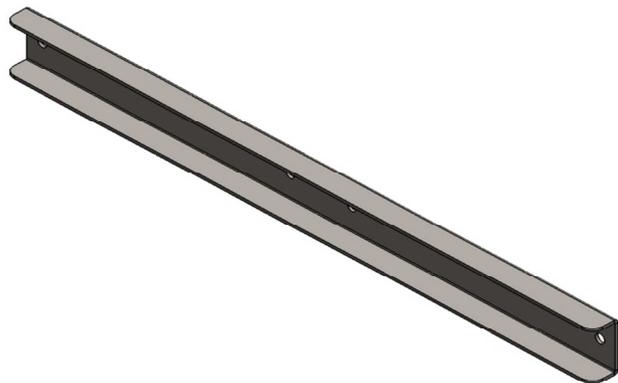
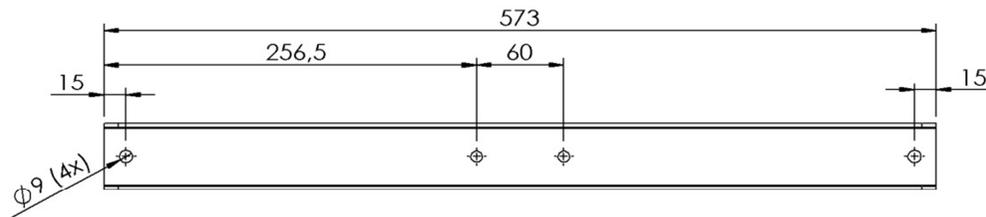
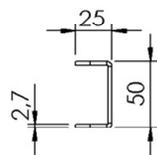


68	01	Lona Freio	Borracha EPDM		
67	01	Tubo 70	Aço ABNT 1020		
66	01	Eixo do Freio	Aço ABNT 1020		
Item	Qtde.	Descrição	Material		Observação
			Unidade	mm	Professor
			Revisão	00	Aluno
			Tratam.	Zincado	Aluno
			Data	25/08/13	Visto
Desenho			Escala		Código
Conjunto Eixo do Freio			1:2		

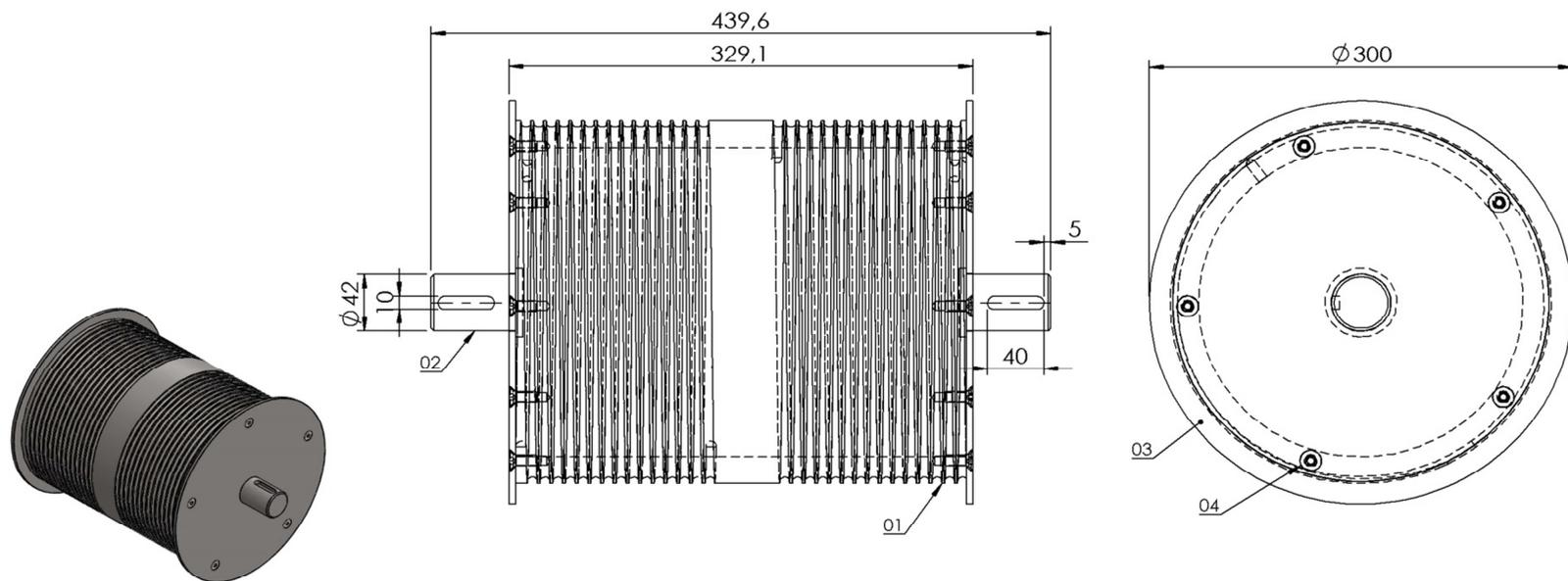




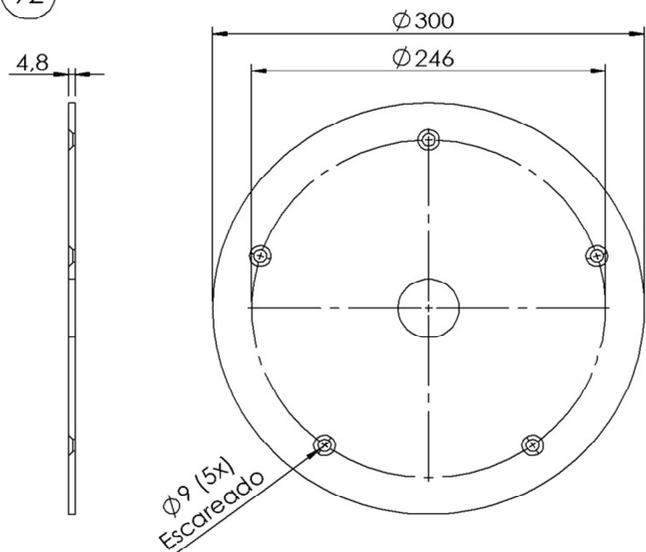
Item	04	Descrição	Aço ABNT 1020		Observação
	Qtde.		Material		
		Unidade	mm	Professor	Cziulik
		Revisão	00	Aluno	Orlando
		Tratam.	Zincado	Aluno	Elton
		Data	25/08/13	Visto	
Desenho	Eixo Fixo da Roldana			Escala	Código
				1:1	



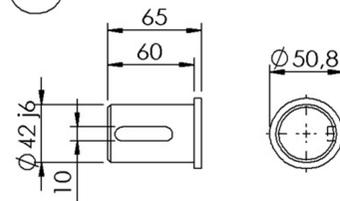
Item	02	Descrição	Ch. Aço ABNT 1020 #2,7mm		Observação
Qtde.			Material		
			Unidade	mm	Professor Cziulik
			Revisão	00	Aluno Orlando
			Tratam.	Epóxi	Aluno Elton
			Data	25/07/13	Visto
Desenho				Escala	Código
Travessa Fixadora das Roldanas				1:5	



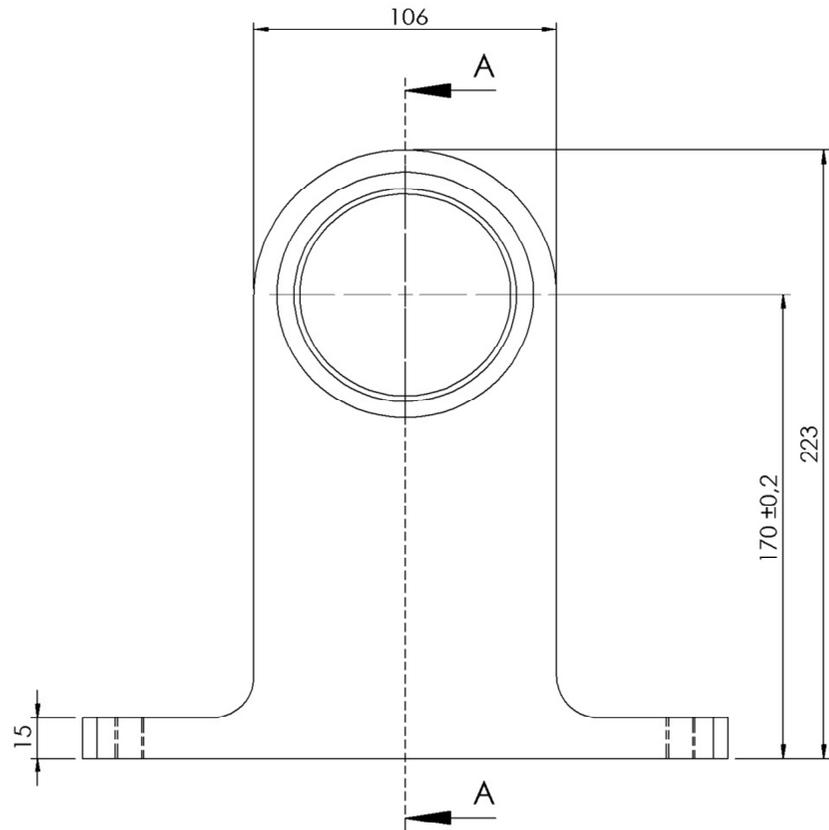
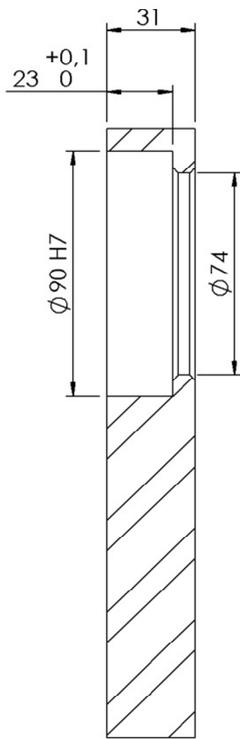
92



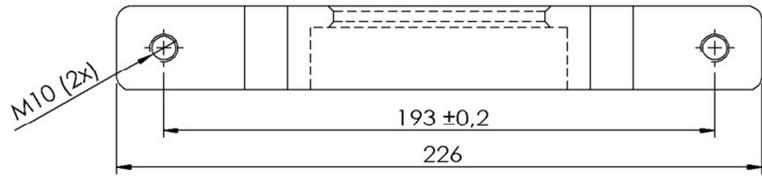
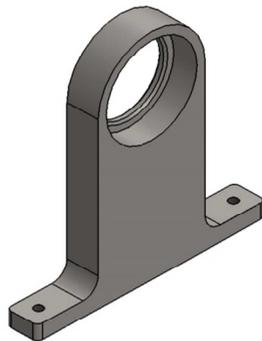
91



93	10	Paraf. Cabeça Escar. M8x20	Aço Médio Carbono	Sext. Intern.		
92	02	Disco do Tambor	Aço ABNT 1020			
91	02	Eixo do Tambor	Aço ABNT 1020			
90	01	Tambor	Polipropileno			
Item	Qtde.	Descrição	Material	Observação		
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	Natural	Aluno	Elton
			Data	29/07/13	Visto	
Desenho			Escala		Código	
Conjunto Tambor			1:5			

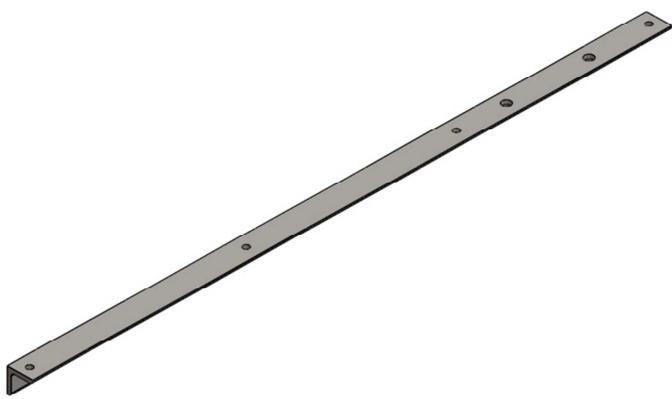
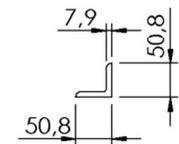
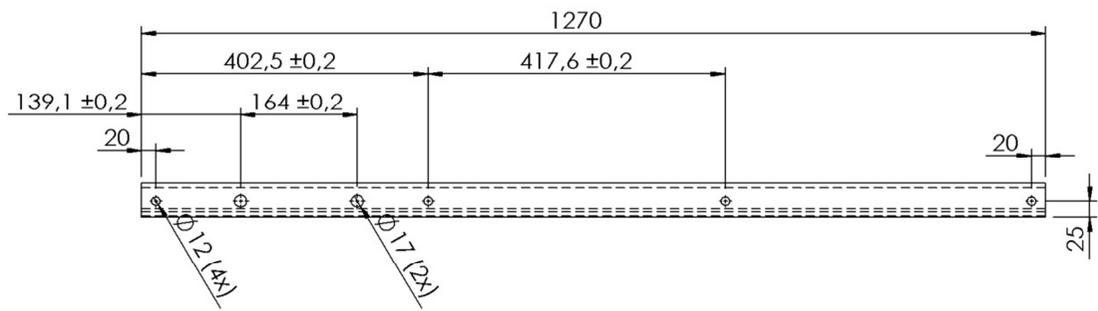


SEÇÃO A-A
ESCALA 1 : 2.5



Nota: Tolerâncias não especificadas, utilizar ±0,5mm

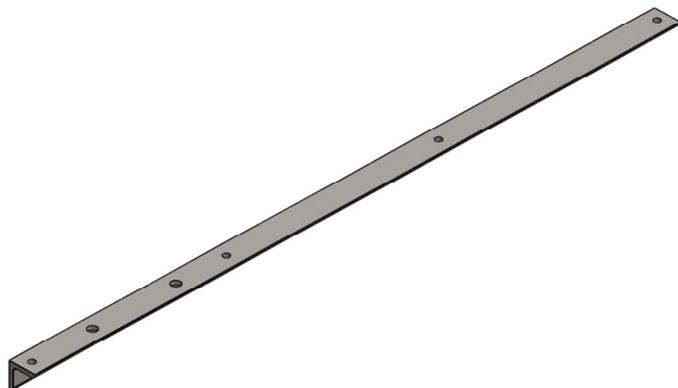
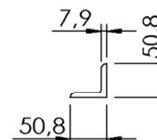
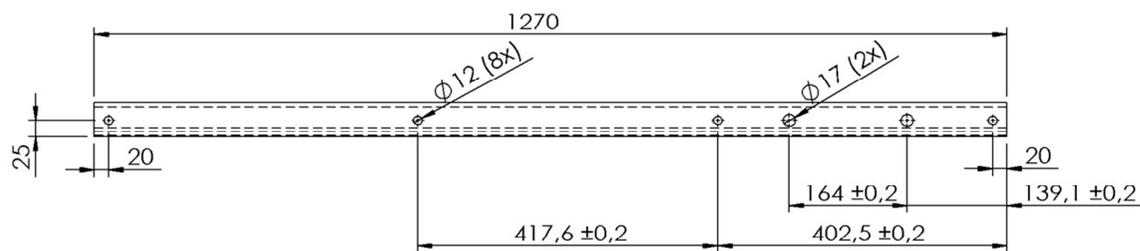
Item	02	Qtde.	Aço ABNT 1020		Observação
			Material		
			Unidade	mm	Professor Cziulik
			Revisão	00	Aluno Orlando
			Tratam.	Zincado	Aluno Elton
			Data	29/07/13	Visto
Desenho					Escala
Mancal					1:2,5
					Código



Nota: Tolerâncias não especificadas, utilizar ±0,5mm

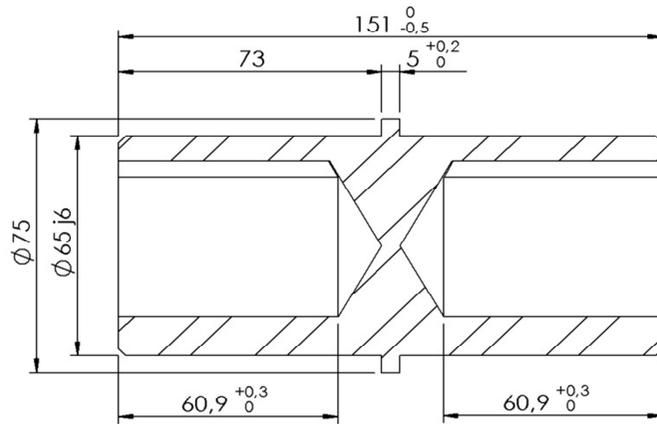
Item	01	Quantidade	Descrição	Cant.	Aço ABNT 1020	Material	Observação
				Unidade	mm	Professor	Cziulik
				Revisão	00	Aluno	Orlando
				Tratam.	Epóxi	Aluno	Elton
				Data	29/07/13	Visto	
Desenho	Cantoneira 1					Escala 1:10	Código



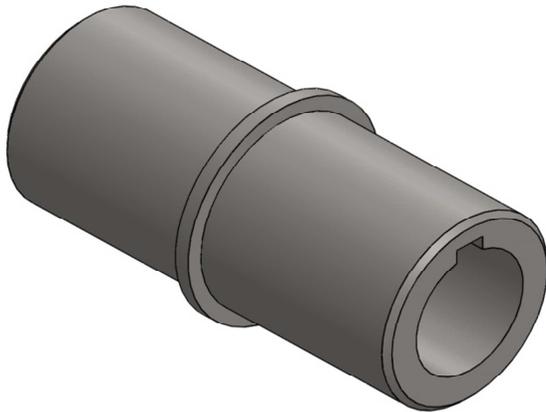
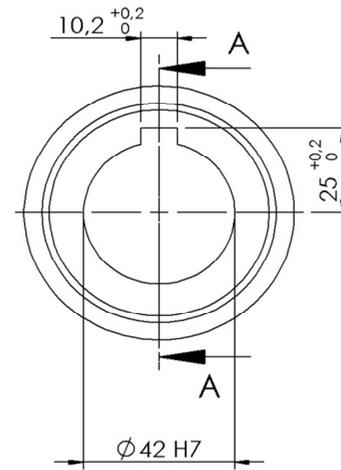


Item	01	Qtde.	Descrição		Cant. Aço ABNT 1020		Observação	
					Material			
					Unidade	mm	Professor	Cziulik
					Revisão	00	Aluno	Orlando
					Tratam.	Epóxi	Aluno	Elton
					Data	29/07/13	Visto	
Desenho					Escala		Código	
Cantoneira 2					1:10			



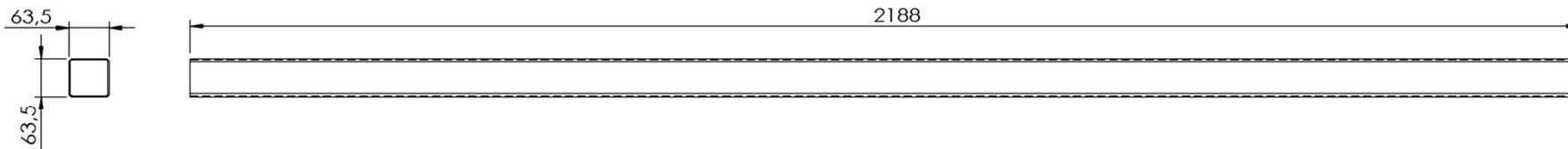


SEÇÃO A-A



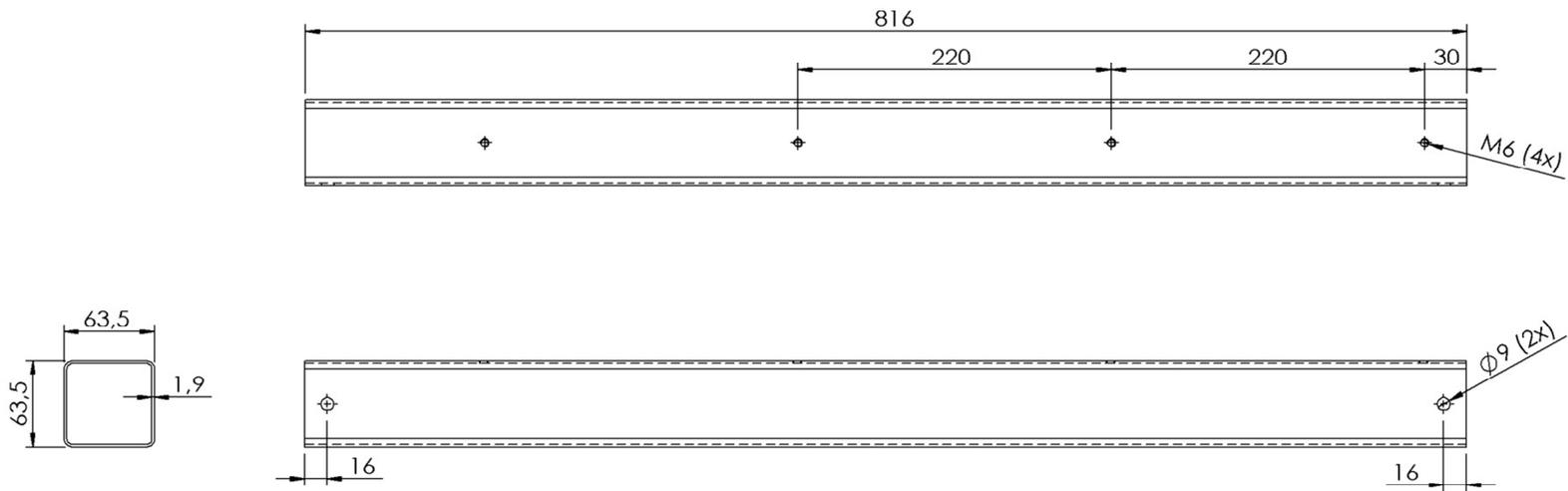
Item	01	Descrição	Aço ABNT 1020		Observação
Qtde.			Material		
			Unidade	mm	Professor
			Revisão	00	Aluno
			Tratam.	Zincado	Aluno
			Data	29/07/13	Visto
Desenho				Escala	Código
Eixo de Ligação				1:2	



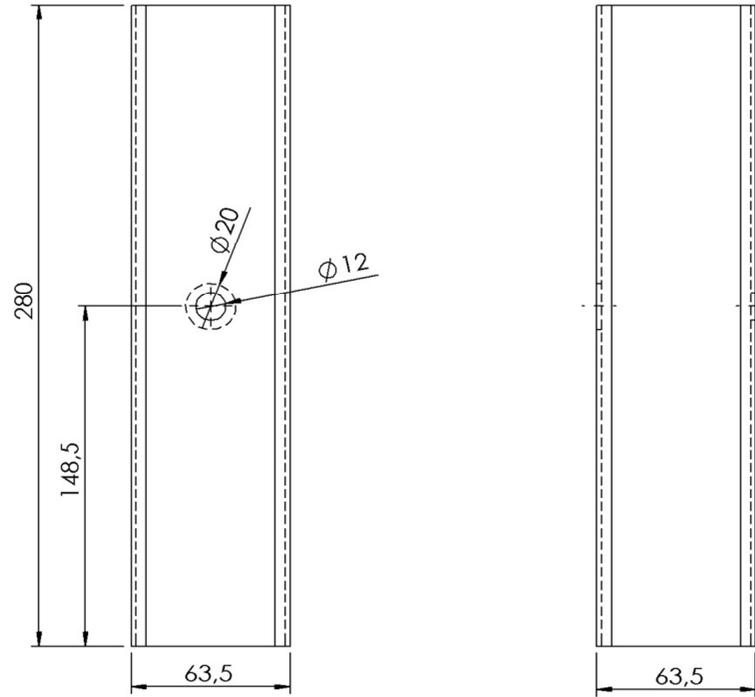


Item	02	Descrição	Tubo Aço ABNT 1020			Observação
	Qtde.		Material			
			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	Solda	Aluno	Orlando
			Data	25/07/13	Visto	
Desenho	Plataforma - Tubo Lateral				Escala	Código
					1:10	



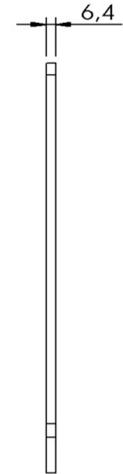
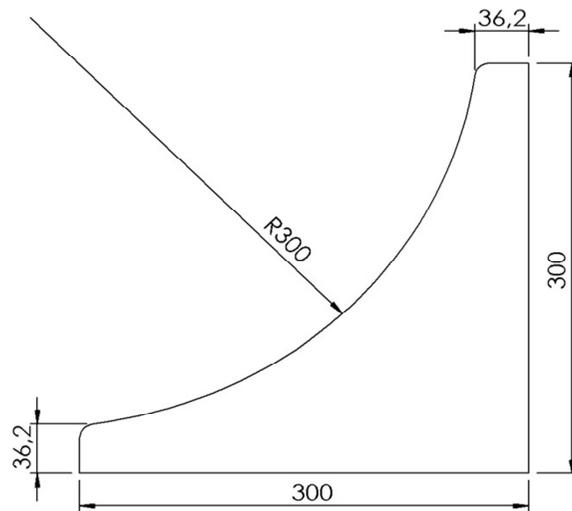


Item	02	Descrição	Tubo Aço ABNT 1020		Observação
			Material		
			Unidade	mm	Professor Cziulik
			Revisão	00	Aluno Orlando
			Tratam.	Solda	Aluno Elton
			Data	25/07/13	Visto
Desenho	Plataforma - Tubo Inferior			Escala	Código
				1:5	

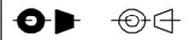


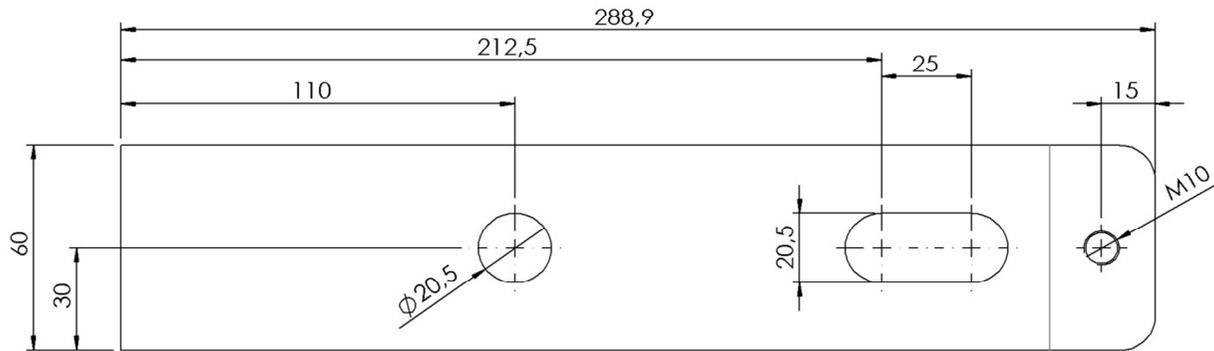
Item	02	Descrição	Tubo Aço ABNT 1020			Observação
Qtde.			Material			
			Unidade	mm	Professor	Cziulik
			Revisão	00	Aluno	Orlando
			Tratam.	Solda	Aluno	Elton
			Data	14/08/13	Visto	
Desenho					Escala	Código
Plataforma - Tubo Superior					1:2	





Item	04	Descrição	Ch. Aço ABNT 1020 #6,35mm		Observação
			Unidade	mm	Professor
			Revisão	00	Aluno
			Tratam.	Solda	Aluno
			Data	25/07/13	Visto
Desenho			Escala		Código
Plataforma - Mão Francesa			1:5		

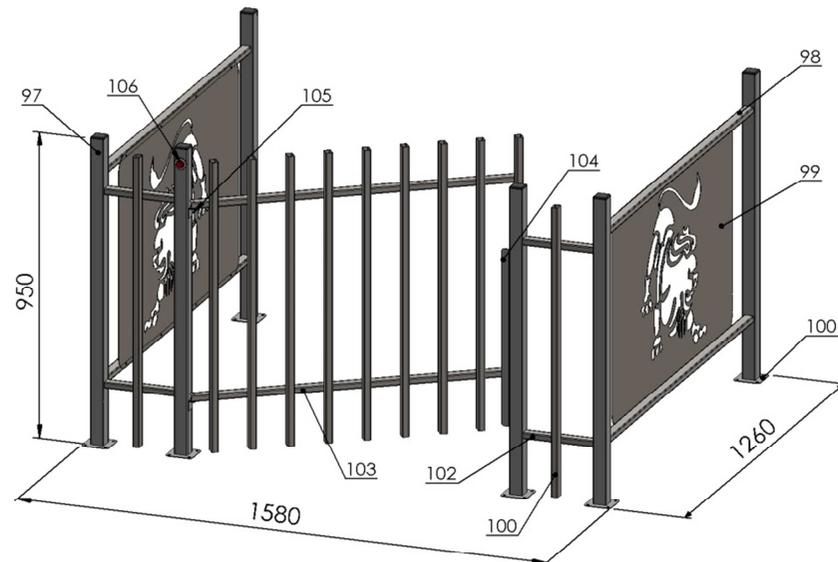




PLANIFICADO

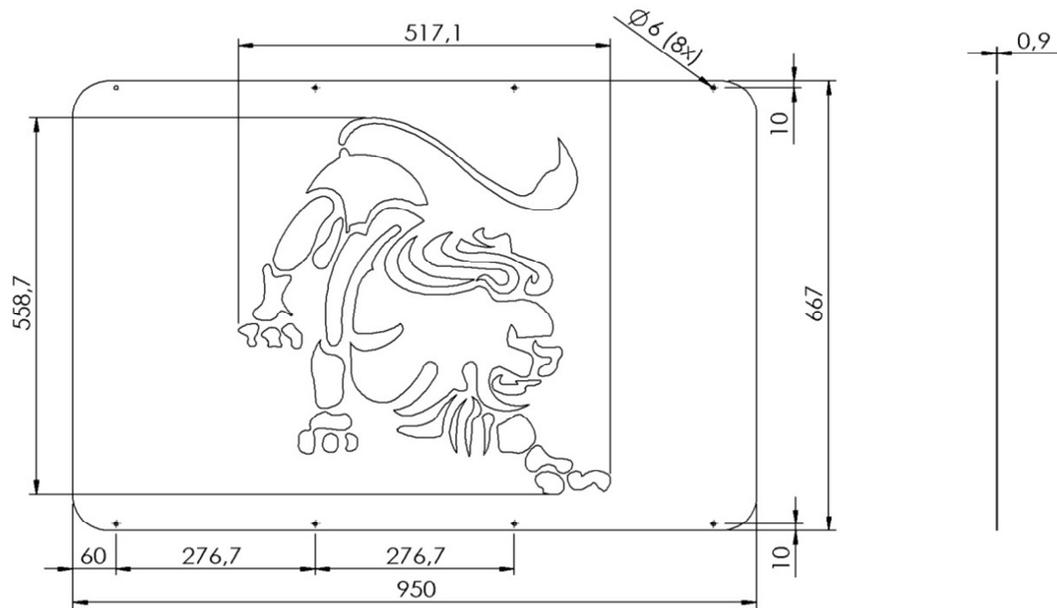


08		Ch. Aço ABNT 1020 #6,35mm	
Item	Qtde.	Descrição	Material
		Unidade	mm
		Revisão	00
		Tratam.	Solda
		Data	25/07/13
Desenho	Suporte da Roldana		
		Escala	1:2
			Código



106	01	Botão de Chamada			Marg. 27000
105	02	Suporte do Portão			
104	01	Batente do Portão	Tubo ABNT 1020 0,9x20x30		
103	02	Tubo Frontal	Tubo ABNT 1020 0,9x20x30		
102	04	Tubo 250	Tubo ABNT 1020 0,9x20x30		
101	11	Tubo 1m	Tubo ABNT 1020 0,9x20x30		
100	06	Sapata da Grade	Ch. Aço ABNT 1020		
99	02	Chapa Lateral Grade	Ch. Aço ABNT 1020		
98	04	Tubo Lateral	Tubo ABNT 1020 0,9x20x30		
97	06	Tubo Coluna	Tubo ABNT 1020 1,2x40x40		
Item	Qtde.	Descrição	Material		Observação
			Unidade	mm	Professor
			Revisão	00	Aluno
			Tratam.	Pint. Epóxi	Aluno
			Data	25/08/13	Visto
Desenho			Escala		Código
Conjunto Grade de Proteção			1:20		





Item	04	Qtde.	Descrição	Ch. Aço ABNT 1020 #0,9mm	Material	Observação
				Unidade	mm	Professor
				Revisão	00	Aluno
				Tratam.	Pint. Epóxi	Aluno
				Data	23/08/13	Visto
Desenho	Chapa Lateral Grade			Escala	1:10	Código



APÊNDICE D

O Apêndice D apresenta as planilhas de orçamento, utilizadas para a determinação do custo total do produto.

Levantamento de custos da cadeira estofada.....	218
Levantamento de custos da plataforma de elevação.....	219
Levantamento de custos da estrutura externa.....	220
Levantamento de custos da grade de proteção.....	221

ORÇAMENTO INTERNO

CLIENTE Projeto Final Elton e Orlando
DENOMINAÇÃO Cadeira Estofada
CÓDIGO

QTDE. 10

N°
DATA 22/08/2013
CONTATO
FONE / FAX
E-MAIL

MÃO DE OBRA	DESCRIÇÃO	Preparação	Tempo Operação			R\$ / hora	Total	Unit	
		em minutos	tempo de opar	qtde. operac.	tempo total				
	Desenvolvimento				2,0	25,00	50,00	5,00	
	Corte	10	30	2	0,3	25,00	8,33	0,83	
	Prensa					25,00			
	Dobra	35	15	15	1,3	25,00	31,25	3,13	
	Solda	15	60	5	1,1	25,00	27,08	2,71	
	Acabamento		60	5	0,8	25,00	20,83	2,08	
	Risqueadeira					25,00			
	Furadeira					25,00			
	Montagem					25,00			
	Serralheria	75	45	10	2,5	25,00	62,50	6,25	
	Usinagem					25,00			
	Outras Operações					25,00			
	Item 01 (Sub-Total)				8,8		200,00	20,00	
Funcionaria	DESCRIÇÃO	Preparação	bat. / seg	perim. corte	batidas	Tempo	R\$ / hora	Total	Unit
			2						
	Item 01.01 (Sub-Total)						120,00	0,00	0,00
Laser	DESCRIÇÃO	Tempo Ptero (s)	Vel. Ext	Vel. Int.	Per. Ext.	Per. Int.	nº Ptero.	Total	Unit
		1,5	4500	4000	4760	100,8	8		
	Item 01.02 (Sub-Total)								3,37

19,4 R\$ 56,09

Acabamento	Descrição	Área em m²		Peso em kg	
		Unit.	Lote	Unit.	Lote
	Epóxi	2,3	22,9		

Valor Referên.	Custo Unit. R\$
15,00	34,38

Outros	Descrição	Valor Unit.	Qtde.
		Estofamento	5,0
	Cromagem		
	Plasma		
	Serv. Terceirizado		
	Outros		

Custo
15,00

Custo Total
128,84

ORÇAMENTO INTERNO

CLIENTE Projeto Final Elton e Orlando		N°
DENOMINAÇÃO Plataforma de Elevação		DATA 22/08/2013
CÓDIGO		CONTATO
QTDE. 10		FONE / FAX
		E-MAIL

MÃO DE OBRA	DESCRIÇÃO		Preparação				Tempo Operação				RS / hora	Total	Unit			
	em obra		em obra	tempo op.	dist. op.	tempo op.	dist. op.									
	Desenvolvimento									2,0	25,00	50,00	5,00			
	Corte		20		30	4				0,7	25,00	16,67	1,67			
	Pressa		30		12	28				1,4	25,00	35,83	3,58			
	Dobra		45		15	29				2,0	25,00	48,96	4,90			
	Solda		60		60	30				6,0	25,00	150,00	15,00			
	Acabamento				60	15				2,5	25,00	62,50	6,25			
	Funcionadora		30		12	32				1,8	25,00	39,17	3,92			
	Furadeira		50		20	22				2,1	25,00	51,39	5,14			
	Montagem										25,00					
	Serradeira		60		45	8				2,3	25,00	58,33	5,83			
	Usinagem		20		30	16				1,7	25,00	41,67	4,17			
	Outras Operações		20		30	2				0,5	25,00	12,50	1,25			
	Item 01 (Sub-Total)									24,9		567,01	56,70			
	DESCRIÇÃO		Preparação		bat. / seg		peça. corte		batidas		Tempo	RS / hora	Total	Unit		
	Funcionadora				2											
	Item 01.01 (Sub-Total)											120,00	0,00	0,00		
	DESCRIÇÃO		Tempo Perc (s)		Vel. Ext		Vel. Int.		Per. Ext.		Per. Int.		n° Perc.		Total	Unit
	Lixar		3		3000		2500		24551,75		3504,9		110			
	Item 01.02 (Sub-Total)		\$ / Percing		Tempo (h)		0,253		RS / h		150,00					39,86
Material	Código	Denominação	Qt./c.	Dimensões Peça		Dimensões Material		Qt./Mat.	Peso/cj.	RS / kg	Custo Unit.					
	50020	Ch. Aço 1020 #1/4 (6,35mm)	4	300	300	1200	2000	24	20,0	2,40	RS 48,04					
	50017	Ch. Aço 1020 #10 (3,42mm)	1	816	968	900	2000	2	24,3	2,60	RS 63,06					
	50098	Tubo 1020 Quadr. 60,0 x 1,9mm	2	816		6000		7	8,1	3,50	RS 21,51					
	50098	Tubo 1020 Quadr. 60,0 x 1,9mm	2	2188		4500		2	16,1	3,50	RS 56,46					
	50098	Tubo 1020 Quadr. 60,0 x 1,9mm	2	250		6000		21	2,0	3,50	RS 7,17					
	50020	Ch. Aço 1020 #1/4 (6,35mm)	8	60	289	1200	2000	120	8,0	2,40	RS 19,21					
	50023	Ch. Aço 1020 #1/2 (12,7mm)	4	110	377,8	1200	2000	50	19,2	2,40	RS 46,12					
	50014	Ch. Aço 1020 #14 (1,9mm)	2	112,4	921,9	1200	2000	20	3,6	2,70	RS 9,70					
	50015	Ch. Aço 1020 #12 (2,86mm)	2	573	89,5	1200	2000	44	2,3	2,70	RS 8,17					
	50022	Ch. Aço 1020 #3/8 (9,52mm)	4	60	60	1200	2000	660	1,1	2,40	RS 2,62					
	50019	Ch. Aço 1020 #3/16 (4,76mm)	2	100	82,7	1200	2000	288	0,6	2,40	RS 1,50					
	50014	Ch. Aço 1020 #14 (1,9mm)	2	81,5	81,5	1200	2000	336	0,2	2,70	RS 0,56					
	50022	Ch. Aço 1020 #3/8 (9,52mm)	1	300	50	1200	2000	160	1,1	2,40	RS 2,70					
	50081	Tubo 1020 Ø 50,8 x 3,75mm	1	1884		6000		3	9,0	3,50	RS 31,37					
		Viga U 101,6 x 50,8 x 6,35mm	1	990		6000		6	9,5	3,50	RS 33,25					
											123,2	RS 349,46				
Acabamento	Descrição		Área em m ²		Peso em kg		Valor Referência	Custo Unit. R\$								
			Unit.	Lote	Unit.	Lote										
	Pintura Epóxi		6,0	59,6			15,00	89,40								
Outros	Descrição		Valor Unit.	Qtd.	Custo											
	Suporte Tubo Acionador - Anel		3,0	2,0	6,00											
	Arruela de Mola		0,5	4,0	2,00											
	Mola de Compressão		16,0	4,0	64,00											
	Roliana		12,0	8,0	96,00											
	Elbo Fixo da Roliana		3,5	4,0	14,00											
	Elbo Móvel da Roliana		4,8	4,0	19,20											
	Anel Elástico		1,2	16,0	19,20											
	Tubo 70		11,3	4,0	45,20											
	Lona do Freio		4,9	4,0	19,60											
	Elbo do Fio		18,3	4,0	73,20											
	Conjunto Tubo do Cabo de Aço		8,5	2,0	17,00											
	Othal de Suspensão		14,3	2,0	28,60											
	Painel de Controle CR603		52,4	1,0	52,40											
	Parafusos, Porcas e Arruelas		15,0	1,0	15,00											
	Cabo do Freio com Pressilha		9,1	4,0	36,40											
	Outros															
					Custo Total											
					1043,22											

ORÇAMENTO INTERNO

Nº
DATA 22/08/2013
CONTATO
FONE / FAX
E-MAIL

CLIENTE Projeto Final Elton e Orlando
DENOMINAÇÃO Estrutura Externa
CODIGO

QTDE. 10

MÃO DE OBRA	DESCRIÇÃO	Preparação	Tempo Operação			R\$ / hora	Total	Unit	
		em minutos	tempo de oper.	qtde. operac.	tempo total				
	Desenvolvimento				2,0	26,00	50,00	5,00	
	Corte					26,00			
	Pressa					26,00			
	Dobra					26,00			
	Solda	30	60	20	3,8	26,00	95,83	9,58	
	Acabamento		60	10	1,7	26,00	41,67	4,17	
	Rosqueadeira					26,00			
	Furadeira	30	30	12	1,5	26,00	37,50	3,75	
	Montagem					26,00			
	Serralheria	50	60	10	2,5	26,00	62,50	6,25	
	Usinagem					26,00			
	Outras Operações					26,00			
	Item 01 (Sub-Total)				12,7		287,50	28,75	
	DESCRIÇÃO	Preparação	bat. / seg	perfor. corte	batidas	Tempo	R\$ / hora	Total	Unit
	Funcionadeira		2						
	Item 01.01 (Sub-Total)						120,00	0,00	0,00
	DESCRIÇÃO	Tempo Piero (c)	Vel. Ext	Vel. Int.	Per. Ext.	Per. Int.	nº Piero.	Total	Unit
	Laser	3	3000	2500	7000	2205,0	72		
	Item 01.02 (Sub-Total)	3 / Piercing		Tempo (h)	0,114	R\$ / h	150,00		17,89

Material	Código	Denominação	Gt./ol.	Dimensões Peça		Dimensões Material		Gt./Mat.	Peso/ol.	R\$ / kg	Custo Unit.
		50020	Ch. Aço 1020 #14 (6,35mm)	2	142	250	1200	2000	64	3,8	2,40
	50020	Ch. Aço 1020 #14 (6,35mm)	2	110	200	1200	2000	100	2,4	2,40	R\$ 5,76
	50020	Ch. Aço 1020 #14 (6,35mm)	2	142	220	1200	2000	72	3,3	2,40	R\$ 8,01
	50020	Ch. Aço 1020 #14 (6,35mm)	2	142	160	1200	2000	96	2,5	2,40	R\$ 6,00
	50019	Ch. Aço 1020 #3/16 (4,76mm)	4	80	80	1200	2000	375	1,0	3,50	R\$ 3,38
	50377	Tubo 1020 Ø 50,8 x 2,25mm	2	4984		6000		1	33,3	3,50	R\$ 116,51
		Viga U 101,6 x 50,8 x 6,35mm	4	650		6000		9	24,4	3,50	R\$ 85,40
		Viga U 101,6 x 50,8 x 6,35mm	2	540		6000		11	10,4	3,50	R\$ 36,40
		Viga U 101,6 x 50,8 x 6,35mm	2	5390		6000		1	103,0	3,50	R\$ 360,50

184,0 R\$ 630,95

Acabamento	Descrição	Área em m²		Peso em kg	
		Unit.	Lote	Unit.	Lote
	Pintura Epoxi	10,4	104,1		

Valor Referên.	Custo Unit. R\$
15,00	156,22

Outros	Descrição	Valor Unit.	Qtd.	Custo
			Motorreductor	
	Rolamento	25,0	2,0	50,00
	Manca	55,0	2,0	110,00
	Eixo Ligação Direto	14,5	1,0	14,50
	Eixo Ligação	16,3	1,0	16,30
	Tambor Enrolamento Cabos	220,0	1,0	220,00
	Suporte do Motor	75,0	1,0	75,00
	Parafusos, porcas e arruelas	15,0	1,0	15,00
	Cabos de Aço, com presilhas	26,0	2,0	52,00

Custo Total
3186,61

ORÇAMENTO INTERNO

CLIENTE Projeto Final Elton e Orlando		N°	
DENOMINAÇÃO Grades de Proteção		DATA 23/08/2013	
CÓDIGO		CONTATO	
GTDE. 10		FONE / FAX	
		E-MAIL	

MÃO DE OBRA	DESCRIÇÃO	Preparação	Tempo Operação			R\$ / hora	Total	Unit
		em minutos	tempo de op.	op. op.	tempo total			
	Desenvolvimento				2,0	26,00	50,00	5,00
	Corte					26,00		
	Prensa					26,00		
	Dobra					26,00		
	Solda	30	60	30	5,5	26,00	137,50	13,75
	Acabamento		60	15	2,5	26,00	62,50	6,25
	Rosqueadeira					26,00		
	Furadeira	40	60	6	1,7	26,00	41,67	4,17
	Montagem					26,00		
	Serralheria	50	45	54	7,6	26,00	189,58	18,96
	Usinagem					26,00		
	Outras Operações					26,00		
	Item 01 (Sub-Total)				21,2		481,25	48,13

DESCRIÇÃO	Preparação	bat. / seg	parm. corte	batidas	Tempo	R\$ / hora	Total	Unit
Funcionadeira		2						
Item 01.01 (Sub-Total)						120,00	0,00	0,00

DESCRIÇÃO	Tempo Pieno (s)	Vel. Ext	Vel. Int.	Per. Ext.	Per. Int.	nº Pieno.	Total	Unit
Laser	1	5000	4500	20640	30145,6	230		
	\$/ Piercing		Tempo (h)	0,244	R\$/ h	150,00		
Item 01.02 (Sub-Total)								38,48

Material	Código	Denominação	Qt./oj.	Dimensões Peça	Dimensões Material	Qt./Mat.	Peso/oj.	R\$ / kg	Custo Unit.	
		50592	Tubo 1020 Quadr. 40,0 x 1,2mm	12	950	6000	6	18,1	3,50	R\$ 63,50
	50684	Tubo 1020 30,0x20,0x0,9mm	8	1140	6000	5	6,8	3,50	R\$ 23,69	
	50684	Tubo 1020 30,0x20,0x0,9mm	22	900	6000	6	15,5	3,50	R\$ 54,29	
	50684	Tubo 1020 30,0x20,0x0,9mm	4	950	6000	6	2,8	3,50	R\$ 9,87	
	50684	Tubo 1020 30,0x20,0x0,9mm	8	210	6000	28	1,2	3,50	R\$ 4,23	
	50010	Ch. Aço 1020 #20 (0,9mm)	4	667	950	1300	2000	2	36,9	R\$ 99,57
	50014	Ch. Aço 1020 #14 (1,9mm)	12	80	80	1200	2000	375	1,1	R\$ 3,10
								2,70		
								82,5	R\$ 258,25	

Acabamento	Descrição	Área em m²		Peso em kg		Valor Referênc.	Custo Unit. R\$
		Unit.	Lote	Unit.	Lote		
	Epoxi	10,5	104,9			15,00	157,30

Outros	Descrição	Valor Unit.	Qtde.	Custo
Batente do Portão	4,2	2,0	8,40	
Botão de Chamada	13,1	2,0	26,20	
Pushbutton	14,1	2,0	28,20	
Tampão 40x40	0,2	12,0	2,40	
Tampão 30x20	0,1	22,0	2,20	
Parafusos, pinos e arruelas	5,0	1,0	5,00	
Outros				

Custo Total	586,56
--------------------	---------------