

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

GABRIEL CASTILHO MENDES RIBEIRO
VANESSA SCHERNER

**PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA TRANSPORTE E
ACOMODAÇÃO DE CRIANÇA COM DEFICIÊNCIA NEUROMOTORA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2012

GABRIEL CASTILHO MENDES RIBEIRO

VANESSA SCHERNER

**PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA TRANSPORTE E
ACOMODAÇÃO DE CRIANÇA COM DEFICIÊNCIA NEUROMOTORA**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientadora: Prof. Dr^a.Carla Cristina Amódio Estorílio.

CURITIBA

2012

TERMO DE ENCAMINHAMENTO

Venho por meio deste termo, encaminhar para apresentação a monografia do Projeto do Equipamento para Transporte e Acomodação de Criança com Deficiência Neuromotora, realizado pelos alunos Gabriel Castilho Mendes Ribeiro e Vanessa Scherner, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dra. Carla Cristina Amódio Estorílio.
UTFPR - DAMEC

Curitiba, 20 de novembro de 2012.

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto do Equipamento para Transporte e Acomodação de Criança com Deficiência Neuromotora, realizado pelos alunos Gabriel Castilho Mendes Ribeiro e Vanessa Scherner, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Industrial Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr^a. Carla Cristina Amódio Estorílio.

DAMEC, UTFPR

Orientadora

Prof. Dr. José Aguiomar Foggiatto.

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Prof. Dr. Francisco Gödke.

DAMEC, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 20 de novembro de 2012.

RESUMO

RIBEIRO, Gabriel Castilho Mendes; SCHERNER, Vanessa. Projeto de Equipamento para Transporte e Acomodação de Criança com Deficiência Neuromotora. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Mecânica) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

A demanda em desenvolver produtos novos que promovam acessibilidade e inclusão social aos deficientes físicos e intelectuais cresceu muito nos últimos anos e promete crescer ainda mais. Surgiu assim a Tecnologia Assistiva. É um termo novo, mas cada vez mais popular na engenharia. Nesse contexto surgiu a oportunidade de desenvolver, junto à escola ERCE, um produto específico para atender as necessidades de um paciente que possui deficiência intelectual profunda, obesidade e limitações nos movimentos dos joelhos. Sendo assim esse trabalho tem o objetivo de desenvolver um projeto e construir o protótipo de um produto que auxilie esse paciente a permanecer em posição vertebral ereta, e desenvolver sustentação nos joelhos. Para isso serão revisados os temas de Tecnologia Assistiva, deficiências intelectuais e motoras e desenvolvimento motor humano. Para desenvolver o projeto do produto será utilizada a metodologia de Pahl et al. (2005), relativas ao projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Entre os resultados, o trabalho será entregar o projeto do produto com todas as especificações técnicas para fabricação do produto final.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva, Deficiência Intelectual, Projeto de Produto, Protótipo.

ABSTRACT

RIBEIRO, Gabriel Castilho Mendes; SCHERNER, Vanessa. Equipment for Transportation and Adaption of child with Neuromotor Disabilities' Design. 2011. Coursework (Graduation in Industrial Mechanical Engineering) Federal Technological University of Parana. Curitiba, 2011.

The Demand to develop new products that promote accessibility and social inclusion to those who possess physical and intellectual disabilities has grown significantly in the past years and promises to grow even more. Thus came assistive technology, it is a new term, but increasingly popular in engineering. In this context came an opportunity to develop, along with ERCE School, a specific product to attend the needs of a patient who suffers from severe intellectual and physical disabilities and obesity. Therefore this work aims to develop a project and build a prototype of a product that assists this patient to remain in an upright position and develop knee sustentation. For this a few subjects will be revised, such as, assistive technology, intellectual and physical disabilities and human motor development. After, with the intent to developing the product design, Pahl et al (2005) methodology will be used, regarding the informational, preliminary, conceptual and detailed design. Among the results, this work will present a full product design with all technical information to manufacture the final product.

Keywords: Assistive technology, Intellectual disabilities, Product design, Prototype.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Aluno da escola ERCE	21
Figura 2: Teclado desenvolvido para deficientes visuais.	25
Figura 3: Representação esquemática da matriz QFD	33
Figura 4: Fluxograma para Desenvolvimento do projeto Preliminar de Pahl&Beitz.....	37
Figura 5: Cabeçalho da planilha do FMEA	38
Figura 6: Questionário	45
Figura 7: Matriz do QFD	47
Figura 8: Concepção 1.....	51
Figura 9: Concepção 2.....	51
Figura 10: Concepção 3.....	51
Figura 11: Sistema de coordenadas adotado em todas as imagens e figuras contidas no presente trabalho	55
Figura 12: Vista tridimensional do esboço preliminar do mecanismo do equipamento.....	59
Figura 13: Vista frontal do esboço preliminar do mecanismo do equipamento.	59
Figura 14: Formato básico do equipamento – paralelepípedo - em vista trimétrica, com as dimensões primárias: comprimento, largura e altura expressas em mm.	62
Figura 15: Rodízios com freio modelo GL 212 NIT da SCHIOPPA®.....	62
Figura 16: Esforços atuantes na barra diagonal do mecanismo de elevação, onde V é a força na direção y e H é a força na direção x.....	64
Figura 17: Vista frontal do esboço preliminar do mecanismo, destacando a influência da força gravitacional	67
Figura 18: Carregamentos considerados nas barras do equipamento orientadas na direção do eixo x	69

Figura 19: Formato do pino passante utilizado para conectar as barras diagonais e as bases superior e inferior.....	75
Figura 20: Distância entre os pontos 1 e 2 nas coordenadas x e y	76
Figura 21: Ângulo variável de inclinação da barra diagonal do mecanismo de elevação.....	76
Figura 22: Sistema de Coordenadas móveis i e j que acompanham a barra diagonal.....	77
Figura 24: Maca hospitalar comum da marca MEDIPLUS.....	80
Figura 25: Tábua de passar roupas da marca <i>Compact Me</i>	81
Figura 26: Atuador Hidráulico – PARKER.....	81
Figura 27: Fusos Trapezoidais da marcaATI Brasil	82
Figura 28: Parafuso de avanço movido por servomotor para dispositivo de posicionamento	83
Figura 29: Análise de força na interface porca-parafuso para a) levantamento de carga e b) abaixamento de carga.....	84
Figura 30: Esboço do mecanismo de inclinação.....	91
Figura 31: Esboço da chapa de suporte	93
Figura 32: Distribuição de Tensão Von Mises na chapa de suporte da cama ..	94
Figura 33: Esboço do mecanismo de elevação e inclinação	94
Figura 34: Distribuição de Tensão Von Mises no eixo de elevação.....	95
Figura 35: Posições da maca: 1) Maca Fechada; 2) maca levantada; 3) Mecanismo de inclinação aberto.....	96
Figura 36: Identificação das barras do equipamento: 1- barra de acionamento do mecanismo de elevação; 2 - barra articulada de acionamento do mecanismo de elevação; 3 - barra de acionamento do mecanismo de inclinação	96
Figura 37: Distribuição de Tensão Von Mises na barra 1	97
Figura 38: Detalhe da área de concentração de tensão na barra 1	97

Figura 39: Distribuição de Tensão Von Mises na barra 3	98
Figura 41: Colchão anti-escaras	101
Figura 42: Colete salva-vidas	102
Figura 43: Cintas de fixação	102
Figura 44: Espuma em formato cilíndrico.	103
Figura 45: Propensor para as pernas revestido com espuma em CAD 3D	103
Figura 46: Base de apoio para os pés com fixação variável, conforme destacado em vermelho	104
Figura 47: Base de apoio para os pés	104
Figura 48: Grades laterais	105
Figura 49: Puxador	105
Figura 50: Etapas do trabalho de detalhamento	109
Figura 51: Vista Isométrica do equipamento para Transporte e Acomodação de Criança com Deficiência Neuromotora.....	110
Figura 52: Modelo simplificado do equipamento em escala 1:2 na posição fechada	113
Figura 53: Acionamento dos eixos substituído por barra de madeira	113
Figura 54: Dobradiça	114
Figura 55: Mecanismo de elevação	115
Figura 56: Mecanismo de Inclinação	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados antropométricos	42
Tabela 2: Fatores utilizados para determinar um coeficiente de segurança para materiais dúcteis	56
Tabela 4: Propriedades Mecânicas Típicas de Vários Metais e Ligas em um Estado Recozido	66
Tabela 5: Valores de x , h e forças conforme a variação do ângulo α	79
Tabela 6: Ângulo de avanço e eficiência de roscas-padrão ACME com coeficiente de atrito $\mu=0,15$	89
Tabela 7: Custos do modelo	116
Tabela 8: Mapeamento dos Riscos do Projeto	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo das etapas da metodologia Pahl et al ¹	30
Quadro 2: Quadro clínico	42
Quadro 3: Desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos técnicos ..	46
Quadro 4: Especificações x Metas	48
Quadro 5: Combinação das células que implementam as funções.....	50
Quadro 6: Matriz de Pugh	53
Quadro 7: Comparativo entre as características demandadas e apresentadas pelo produto final.....	118
Quadro 8: Avaliação do atendimento dos Requisitos Técnicos do projeto.....	119

LISTA DE SIGLAS

AAIDD	Associação Americana de Deficiência e Desenvolvimento Intelectual
CG	Centro de Gravidade
CS	Coeficiente de Segurança
CSUN	California State University Northridge
E.V.A	Ethyl Vinyl Acetate (Acetato Etil Vinil)
IEA	Associação Internacional de Ergonomia (International Ergonomy Association)
IFC	International Functionality Classification (Classificação Internacional da Funcionalidade)
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OMS	Organização Mundial da Saúde
PR	Paraná
PTFE	Politetrafluoretileno
QFD	Quality Function Deployment (Desdobramento da Função Qualidade)
3D	Tridimensional

LISTA DE ACRÔNIMOS

CAD	Computer Aided Design (Desenho Assistido por Computador)
CAT	Comitê de Ajudas Técnicas
DIN	Deutches Institute Für Normung (Instituto Alemão de Normalização)
ERCE	Escola de Integração e Recuperação da Criança Excepcional
FMEA	Análise de Modo e Efeito de Falha (Failure Mode Effects Analysis)
RINAM	Rede de Informação de Acessibilidade em Museus

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Aceleração
A_{cis}	Área cisalhada
A_0	Área inicial da seção transversal do corpo de prova
c	Distância do centro de gravidade do tubo até a aresta mais distante
D	Diâmetro do pino
d_p	Diâmetro Primitivo
d_0	Diâmetro inicial
e	Espessura
e_d	Eficiência para abaixar a carga
e_u	Eficiência para levantar a carga
F	Força
F_G	Força Gravitacional
F_{Gbs}	Força gravitacional da base superior da estrutura
F_{Gmi}	Força gravitacional do mecanismo de inclinação
F_{Gu}	Força gravitacional do usuário
G	Módulo de rigidez ou módulo transversal
h	Distância ou altura entre dois pontos na direção y
H	Força horizontal, ou seja na direção x
I	Momento de Inércia
I_0	Comprimento inicial do corpo de prova
I	Comprimento do corpo de prova sob ação à força P
J	Momento polar de inércia na seção transversal
K	Fator de intensidade
L	Avanço

K_c	Tenacidade à fratura
m	Massa
m_{bau}	Massa da base de apoio para o usuário
m_{bs}	Massa da base superior da estrutura
m_{mi}	Massa do mecanismo de inclinação
m_u	Massa do usuário
M	Momento em relação ao centro de gravidade
M_G	Momento em relação ao centro de gravidade
M_{max}	Momento na direção x em relação ao centro de gravidade
N	Normal ao plano
P	Força atuante em um determinado momento
r	Raio do corpo de prova
R_A	Força de reação no apoio A
R_B	Força de reação no apoio B
S	Tensão
S_y	Resistência ao Escoamento
T	Torque aplicado necessário para romper o corpo de prova
T_c	Torque para girar o colar de empuxo
T_d	Torque total para abaixar a carga
T_{sd}	Torque para abaixar a carga
T_{su}	Torque para levantar a carga
T_u	Torque total para levantar a carga
V	Força cortante
x	Distância entre dois pontos na direção x
w	Peso Especifico
$W_{entrada}$	Potência de entrada

$W_{saída}$	Potência de saída
α	Ângulo formado com a horizontal
β	Ângulo entre maca e haste de inclinação
γ	Ângulo entre maca e horizontal
θ	Rotação em radianos
μ	Coefficiente de Atrito entre o parafuso e a rosca
ν	Coefficiente de Poisson
λ	Ângulo de Avanço
σ	Tensão
σ_{sol}	Tensão de Solicitação
τ_{xy}	Tensão cisalhante pura

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	20
1.1	Caracterização do Problema.....	20
1.2	Objetivos.....	21
1.3	Justificativa.....	22
1.4	Etapas do trabalho.....	22
2	DEFICIÊNCIA E TECNOLOGIA ASSISTIVA.....	24
2.1	Tecnologia Assistiva.....	24
2.2	Desenvolvimento Motor dos Indivíduos.....	25
2.3	Deficiência Física.....	26
2.4	Deficiência Intelectual.....	27
3	PROCEDIMENTOS TECNOLÓGICOS.....	29
3.1	Classificação da pesquisa.....	29
3.2	Descrição da Metodologia.....	29
3.2.2	Projeto Conceitual.....	34
4	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	41
4.1	Contexto do projeto.....	41
4.2	Projeto Informacional.....	42
4.3	Projeto Conceitual.....	49
4.4	Projeto Preliminar.....	53
4.5	Projeto Detalhado.....	107
4.6	Construção do Modelo.....	112
4.6.1	Mecanismo de Elevação.....	114
5	RESULTADOS.....	117

5.1	Diferenças entre o cronograma planejado e o realizado.....	117
5.2	Riscos previstos e ocorrências que tiveram impacto no projeto	117
5.3	Análise dos resultados obtidos no trabalho.....	117
5.4	Diferenças entre os produtos previstos e os efetivamente obtidos	119
6	CONCLUSÕES	121
7	REFERÊNCIAS	122
	APÊNDICE A – BENCHMARKING	128
	APÊNDICE B – ANÁLISE FUNCIONAL	129
	APÊNDICE C – MATRIZ MORFOLÓGICA	130
	APÊNDICE D – CRONOGRAMA	131
	APÊNDICE E – PLANILHA FMEA	132
	APÊNDICE F – MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO	133
	APÊNDICE G – PLANILHA DE CUSTOS DO EQUIPAMENTO	136
	APÊNDICE H – ÁRVORE DO PRODUTO	137
	APÊNDICE I – DESENHOS	138

1. INTRODUÇÃO

O quadro brasileiro de pessoas com deficiência mostra que há muitos desafios a serem superados para que elas possam ser incluídas na sociedade, de forma mais humana e adequada. Além de superar o preconceito, é necessário investir em tecnologias que possibilitem um estilo de vida digno. A engenharia aliada a outras áreas da ciência, como medicina e fisioterapia é capaz de fazer com que limitações físicas sejam vencidas por meio do desenvolvimento de dispositivos que simulem gestos e movimentos humanos, enviem sinais elétricos, dentre outros.

Nesse contexto, a área de projetos apresenta grande importância. Baseados em conhecimentos e metodologias de desenvolvimento de produtos é possível projetar e construir equipamentos para melhorar a qualidade de vida dos deficientes. Área do conhecimento esta, que é conhecido como Tecnologia Assistiva.

Na região metropolitana de Curitiba / PR, em Campo Largo, situa-se a escola de Integração e Recuperação da Criança Excepcional – ERCE, que atende a 225 alunos de zero a cinquenta e cinco anos de idade com diversos tipos de deficiência. A escola é responsável pela educação de alunos que apresentam diversos tipos de deficiência sem variados níveis e disponibiliza poucos equipamentos que auxiliem no transporte, acomodação e desenvolvimento delas, porque as necessidades são, em geral, muito particulares e não são encontrados produtos economicamente viáveis que atendam as necessidades dos alunos.

1.1 Caracterização do Problema

Tendo conhecimento da precariedade de projetos relacionados à área de Tecnologia Assistiva e das necessidades apresentadas pela escola ERCE, foi visualizada a oportunidade de desenvolver um Equipamento para Transporte e Acomodação de uma Criança com Deficiência Neuromotora, cujo foco específico é proporcionar maior inclusão social à criança que apresenta retardo intelectual profundo, obesidade, diplegia, retrações isquiotitrais bilaterais, limitação dos movimentos dos joelhos e encurtamento das pernas.

A criança em questão já nasceu com deficiências, todavia elas somente puderam ser caracterizadas com o tempo. O aluno foi matriculado na ERCE nos primeiros anos de vida, mas depois deixou de participar e voltou há aproximadamente poucos anos, segundo dados fornecidos pelo fisioterapeuta responsável. Assim, não houve um acompanhamento geral do desenvolvimento da criança e ainda existem algumas dúvidas quanto às possibilidades de desenvolvimento da criança.

Segundo o fisioterapeuta responsável pela escola ERCE, o aluno se mantém grande parte do dia deitado no chão, conforme mostra a Figura 1, ou dentro de uma banheira com água quando está em casa, ele resiste em ficar sentado, exceto durante o trajeto de sua casa até a escola, período no qual ele é transportado em uma cadeira de rodas.

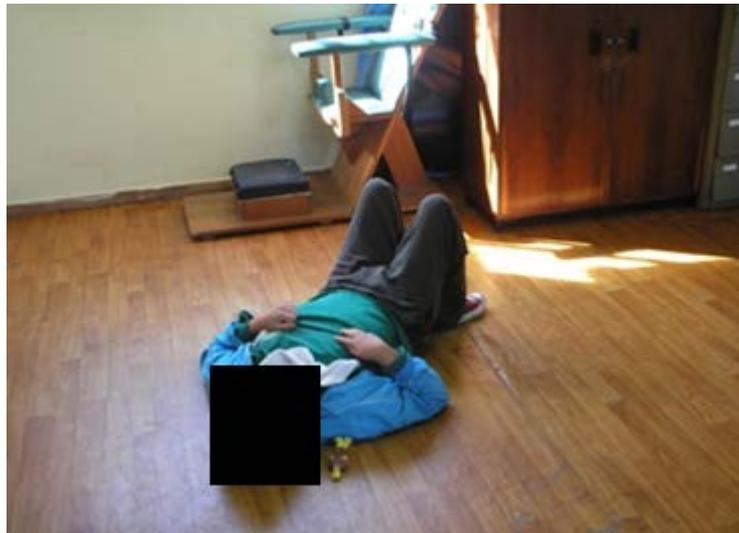


Figura 1: Aluno da escola ERCE

Fonte: GÖDKE, Francisco. Tecnologia Assistiva. Disponível em <http://www.damec.ct.utfpr.edu.br/assistiva/disciplina.htm>.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver o projeto completo de um Equipamento para Transporte e Acomodação de Criança com Deficiência Neuromotora e construir um modelo para avaliação dos mecanismos.

Para isso, os seguintes objetivos específicos serão desenvolvidos:

1. Levantamento das necessidades do cliente que utilizará o equipamento;

2. *Benchmarking* concordante com as demandas técnicas e mercadológicas levantadas;
3. Definição dos Requisitos Técnicos de Projeto;
4. Geração de concepções para o equipamento;
5. Identificação da concepção que melhor atende a demanda;
6. Definições técnicas para execução do produto;
7. Revisões do produto quanto à sua ergonomia;
8. Modelagem do produto, incluindo todas as especificações para fabricação e montagem;
9. Desenvolvimento do protótipo

1.3 Justificativa

O presente pretende contribuir para atender as necessidades de um aluno da escola ERCE que sofre de diversos problemas de saúde, não comuns, para os quais se encontram produtos no mercado. Além disso, ressalta-se o fato de sua família, assim como a escola, não possuírem recursos para desenvolverem um produto que atenda as necessidades desta criança. Sendo assim, esse trabalho se justifica por melhorar as condições de vida desta criança, sem que ela necessite despender qualquer valor financeiro.

1.4 Etapas do trabalho

O presente capítulo abrange uma breve introdução ao assunto abordado, os objetivos do trabalho e as justificativas para o desenvolvimento deste.

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica dos temas relacionados à deficiência intelectual e motora, desenvolvimento motor e Tecnologia Assistiva.

O capítulo 3 trata dos procedimentos metodológicos que serão utilizados neste trabalho, abordando a descrição da metodologia, as justificativas para o uso da mesma e a descrição dos métodos utilizados.

No capítulo 4 é apresentado o desenvolvimento das quatro etapas do projeto.

O capítulo 5 apresenta os resultados do presente trabalho.

O capítulo 6 abrange as conclusões do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2 DEFICIÊNCIA E A TECNOLOGIA ASSISTIVA

Esse capítulo aborda os temas tecnologia assistiva, deficiência intelectual e deficiência motora com o objetivo de contextualizar o desenvolvimento do presente projeto.

2.1 Tecnologia Assistiva

Há diferentes definições para tecnologia assistiva, nesse trabalho serão consideradas as seguintes:

- i) “Tecnologia Assistiva é todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e, conseqüentemente, promover vida independente e inclusão” – (Sartoretto e Bersch, 2012);
- ii) “A Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social” (ATA VII - Comitê de Ajudas Técnicas - CAT).

Ambas são muito semelhantes e abrangentes, por isso é necessário uma classificação mais específica para conceituar o trabalho. Bersch (2008) apresenta uma divisão da tecnologia assistiva em 10 diferentes categorias:

1. Auxílio para a Vida Diária e Vida Prática;
2. Comunicação Aumentativa e Alternativa;
3. Recursos de Acessibilidade ao Computador;
4. Controle do Ambiente;
5. Projetos visando a Acessibilidade;
6. Órteses e Próteses;
7. Adequação Postural;

8. Auxílios para Pessoas com Deficiência Visual Total ou Parcial;
9. Auxílios Auditivos;
10. Auxílios de Mobilidade;
11. Adaptações em Veículos.

O equipamento a ser desenvolvido no presente trabalho se enquadra no sétimo grupo, que engloba exemplos como móveis ergonômicos, encostos, posicionadores que permitam adequação postural com conforto, pranchas ortostáticas, dentre outros. A OMS (Organização Mundial da Saúde), por intermédio da ICF (Classificação Internacional da Funcionalidade) definiu essa gama de produtos como: equipamentos ou tecnologias adaptadas ou desenvolvidas especialmente para auxiliar as pessoas na vida diária, tais como próteses e aparelhos ortopédicos, próteses neurais e unidades de controle ambiental que visam facilitar o controle dos indivíduos sobre seu ambiente interior. Na Figura 2, pode-se ver um teclado com símbolos em alto-relevo desenvolvido para deficientes visuais.



Figura 2: Teclado desenvolvido para deficientes visuais.

Fonte: <http://www.lvzhongfang.com/concepts/keyboard-computer-for-blind-person/>

2.2 Desenvolvimento Motor dos Indivíduos

Para entender a condição médica do paciente serão conceituados o desenvolvimento motor e as deficiências intelectuais e motoras.

O termo Desenvolvimento Motor se refere ao processo sequencial e contínuo de mudanças na capacidade funcional do movimento. Já o termo Controle Motor é referente ao controle do sistema nervoso e dos músculos para a movimentação habilidosa e coordenada dos movimentos (Haywood, 2004).

Segundo o modelo de Newell (1986), “os movimentos são frutos da interação do organismo com o ambiente, sendo que ocorrem de acordo com as tarefas a serem executadas. Caso o organismo, o ambiente ou a tarefa a serem executados sejam modificados, o resultado do movimento também muda. Assim, se o organismo apresentar algum tipo de restrição física, é possível que ele não consiga desenvolver determinadas tarefas, pois apresentam algum tipo de deficiência”.

Desta forma, segundo o Estatuto da Pessoa com Deficiência (2007), pessoas com incapacidades são aquelas que apresentam deficiências físicas, mentais, intelectuais ou sensoriais duradouras que, ao interagir com diversas barreiras podem retratar participação limitada na sociedade, quando submetidas a condições similares às demais pessoas.

Ou seja, quando uma pessoa não apresenta um desenvolvimento motor considerado normal diz-se que ela apresenta uma deficiência motora que pode, também, apresentar, como consequência, uma deficiência física. Esse é o caso do usuário do equipamento a ser desenvolvido nesse trabalho, que não consegue se locomover, nem flexionar os membros inferiores, além de apresentar movimentação limitada dos membros superiores.

2.3 Deficiência Física

O Estatuto das Pessoas com Deficiência define a deficiência física como: alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano acarretando o comprometimento da função física, apresentando-se sob a forma de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triplegia, triparesia, hemiplegia, hemiparesia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, membros com deformidades congênitas ou adquiridas, exceto as dificuldades estéticas e as que não produzem dificuldade para o desempenho das funções.

O desenvolvimento motor pode ser visto como uma mudança progressiva do comportamento motor através do ciclo de vida (Gallahue, 2008). Quando há falhas nesse desenvolvimento, identificam-se deficiências motoras.

Em geral, limitações da capacidade são identificadas ainda na infância, mas podem também se desenvolver ou serem identificadas somente na fase adulta. Segundo Gallahue (2008), crianças com diminuição da capacidade física podem apresentar uma ou mais condições incapacitantes, as quais podem ser: diminuições da capacidade sensorial, limitações cardiovasculares, limitações neuromusculares, limitações pulmonares e limitações musculoesqueléticas.

Crianças com deficiências físicas geralmente apresentam limitações e dificuldades para andar, sentar, manter a cabeça posicionada adequadamente, falar e utilizar as mãos para segurar objetos e escrever. As dificuldades podem incluir realizar atividades de vida diária como ir ao banheiro com independência ou alimentar-se (PELOS, 2008).

Considerando que esse trabalho também aborda o desenvolvimento de um equipamento para um paciente que apresenta deficiência intelectual, o próximo item aborda as características dessa deficiência.

2.4 Deficiência Intelectual

“Deficiência intelectual é uma encefalopatia estática com múltiplas etiologias que engloba um amplo espectro de funcionalidade, deficiências e forças. O termo é sinônimo e atualmente preferido ao termo antigo, retardo mental” (Pivalizza, 2012).

O estatuto da pessoa com deficiência define legalmente a deficiência intelectual como o funcionamento intelectual significativamente inferior à média, com manifestação antes dos dezoito anos e limitações associadas a duas ou mais áreas de habilidades adaptativas. (Estatuto das Pessoas com deficiências).

O critério tradicional, bastante questionado por especialistas na atualidade, para se medir a inteligência de um indivíduo ainda é o teste de QI. Geralmente resultados abaixo de 75 pontos indicam limitações na funcionalidade intelectual (AAIDD).

A AAIDD (Associação Americana de Deficiência e Desenvolvimento Intelectual) criou um manual para definir a deficiência intelectual, o qual padroniza três tipos de limitações intelectuais, tais como:

- i. Habilidades conceituais – Limitações em linguagem e alfabetização, dinheiro, tempo, conceitos numéricos e senso de direção;
- ii. Habilidades sociais – Relações interpessoais, responsabilidade social, auto-estima, credulidade, ingenuidade, problemas sociais e a dificuldade de compreender regras ou obedecer às leis;
- iii. Habilidades práticas – Atividades diárias como cuidados pessoais, habilidades ocupacionais, cuidados com a saúde, rotina, uso do dinheiro e uso de telefone.

Em resumo, a pessoa que apresenta deficiência intelectual é aquela cujas habilidades essenciais para uma vida dita normal é diminuída devido a fatores biológicos, que podem ser de nascença ou adquiridos por intermédio de alguma patologia, que impede ou dificulta a vida em sociedade.

A deficiência intelectual resulta de um funcionamento intelectual abaixo do normal que provém dos defeitos nas conexões cerebrais. Devido aos problemas cognitivos que as pessoas com esse tipo de deficiência apresentam, há grande possibilidade de que elas desenvolvam deficiências motoras (Gallahue, 2008). Afinal, as limitações apresentadas pelo cérebro influenciam na capacidade da movimentação muscular, uma vez que são comandadas por ele. As restrições dos movimentos podem comumente apresentar como consequência atrofia dos músculos.

Desse modo, se o indivíduo apresenta deficiência intelectual, ou seja, se suas conexões cerebrais são falhas, há grande probabilidade de que ele apresente deficiência física, uma vez que o cérebro é o responsável pelo comando de todos os membros do corpo humano. Se ele não funciona adequadamente, algumas partes do corpo estão passíveis de não funcionarem bem. Ainda, se a pessoa não consegue desenvolver movimentos coordenados de seus membros, como consequência disso, ela apresenta um quadro de deficiência motora.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O capítulo 3 apresenta a classificação da pesquisa e os procedimentos metodológicos utilizados para atingir o objetivo proposto neste trabalho.

3.1 Classificação da pesquisa

Em função do objetivo dessa pesquisa, que é desenvolver o projeto de um produto que auxilie no desenvolvimento e acomodação de uma criança com deficiências neuromotoras e o respectivo modelo, essa pesquisa se classifica em exploratória. A justificativa para essas classificações é proposta por Gil (2002), conforme detalhado abaixo.

Para Gil (2002) as pesquisas exploratórias têm a finalidade de delinear um problema com a intenção de facilitar seu entendimento ou elaborar hipóteses para seu esclarecimento. Estas pesquisas normalmente ocorrem em três etapas distintas: levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos. No caso dessa pesquisa, ela pode ser classificada como exploratória devido às etapas do projeto informacional e conceitual, os quais envolvem pesquisas bibliográficas, benchmarking e pesquisa com público alvo além de envolver coleta de dados.

3.2 Descrição da Metodologia

Considerando o objetivo do trabalho, a seguinte metodologia foi desenvolvida. Primeiro foram realizadas algumas revisões sobre os temas Tecnologia assistiva, Desenvolvimento humano deficiência intelectual e motora. Considerando que o objetivo era desenvolver um projeto completo de produto, foi identificada uma metodologia de projeto para esse fim. Neste caso, foi delimitada a metodologia de Gerhard Pahl e Wolfgang Beitz, em função de se apresentar como uma das mais práticas e operacionais para se desenvolver produtos industriais.

Pahl et al. (2005) desenvolveram uma metodologia tradicional bastante utilizada na indústria e reconhecida por apresentar uma tratativa sistêmica e esquemática do problema, com quatro fases bem definidas, que foi criada para

servir como um guia de desenvolvimento de produto, podendo ser adaptada de acordo com as necessidades que o projetista, o produto ou a indústria apresentam. As quatro etapas são as seguintes, as quais estão descritas no quadro 1;

- i. Projeto Informacional;
- ii. Projeto Conceitual;
- iii. Projeto Preliminar;
- iv. Projeto Detalhado.

Foram adicionados à metodologia citada, alguns métodos que auxiliam no desenvolvimento do projeto e são amplamente utilizados, os quais estão descritos no quadro 1, especificando o momento exato da sua utilização.

Quadro 1: Resumo das etapas da metodologia Pahl et.al¹

ETAPA DO PROJETO	Conceito	Etapas	Ferramentas auxiliares	Localização
Projeto Informacional	Tem a finalidade de esclarecer os objetivos a serem alcançados, visando a sua completa compreensão	Levantamento do estado da arte	Benchmarking	3.2.1.1
		Levantamento das necessidades dos clientes	Questionário	3.2.1.2
		Identificação dos requisitos técnicos de projeto	QFD	3.2.1.3
Projeto Conceitual	visa identificar os principais problemas para, posteriormente, obter a melhor concepção segundo as necessidades do cliente	Análise funcional da demanda	Matriz Morfológica	3.2.2.1
		Elaboração de concepções de produto	-	3.2.2.2
		Escolha da melhor opção para o cliente	-	3.2.2.3
Projeto Preliminar	O projeto preliminar é a etapa mais extensa e complexa de todo projeto, nela serão definidos, materiais, dimensões, equipamentos, peças e tudo que irá conter no produto final	-	FMEA	3.2.3
Projeto Detalhado	a parte do projeto, que contempla a estrutura de construção para um objeto técnico, por meio de prescrições definitivas para a forma, o dimensionamento e o acabamento superficial de todos os componentes	-	-	3.2.4

Considerando as fases descritas no quadro 1, cada uma dessas fases serão descritas na sequência.

¹ Todas as ilustrações, tabelas e quadros cujas referências não foram indicadas são de autoria própria.

3.2.1 Projeto informacional

Segundo Pahlet al (2005), independentemente de a tarefa ser proveniente de uma proposta de produto originada por um planejamento de produto, ou de um pedido concreto de um cliente, é necessário esclarecer essa tarefa em detalhes antes de iniciar o seu desenvolvimento. Este esclarecimento destina-se à coleta de informações sobre o produto, bem como as condicionantes existentes e sua relevância. O resultado é a definição informativa através de uma lista de requisitos.

Para Pahlet al (2005) ao final dessa etapa obteremos as respostas para as seguintes perguntas:

1. Qual finalidade a solução objetivada precisa satisfazer?
2. Quais características ela deve apresentar?
3. Quais características ela não deve apresentar?

Estes requisitos podem ser, de acordo com Pahlet al. (2005):

1. Requisitos básicos, os quais são manifestos pelos próprios clientes. São os mais importantes para eles.
2. Requisitos técnicos e específicos dos clientes, quando há uma necessidade específica, como, por exemplo, um motor demandar 15KW de potência.
3. Requisitos de atratividade

3.2.1.1 *Levantamento do Estado da Arte*

Consiste em pesquisar no mercado soluções já existentes para o problema abordado. Nesta etapa foi utilizada a ferramenta conhecida como *Benchmark*, a qual é uma tabela que compara diversos produtos existentes no mercado. Desta maneira é possível levantar dados sobre quais soluções os concorrentes utilizam para cada tipo de problema. No futuro essa tabela será utilizada para escolher qual a solução mais adequada, considerando os requisitos desse projeto.

3.2.1.2 *Levantamento das Necessidades do Cliente*

Para que o projeto atenda as necessidades do cliente é imprescindível questioná-lo sobre o que ele espera do produto. Para tanto se utiliza pesquisa de campo e questionários para entender o que o cliente quer. Essa etapa engloba pesquisa estatística para que se possa, futuramente, identificar quais são os requisitos técnicos de projeto.

No caso especial do presente trabalho, por se tratar de um paciente que não possui a capacidade de se comunicar, desenvolveu-se um questionário específico direcionado ao fisioterapeuta responsável. Uma vez que o produto a ser desenvolvido destina-se a esse paciente, as respostas do fisioterapeuta são suficientes para entender as necessidades do cliente.

O questionário foi dividido em três categorias, ergonomia, funcionalidade e manutenção, cada uma, com questionamentos específicos. As respostas foram graduadas da seguinte maneira: Baixa, média e alta importância, com valores 1, 3 e 5 respectivamente. Essa graduação é necessária posteriormente para o QFD, que será abordado no próximo item. O questionário será apresentado no item 4.1.2.

3.2.1.3 *Identificação dos Requisitos Técnicos de Projeto com auxílio da Primeira Casa da Qualidade*

Identificar quais são os requisitos técnicos de projeto a partir das necessidades do cliente exige a utilização de algumas ferramentas, como o Desdobramento da Primeira Casa da Qualidade, ou matriz de QFD. Segundo Baxter (1998), “O desdobramento da função qualidade parte das necessidades do consumidor, para convertê-las em parâmetros técnicos”.

O QFD nos permite correlacionar todas as necessidades do cliente com os requisitos técnicos, desta maneira, graduam-se os requisitos em ordem de relevância, essa etapa é importante, pois, não é recomendado graduar tais requisitos de maneira intuitiva.

A figura 3 e a explicação a seguir mostram como interpretar a matriz QFD.

Os requisitos e suas classificações são listados na coluna da direita, Na coluna superior são listados os requisitos de qualidade. A influência que os requisitos de qualidade têm sobre as necessidades do cliente é graduada em fraca, média e forte na parte central da matriz.

Na coluna da direita é colocada a graduação das necessidades dos clientes, baseados nos resultados da pesquisa (baixo=1, médio=3 e alto=5).

Por intermédio de um *software*, é calculada a importância dos requisitos técnicos, que é apresentada abaixo da matriz.

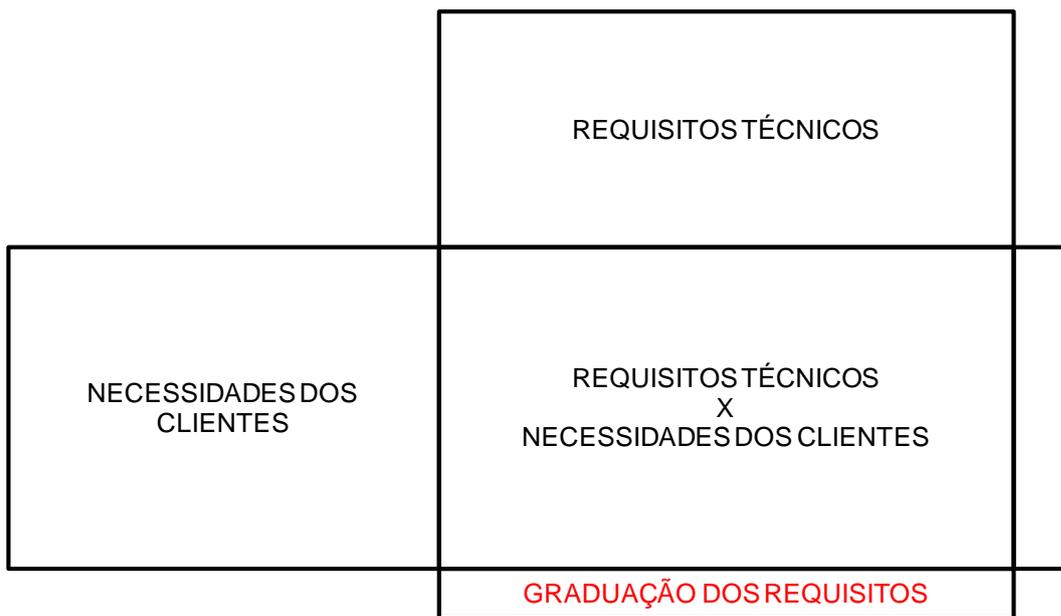


Figura 3: Representação esquemática da matriz QFD

A matriz QFD é de difícil interpretação e apenas gradua os requisitos em ordem de importância. Após a matriz é necessário identificar qual é o objetivo de cada requisito técnico e o que deve ser evitado no projeto, para isso é feita uma tabela chamada Especificação x Metas. Essa matriz apresenta os requisitos em ordem de importância, segundo o QFD, e relaciona qual o objetivo de cada requisito. Esta tabela servirá como diretriz para o desenvolvimento do produto.

O QFD auxilia o projetista, mas seu resultado não é necessariamente uma regra a ser seguida. O equipamento a ser desenvolvido nesse trabalho possui inúmeras particularidades por se tratar de um desenvolvimento para um caso bastante específico, portanto alguns resultados do QFD podem ser alterados.

3.2.2 Projeto Conceitual

“Concepção é a parte do projeto que, após o esclarecimento do problema, por isolamento dos problemas principais, elaboração de estrutura da função e busca de princípios de funcionamento apropriados e sua combinação na estrutura de funcionamento, define a solução preliminar.” (Pahlet al. 2005).

Nesta etapa do projeto serão utilizados métodos para traduzir a lista de requisitos em uma concepção inicial de produto. A função global do produto (para que o produto serve) é identificada e desdobrada em funções mais simples que podem ser representadas por princípios de funcionamento. Ao final desta etapa são apresentados alguns conceitos iniciais de produtos, os quais serão submetidos a uma matriz para identificar a melhor solução, considerando a demanda do cliente.

3.2.2.1 *Análise Funcional*

A análise funcional da demanda é um diagrama que permite o desdobramento das funções, partindo da função global do produto até as soluções mais básicas necessárias para dar funcionalidade ao produto.

“... a função global pode ser indicada, mediante a utilização de um diagrama de blocos, a inter-relação entre as variáveis de entrada e saída...” (Pahlet al. 2005)

Ainda segundo Pahlet al. (2005), uma função global pode ser desdobrada em sub-funções de menor complexidade. A interligação das sub-funções resulta na estrutura da função, que representa a função global.

O objetivo do desdobramento de funções é simplificar a função global em princípios de funcionamento dos quais se podem identificar soluções e interligá-los.

Para cada sub-função encontrada através da análise funcional da demanda são escolhidas algumas soluções disponíveis no mercado, posteriormente é construída uma tabela com todas as sub-funções e suas respectivas possíveis soluções, essa matriz é chamada de Matriz Morfológica.

Para construir a matriz morfológica é preciso que as sub-funções tenham sido reduzidas a fenômenos físicos, como por exemplo: levantar e abaixar plataforma. Assim é possível identificar soluções simples para o problema.

Pahlet al (2005) dá algumas recomendações para se encontrar princípios de funcionalidade: dar prioridade às funções principais que são determinantes da solução global e para as quais ainda não há um princípio de solução, derivar os critérios classificadores e as correspondentes características que são de inter-relações, a partir do efeito físico, obter o princípio de funcionamento, quando este é desconhecido e anotar e analisar soluções desmembrando os princípios por novos parâmetros.

3.2.2.2 *Elaboração de Concepções do Produto*

“Para satisfazer a função global estipulada na tarefa, soluções globais têm de ser elaboradas a partir do campo das soluções, por meio de interligações numa estrutura de funcionamento. Base deste processo de interligação é a estrutura da função que assinala sequências e conexões possíveis e adequadas, seja do ponto de vista físico ou lógico.” (Pahlet al 2005).

Ao escolher possíveis soluções chega-se a diferentes soluções globais, utilizando alguns critérios, como: solução de menor custo, propiciar maior conforto ao usuário. Estas funções globais são formadas unindo diferentes soluções de cada subfunção dentro da matriz morfológica. Posteriormente são realizados esboços de cada uma das funções globais a fim de se escolher qual é a mais adequada a este projeto.

3.2.2.3 *Escolha da Melhor Opção para o Cliente*

Tendo elaborado algumas concepções de produto é preciso, então, escolher uma para dar continuidade ao projeto.

Para tanto, será utilizado à matriz de Pugh (1991). A matriz estabelece uma comparação entre cada requisito de cada concepção de modelo da seguinte maneira:

Cada requisito técnico recebe uma meta positiva (+) ou negativa (-) e sua respectiva pontuação segundo o QFD. A primeira concepção é utilizada como referência e recebe pontuação 0. As outras concepções são pontuadas de acordo

com seus requisitos, somando a pontuação do QFD quando recebem uma nota positiva e subtraindo quando recebem uma nota negativa. Desta maneira a concepção que recebe a maior nota é a melhor opção para o cliente. A matriz de Pugh (1991) encontra-se na seção 4.3.4.

3.2.3 Projeto Preliminar

Também conhecido como Anteprojeto esta etapa é segundo Pahlet al (2005), a parte do projeto de um produto técnico que, partindo da estrutura de funcionamento ou solução básica, constrói de maneira clara e completa a estrutura do produto, segundo critérios técnicos e econômicos. A consequência do anteprojeto é a definição da configuração da solução.

O projeto preliminar é a etapa mais extensa e complexa de todo projeto, nela são definidos os materiais, dimensões, equipamentos, peças e tudo que irá conter no produto final. Portanto, no capítulo 4, para cada tópico (ou tema) desenvolvido, será apresentada uma breve descrição da metodologia utilizada. Posteriormente serão apresentados os cálculos, resultados e justificativas de cada escolha.

Pahlet al (2005) recomenda uma série de passos a serem seguidos para a execução otimizada do projeto como mostra a Figura 4.

Pahlet al (2005) ainda sugere três diretrizes gerais que auxiliam no desenvolvimento e compreensão do trabalho, são elas: clareza, simplicidade e segurança. Estes três princípios estão presentes em todo trabalho e foram tomados como objetivos a serem alcançados durante toda a execução do projeto.

3.2.3.1 *Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)*

Ao decorrer do projeto preliminar aplicou-se o método da FMEA (Análise de Modo e Efeito de Falha) para verificar os possíveis modos de falhas e efeitos correlacionados.

Segundo Palady (1997), “a Análise dos Modos de Falha e Efeitos é uma técnica que oferece três funções distintas:

- 1) O FMEA é uma ferramenta para prognóstico de problemas
- 2) O FMEA é um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados.
- 3) O FMEA é o diário do projeto, processo ou serviço.

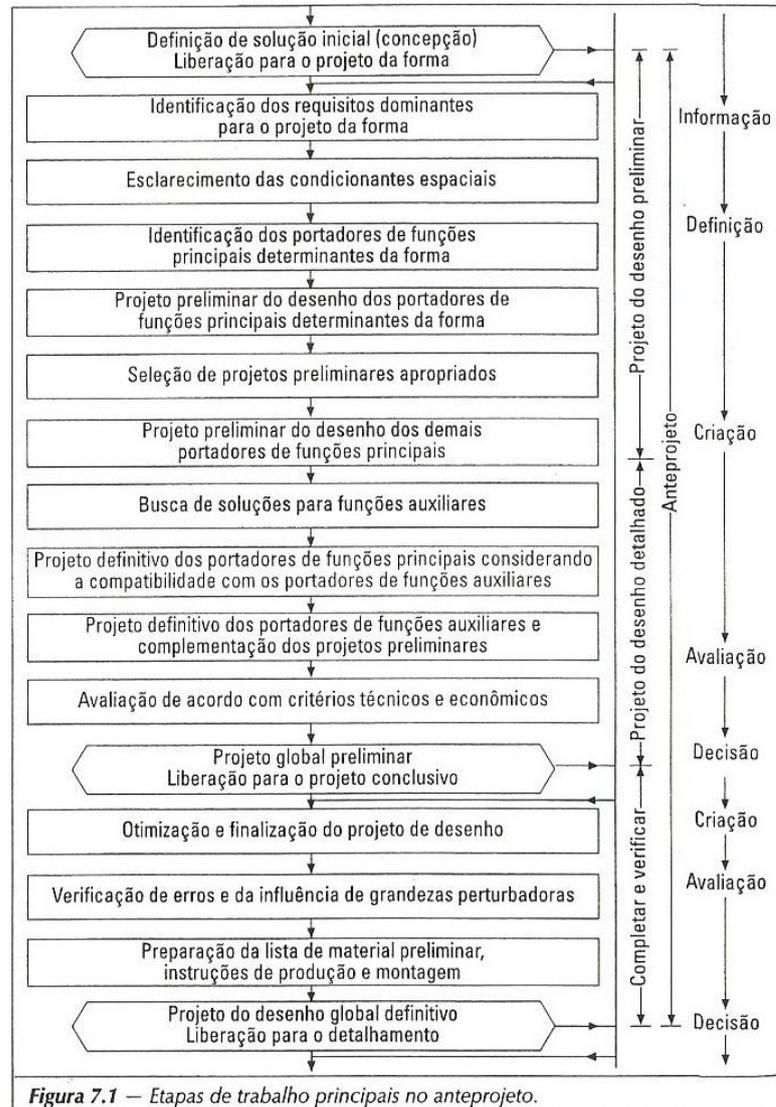


Figura 4: Fluxograma para Desenvolvimento do projeto Preliminar de Pahl&Beitz
Fonte: Pahl&Beitz (1996)

Como ferramenta, o FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir esses problemas. Como procedimento, o FMEA oferece uma abordagem estruturada para avaliação, condução e atualização do

desenvolvimento de projetos e processos em todas as disciplinas da organização. Pode ser utilizada para associar e manter vários outros documentos da organização. Como um diário, o FMEA inicia-se na concepção do projeto, processo ou serviço, e se mantém através da vida de mercado do produto. “Qualquer modificação durante esse período, que afete a qualidade ou a confiabilidade do produto, deve ser avaliada e documentada no FMEA”. Tanto como ferramenta, quanto como procedimento e diário, o FMEA agrega o desenvolvimento do presente projeto uma vez que permite levantar de modo detalhado os possíveis tipos de falha e efeitos.

Dentre os custos do FMEA, conforme Palady (1997), pode-se dizer que os que mais relevantes são referente ao dispêndio de tempo dos integrantes do projeto e às reuniões. Mesmo que sejam de difícil mensuração, esses custos podem ser vistos com investimentos se a análise for adequadamente aplicada. Para uma empresa, o desenvolvimento e manutenção do FMEA são considerados um custo de prevenção, que, em alguns casos, pode reduzir significativamente os custos de avaliação e de falha do produto. Com base nisso, optou-se por utilizar o método de FMEA para prevenção das possíveis falhas do equipamento para transporte e acomodação de criança com deficiência neuromotora, uma vez que o projeto do equipamento demanda qualidade e baixo custo.

A decisão de elaborar a planilha de FMEA foi baseada nos fatores acima apresentados e também nos seguintes: não há produtos que apresentam as mesmas funções do que as do equipamento desenvolvido no presente projeto, logo as possibilidades de falhas são pouco conhecidas e o produto está relacionado à área médica, se ele falhar pode trazer danos físicos ao usuário, causando machucaduras.

Há vários formatos de planilhas de FMEA, a utilizada no presente projeto, disponibilizada no Apêndice E, apresenta os elementos de cabeçalho mostrados na figura 5 e descritos na sequência:

Subsistema	Componente ou processo	Falhas possíveis			Controle da falha	Índices antes da ação				Ação tomada	Índices depois da ação				Responsáveis
		Modo (s)	Efeito (s)	Causa(s)		O	G	D	R		O	G	D	R	

Figura 5: Cabeçalho da planilha do FMEA

Subsistema: Como subsistemas são entendidos os mecanismos do equipamento – Sistema de Deslocamento Horizontal, Sistema de Deslocamento Vertical e Sistema de Inclinação – e os aparatos para fixação do usuário

Componente ou processo: Os componentes e peças que constituem os subsistemas, assim como os acessórios

Falhas possíveis:

Modo: É a resposta à questão de como o subsistema poderá falhar

Efeito: É a resposta à pergunta: se a falha ocorrer, o que acontece?

Causa: É o que acontece em decorrência da falha

Controle da Falha: Qual o modo de prevenção da falha

Índices antes da ação:

O – Probabilidade de ocorrência: 1 – Improvável; 2 a 3 – Muito pequena; 4 a 6 – Moderada; 7 a 8 – Alta; 9 a 10 – Alarmante

G – Gravidade, é avaliada do seguinte modo: 1 – Apenas perceptível; 2 a 3 – Pouca importância; 4 a 6 – Moderadamente grave; 7 a 8 – Grave; 9 a 10 – Extremamente grave

D – Detecção, cuja avaliação é mostrada a seguir: 1 – Alta; 2 a 3 – Moderada; 4 a 6 – Pequena; 9 – Muito pequena; 10 – Improvável

R – Risco é o cálculo da multiplicação dos índices O, G e D, que é considerado conforme as faixas: 1 a 25 – Baixo; 26 a 59 – Moderado; 60 a 100 – Alto

Ação tomada: O que fazer para evitar ou minimizar a ocorrência da falha, quando necessário

Índices depois da ação: É a reavaliação dos índices anteriormente apresentados após a tomada da ação, quando necessária

Responsáveis: Os elaboradores da FMEA

A avaliação dos índices irá determinar se é necessário tomar alguma ação preventiva, considera-se no presente projeto que serão tomadas ações para índices de risco superiores a 40 pontos.

3.2.4 Projeto Detalhado

O principal objetivo dessa etapa do projeto é criar e organizar todos os desenhos e documentos para produção, montagem e utilização do produto. Para o caso específico desse projeto, por não se tratar de um produto destinado a produção em série, o projeto detalhado se resume aos desenhos das peças que precisam ser fabricadas e especificações dos componentes e peças a ser compradas.

Tanto para a execução do projeto preliminar quanto para o projeto detalhado utilizou-se o programa de CAD 3D *SolidWorks* versões 2007, 2008 e 2012.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O capítulo 4 apresenta o detalhamento das fases de projeto executadas neste trabalho: Projeto Informacional, Conceitual, Preliminar e Detalhado, além da construção do protótipo, incluindo testes e análises.

4.1 Contexto do projeto

A criança que irá utilizar o equipamento cujo projeto é o foco deste trabalho apresenta deficiência múltipla, que engloba retardo intelectual profundo, deficiência da fala e deficiência física, o que a faz depender dos pais, fisioterapeutas e professores para realizar todas as atividades básicas. No quadro 2 é descrito o quadro médico dela com alguns exames complementares, assim como na Tabela 1 são indicados os principais dados antropométricos que foram considerados para o desenvolvimento do projeto em questão.

As conexões cerebrais falhas da criança que caracteriza a deficiência intelectual apresentada tem consequências relacionadas ao desenvolvimento muscular e motor da criança. Em outras palavras, como o cérebro apresenta falhas de funcionamento, ele ou não envia as informações necessárias aos membros do corpo ou as envia com erros, o que impossibilita que o desenvolvimento motor seja coordenado e preciso. As deficiências apresentadas pela criança causaram atrofia dos membros inferiores e impossibilitam que ela ande e se mantenha em pé. Ela ainda sente dificuldades até mesmo para ficar em posição sentada, o que dificulta o transporte para a escola ou outros locais. A movimentação do paciente consiste basicamente em girar horizontalmente o corpo. Quando forçado a fazer algo que não deseja, ele dá socos fortes no chão e grita.

A posição de maior conforto para o paciente hoje é deitado, em especial, diretamente no chão, ou dentro de uma bacia com água o que dificulta sua alimentação e execução de exercícios de fisioterapia e impossibilita a reversão do quadro de atrofia muscular. A criança apresenta bastante irritabilidade quando removida da posição de conforto e se debate de modo a machucar-se algumas vezes.

Para que o quadro clínico da criança retratada no presente projeto seja melhorado é necessário implementar tecnologias imediatas aplicadas especificamente para o seu caso; ainda não há no mercado uma solução que atenda à todas as necessidades da criança. Ela precisa, primeiramente, ser removida do chão e ser mantida em posições diferentes das quais ela permanece normalmente. Inicialmente, é indicado que o paciente se mantenha em posição inclinada por um período de tempo diariamente para que seu corpo se adéque às novas posições aos poucos. As posições inclinadas iniciais devem apresentar pequena angulação e serem aumentadas com o decorrer do tempo, de modo que não causem mudanças bruscas no posicionamento do paciente, facilitando a aceitação do equipamento.

Quadro 2: Quadro clínico

Quadro Clínico	
Diagnóstico médico	Retardo intelectual profundo
Exames Complementares	Alterações na estrutura e morfologia; Deficiência da fala
	Obesidade
	Diplegia
	Retrações isquiotriais bilaterais
	Limitação do movimento dos joelhos

Tabela 1: Dados antropométricos

Dados Antropométricos	
Peso	80 a 90kg
Altura	1720mm
Comprimento considerando a posição comum, ou seja, com os joelhos flexionados	1600mm
Comprimento do quadril até os pés	900mm
Largura dos ombros	450mm

4.2 Projeto Informativo

De acordo com o método estabelecido para o desenvolvimento do presente projeto, a primeira fase é executar o Projeto Informativo, onde, segundo Pahlet al. (2005), serão esclarecidas as tarefas e será elaborada a tabela de especificações

meta, contendo os requisitos de projeto. O Projeto Informacional foi elaborado seguindo as etapas descritas a seguir:

- i. Levantamento do Estado da Arte;
- ii. Levantamento das Necessidades do Cliente;
- iii. Identificação dos Requisitos Técnicos de Projeto.

4.2.1 Levantamento do Estado da Arte

A primeira etapa do Projeto Informacional foi realizar o levantamento da existência de produtos ou tecnologias relacionadas à resolução do problema em questão, que fossem comercializados no mercado nacional e internacional e que estivessem documentados por meio de patentes. Foram encontrados no mercado produtos que permitem movimentação vertical do paciente e outros que permitem inclinação. Todavia, não foi encontrado um dispositivo capaz de efetuar ambos movimentos.

Primeiramente, foi levantado o estado da arte de equipamentos ortostáticos e de assistência médica, como pranchas e macas, respectivamente. Depois, foram levantadas as limitações físicas do ambiente de convívio da criança e as limitações físicas da mesma.

Após o Levantamento do Estado da Arte, organizaram-se os dados encontrados sobre os produtos disponíveis no mercado em uma tabela comparativa na qual fossem identificadas as características particulares de cada dispositivo. Para tanto, foi utilizada a técnica de *Benchmarking*, a qual foi revisada no capítulo 3 e cujos resultados encontram-se no Apêndice A. Na tabela, são comparados os produtos das seguintes marcas: ISP, *Ortoexpress*, *Vanzetti*, *Kroman*, *Sitmed* e dois outros de marca não identificadas.

Na tabela de *Benchmarking*, que inclui produtos para aplicações semelhantes à requerida, foram comparados dimensões, peso suportado pelo equipamento, material, fixação do paciente, tipos de sistema de deslocamento vertical e de inclinação, dentre outras características.

Comparando os aspectos levantados, concluiu-se que as pranchas ortostáticas e macas concorrentes no mercado não atendem à demanda do presente projeto. O material mais utilizado é o aço carbono tubular. O sistema mais comum de fixação do paciente é constituído por cintos. Há três opções identificadas de deslocamento vertical: respaldo ajustável com seis possibilidades de altura, pantográfico e hidráulico. Ainda, foram identificados três diferentes modos de inclinar a maca ou a prancha ortostática: por pedal, manípulos ou sistema hidráulico. A maioria dos produtos apresenta movimentação horizontal por rodízios, facilitando o deslocamento do produto.

4.2.2 Levantamento das Necessidades do Cliente

Em seguida foi realizado o levantamento das necessidades do cliente, ou seja, a identificação das características essenciais que o produto a ser desenvolvido neste trabalho deve apresentar. Esses dados foram coletados junto ao fisioterapeuta responsável da ERCE em função das limitações do usuário. Após terem sido identificadas as prioridades do cliente, torna-se necessário desdobrá-las em requisitos de projeto, para, posteriormente, identificar os itens prioritários para melhorar a qualidade de vida do usuário.

Para coletar as informações referentes às necessidades do cliente, foi desenvolvido um questionário, conforme é possível ver na Figura 6, em que as necessidades do cliente estão dispostas em três categorias: Ergonomia, Funcionalidade e Manutenção. Estas se desdobram em necessidades específicas do produto da seguinte forma:

- Ergonômicas: Ser confortável, estável, leve e de fácil manuseio.
- Funcionais: Ser fácil de transportar, fácil de guardar, permitir a fixação do paciente, ter ajustes de altura, ter ajustes de inclinação, possuir manual de utilização e ser desmontável.
- Manutenção: Ter manutenção de baixo custo, ser resistente, exigir pouca manutenção, ter alta vida útil e ser fácil de limpar.

Categoria	Qual a importância do equipamento	Baixa	Média	Alta
Ergonomia	Ser confortável			X
	Ser estável			X
	Ser leve		X	
	Ser de fácil manuseio			X
Funcionalidade	Ser fácil de transportar		X	
	Ser fácil de guardar		X	
	Permitir a fixação do paciente			X
	Ter ajuste de altura			X
	Ter ajuste de inclinação			X
	Possuir manual de utilização			X
	Ser desmontável	X		
Manutenção	Ter manutenção de baixo custo			X
	Ser resistente			X
	Exigir pouca manutenção			X
	Ter alta vida útil			X
	Ser fácil de limpar			X

Figura 6: Questionário

As necessidades específicas do produto podem ser classificadas em três níveis: Baixa, Média e Alta, com valores, 1, 3 e 5 respectivamente, de modo a criar uma nivelção hierárquica que esclareçam quais são as necessidades ou expectativas mais expressivas do cliente.

O questionário acima foi preenchido pelo fisioterapeuta responsável, uma vez que ele é a pessoa mais apta a identificar as necessidades reais do cliente.

4.2.3 Identificação dos Requisitos Técnicos de Projeto

Posteriormente à identificação das características mais importantes para o desenvolvimento do produto, com os resultados da pesquisa feita com o fisioterapeuta responsável da ERCE, segue a etapa de desdobrar as necessidades do cliente em requisitos técnicos do projeto. O Quadro 3 mostra o desdobramento realizado para cada necessidade, a unidade de medida e seus indicadores, positivos ou negativos.

Quadro 3: Desdobramento das necessidades dos clientes em requisitos técnicos

Categoria	Necessidades dos clientes	Requisitos	Unidade	Indicador
ERGONOMIA	Ser confortável	Material acolchoado	n	+
		Bom acabamento	n/a	+
	Ser estável	Dimensionamento estrutural	n/a	+
	Ser Leve	Peso dos materiais	kg	-
	Ser de fácil manuseio	Dispositivos simples	n	+
		Comandos simples	n	+
FUNCIONALIDADE	Ser fácil de transportar	Dispositivo para transporte	n	+
	Ser fácil de guardar	Dispositivos para dobrar	n	+
		Dimensões	m	-
	Permitir fixação do paciente	Dispositivos para fixação	n	+
	Ter ajuste de altura	Ajuste de altura	n	+
	Ter ajuste de inclinação	Ajuste de inclinação	n	+
	Possuir manual de utilização	Informações do produto	n	+
	Ser desmontável	Uniões móveis	n	+
Encaixes simples		n	+	
MANUTENÇÃO	Ter manuseio de baixo custo	Custos dos materiais	R\$	-
	Ser resistente	Peças resistentes	n	+
	Exigir pouca manutenção	Peças padronizadas	n	+
	Ter alta vida útil	Materiais inoxidáveis	n	+
	Ser fácil de limpar	Cantos vivos	n	-
		Rugosidade dos materiais	Ra	-

Para identificar os requisitos técnicos prioritários para o cliente, foi utilizado o método QFD (*Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade), especificamente a Primeira Casa da Qualidade deste método, com o intuito de incorporar as reais necessidades do cliente ao projeto de desenvolvimento do produto. O resultado obtido com essa técnica foi uma matriz, apresentada na Figura 7, que apresenta, em ordem de importância, os requisitos prioritários no projeto.

Segundo a matriz QFD o requisito mais importante é “Informações no produto”. Para facilitar a compreensão da matriz e explicar qual o objetivo de cada requisito, a quadro 4 (especificação x meta) apresenta os requisitos em ordem de importância, seus objetivos e o que deve ser evitado no desenvolvimento do projeto. Essa tabela servirá como diretriz para a seleção da melhor concepção de produto e, conseqüentemente, todo desenvolvimento do produto.

É importante salientar que vários desses conceitos receberam baixa graduação, mas, por se tratar de um equipamento desenvolvido para uma necessidade específica, eles não podem ser desprezados, e receberam maior

Quadro 4: Especificações x Metas

nº	Requisitos técnicos	Objetivos	Sensor	Saídas indesejáveis
1	Informações no produto	Facilitar a utilização, manutenção e assepsia do equipamento.	Visual	Falta de manual de utilização
2	Dimensionamento estrutural	Promover estabilidade e segurança na utilização do equipamento	Visual	Dimensionamento incorreto que pode gerar mal funcionamento
3	Bom acabamento	Conforto e segurança para o paciente e médico	Tato	Equipamento com superfícies cortantes ou rebarbas
4	Peso dos materiais	Facilidade no deslocamento e armazenamento do equipamento	Balança	Equipamento demasiadamente pesado
5	Custo dos materiais	Custo baixo para escola e paciente com baixo poder aquisitivo	Real	Equipamento caro
6	Encaixes simples	Facilitar a fabricação, montagem e manutenção	Visual	Encaixes e peças complexas que geram dificuldades para manutenção
7	Peças padronizadas	Facilitar fabricação, diminuir custo do equipamento	Visual, preço	Equipamento com peças customizadas
8	Materiais inoxidáveis	Evitar oxidação	Visual	Utilização de materiais facilmente oxidáveis
9	Uniões móveis	Promover facilidade para os equipamentos de inclinação e levantamento	Visual	Equipamento rígido
10	Dimensões	Dimensionamento para que acomode o paciente e possa ser locomovido com facilidade	Metros	Equipamento grande ou pequeno demais
11	Ajuste de altura	Elevar o paciente a uma altura confortável para o fisioterapeuta e médicos	Metros	Equipamento não ter ajuste de altura
12	Ajuste de inclinação	Forçar o paciente a permanecer em posturas diferentes como parte do tratamento	graus	Equipamento não ter ajuste de inclinação
13	Dispositivo para transporte	Rodízios que permitam a fácil locomoção do equipamento	Visual	Equipamento sem dispositivos de locomoção
14	Rugosidade	Facilitar a limpeza e propiciar conforto aos usuários	Tato	Equipamento áspero e desconfortável
15	Peças resistentes	Aumentar a vida útil do equipamento e diminuir a necessidade de manutenção	Visual	Utilização de peças fracas
16	Material acolchoado	Permitir máximo conforto ao paciente	Tato	Equipamento desconfortável
17	Dispositivos para fixação	Permitir segurança para o paciente, evitando quedas	Visual	Equipamento se sistema de fixação
18	Dispositivo para dobrar	Permitir que o equipamento seja guardado em armários	Visual	Equipamento sem nenhum dispositivo para facilitar armazenamento
19	Comandos simples	Facilitar utilização e manutenção do equipamento	Visual	Equipamento com comandos complexos e de difícil utilização
20	Cantos vivos	Evitar possibilidade de usuários se machucarem	Tato	Superfícies cortantes ou que possam machucar
21	Dispositivos simples	Facilitar utilização e manutenção do equipamento	Visual	Equipamento complexo

4.3 Projeto Conceitual

Essa seção aborda a segunda fase da metodologia de projeto proposta para o desenvolvimento deste trabalho. Segundo Pahl & Beitz (1996), o Projeto Conceitual envolve a identificação dos problemas essenciais, estabelece a estruturação das funções, cria princípios de solução do problema, combina-os, transforma-os em variantes de concepção e avalia as condições técnicas e econômicas.

O Projeto Conceitual foi desenvolvido com base nas seguintes etapas:

- i. Análise Funcional das Demandas
- ii. Matriz Morfológica: Geração de Soluções
- iii. Elaboração de Concepções do Produto
- iv. Escolha da melhor solução para o cliente

4.3.1 Análise Funcional das Demandas

Essa etapa de projeto baseia-se em definir as funções que o produto deve ser capaz de executar e estabelecer uma estruturação lógica entre elas. Para isso, foi elaborado o diagrama esquemático mostrado no Apêndice B.

A partir do apêndice B, foi concluído que as funções a serem executadas pelo equipamento são: elevar e/ou abaixar verticalmente, acomodar, fixar e inclinar o paciente. De modo que todas elas devem ser feitas com garantia de conforto, estabilidade e segurança da criança, para tanto, foram pesquisadas quais as soluções disponíveis no mercado que atenderiam essas demandas.

4.3.2 Matriz Morfológica: Geração de Soluções

Após a estruturação das funções que o equipamento deve atender, foi adotado um método sistemático para gerar as possíveis formas para o produto, o qual é executado por meio da elaboração de uma Matriz Morfológica em que se confrontam as funções a serem executadas pelo produto e as soluções encontradas no mercado. A Matriz Morfológica do Equipamento para Transporte e Acomodação de Criança com Deficiência Neuromotora, que é apresentada no Apêndice C, discrimina

as cinco funções, as doze sub-funções do dispositivo e até quatro soluções para cada grupo sub-funcional.

Os produtos similares ao que se deseja projetar apresentaram, como forma de fixação para o cliente, apenas a opção de cintas. Entretanto, foi encontrada uma cadeira de rodas com cintas que pareciam um colete, que passou, então, a ser considerada uma segunda opção de fixação. Para as demais funções, foram consideradas possíveis mais opções.

Em sequência, foram analisadas as opções juntamente às funções e concluiu-se que três concepções representariam diferentes alternativas de produto, conforme será descrito na seção seguinte.

4.3.3 Elaboração de Concepções do Produto

O quadro 5 apresenta as três soluções formadas com base na matriz morfológica.

Quadro 5: Combinação das células que implementam as funções

	Solução		
	1	2	3
Células que implementam as funções	1C - 2B - 3C - 4A - 5B - 6A - 7B - 8A - 9A - 10A - 11B - 12A	1B - 2C - 3B - 4A - 5C - 6A - 7B - 8A - 9B - 10A - 11C - 12D	1A - 2A - 3A - 4A - 5D - 6A - 7A - 8B - 9A - 10C - 11B - 12B

A solução três, conforme mostrado na Figura 8, apresenta um sistema de elevação vertical pantográfico, garantindo simplicidade, cama com revestimento, que proporciona conforto ao usuário, rodízios com travas nas rodas para travar a movimentação horizontal e sistema de fixação por colete.

A solução dois, como se pode ver na Figura 9, traz uma concepção de produto com sistema hidráulico, componentes de tecnologia mais avançada, que permitem facilidade de deslocamento vertical, todavia encarecem em demasia o projeto.

A solução 3, apresentada na Figura 10, é a mais simples e a de menor custo: apresenta o formato estrutural mais básico, mesa de apoio sem revestimento, travamento dos rodízios do tipo “perna” e fixação por cintas.

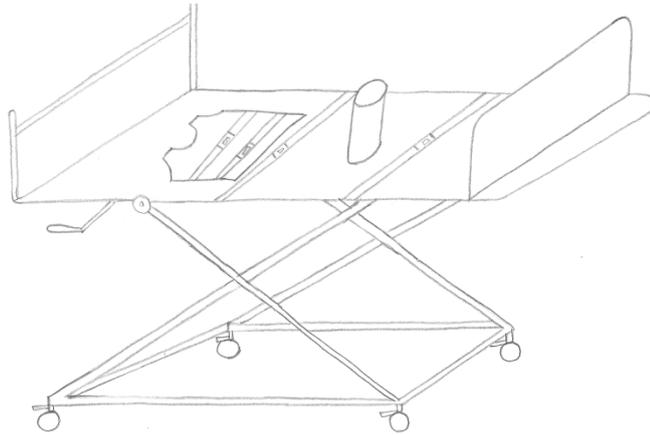


Figura 8: Concepção 1

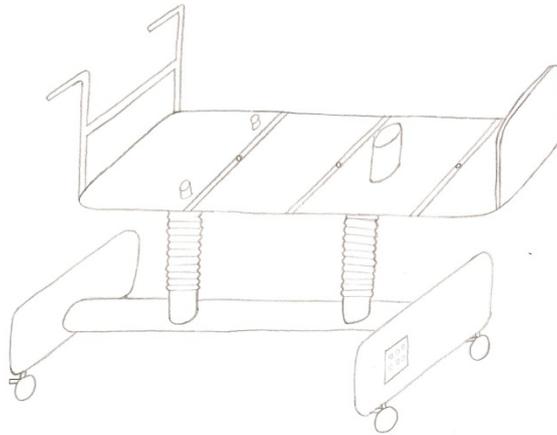


Figura 9: Concepção 2

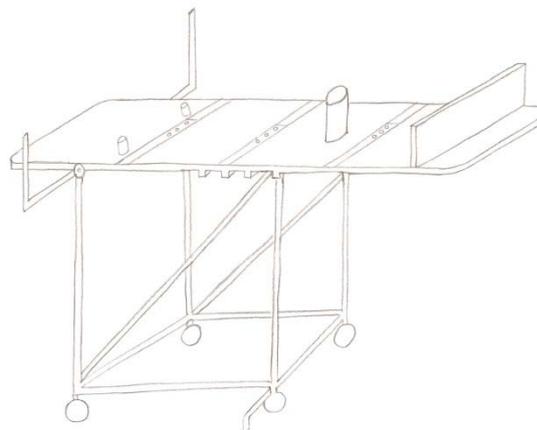


Figura 10: Concepção 3

É importante ressaltar que todas as concepções foram elaboradas a partir de produtos disponíveis no mercado, garantindo facilidade de manutenção, como também foram consideradas as demandas de comandos simples e informações no próprio produto.

De acordo com a Matriz Morfológica, foi elaborada uma tabela, disponível no Apêndice E, que detalha cada uma das três concepções elaboradas e apresenta seus respectivos croquis.

Na seção seguinte, será apresentada a definição da opção considerada a mais eficaz para o projeto.

4.3.4 Escolha da Melhor Opção para o Cliente

A escolha da melhor opção para o cliente foi feita utilizando a matriz de Pugh apresentada no quadro 6. Utilizando a concepção 1 como referência, tanto a concepção 2 quanto a 3 obtiveram uma nota menor, o que significa que a concepção 1 é a mais adequada para o cliente.

A primeira concepção apresenta as seguintes características:

- i. Acionamento manual por alavanca do mecanismo de elevação da maca / cama;
- ii. Mecanismo de elevação pantográfico;
- iii. Mesa de madeira com revestimento (possivelmente pelo tecido E.V.A);
- iv. Sistema de fixação do paciente por colete fixado à mesa;
- v. Deslizamento dos membros inferiores impedido por propensores;
- vi. Apoio reto para os pés com regulagem de altura e cintas de fixação com velcro;
- vii. Travamento do sistema de transporte por travas nas rodas;
- viii. Sistema de transporte constituído por rodas de borracha;
- ix. Direcionamento do movimento por meio de manopla do tipo “H”;

- x. Acionamento manual do mecanismo de inclinação por manípulos girantes;
- xi. Sistema para inclinar a criança por engrenamento.

Quadro 6: Matriz de Pugh

Categoria	Necessidade dos clientes	Requisitos	uni.	Metas	Pontuação QFD	Solução 1	Solução 2	Solução 3
ERGONOMIA	Ser confortável	Material acolchoado	n	+	50	ref	=	-
		Bom acabamento	n/a	+	113	ref	=	=
	Ser estável	Dimensionamento estrutural	n/a	+	123	ref	=	=
	Ser leve	Peso dos materiais	kg	-	95	ref	+	-
	Ser de fácil manuseio	Dispositivos simples	n	+	24	ref	-	+
		Comandos simples	n	+	40	ref	-	+
FUNCIONALIDADE	Ser fácil de transportar	Dispositivo para transporte	n	+	57	ref	=	=
	Ser fácil de guardar	Dispositivos para dobrar	n	+	46	ref	=	=
		Dimensões	m	-	69	ref	=	=
	Permitir fixação do paciente	Dispositivos para fixação	n	+	50	ref	=	=
	Ter ajuste de altura	Ajuste de altura	n	+	61	ref	+	-
	Ter ajuste de inclinação	Ajuste de inclinação	n	+	61	ref	+	-
	Possuir manual de utilização	Informações do produto	n	+	168	ref	=	=
	Ser desmontável	União móvel	n	+	76	ref	=	=
Encaixes simples		n	+	93	ref	-	=	
MANUTENÇÃO	Ter manuseio de baixo custo	Custos dos materiais	R\$	-	94	ref	+	-
	Ser resistente	Peças resistentes	n	+	54	ref	=	=
	Exigir pouca manutenção	Peças padronizadas	n	+	81	ref	=	=
	Ter alta vida útil	Materiais inoxidáveis	n	+	78	ref	=	=
	Ser fácil de limpar	Cantos vivos	n	-	40	ref	=	=
		Rugosidade dos materiais	Ra	-	55	ref	=	=
Peso						0	-96	-47

As próximas etapas de projeto – Preliminar e Detalhado – devem apresentar formas ou características semelhantes às citadas, de acordo com as viabilidades técnicas e econômicas e necessidades do cliente, podendo haver aperfeiçoamento das concepções.

4.4 Projeto Preliminar

De acordo com Pahl & Beitz (2005), a etapa de Projeto Preliminar, também conhecida como Anteprojeto, é a fase que parte da concepção básica definida no Projeto Conceitual e determina completamente a estrutura do produto, considerando as condições técnicas e econômicas. Ou seja, é um elo entre a concepção e a materialização do produto.

Neste trabalho será adotado o procedimento metodológico de desenvolvimento do Projeto Preliminar que permite melhor estruturação e clareza das etapas executadas, conforme a metodologia de Pahl & Beitz (2005).

Para auxiliar a prevenção de erros de projeto do produto, serão considerados os Sete Princípios do Desenho Universal (*Principles of Universal Design*), de acordo com o *Human Center Design* e o RINAM, os quais são:

- 1) Uso equitativo: Para que o maior número de usuários possa utilizar
- 2) Flexibilidade no uso: Produtos ou espaços para pessoas com diferentes habilidades e preferências com possibilidade de adaptação
- 3) Uso simples e intuitivo: De fácil entendimento para que as pessoas saibam utilizar mesmo sem ter experiência, conhecimento, habilidades de linguagem ou estarem concentradas
- 4) Informação Perceptível: As informações necessárias são transmitidas facilmente, independente das habilidades sensoriais do usuário e das condições do ambiente
- 5) Tolerância ao erro: Minimizar erros e consequências adversas devido a mau uso ou acidentes
- 6) Baixo esforço físico: Uso eficiente e confortável sem causar fadiga
- 7) Dimensão e Espaço para aproximação e uso: Dimensões e espaços apropriados para acesso, alcance, manipulação, uso para variados tamanhos físicos e variadas posturas dos usuários

Durante a etapa do Projeto Preliminar, os sete princípios citados anteriormente serão considerados ao selecionar e dimensionar o equipamento.

Todos os cálculos desenvolvidos e dimensões apresentadas serão expressos de acordo com as unidades do SI.

4.4.1 Etapas Executadas no Projeto Preliminar

As fases desenvolvidas no Projeto Preliminar visam definir uma solução que atenda à demanda definida na seção 3.3.2 - Projeto Conceitual. Para isso, serão realizadas as fases de seleção de materiais, cálculos estruturais, seleção de componentes, peças e acessórios necessários; avaliação das escolhas de acordo

com as necessidades e expectativas do produto, identificação de possíveis falhas, por meio da técnica do FMEA e conforme simulação a ser executada no programa CAD 3D *SolidWorks*. Essa seção será dividida nas seguintes etapas:

- i. Sistema de coordenadas adotado
- ii. Determinação do coeficiente de segurança
- iii. Detalhamento da lista de requisitos
- iv. Seleção dos componentes especificados
- v. Identificação de potenciais falhas com auxílio da FMEA
- vi. Acessórios Ergonômicos

4.4.2 Sistema de Coordenadas Adotado

Para todas as imagens e figuras contidas no presente trabalho foi adotado o sistema de coordenadas tridimensional de acordo com as direções ortogonais do Plano Cartesiano. Os eixos x, y e z apresentam os sentido e direções mostrados a seguir conforme a Figura 11. Sendo que os eixos x e y estão orientados na folha e o eixo z é orientado ortogonalmente para fora dela.

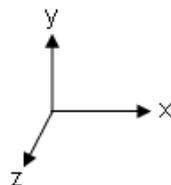


Figura 11: Sistema de coordenadas adotado em todas as imagens e figuras contidas no presente trabalho

4.4.3 Coeficiente de Segurança

A determinação do coeficiente de segurança foi baseada em Norton (2004), que propõe a adoção de valores de segurança para solicitações de acordo com os dados das propriedades dos materiais disponíveis para teste, condições ambientais nos quais será utilizado e modelo analítico para forças e tensões para materiais dúcteis. Como no presente projeto é desejável que o material apresente sinais de

falha antes de falhar totalmente, adotaremos a hipótese de que o material a ser selecionado seja dúctil. Em sequência, serão feitas outras considerações que permitiram a seleção de um coeficiente de segurança adequado, as quais são:

- i. Dados representativos de testes do material estão disponíveis;
- ii. Ambiente moderadamente desafiador;
- iii. Os modelos representam precisamente o sistema.

A hipótese i é justificável ao considerar que o material deve ser de fácil comercialização, logo há informações disponíveis sobre o mesmo, a hipótese ii se baseia no fato de que o usuário apresenta comportamento agressivo quando contrariado, podendo exercer esforços adicionais em momentos de fúria, já a iii considera que o modelo a ser desenvolvido no programa CAD 3D *SolidWorks* representa um modelo preciso do produto.

Assim, de acordo com a Tabela 2, o coeficiente de segurança deve ser igual a 3, no mínimo. Ou seja, sempre será considerado o dobro do valor dos módulos dos esforços para evitar deformações e fraturas indesejadas.

O coeficiente de segurança igual a dois será considerado em todas as seções de cálculos apresentadas neste trabalho, de acordo com a razão entre a tensão limite de escoamento do material selecionado e tensão de solicitação para verificar se o material atende às condições de segurança especificadas.

Tabela 2: Fatores utilizados para determinar um coeficiente de segurança para materiais dúcteis

Fonte: NORTON (2004)

Informações	Qualidade das informações	Fator
		<u>F1</u>
Dados das propriedades dos materiais disponíveis a partir de testes	O material realmente utilizado foi testado	1,3
	Dados representativos de testes do material estão disponíveis	2
	Dados razoavelmente representativos de testes do material estão disponíveis	3
	Dados insuficientemente representativos de testes do material estão disponíveis	5+
		<u>F2</u>
Condições ambientais nos quais será utilizado	São idênticas às condições dos testes de materiais	1,3
	Essencialmente igual ao ambiente de um laboratório comum	2
	Ambiente moderadamente desafiador	3
	Ambiente extremamente desafiador	5+
		<u>F3</u>
Modelos analíticos para forças e tensões	Os modelos foram testados em experimentos	1,3
	Os modelos representam precisamente o sistema	2
	Os modelos representam aproximadamente o sistema	3
	Os modelos são aproximações grosseiras	5+

4.4.4 Denominação das Dimensões do Equipamento

As dimensões do equipamento serão nomeadas conforme o Sistema de Coordenadas adotado na seção 4.3.2, de forma que:

- i. O eixo x representa o Comprimento
- ii. O eixo y representa a Altura
- iii. O eixo z representa a Profundidade

4.4.5 Detalhamento da lista de Requisitos

Como sugerido por Pahl & Beitz (2005), após as definições conceituais primárias, os requisitos do projeto determinados de acordo com a Matriz de QFD, disponibilizada na Figura 7, foram classificados, de modo a esclarecer em qual etapa do Projeto Preliminar eles apresentam influência mais significativa. A classificação é mostrada na sequência.

4.4.5.1 *Requisitos determinantes das dimensões das interfaces*

- i. Suportar a força do peso da pessoa: em média 90 kg
- ii. Estabilidade sob condições de movimentos bruscos da pessoa
- iii. Comprimento deitado do paciente: 1720 mm (deitado com os joelhos flexionados; a posição normal dele é igual a 1600 mm)
- iv. Largura do ombro do paciente: 450 mm
- v. Elevação da maca até altura ergonômica que permita a fácil manipulação do paciente
- vi. Inclinação da maca até 45°, sendo que os pés (base da maca) devem ser mantidos no chão
- vii. Largura comercial de uma porta comum: 700 mm.

4.4.5.2 *Requisitos determinantes do arranjo*

- i. Movimentação da direção horizontal (eixo y): Posição horizontal
- ii. Movimentação da direção inclinada (eixo z): Posição inclinada de 0 a 45°
- iii. Acionamento de fácil manuseio para que os pais e fisioterapeutas possam executá-lo

- iv. Montagem simples para que os pais e fisioterapeutas possam executá-la sem dificuldades

4.4.5.3 **Requisitos determinantes dos materiais**

É desejável que o material que constitui o equipamento apresente as seguintes características quando submetido às solicitações de uso:

- i. Resistir à compressão, para suportar a carga compressiva do peso do paciente e do próprio equipamento
- ii. Resistir à flexão, para garantir que não irá deformar causando desconforto e possíveis acidentes quando estiver em uso
- iii. Não fluir nas condições de utilização para evitar possíveis acidentes
- iv. Ser de fácil assepsia para facilitar a utilização e conservação do equipamento
- v. Não sofrer corrosão, ou seja, não enferrujar nas condições de trabalho especificadas, uma vez que isso pode causar falha do material e, em consequência, acidentes
- vi. Apresentar baixo custo, de modo que o equipamento apresente custo total acessível
- vii. Ser de fácil comercialização para que caso haja necessidade de reparos, o material seja facilmente encontrado no mercado para reposição

4.4.6 **Carregamentos aos quais o equipamento é submetido**

Após a discriminação dos requisitos de materiais apresentada no item 4.3.5.3, é necessário conhecer o carregamento ao qual a estrutura do equipamento será submetida para que as dimensões, materiais e mecanismos possam ser definidos e dimensionados de forma precisa.

Para a determinação das forças atuantes na estrutura do equipamento, adotou-se como referência a Análise Tridimensional encontrada em NORTON (2004), que sugere a determinação das forças atuantes em um corpo de acordo com as *Leis de Newton*. A aplicação da segunda e da terceira lei permite encontrar as forças em conjuntos constituídos por vários corpos interligados que agem uns sobre os outros, como é o caso do projeto presente.

4.4.7 Esboço preliminar do mecanismo do equipamento

De acordo com as concepções elaboradas na seção 3.2.2.3 – Escolha da Melhor Opção para o Cliente foi indicado que uma das possíveis concepções para atender aos requisitos de projeto fosse o mecanismo do tipo “*scissors*” para elevação do paciente, que consiste em duas barras retas cruzadas, que quando acionadas, ocasionam o deslocamento vertical. Esse sistema foi adotado para o esboço preliminar, de acordo com a etapa de Projeto Conceitual, cujos resultados indicaram o mecanismo citado acima como a melhor opção.

A seguir, nas Figuras 12 e 13, são mostradas vistas do esboço preliminar da estrutura do equipamento para que os pontos de atuação das forças possam ser identificados e, então, seja possível iniciar os cálculos de dimensionamento.

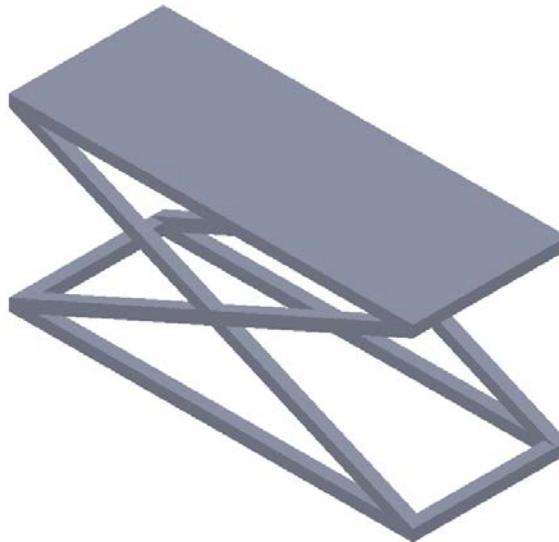


Figura 12: Vista tridimensional do esboço preliminar do mecanismo do equipamento

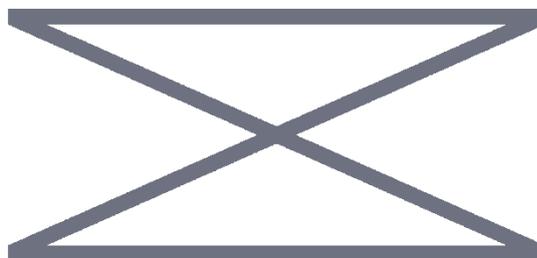


Figura 13: Vista frontal do esboço preliminar do mecanismo do equipamento

4.4.8 Envelopamento do equipamento

Nesta seção serão determinadas preliminarmente a altura, a largura e o comprimento do equipamento, conforme os requisitos de projeto.

De acordo com o item 4.4.5 – Lista de Requisitos, um dos requisitos do projeto é que o equipamento seja capaz de passar por uma porta comercial de largura igual a 700 mm para que possa ser transportado, logo a dimensão do equipamento tem que ser menor do que esse valor. Ainda conforme a seção 4.4.5, o tamanho dos ombros da criança, aproximadamente 450 mm é largura mínima de projeto. Tendo-se conhecimento desses dois fatores limitantes, arbitrou-se por uma largura (eixo z) de 600mm, que satisfaz as condições apresentadas. Desse modo, o produto poderá ser facilmente transportado e será confortável ao usuário.

A superfície superior da estrutura do equipamento será a base de apoio da cama em que o usuário será alocado. Essa opção deve-se ao requisito de garantir conforto ao paciente e possibilita que a cama seja revestida por um material do tipo acolchoado, ortopédico e / ou anatômico, e permite ainda que o revestimento possa ser retirado para limpeza. Assim, o equipamento deve apresentar um comprimento que servirá de apoio estável à cama.

O usuário, cujas medidas estão sendo consideradas neste projeto, apresenta comprimento total de 1720 mm, todavia ele não consegue desflexionar os membros inferiores, o que o deixa com um comprimento normal bem menor, em torno de 300 mm considerando um corpo humano comum, logo um comprimento de 1700 mm para o para o projeto do equipamento foi considerado. Lembrando que o comprimento máximo deve ser tal que garanta conforto e não seja excessivo, uma vez que dificultaria o transporte.

Como já apresentado na seção 4.4.6–Carregamentos aos quais o equipamento é submetido, as forças são concentradas nos apoios, será adotada a dimensão de 1700 mm de comprimento para o equipamento de modo a evitar que haja carregamentos consideráveis na parte da cama que não é suportada pela estrutura, ou seja, que fica livre e, conseqüentemente, haja momento capaz de causar deformações ou rupturas que coloquem em risco os requisitos de segurança e de conforto. Assim, 200mm da cama ficam livres, sendo 100 mm anteriormente ao

primeiro apoio e 100 mm após o segundo ponto de apoio, na direção do eixo x. Sendo que eles não apresentarão carregamento, se o paciente for adequadamente posicionado sobre a cama. É importante que haja algum espaço da cama sobrando ao redor do paciente para que seja possível apoiar objetos de alimentação, higiene, vestuário, dentre outros.

A definição da altura envolveu aspectos ergonômicos referentes à altura adequada para manuseio do equipamento, como fixar as cintas e / ou colete de fixação, executar ações como alimentar o paciente ou fazer os exercícios de fisioterapia, de acordo com a NR 17 - Ergonomia, anexo 2, item h: “o espaço sob a superfície de trabalho deve ter [...] setenta centímetros ao nível dos pés, medidos de sua borda frontal”. A norma regulamentadora apresentada anteriormente foi adotada porque a altura máxima do equipamento poderá ser utilizada em momentos de interação com os fisioterapeutas da ERCE, assim como professores, ajudantes e a própria família. Esse será o valor de referência adotado para os cálculos de dimensionamento todavia, a altura é variável e poderá ser menor ou, até mesmo maior, se consideradas a espessura dos tubos constituintes da estrutura.

Na definição da altura também foi considerada a altura comum de mesas e macas comerciais em torno de 700 a 900 mm. Logo, foi adotada a altura de 700 mm na direção do eixo y.

Considerando o equipamento como um formato básico de paralelepípedo, ou seja, fazendo um envelopamento preliminar aproximado do equipamento, as dimensões de referência para os cálculos dimensionais são apresentadas conforme a Figura 14.

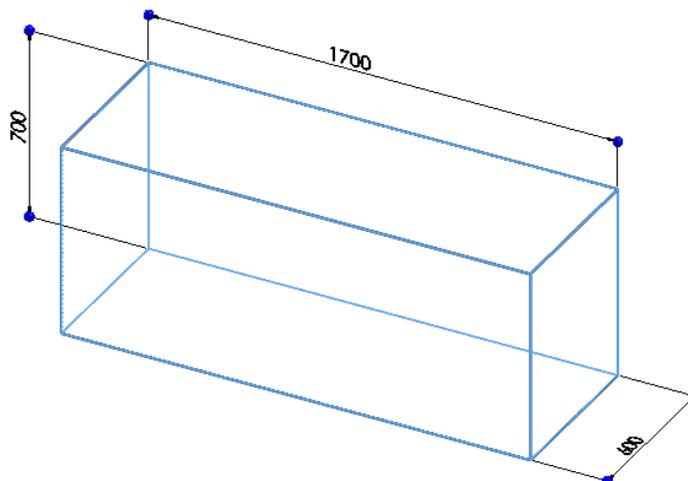


Figura 14: Formato básico do equipamento – paralelepípedo - em vista trimétrica, com as dimensões primárias: comprimento, largura e altura expressas em mm.

4.4.9 Solução para o Deslocamento Horizontal

A necessidade de transportar o equipamento para lugares diferentes, como, por exemplo, a casa do usuário e a escola, implica na necessidade de uma solução para deslocamento horizontal.

Para o deslocamento horizontal, a seção 3.2.2.3 – Escolha da Melhor Opção para o Cliente sugere o uso de rodízios. Por motivos de segurança e para facilitar o travamento do deslocamento horizontal serão utilizados os rodízios com freio modelo GL 212 NIT da SCHIOPPA® de diâmetro 75 mm, com fixação por flanges, já inclusas no rodízio, mostrado na figura 15.



Figura 15: Rodízios com freio modelo GL 212 NIT da SCHIOPPA®

4.4.10 Solução para o Deslocamento Vertical

Nesta seção será apresentada a solução para o a elevação da base superior.

Conforme a seção 3.2.2.3 – Escolha da Melhor Opção para o Cliente, o sistema para deslocamento vertical deve apresentar as seguintes características:

- i. Acionamento manual por alavanca do mecanismo de elevação da maca / cama;
- ii. Mecanismo de elevação pantográfico;

As duas sugestões acima foram consideradas para o desenvolvimento de um sistema para elevar a base de apoio do paciente, juntamente com os requisitos de segurança, ergonomia e facilidade de uso. Entretanto, a primeira sugestão não foi adotada, visto que a força para acionamento manual seria elevada, não atendendo aos princípios de segurança e ergonomia.

Já o princípio da segunda característica sugerida foi adotado, sendo mais correto dizer que foi definido um mecanismo similar ao do funcionamento de uma tesoura, ou seja, duas barras cruzadas, mas não articuladas, pois esse tipo de mecanismo representa uma solução que atende à demanda do projeto e é de fácil acionamento e manutenção.

Primeiramente, de acordo com a largura do equipamento e as alturas mínima e máxima desejadas, foi calculado o comprimento que a barra diagonal deve apresentar. Por motivos de estabilidade é desejável que essa medida seja a maior possível, por outro lado, ao considerar que o momento fletor é o produto entre uma dada força e uma dada distância, de acordo com a (Eq. 1), para que o momento seja mínimo, o comprimento da barra deve ser o menor possível. Seria ideal definir uma medida que satisfaça as duas situações apresentadas, porém visto a necessidade da estrutura do equipamento ser estável, a medida da barra foi selecionada de modo a atender esse requisito. Assim, de acordo com a largura já definida do equipamento (1700 mm) e dos tubos que constituem a estrutura (40x40x3mm) e por questões geométricas, foi adotada a dimensão de 1600mm para a barra diagonal.

Posteriormente, foi elaborado o Diagrama de Corpo-Livre das barras diagonais (que são simétricas), mostrado na Figura 16 e, então, foi possível calcular as solicitações causadas pela ação da gravidade sobre os corpos sustentados pelas barras diagonais.

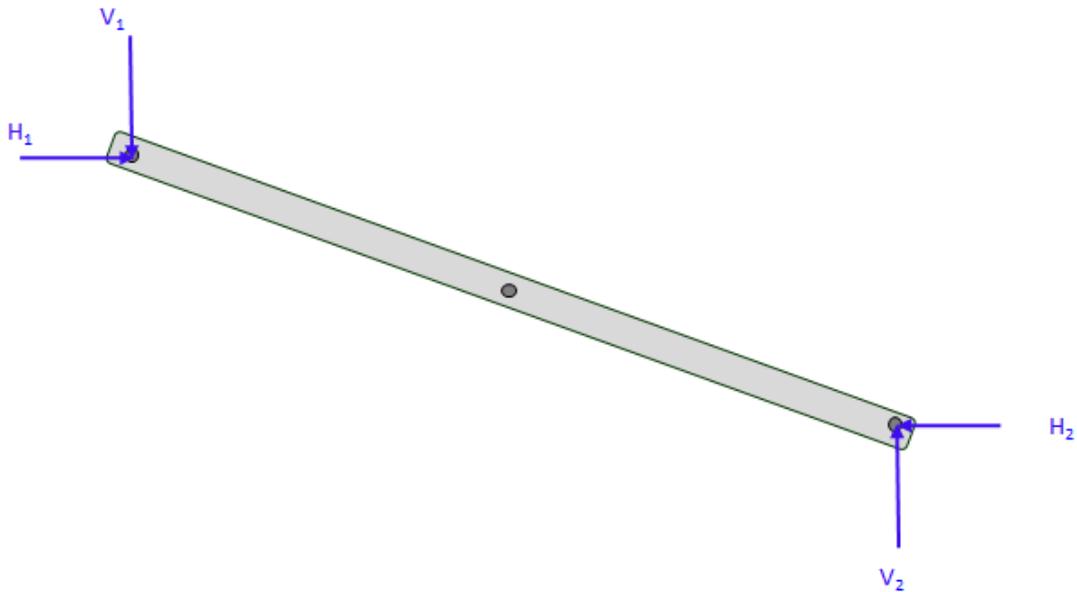


Figura 16: Esforços atuantes na barra diagonal do mecanismo de elevação, onde V é a força na direção y e H é a força na direção x

4.4.11 Definição do material

Neste tópico será abordada a seleção do material que satisfaz a função principal, ou seja, a estrutura que sustentará o corpo do usuário. Todos os conceitos e propriedades são definidos de acordo com NORTON (2004).

De acordo com a seção 4.4.5.3 – Requisitos determinantes dos materiais, o material deve resistir aos tipos mais comuns de falhas, não sofrer corrosão, ou seja, não enferrujar nas condições de trabalho especificadas, apresentar baixo custo e ser de fácil comercialização.

É importante que a estrutura seja constituída por um material que apresente rigidez suficiente para suportar a movimentação da criança e que resista à compressão, de acordo com a ação da força gravitacional. No entanto, resistir à tração não é um fator limitante, uma vez que esforços axiais caracterizados como tração não são predominantes nos componentes e peças do produto. Ainda, é

necessário considerar os aspectos econômicos e comerciais do material a ser selecionado.

4.4.11.1 ***Características do meio em que o equipamento será utilizado***

O equipamento será utilizado em ambiente domiciliar e escolar, ou seja, em lugares que não apresentam elementos químicos nocivos e umidade; apresentam níveis de poeira normais e onde não há indícios de ruídos e vibração.

4.4.12 **Seleção do material**

De acordo com a seção 4.4.5.3 - Requisitos determinantes do material, ele deve resistir aos tipos mais comuns de falhas, não sofrer corrosão, ou seja, não enferrujar nas condições de trabalho especificadas, apresentar baixo custo e ser de fácil comercialização.

É importante que a estrutura seja constituída por um material que apresente rigidez suficiente para suportar a movimentação da criança sem desestabilizar a estrutura, uma vez que ela se debate constantemente e que resista à compressão, de acordo com a ação da força gravitacional. No entanto, resistir à tração não é um fator limitante, uma vez que esforços axiais caracterizados como tração não são predominantes nos componentes e peças do produto.

Como já citado na seção 4.4.3– Coeficiente de Segurança, foi adotada a utilização de um material dúctil, assim em casos de falhas, seria possível identificar sinais visuais que permitam a descontinuar a utilização antes da fratura. Desse modo, evita-se que o equipamento sofra ruptura inesperada, como por exemplo, quando o usuário estiver posicionado no equipamento.

Inicialmente, os aspectos i, ii e iii abordados no item 4.4.5.3 – Requisitos determinantes dos materiais – serão conciliados de acordo com a Tabela 4, os materiais que atendem aos três itens são: Aço 1020, Titânio e Molibdênio em estados recozidos. Para decidir, qual deles será selecionado em um primeiro momento, iremos considerar os itens da seção 4.4.5.3 – Requisitos determinantes

dos materiais. Como não são facilmente encontradas barras e chapas de Titânio e Molibdênio no mercado, o material selecionado é o Aço 1020 recozido.

Tabela 3: Propriedades Mecânicas Típicas de Vários Metais e Ligas em um Estado Recozido

Fonte:CALLISTER (2002)

<i>Liga Metálica</i>	<i>Limite de escoamento (MPa)</i>	<i>Limite de Resistência a Tração (MPa)</i>	<i>Ductilidade, Al%</i>
Alumínio	35	90	40
Cobre	69	200	45
Latão (70 Cu - 30 Zn)	75	300	68
Ferro	130	262	45
Níquel	138	480	40
Aço (1020)	180	380	25
Titânio	450	520	25
Molibdênio	565	655	35

O aço 1020 é uma liga ferro-carbono com 0,20% de C, por isso é classificado como aço comum ao carbono com baixo teor de carbono, segundo CALLISTER (2002).

De acordo com Callister (2002), os aços de baixo carbono são ligas relativamente moles e fracas, todavia apresentam boa ductilidade e tenacidade, são usináveis, soldáveis e são os que apresentam menor custo de produção. São utilizados comumente em carcaças de automóveis, formas estruturais e chapas, sendo amplamente utilizados em estruturas mecânicas e civis. Para evitar a corrosão será utilizada pintura.

4.4.13 Seção do Material

O aço 1020 é encontrado no mercado em diferentes formas: chapas, barras, tubos, dentre outros. Devido aos fatores econômicos e comerciais, será utilizado o formato tubular para a estrutura, tornando-a mais leve e mais barata e não menos resistente, uma vez que seções maciças não apresentam valores de resistência muito superiores a seções tubulares. Os tubos de aço 1020 de seções e dimensões comerciais são popularmente conhecidos por *Metalon*. Será adotado o formato de seção tubular quadrada, que apresenta os mesmos valores de momento de inércia

nos eixos x-x e y-y para facilitar os cálculos estruturais e porque apresentam geometria favorável à fixação de mancais, perfis de deslocamento e flanges. Quanto à dimensão da seção tubular, será selecionada de acordo com os esforços e coeficiente de segurança.

As seções seguintes apresentam os cálculos de esforços na estrutura de acordo com o material selecionado e seu respectivo formato.

4.4.13.1 ***Determinação das forças atuantes no Equipamento***

O equipamento deve satisfazer as necessidades de ser deslocado, horizontal e verticalmente, e inclinar de 0° a 45° quando não estiver deslocado do chão, visto que o equipamento pode vir a ficar muito instável se estiver levantado e inclinado ao mesmo tempo.

Para os movimentos de elevação (vertical) e de inclinação serão desenvolvidos ou adotadas soluções para os mecanismos de acordo com os esforços e requisitos de projeto.

Considerando que o equipamento esteja deslocado verticalmente e não seja submetido a nenhuma força externa, que não esteja no vácuo, somente a força gravitacional atua sobre o mesmo. Então a base dele deve suportar o seu próprio peso. Se o paciente e demais componentes do equipamento estiverem posicionados sobre a base superior, então o equipamento deve suportar também a força gravitacional devida a esses corpos, de modo que os carregamentos seriam tais como apresentados na Figura 17 a seguir.

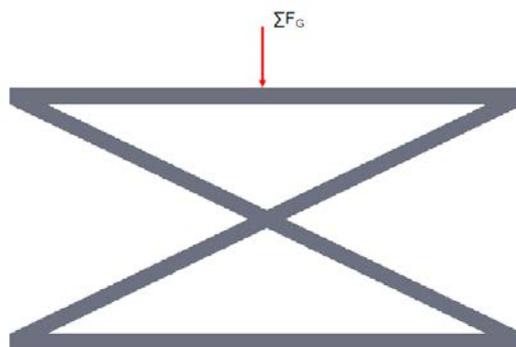


Figura 17: Vista frontal do esboço preliminar do mecanismo, destacando a influência da força gravitacional

Na Figura 17, $\sum F_G$ representa o somatório de forças gravitacionais que atua na base superior, ou seja, da ação da aceleração da gravidade sobre os corpos apoiados na base superior, incluindo a sua própria inércia. Serão consideradas as seguintes forças:

- i. Força gravitacional do usuário - F_{G_u} , devida à massa do usuário - m_u
- ii. Força gravitacional do mecanismo de inclinação (hipótese: fuso acionado por um motor elétrico) - $F_{G_{mi}}$, devida à massa do mecanismo de inclinação - m_{mi}
- iii. Força gravitacional da base superior da estrutura - $F_{G_{bs}}$, devida à massa da base superior da estrutura - m_{bs}
- iv. Força gravitacional da base de apoio para o usuário (hipótese: constituída de madeira) - $F_{G_{bau}}$, devida à massa da base de apoio para o usuário - m_{bau}

$$\sum F_G = F_{G_u} + F_{G_{mi}} + F_{G_{bs}} + F_{G_{bau}} \quad (1)$$

Em valores, de acordo com a equação(1), temos, considerando a aceleração da gravidade (g) igual a $9,81\text{m/s}^2$:

$$F_{G_u} = m_u \cdot g = 90 \cdot 9,81 \cong 882,9 \text{ N}$$

$$F_{G_{mi}} = m_{mi} \cdot g = 12 \cdot 9,81 \cong 117,7 \text{ N}$$

$$F_{G_{bs}} = m_{bs} \cdot g = 3,86 \cdot 9,81 \cong 37,9 \text{ N}$$

$$F_{G_{bau}} = m_{bau} \cdot g = 21 \cdot 9,81 \cong 206 \text{ N}$$

Os valores das massas do mecanismo de inclinação, da base superior e da base de apoio do paciente foram previamente estimados com base nos materiais, formatos e geometrias preliminares, podendo ser maiores ou menores do que o estipulado. Posteriormente, será feita a análise de tensão dos materiais para verificar se todas as cargas atuantes são suportadas sem causar deformação do equipamento. Os valores utilizados como referência para a massa do mecanismo de inclinação são baseados nos catálogos da Skylight Estruturas[®]. Já, para a base de apoio do paciente, foi considerada a hipótese de ela ser constituída de madeira do tipo mogno, cuja densidade é de 600 kg/m^3 , uma vez que o mogno é de fácil comercialização. Lembrando que apenas foi adotada uma hipótese e, posteriormente, o material da base de apoio será selecionado de acordo com as necessidades.

Na Figura 17, o somatório de forças gravitacionais é representado de modo simplificado como uma carga localizada, apesar de saber que todos os carregamentos são distribuídos, não é possível saber exatamente a distribuição de carga do peso do paciente e do mecanismo de inclinação. Essa simplificação será adotada considerando que a força devida ao peso do corpo concentra-se totalmente no CG dos corpos e que estes estão localizados exatamente sobre a metade do comprimento da viga. Todavia, o peso da estrutura e da base de apoio para o paciente são carregamentos distribuídos ao longo de toda a base de apoio do equipamento. De modo que as barras do equipamento orientadas na direção do eixo x podem ser consideradas vigas apoiadas engastadas em dois pontos da forma como mostra o Diagrama de Corpo Livre na Figura 18, onde w_1 e w_2 representam o peso distribuído da base superior da estrutura e o peso distribuído da base de apoio do usuário, respectivamente. De modo que $w_1 = 2,273 \text{ kg/m}$ de acordo com o catálogo da empresa Skylight Estruturas[®] acessado via meios eletrônicos e $w_2 = \frac{21}{1,7} \cong 12,35 \text{ kg/m}$, de acordo com as considerações e medidas anteriormente apresentadas.

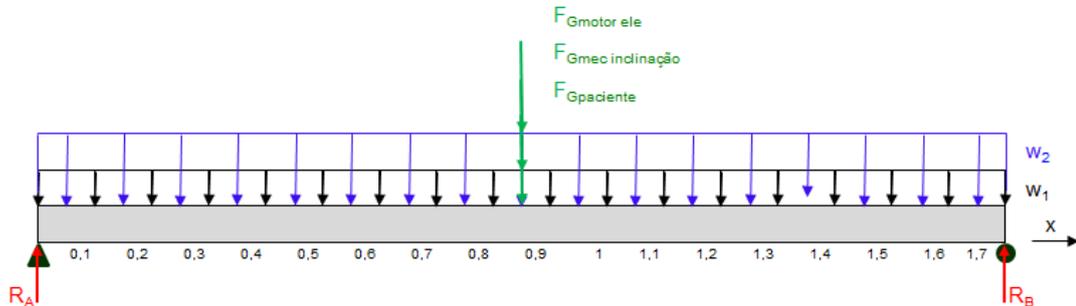


Figura 18: Carregamentos considerados nas barras do equipamento orientadas na direção do eixo x

Sabendo que as cargas localizadas no CG são:

$$F_{Gu} = 882,9 \text{ N}$$

$$F_{Gmi} = 117,7 \text{ N}$$

Para as cargas distribuídas ao longo da viga, tem-se:

$$w_1 = 2,273 \text{ kg/m}$$

$$w_2 = \frac{21}{1,7} \cong 12,35 \text{ kg/m}$$

Como o equipamento apresenta duas barras na orientação do eixo x, metade dos esforços será considerada para determinar R_A e R_B .

Para a condição de equilíbrio, tem-se:

$$R_A + R_B - \frac{882,9}{2} - \frac{117,7}{2} - \frac{2,273 \cdot 1,7}{2} - \frac{12,35 \cdot 1,7}{2} = 0$$

Pelo fato de a viga ser simétrica, tem-se:

$$R_A = R_B = 377 \text{ N}$$

Após as forças de reação nos pontos A e B terem sido calculadas, os esforços cortantes atuantes nas vigas podem ser determinados pelas Equações da Singularidade para os trechos de 0 a 0,85m; de 0,85 a 1,7m e em 1,7m, conforme as equações (2), (3) e (4). Os esforços são representados no Gráfico 1.

De 0 a 0,85m:

$$V = R_A \cdot \langle x-0 \rangle^0 - w_1 \cdot \langle x-0 \rangle^1 - w_2 \cdot \langle x-0 \rangle^1 \quad (1)$$

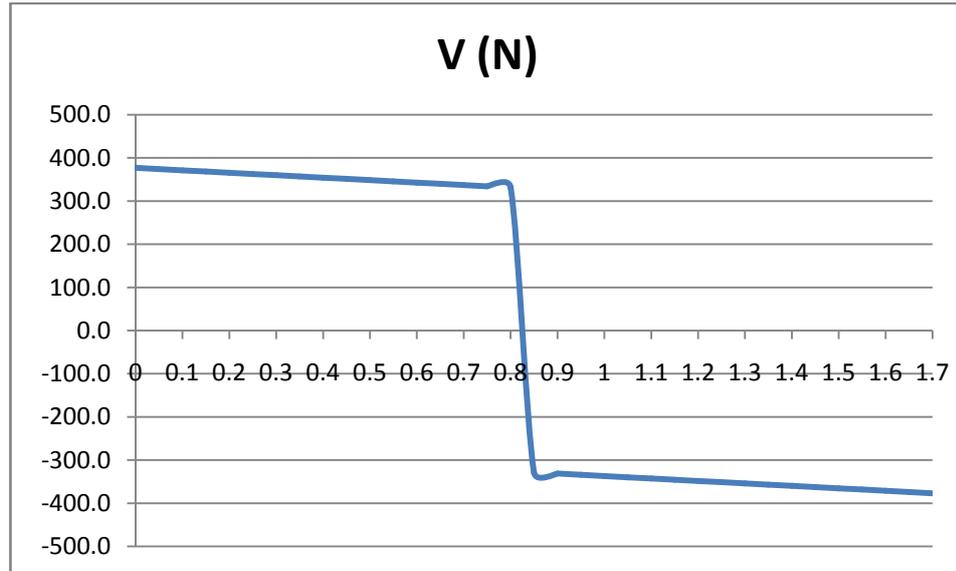
De 0,85 a 1,7m:

$$V = R_A \cdot \langle x-0 \rangle^0 - w_1 \cdot \langle x-0 \rangle^1 - w_2 \cdot \langle x-0 \rangle^1 - F_{Gu} \cdot \langle x-0,85 \rangle^0 - F_{Gmi} \cdot \langle x-0,85 \rangle^0 \quad (3)$$

Em 1,7m:

$$V = R_A \cdot \langle x-0 \rangle^0 - w_1 \cdot \langle x-0 \rangle^1 - w_2 \cdot \langle x-0 \rangle^1 - F_{Gu} \cdot \langle x-0,85 \rangle^0 - F_{Gmi} \cdot \langle x-0,85 \rangle^0 \quad (4)$$

Gráfico 1: Força cortante (N) versus comprimento na direção x (m)



Na sequência, os momentos nas vigas podem ser calculados de acordo com as Equações da Singularidade para os Momentos Fletores para os mesmos três trechos especificados anteriormente, como mostram as equações (5), (6) e (7).

De 0 a 0,85m:

$$M = R_A \cdot \langle x-0 \rangle^1 - w_1 \cdot \langle x-0 \rangle^2 - w_2 \cdot \langle x-0 \rangle^2 \quad (5)$$

De 0,85 a 1,7m:

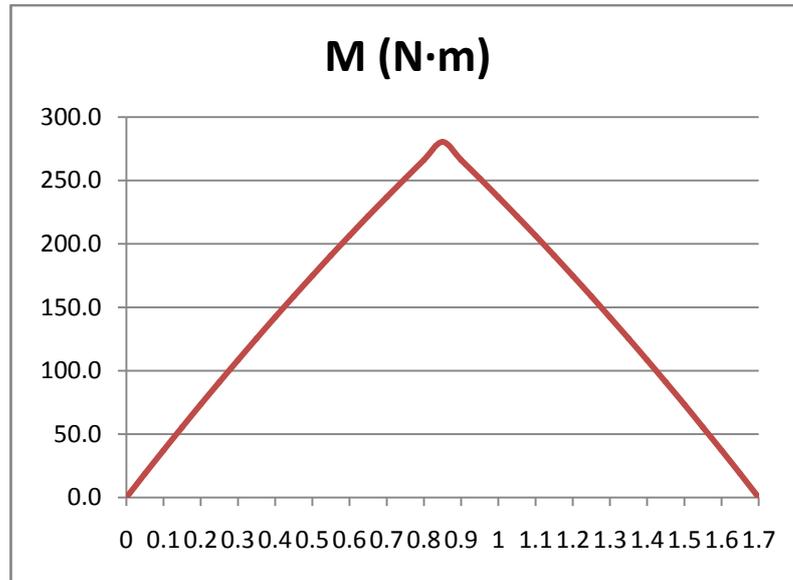
$$M = R_A \cdot \langle x-0 \rangle^1 - w_1 \cdot \langle x-0 \rangle^2 - w_2 \cdot \langle x-0 \rangle^2 - F_{Gu} \cdot \langle x-0,85 \rangle^1 - F_{Gmi} \cdot \langle x-0,85 \rangle^1 \quad (6)$$

Em 1,7m:

$$M = R_A \cdot \langle x-0 \rangle^1 - w_1 \cdot \langle x-0 \rangle^2 - w_2 \cdot \langle x-0 \rangle^2 - F_{Gu} \cdot \langle x-0,85 \rangle^1 - F_{Gmi} \cdot \langle x-0,85 \rangle^1 + R_B \cdot \langle x-1,7 \rangle^1 \quad (7)$$

Os momentos fletores atuantes ao longo das vigas são mostrados no Gráfico 2.

Gráfico 2: Momento fletor (N·m) versus comprimento na direção x (m)



No Gráfico 2 pode-se visualizar o ponto de momento fletor máximo, em $x = 0,85m$, tem-se $M_{m\acute{a}x} = 280,4 N \cdot m$.

4.4.13.2 **Determinação da Tensão de Solicitação**

Conhecendo-se o momento fletor máximo, pode-se calcular a tensão de solicitação para a condição mais extrema de solicitação, conforme a equação (8).

$$\sigma_{sol} = \frac{M_{m\acute{a}x} \cdot c}{I} \quad (2)$$

Onde:

σ_{sol} = Tensão de solicitação

$M_{m\acute{a}x}$ = Momento máximo

c = Distância do centro de gravidade do tubo até a aresta mais distante

I = Momento de Inércia do tubo

Os dados de c e I são tabelados de acordo com o catálogo de tubos da empresa *Skylight Estruturas*®.

Os valores de tensão de solicitação foram calculados para diversas dimensões de tubos. Vários perfis atendem à demanda, de acordo com orçamento realizado na Loja O Barranco (Curitiba, PR, 15/03/12), o perfil que atende as demandas é o de seção 40x40x3mm, portanto será o tubo utilizado no presente projeto.

Logo:

$$\sigma_{sol} = \frac{280,4 \cdot \frac{40}{2} \cdot 10^{-3}}{10,197 \cdot 10^{-8}} = 55 \text{ MPa}$$

Conforme o catálogo de tubos da empresa *Skylight Estruturas*®, a Tensão Limite de Escoamento do Aço Estruturais é 250MPa. Recalculando o coeficiente de segurança conforme a equação (9), tem-se:

$$CS' = \frac{\sigma_e}{\sigma_{sol}}(9)$$

Assim:

$$CS' = \frac{250}{55} = 4,5$$

Primeiramente, na seção 4.3.3 – Coeficiente de Segurança – foi considerado um coeficiente de segurança igual a três, como o valor encontrado com o uso da equação (9) foi superior ao valor previamente estimado, o tubo selecionado atende aos esforços exercidos nas vigas.

4.4.13.3 **Articulações: Dimensionamento dos Pinos nos Pontos de Apoio**

Para conectar as barras tubulares com as bases superior e inferior, foi definido utilizar pinos, uma vez que as barras apresentam movimento rotativo e a utilização de parafusos seria inviável.

A montagem dos pinos envolve os seguintes elementos:

- 1) Suportes conectados às bases superior e inferior
- 2) Buchas de PTFE nos tubos
- 3) Arruelas de Nylon
- 4) Pinos passantes
- 5) Anéis elásticos

A utilização de suportes ou flanges foi definida com o intuito de evitar a furação dos tubos e o desalinhamento dos furos. As buchas têm a mesma função nos tubos, ou seja, garantir o alinhamento reto do pino. As arruelas de Nylon visam evitar o contato metal-metal e impedir que os tubos e a flange apresentem atrito entre si. Já o anel elástico é utilizado com a função de impedir que o pino saia do lugar, ou seja, que ele se movimente para frente ou para trás.

Os pinos são fixadores que resistem bem a carregamentos cisalhantes. Conforme Norton (2004), “Pinos passantes suportam cargas de cisalhamento, mas não cargas de tração e parafusos-de-porca / sem-porca suportam cargas de tração, mas não cargas de cisalhamento diretas”.

As forças mais significativas que os conectores do equipamento para transporte e acomodação de criança com deficiência neuromotora devem suportar são transversais à seção dos conectores, ou seja, atuam como forças cisalhantes, por tal motivo foram selecionados pinos para a conexão entre as bases e os tubos diagonais.

A seguir, o dimensionamento do diâmetro mínimo que o pino deve ter é apresentado. Considerando que os pinos são feitos de Aço 1020, que é o material mais comum para sua fabricação, a tensão de escoamento do mesmo é igual a 180MPa. Como a tensão de cisalhamento pode ser considerada igual a metade da tensão de escoamento, segundo Callister (2002), tem-se que $\sigma_{cis} = 90$ MPa. Ainda, considerando o coeficiente de segurança adotado, o valor máximo de tensão cisalhante a ser suportado é 45 MPa. Para a determinação do diâmetro mínimo do pino, tem-se:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot \sigma}} \quad (10)$$

Logo:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4241,8}{\pi \cdot 45 \cdot 10^6}} \cong 11 \text{ mm}$$

Como mostrado acima, o menor valor para o diâmetro do pino é igual a 11 mm.

O comprimento dos pinos passantes é definido de acordo com a necessidade geométrica, sendo que ele deve atravessar os seguintes componentes:

- 2 tubos de 40 mm de largura
- 1 arruela de 2 mm de largura
- 1 anel elástico de 2 mm de largura

Considerando que pode haver um comprimento de folga igual a 10 mm, o comprimento do pino deve ser de aproximadamente 94 mm.

O formato do pino que será utilizado é o mais comumente encontrado no mercado, sendo constituído pela cabeça abaulada, corpo e chanfro na superfície posterior, conforme mostra a Figura 19.



Figura 19: Formato do pino passante utilizado para conectar as barras diagonais e as bases superior e inferior

4.4.13.4 **Solicitações nas barras diagonais**

O valor de V_1 é o valor das reações nos apoios R_A e R_B , ou seja, é igual a 369,7 N. Para definir o valor da componente H_1 foi feito o somatório de momentos no ponto 1, conforme a equação(11).

$$\sum M_1 = 0 \text{ (positivo no sentido anti - horário)}(11)$$

Então:

$$V_1 \cdot x - H_1 \cdot h = 0$$

De onde se define algebricamente H_1 :

$$H_1 = V_1 \cdot \frac{x}{h}$$

Onde:

x = distância do ponto 1 ao ponto 2 na direção x

h = distância ou altura do ponto 1 ao ponto 2 na direção y

A Figura 20 retrata as dimensões x e h .

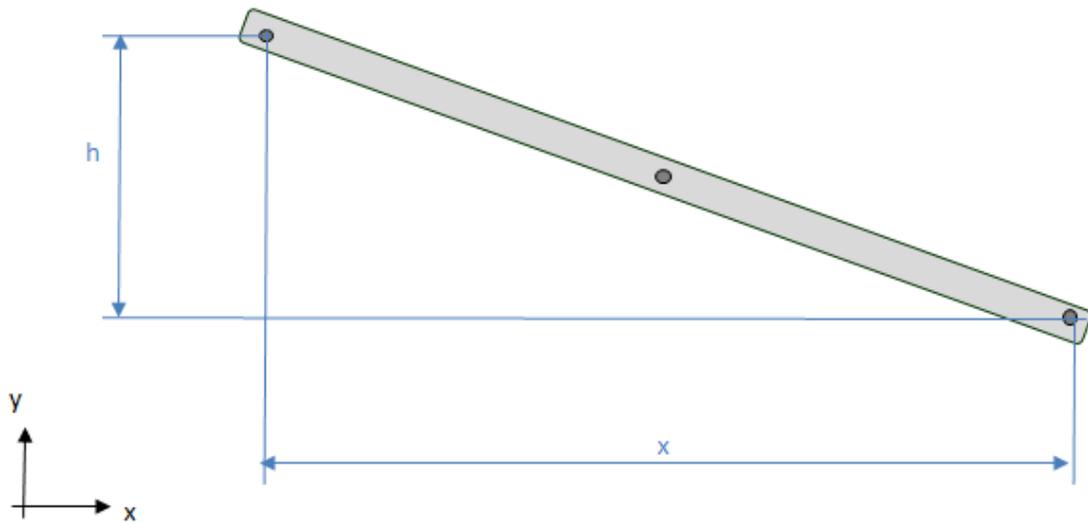


Figura 20: Distância entre os pontos 1 e 2 nas coordenadas x e y

Como mostrado na Figura 21, a barra diagonal forma o ângulo α com a horizontal, o qual varia de acordo com a posição da altura.

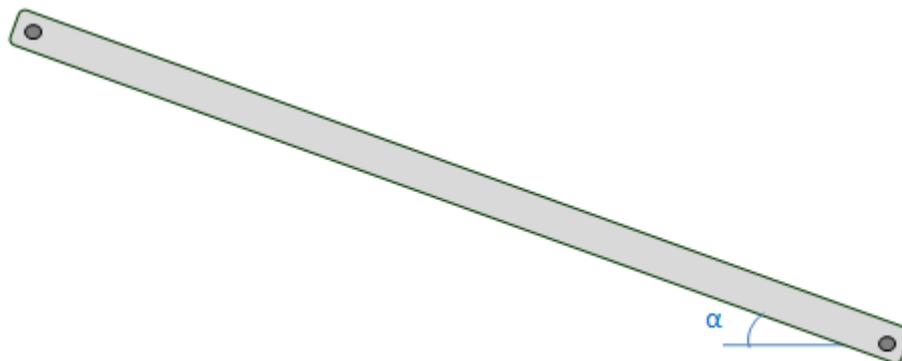


Figura 21: Ângulo variável de inclinação da barra diagonal do mecanismo de elevação

Posteriormente, V e H foram decompostas nas coordenadas i e j , representadas na Figura 22, normal e transversal à barra respectivamente, conforme mostrado na Figura 23. A partir da decomposição das forças, pode-se verificar se o

tubo selecionado na seção 4.4.56 – Seção do Material, que apresenta seção transversal 40x40x3mm suporta os esforços ou se é necessário selecionar um tubo de outro tamanho.

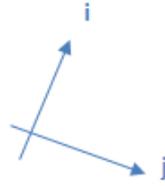
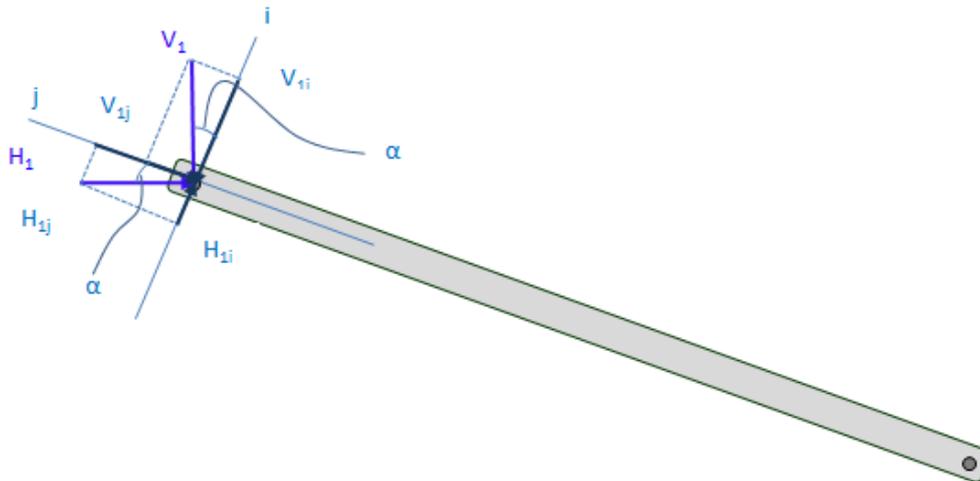


Figura 22: Sistema de Coordenadas móveis i e j que acompanham a barra diagonal



A decomposição das forças em função do ângulo α é dada a seguir:

$$H_{1i} = H \cdot \text{sen } \alpha(12)$$

$$H_{1j} = -H \cdot \text{cos } \alpha(13)$$

$$V_{1i} = V \cdot \text{cos } \alpha(14)$$

$$V_{1j} = V \cdot \text{sen } \alpha(15)$$

De modo que as componentes em i e j de H_1 e V_1 somam-se e têm-se os somatórios de forças nas direções i e j, conforme a seguir:

$$\sum F_i = H_{1i} + V_{1i} \quad (16)$$

$$\sum F_j = H_{1j} + V_{1j} \quad (17)$$

Ou seja:

$$\sum F_{1i} = H_1 \cdot \text{sen } \alpha + V_1 \cdot \text{cos } \alpha \quad (18)$$

$$\sum F_{1j} = -H_1 \cdot \text{cos } \alpha + V_1 \cdot \text{sen } \alpha \quad (19)$$

Lembrando que as equações para o ponto 1 são válidas para os demais pontos – 2, 3 e 4 – uma vez que o carregamento é simétrico em relação a um plano vertical e em relação a um plano horizontal, tem-se as forças de reação nos apoios.

A partir das equações apresentadas é possível realizar uma análise das forças nas direções x e y para diferentes valores do ângulo α , podendo definir em qual o intervalo de ângulo o equipamento apresentará bom funcionamento, ou seja, em qual intervalo a força de acionamento não é excessivamente elevada e a estrutura se apresenta estável. Concomitantemente, é possível analisar em qual intervalo de posições em x a barra diagonal se desloca.

A seguir, a Tabela 5 mostra os valores das forças no tubo, conforme a variação do ângulo α .

Na Tabela 5 tem-se o valor em que a força horizontal no apoio é máxima, para o menor valor de α arbitrado, igual a 5° , o valor de H_1 é máximo e igual a 4225,7 N.

O esclarecimento das forças atuantes na barra diagonal permite selecionar o tipo de mecanismo de acionamento mais indicado para o caso e é um fator limitante na escolha do mecanismo de acionamento das barras diagonais, como será mostrado na seção a seguir.

4.4.13.5 ***Definição do Mecanismo de Acionamento para Elevação***

No mercado encontram-se vários tipos de acionadores manuais, mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos, dentre outros. Considerando a variedade de opções buscou-se a que melhor conciliasse ergonomia e segurança de operação com custo acessível.

Tabela 4: Valores de x, h e forças conforme a variação do ângulo α

α (graus)	diagonal (mm)	h (mm)	x (mm)	curso (mm)	Forças					
					H_1 (N)	H_{1i} (N)	H_{1j} (N)	V_{1i} (N)	V_{1j} (N)	ΣF_i (N)
0,00	1600,0	0,0	1600,0		-	-	-	400,0	0,0	-
2,00	1600,0	55,8	1599,0		10586,8	369,5	10580,4	-369,5	12,9	0,0
4,00	1600,0	111,6	1596,1		5287,0	368,8	5274,1	-368,8	25,8	0,0
5,00	1600,0	139,4	1593,9		4225,7	368,3	4209,6	-368,3	32,2	0,0
6,00	1600,0	167,2	1591,2		3517,5	367,7	3498,2	-367,7	38,6	0,0
8,00	1600,0	222,7	1584,4		2630,6	366,1	2605,0	-366,1	51,5	0,0
10,00	1600,0	277,8	1575,7		2096,7	364,1	2064,8	-364,1	64,2	0,0
12,00	1600,0	332,7	1565,0		1739,3	361,6	1701,3	-361,6	76,9	0,0
14,00	1600,0	387,1	1552,5		1482,8	358,7	1438,7	-358,7	89,4	0,0
16,00	1600,0	441,0	1538,0		1289,3	355,4	1239,4	-355,4	101,9	0,0
18,00	1600,0	494,4	1521,7		1137,8	351,6	1082,1	-351,6	114,2	0,0
20,00	1600,0	547,2	1503,5		1015,7	347,4	954,5	-347,4	126,4	0,0
22,00	1600,0	599,4	1483,5	462,5	915,0	342,8	848,4	-342,8	138,5	0,0
24,00	1600,0	650,8	1461,7		830,4	337,7	758,6	-337,7	150,4	0,0
26,00	1600,0	701,4	1438,1		758,0	332,3	681,3	-332,3	162,1	0,0
28,00	1600,0	751,2	1412,7		695,3	326,4	613,9	-326,4	173,6	0,0
30,00	1600,0	800,0	1385,6		640,3	320,2	554,6	-320,2	184,9	0,0
32,00	1600,0	847,9	1356,9		591,6	313,5	501,7	-313,5	195,9	0,0
34,00	1600,0	894,7	1326,5		548,1	306,5	454,4	-306,5	206,7	0,0
36,00	1600,0	940,5	1294,4		508,8	299,1	411,7	-299,1	217,3	0,0
38,00	1600,0	985,1	1260,8		473,2	291,3	372,9	-291,3	227,6	0,0
40,00	1600,0	1028,5	1225,7		440,6	283,2	337,5	-283,2	237,6	0,0
42,00	1600,0	1070,6	1189,0		410,6	274,7	305,1	-274,7	247,4	0,0
44,00	1600,0	1111,5	1150,9		382,8	265,9	275,4	-265,9	256,8	0,0
45,00	1600,0	1131,4	1131,4		369,7	261,4	261,4	-261,4	261,4	0,0

A primeira opção considerada para o acionamento do sistema de elevação foi o mecanismo típico das macas comuns, Figura 24, em que os próprios enfermeiros dão um impulso que levanta a maca e a trava na posição elevada. Porém, esse tipo de mecanismo só permite o posicionamento em uma altura, ainda exige uma preparação das pessoas que vão levantar a maca para que elas não se machuquem ao realizar o esforço exigido. Devido às limitações citadas, a opção foi descartada.

Outra opção facilmente encontrada no mercado é o sistema de elevação do tipo pantográfico, utilizado, por exemplo, em tábuas de passar roupas, Figura 25, que consiste em duas barras articuladas conectadas na parte superior por uma barra que pode ser fixada em dois ou três pontos de apoio, permitindo duas ou três alturas

possíveis. A limitação desse tipo de sistema é baseada no princípio do mecanismo que é de acionamento manual, ou seja, uma pessoa tem que puxar a tábua no modo em que ela é comumente utilizada e não apresenta muitos problemas, pois as tábuas em geral são leves, mas para a aplicação desejada no presente projeto, seria necessário levantar o peso da criança, o que torna o acionamento ineficiente quanto aos requisitos demandados.



Figura 23: Maca hospitalar comum da marca MEDIPLUS

Fonte: http://mediplussaude.com.br/product_info.php?products_id=77&osCsid=77125d8861e540a1a00ffd9f01a36c90



Figura 24: Tábua de passar roupas da marca *Compact Me*.

Fonte:<http://www.submarino.com.br/produto/18/1141559/mesa+de+passar+roupa+compact+me>

A terceira opção considerada consiste em utilizar um atuador hidráulico, Figura 26, que é de fácil acionamento e suportaria os esforços requeridos. Todavia, o custo destes acionadores é elevado, uma vez que demanda um conjunto (acionador + cilindro hidráulico + recipiente para armazenamento do fluido hidráulico). O fator custo não é o principal requisito do projeto, porém é bastante considerável e, portanto, outra solução será analisada para o sistema de acionamento.



Figura 25: Atuador Hidráulico – PARKER

Fonte:<http://www.parker.com/portal>

Posteriormente, outra solução considerada viável foi utilizar fusos, também conhecidos como parafusos de potência ou ainda, parafusos de avanço, Figura 27, que são comumente usados como atuadores lineares, sendo uma aplicação bem típica em macacos mecânicos. Os parafusos de potência transformam movimento rotativo em movimento linear e suportam elevadas cargas. Desse modo, quando acionado por um motor elétrico rotativo, o parafuso é rotacionando e percorre a rosca de uma porca fixa, o que o faz se movimentar linearmente ou a porca pode ser acionada e se movimentar sobre o parafuso, dependendo da finalidade da aplicação. Em geral, os fusos apresentam custos menores do que os atuadores hidráulicos, sendo que uma barra de fuso trapezoidal custa em torno de R\$ 200,00 a R\$ 300,00.

A comercialização de três tipos de fusos é bastante comum: fusos trapezoidais, de rolos e de esferas. Todos suportam cargas elevadas, sendo que os de rolos e esfera são ainda mais resistentes. De acordo com os esforços apresentados no presente projeto e de acordo com o catálogo da ATI Brasil® (selecionado por ser um

representante facilmente encontrado em Curitiba - PR), os fusos trapezoidais, que são os menos robustos, suportam com folga os esforços do presente projeto.

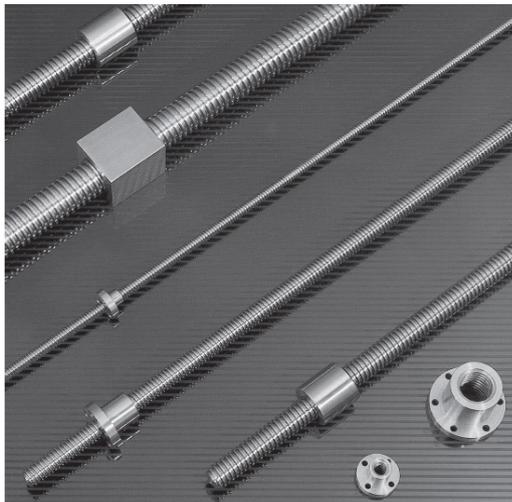


Figura 26: Fusos Trapezoidais da marcaATI Brasil

Fonte: http://www.atibrasil.com.br/index.php?pag=prodcateg&id_menu=88

Visto que os fusos trapezoidais podem ser utilizados em um sistema que atenda às demandas de suportar a força requerida, apresentar baixo custo em relação a outros tipos de sistema de acionamento e garantir que o usuário não precise realizar força para acioná-lo será feita na seção a seguir uma análise que permite verificar se realmente o projeto do mecanismo com acionamento por fusos trapezoidais é viável.

4.4.13.6 *Mecanismo de Acionamento do Sistema de Elevação por Fusos Trapezoidais*

A presente seção visa analisar a viabilidade da utilização de fusos trapezoidais para o sistema de elevação do equipamento para transporte e acomodação de criança com deficiência neuromotora. Para isso, serão efetuados os cálculos de dimensionamento do fuso, seguidos da seleção de componentes, modelagem e simulação do mecanismo em CAD 3D.

4.4.13.6.1 *Dimensionamento*

Como já dito anteriormente, o funcionamento dos fusos trapezoidais é bastante simples: ao receber transmissão de movimento rotativo eles são impulsionados a deslocar-se linearmente em rotação, assim percorrem a rosca de um mancal ou bucha rosca que pode estar fixada em uma estrutura, conforme mostra a Figura 28.

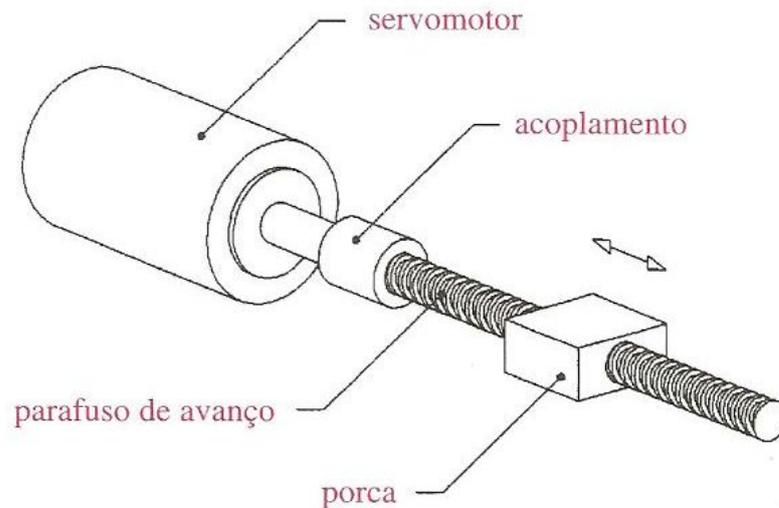


Figura 27: Parafuso de avanço movido por servomotor para dispositivo de posicionamento
Fonte: NORTON (2004)

A fabricação de fusos exige bastante precisão, ou seja, é necessário equipamentos precisos, projeto com baixas tolerâncias e um operador experiente. Portanto, foi adotada a seleção de um fuso catalogado. Para tanto, serão efetuados os cálculos de dimensionamento dos parâmetros necessários para a seleção de um fuso trapezoidal adequado. Norton (2004) sugere que os seguintes parâmetros sejam conhecidos:

P = Força Axial

λ = Ângulo de Avanço

d_p = Diâmetro Primitivo

L = Avanço

N = Normal ao plano

μ = Coeficiente de Atrito entre o parafuso e a rosca

T_{su} = Torque para levantar a carga

T_{sd} = Torque para abaixar a carga

T_c = Torque para girar o colar de empuxo

T_u = Torque total para levantar a carga

T_d = Torque total para abaixar a carga

e_u = Eficiência para levantar a carga

e_d = Eficiência para abaixar a carga

As forças, ângulo e dimensões apresentadas acima são retratados na Figura 29.

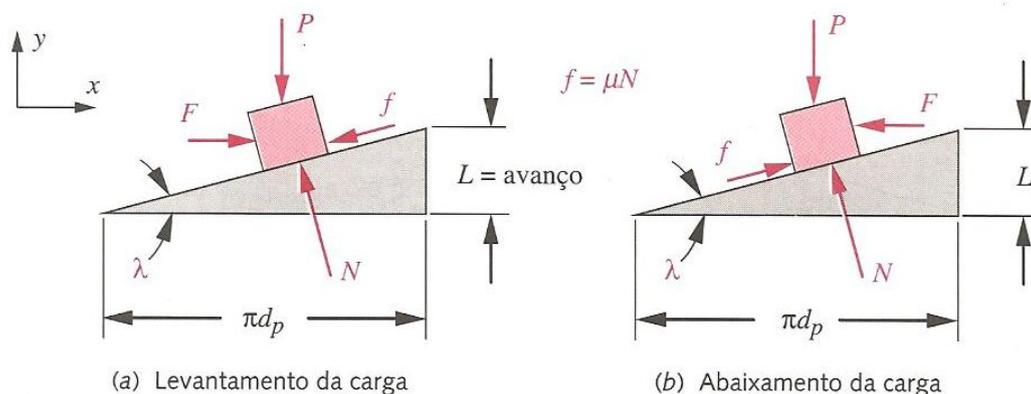


Figura 28: Análise de força na interface porca-parafuso para a) levantamento de carga e b) abaixamento de carga

Fonte: NORTON (2004)

A seguir as equações que envolvem os parâmetros apresentados são definidas de modo que seja possível conhecer os valores que determinam o dimensionamento do fuso trapezoidal.

Considerando primeiramente a hipótese de utilizar somente um fuso para acionar a elevação do equipamento, o mesmo deve suportar todo o esforço necessário para levantar o equipamento. Se essa hipótese não for validada, será

considerado utilizar dois fusos, um para o acionamento de cada barra (frontal e traseira).

A força horizontal total exigida é igual ao dobro de H_1 , uma vez que H_1 corresponde à metade dos esforços aos quais o equipamento é submetido, de modo que P é igual a 8451,4 N.

De acordo com o catálogo da ATI Brasil, todos os fusos trapezoidais suportam uma tensão normal de 500N/mm^2 , que corresponde a 500 MPa. A menor área transversal catalogada, conforme a equação (20), que suporta os esforços exigidos é:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (20)$$

De onde a área transversal mínima necessária é:

$$A_0 = \frac{P}{\sigma} = \frac{8451,4}{500} = 16,90 \text{ mm}^2$$

Logo, o diâmetro mínimo requerido para o fuso será:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,90}{\pi}} \cong 4,64 \text{ mm}$$

Como o menor diâmetro de fuso disponível no catálogo da ATI Brasil é de 10 mm, qualquer fuso selecionado atende à demanda do presente projeto. Todavia, a seleção do fuso também está relacionada com a geometria do equipamento, sendo que será feita de modo a ser conciliada com esta. Assim, foi selecionado o fuso trapezoidal TPN 20($d=20\text{mm}$, passo= 4mm e comprimento= 1000mm) do fornecedor ATI Brasil®, conforme catálogo.

De acordo com Norton (2004), os parâmetros apresentados a seguir devem ser conhecidos para a seleção do fuso trapezoidal e demais componentes do sistema de elevação, tais como o motor elétrico.

A inclinação do plano da rosca, denominada ângulo de avanço (λ) é dada pela equação (21) (NORTON, 2004).

$$\lambda = \frac{L}{\pi \cdot d_p} (21)$$

Considerando a utilização do menor fuso do catálogo da ATI Brasil, de diâmetro (d_p) igual a 10mm, o avanço (L), segundo o catálogo, é igual a 3mm. Logo, conforme a Eq. 37:

$$\lambda = \frac{0,003}{\pi \cdot 0,01} = 0,095 \text{ rad} \cong 5,4^\circ$$

Para o caso de levantamento de fuso, tem-se que a normal é dada pela equação (22) (NORTON, 2004).

$$N = \frac{P}{(\cos \lambda - \mu \cdot \text{sen } \lambda)} \quad (22)$$

Norton (2004) sugere que, para um arranjo porca-parafuso lubrificado por óleo, o coeficiente de atrito é aproximadamente 0,15. Assim:

$$N = \frac{8451,4}{(\cos 0,095 - 0,15 \cdot \text{sen } 0,095)} = 8613,2 \text{ N}$$

Combinando as equações (21) e (22), tem-se a expressão para a força F, conforme a equação (23) (NORTON, 2004).

$$F = P \cdot \frac{(\mu \cdot \cos \lambda + \text{sen } \lambda)}{(\cos \lambda - \mu \cdot \text{sen } \lambda)} \quad (23)$$

De onde:

$$F = 8451,4 \cdot \frac{(0,15 \cdot \cos 0,095 + \text{sen } 0,095)}{(\cos 0,095 - 0,15 \cdot \text{sen } 0,095)} = 2104,9 \text{ N}$$

O torque de parafuso necessário para levantar a carga, considerando apenas o contato parafuso-porca, T_{su} é dado pela equação (24) (NORTON, 2004).

$$T_{su} = F \cdot \frac{d_p}{2} = \frac{P \cdot d_p}{2} \cdot \frac{(\mu \cdot \pi \cdot d_p + L)}{(\cos \lambda - \mu \cdot \text{sen } \lambda)} \quad (23)$$

De acordo com os valores já obtidos:

$$T_{su} = 2104,9 \cdot \frac{0,01}{2} = 10,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Porém, o atrito também influencia nos esforços e, portanto, é necessário considerá-lo, como mostra a equação (25) (NORTON, 2004).

$$T_c = \mu_c \cdot P \cdot \frac{d_p}{2} \quad (25)$$

De modo que ao considerar o coeficiente de atrito do colar (μ_c) igual a 0,15 também, tem-se:

$$T_c = 0,15 \cdot 8451,4 \cdot \frac{0,01}{2} = 6,3 \text{ N} \cdot \text{m}$$

O torque para levantar a carga é somado ao torque do calor para se obter o torque total para levantar a carga, como apresentado na equação (26) (NORTON, 2004).

$$T_u = T_{su} + T_c \quad (26)$$

Então, o torque total para levantar a carga é:

$$T_u = 10,5 + 6,3 = 16,8 \text{ N}$$

A mesma análise pode ser feita para o cálculo do torque necessário para abaixar a carga, de acordo com a equação (27) (NORTON, 2004), ou seja, durante o movimento de abaixamento da altura do equipamento.

$$T_d = T_{sd} + T_c \quad (27)$$

Onde se tem a equação (28):

$$T_{sd} = \frac{P \cdot d_p}{2} \cdot \frac{(\mu \cdot \pi \cdot d_p - L)}{(\pi \cdot d_p + \mu \cdot L)} \quad (28)$$

Assim:

$$T_{sd} = \frac{8451,4 \cdot 0,01}{2} \cdot \frac{(0,15 \cdot \pi \cdot 0,01 - 0,003)}{(\pi \cdot 0,01 + 0,15 \cdot 0,003)} = 2,3 \text{ N} \cdot \text{m}$$

De acordo com a Eq. 44, o torque de parafuso necessário para abaixar a carga, considerando apenas o contato parafuso-porca (T_d) é:

$$T_d = 2,3 + 6,3 = 8,6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

4.4.13.7 **Eficiência dos Parafusos**

Norton (2004) define a eficiência de qualquer sistema como a razão entre trabalho de saída e de entrada, como apresentado na equação (29). Para o parafuso de potência o trabalho de entrada pode ser definido pelo produto do torque pelo deslocamento angular (em radianos), como mostra a equação (30) (NORTON, 2004). Já o trabalho de saída, ou seja, o trabalho produzido é obtido pelo produto da força pelo avanço, conforme a equação (31).

$$e = \frac{W_{saída}}{W_{entrada}} \quad (29)$$

$$W_{ent} = 2 \cdot \pi \cdot T \quad (30)$$

$$W_{saída} = P \cdot L \quad (31)$$

A eficiência de parafusos de potência para roscas-padrão ACME com coeficiente de atrito igual a 0,15 é tabelada, conforme mostra a Tabela 6.

Para determinar o valor da potência necessária do motor para acionamento do sistema de elevação, será adotado o valor da eficiência para rosca-padrão ACME para roscas de tamanho 0,5 polegada, que é igual a 31%. Logo, rearranjando a equação (29) e substituindo a potência de saída, segundo a equação (31), tem-se:

$$W_{entrada} = \frac{W_{saída}}{e} = \frac{P \cdot L}{e}$$

De onde:

$$W_{entrada} = \frac{P \cdot L}{e} = \frac{8451,4 \cdot 0,003}{0,31} \cong 82 \text{ W}$$

O valor da potência definido acima, aproximadamente 82 W, representa o valor mínimo de potência requerido de um motor para que o sistema funcione.

4.4.13.8 **Acionamento do motor elétrico**

A seção 4.4.5.2–Requisitos determinantes do arranjo, apresenta como demanda do projeto em questão: acionamento de fácil manuseio para que os pais e fisioterapeutas possam executá-lo. Também, é importante que não seja exigido nenhum esforço físico para o acionamento das funções do equipamento. Dentro

desse contexto, foi arbitrado utilizar o comando elétrico por controle, que é de fácil manuseio e não exige força. O custo desse tipo de acionamento é de R\$1.746,00.

Tabela 5: Ângulo de avanço e eficiência de roscas-padrão ACME com coeficiente de atrito $\mu=0,15$

Fonte: NORTON (2004)

Tamanho	Ângulo de avanço (graus)	Eficiência (%)
1/4 - 16	5,2	36
5/16 - 14	4,7	34
3/8 - 12	4,5	34
7/16 - 12	3,8	30
1/2 - 10	4,0	31
5/8 - 8	4,0	31
3/4 - 6	4,5	34
7/8 - 6	3,8	30
1 - 5	4,0	31
1 1/8 - 5	3,6	28
1 1/4 - 5	3,2	26
1 3/8 - 4	3,6	29
1 1/2 - 4	3,3	27
1 3/4 - 4	2,8	24
2 - 4	2,4	21
2 1/4 - 3	2,9	25
2 1/2 - 3	2,6	23
2 3/4 - 3	2,4	21
3 - 2	3,3	27
3 1/2 - 2	2,8	24
4 - 2	2,4	21
4 1/2 - 2	2,1	19
5 - 2	1,9	18

4.4.13.9 **Solução para o Movimento de Inclinação**

Nesta seção será apresentada a solução que possibilita a inclinação da base superior.

Conforme a seção 3.2.2.3– Escolha da Melhor Opção para o Cliente, o sistema para deslocamento vertical deve apresentar as seguintes características:

- i. Acionamento manual do mecanismo de inclinação por manípulos girantes;

ii. Sistema para inclinar a criança por engrenamento.

Ao analisar os esforços exigidos para a inclinação da base superior, percebeu-se que a solução proposta no Projeto Conceitual, seção 3.2.2, é inviável porque exige um esforço de acionamento muito elevado, incapaz de ser realizado por uma pessoa comum sem causar desconforto. Outro aspecto que inviabilizou o uso dessa alternativa é a dificuldade em travar a inclinação de modo seguro. Devido a esses fatores, foi necessário pesquisar outras soluções aplicáveis que atendessem aos requisitos do projeto em questão.

A demanda principal da solução para a inclinação do equipamento é a capacidade de inclinar a base superior de 5° até 45° de modo a permitir que o usuário possa se manter em uma posição diferente da horizontal. Nesse contexto, o mecanismo de inclinação deve oferecer segurança, estabilidade e controle da velocidade, ou seja, o mecanismo para em qualquer posição entre 5° e 45° e deve permitir esse comando de maneira uniforme e com baixa velocidade, de modo a não ocorrerem paradas bruscas e repentinas que causem desconforto ao usuário.

Inicialmente, pensou-se em utilizar um sistema hidráulico, uma vez que ele é capaz de oferecer as características descritas no parágrafo anterior. No entanto, devido ao elevado custo, essa hipótese foi desconsiderada. Como para o sistema de elevação vertical optou-se por um sistema de fusos trapezoidais e guias acionados por motor elétrico, que atendem às demandas, será adotada a mesma solução do mecanismo de inclinação, mantendo a utilização, a montagem e a manutenção do equipamento mais simples. Recordando que, salvo as particularidades, as demandas de ambos os mecanismos, de elevação e inclinação exigem fácil acionamento e deslocamento linear, ou seja, se os princípios básicos são os mesmos, há grande possibilidade de o mesmo tipo de mecanismo funcionar para os dois casos, desde que aplicados de modo a atender a função principal de cada um deles.

A solução por um sistema de fusos trapezoidais e guias acionados por motor elétrico será estudada na sequência, onde será feita uma análise para verificar se os requisitos de projeto são atendidos.

4.4.13.10 ***Esforços envolvidos no mecanismo de inclinação***

A figura 30 mostra um esboço do mecanismo de inclinação onde:

P = Força peso do paciente

α = ângulo entre horizontal e haste de inclinação

β = ângulo entre maca e haste de inclinação

γ = ângulo entre maca e horizontal

O ângulo γ não deve passar de 45° , devido aos requisitos do projeto, a força P está aplicada no centro da maca assim como a haste de inclinação está presa no meio da maca. Estipulando que α varia de 5° a 90° e chegamos a duas situações distintas. A primeira quando a maca está totalmente aberta, desta maneira:

$$P = 882,9 \text{ N}$$

$$\gamma = 45^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\beta = 45^\circ$$

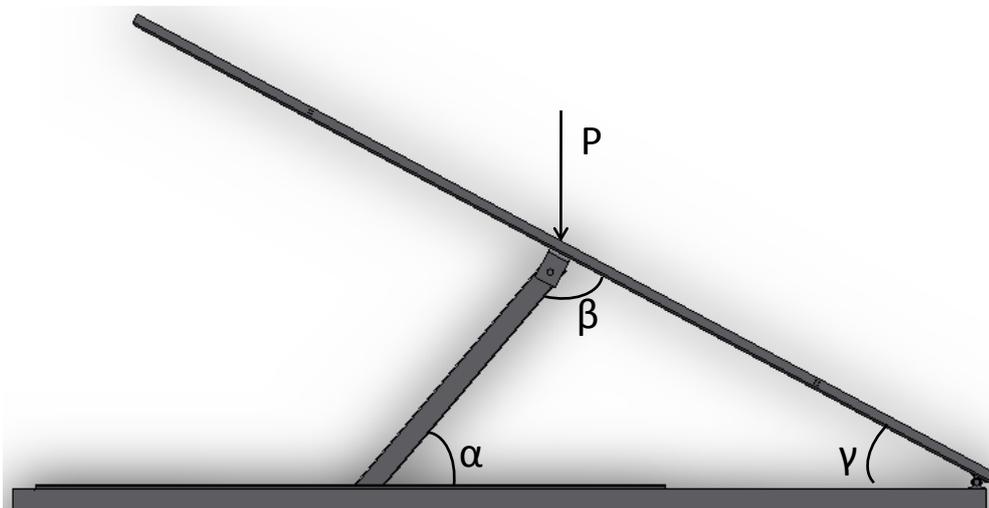


Figura 29: Esboço do mecanismo de inclinação

Assim a força Peso está aplicada verticalmente sobre a haste de inclinação, portanto a força na reação do apoio (R_a) será:

$$R_a = 882,9 N$$

Quando a maca estiver totalmente fechada é importante salientar que, para que o mecanismo funcione, α nunca pode ser 0° , se isto ocorrer, o mecanismo irá travar, portanto foi estipulado um valor teórico mínimo para α . Construtivamente, para que isso ocorra, o mecanismo de acionamento da haste deve ficar abaixo da linha da maca, desta maneira, quando a maca estiver fechada, a haste ainda estará inclinada:

$$\gamma = 0^\circ$$

$$\alpha = 5^\circ$$

$$\beta = 175^\circ$$

A reação da haste se dará em duas componentes R_{ah} , na horizontal e R_{av} na vertical:

$$R_{av} = P \times \cos(5^\circ) = 879,5 N$$

$$R_{ah} = P \times \sin(5^\circ) = 76,9 N$$

Portanto, a força máxima que a haste estará sujeita é:

$$R_a = 882,9 N$$

As forças do sistema de elevação são inferiores às forças do sistema de inclinação, por este motivo o perfil tubular de seção transversal 40x40x3mm, irá suportar as solicitações deste sistema.

4.4.13.11 **Dimensionamento do suporte da cama**

O suporte da maca servirá para prender a maca ao equipamento e ao mecanismo de inclinação, também deve suportar o peso do paciente bem como os equipamentos de ergonomia. Optou-se pelo aço, ao invés da madeira, pois este possui maior resistência a tração e módulo de elasticidade constante. Para isso será calculado qual é a espessura mínima da chapa para suportar esse esforço.

A Figura 31 apresenta um esboço da chapa com dimensões 1700x600mm. Foi considerado que todo o peso, tanto do paciente quanto dos equipamentos de

ergonomia, estão concentrados no ponto P, que demarca o centro da chapa. Segundo Norton (2004), a equação (32) estima o cisalhamento puro:

$$\tau_{xy} = \frac{P}{A_{cis}} \quad (32)$$

Onde:

P = Carga aplicada

T_{XY} = Tensão cisalhante

A_{cis} = Área cisalhada

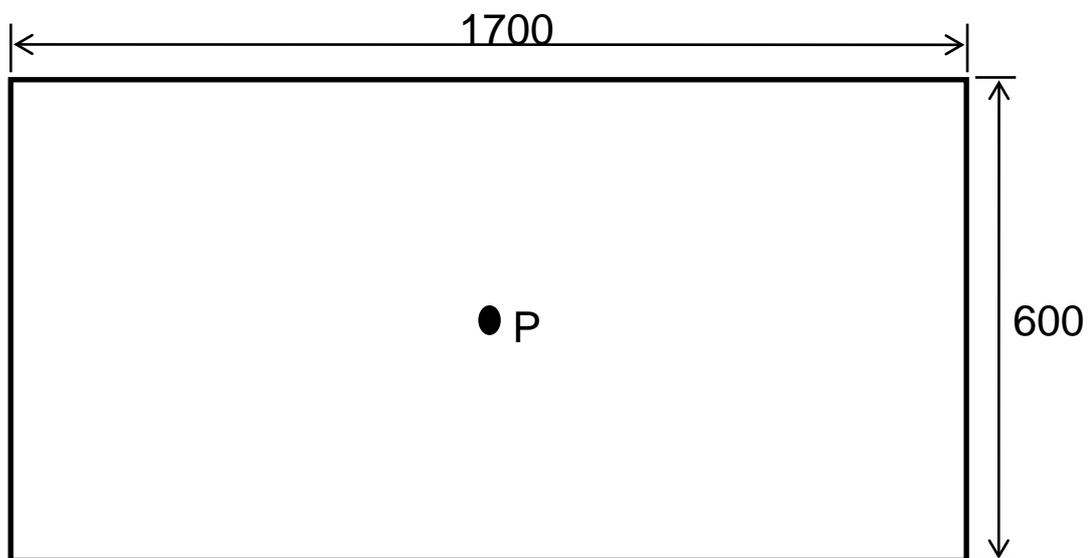


Figura 30: Esboço da chapa de suporte

Considerando o peso total de 1000 N Foi escolhido, com base nas espessuras de chapas comerciais, uma chapa de 5mm, já com a suspeita que seria suficiente, foi feita uma análise de tensões utilizando a ferramenta *COSMOSExpress Study*® do *SolidWorks*®. A Figura 32 Mostra a distribuição de tensão de *Von Mises*. Chegou-se a um coeficiente de segurança próximo a 45.

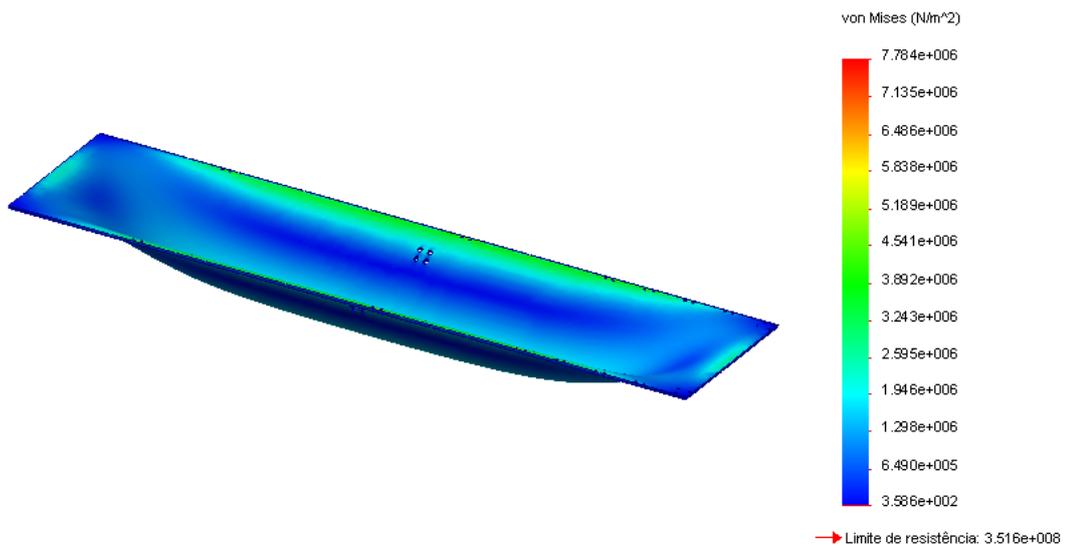


Figura 31: Distribuição de Tensão Von Mises na chapa de suporte da cama

4.4.13.12 *Dimensionamento do eixo de acionamento*

A Figura 37 mostra um esboço de como é feito o acionamento dos mecanismos de levantamento e inclinação. O motor aciona a rotação do fuso que empurra a porca para frente e para trás, as barras diagonais estão ligadas à porca através de dois semi-eixos.

Como já calculado, a força que o fuso estará sujeito é 8451,4 N. Cada semi-eixo estará sujeito a metade disso, portanto 4225,7 N.

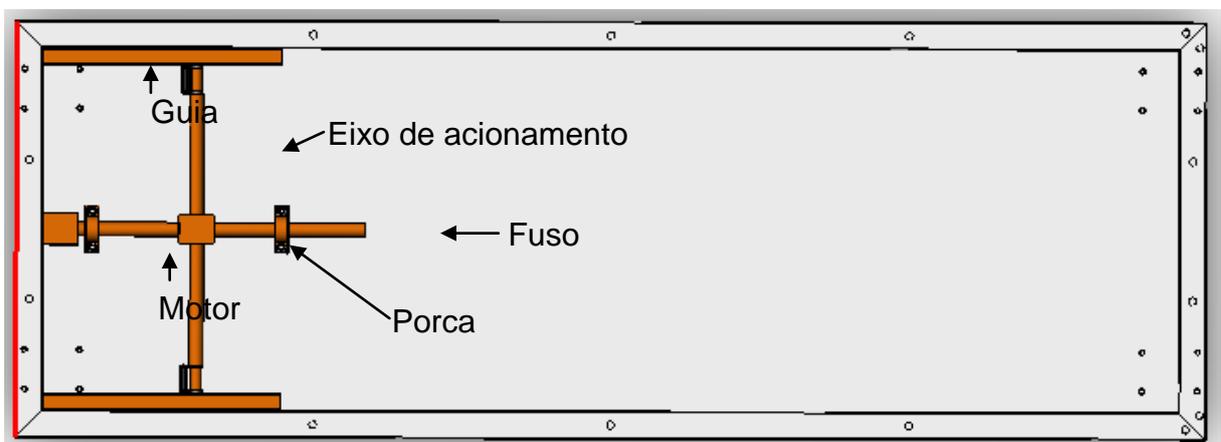


Figura 32: Esboço do mecanismo de elevação e inclinação

Utilizando, mais uma vez, o *COSMOS*[®] para analisar a tensão no semi-eixo, chegou-se a um coeficiente acima de 3. A Figura 34 mostra a distribuição de tensão *Von Mises*.

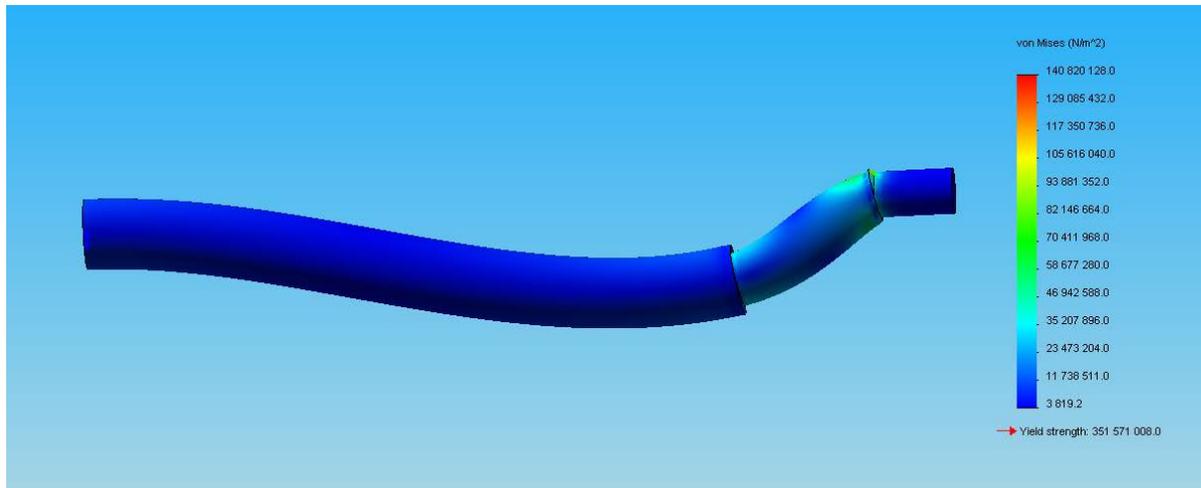


Figura 33: Distribuição de Tensão Von Mises no eixo de elevação

4.4.14 Modelagem no CAD 3D *Solid Works*[®] 2007

Após terem sido definidos os parâmetros geométricos do fuso trapezoidal que se adequam às demandas do presente projeto, foi feita a modelagem no programa de CAD tridimensional *SolidWorks*[®] 2007 e posterior análise dos esforços nas peças.

Foi realizada análise dos esforços nas principais estruturas de sustentação em duas situações diferentes, como mostrado na Figura 35. Quando o mecanismo encontra-se na posição inicial e na posição final.

A Figura 36 mostra a identificação das barras. As Figuras 37 e 38 apresentam a distribuição de Tensão *Von Mises* na barra de acionamento do mecanismo de

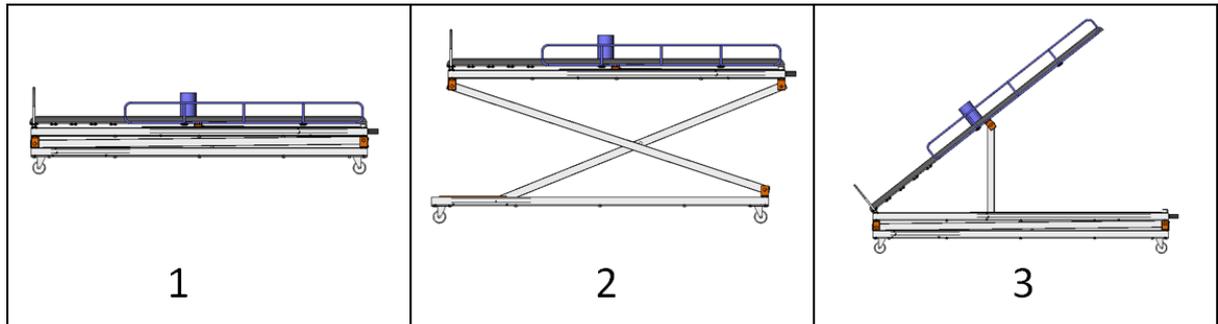


Figura 34: Posições da maca: 1) Maca Fechada; 2) maca levantada; 3) Mecanismo de inclinação aberto

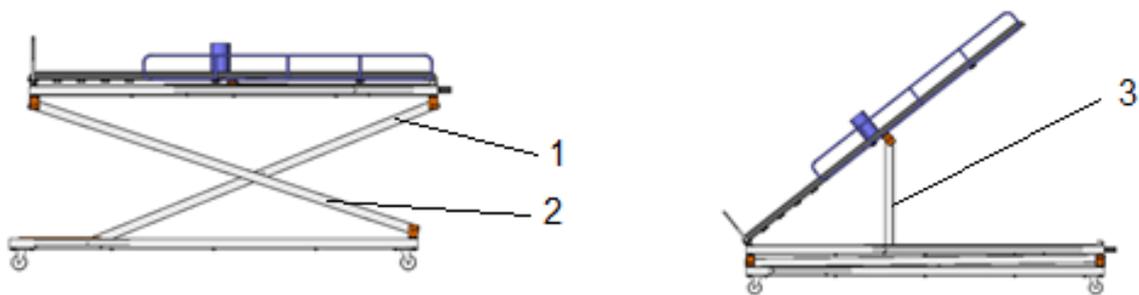


Figura 35: Identificação das barras do equipamento: 1- barra de acionamento do mecanismo de elevação; 2 - barra articulada de acionamento do mecanismo de elevação; 3 - barra de acionamento do mecanismo de inclinação

Nestas análises a barra está submetida ao peso do paciente acrescido do peso dos componentes mecânicos. Pode-se notar que toda a barra permanece com tensão abaixo do limite de resistência. Há um ponto de concentração de tensão no furo inferior, por onde a barra é fixada no fuso.

Para as barras 1 e 2 foi considerado, como condição de contorno, que as barras são engastadas no eixo, o que na realidade não ocorre, pois o eixo permite rotação da barra. Nesse caso, conforme as figuras 37 e 38 a tensão máxima ficou na metade da tensão admissível, ou seja, coeficiente de segurança igual a 2. Na realidade a tensão nessas barras é desprezível, visto que todo o esforço será concentrado no fuso.

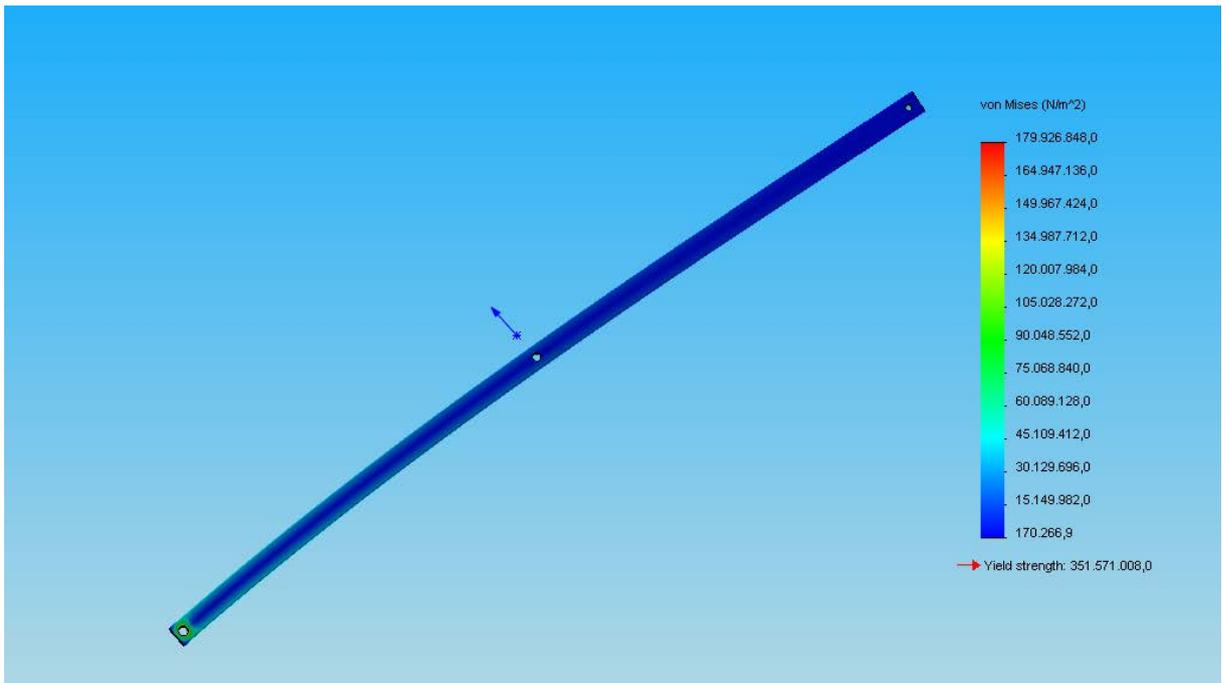


Figura 36: Distribuição de Tensão Von Mises na barra 1

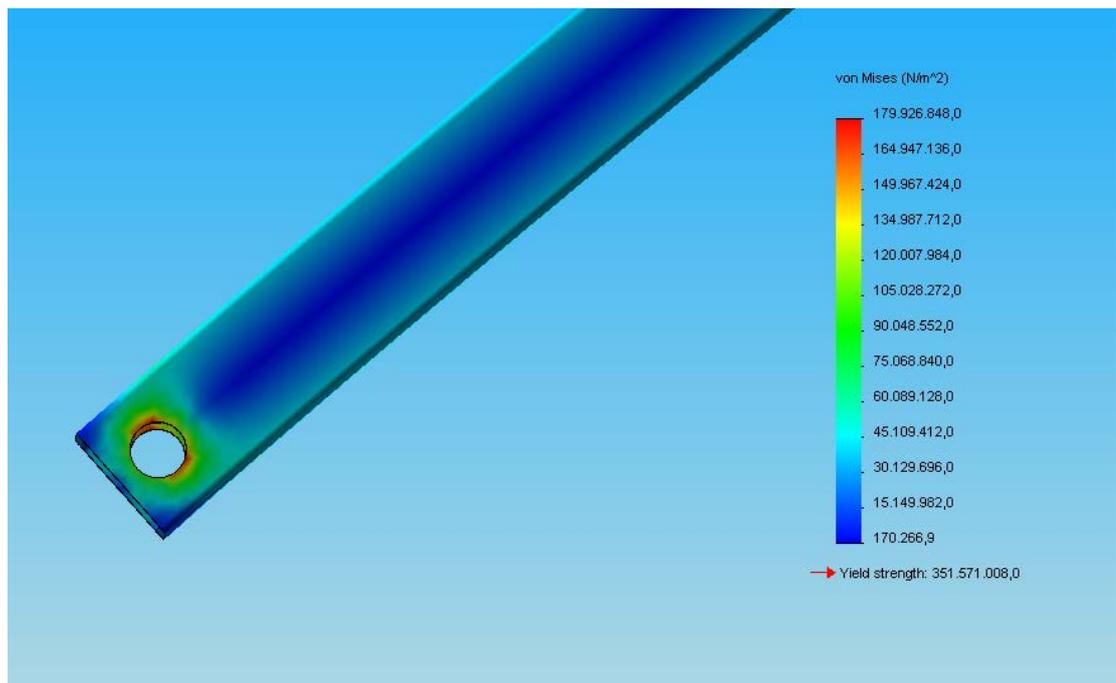


Figura 37: Detalhe da área de concentração de tensão na barra 1

Análise semelhante foi feita na barra de inclinação, porém esta, quando está na posição aberta encontra-se perpendicular a superfície, ou seja, está sob ação apenas da compressão. Na posição fechada faz um ângulo de 5° com a superfície.

Assim como nas barras de elevação, foi considerado engaste entre a barra e o eixo de acionamento, nesta situação o coeficiente de segurança ficou em torno de 3. Na situação real, a tensão é desprezível, visto que o eixo permite a rotação da barra. A figura 39 mostra a distribuição de tensão na barra 3.

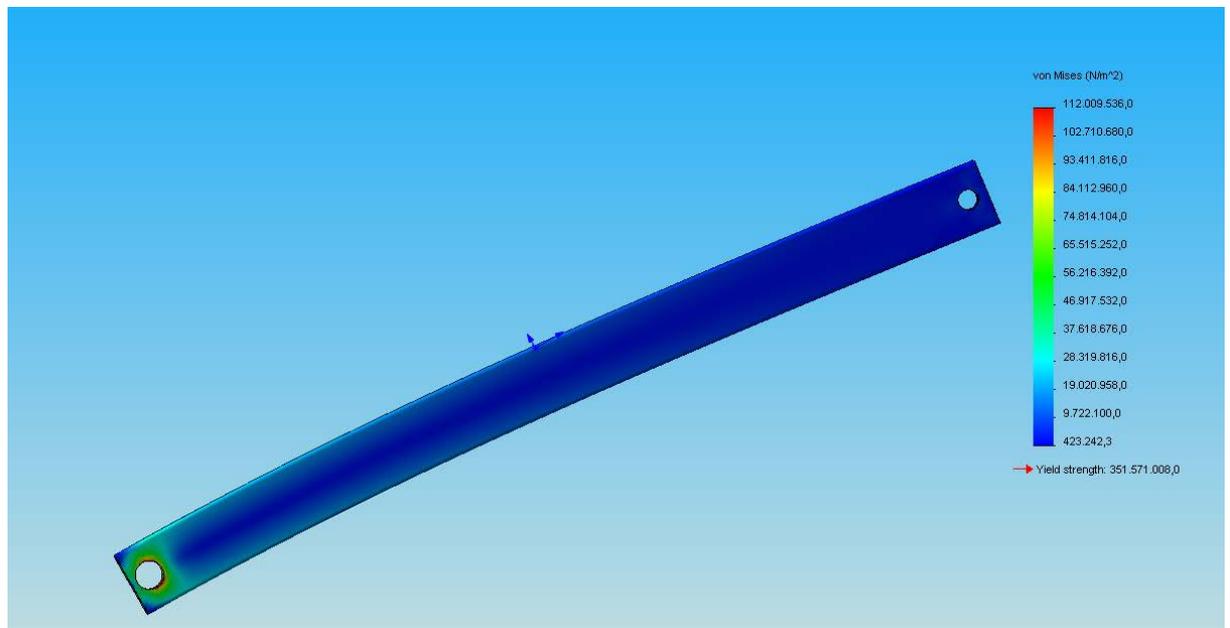


Figura 38: Distribuição de Tensão Von Mises na barra 3

Assim como nas barras de levantamento, há a presença de concentração de tensão nos furos por onde passam os eixos de acionamentos, porém a tensão permanece abaixo do limite de resistência por toda barra.

4.4.15 Seleção de componentes especificados

As arruelas funcionam como redutoras do impacto do contato das partes móveis com os parafusos, desta maneira diminuindo o desgaste de ambas as partes. Foram escolhidas arruelas de ferro da Marca Fixotravas[®], estas são cônicas, fato que ajuda na diminuição do atrito e conseqüentemente do desgaste.

Foram escolhidos os anéis de retenção tipo E, também da marca Fixotravas[®], estes estão de acordo com a norma alemã DIN471. Os anéis elásticos servem para travar o eixo, não permitindo que saia de sua posição.

Para sustentar os fusos e permitir a rotação sem atritos e ruídos é necessária a utilização de mancais e buchas. Como se trata de um caso específico, o mancal deve ser feito sob medida para este equipamento.

As buchas, por sua vez, foram selecionadas a partir do catálogo eletrônico da Iigus[®], foram escolhidas as buchas do tipo Iglidur[®] G por serem de baixo custo e de boa qualidade. Estas buchas são feitas de plástico autolubrificantes para cargas médias e altas, mas velocidades baixas.

As buchas não foram utilizadas apenas nos fusos, mas em todas as partes móveis do equipamento, desta maneira reduzindo problemas com ruído e dispensando a necessidade de lubrificação extra.

Todas as peças que não são soldadas foram fixadas utilizando parafusos M6, M8 e M10 da marca TELLEP[®].

4.4.16 Aspectos Ergonômicos

Após o dimensionamento e a modelagem tridimensional do equipamento terem sido concluídos, foi possível verificar quais os elementos acessórios que podem ser adaptados ao equipamento para torná-lo confortável ao paciente, ergonômico e seguro.

Nesta seção serão apresentados alguns conceitos básicos relacionados à ergonomia e, posteriormente, serão apresentados os itens ergonômicos agregados ao equipamento.

Segundo Dul (2004), a IEA (Associação Internacional da Ergonomia) a ergonomia é: "... uma disciplina científica que estuda as interações dos homens com outros elementos do sistema, fazendo aplicações da teoria, princípios e métodos do projeto, como o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema". Outras definições foram encontradas para defini-la, no entanto, a essência das definições é a mesma e optou-se por adotar a apresentada acima.

Dul (2004) diz que a ergonomia surgiu durante a II Guerra Mundial com a necessidade de tornar as complexas operações de equipamentos militares menos prejudiciais à saúde humana. O desenvolvimento da ergonomia exigiu a integração

de conhecimentos de diversas áreas, dentre elas: medicina, psicologia, ciências humanas e biológicas.

Ainda conforme Dul (2004), o estudo ergonômico é focado no homem, de modo que visa diminuir ou eliminar as condições de insegurança, insalubridade, desconforto e ineficiência que podem ocorrer no cumprimento das atividades cotidianas do ser humano. Para tanto, engloba o estudo da postura e dos movimentos corporais, fatores ambientais e informações captadas pelos sentidos humanos.

4.4.16.1 ***Altura máxima da base superior***

O primeiro aspecto ergonômico considerado no projeto em questão é referente à altura de posicionamento da base superior, que foi definida em função da NR17 – Ergonomia, a qual sugere uma altura não muito superior a 700mm para mesas de trabalho, considerando que os pais e os professores poderão interagir com o usuário nessa posição por motivos de alimentação, execução das atividades de fisioterapia, higiene, dentre outros, considerou-se que a base superior funcionaria como uma mesa de trabalho e por isso deveria atender à NR17.

4.4.16.2 ***Colchão Anti-escaras***

Em sequência, outro problema foi encontrado ao considerar que a criança poderia permanecer deitada na maca na mesma posição por várias horas, o que poderia causar escaras, como é comum ocorrer com pacientes de hospitais que ficam deitados várias horas na cama, então foi adotada a utilização de um colchão anti-escaras – mostrada na Figura 41 – que irá recobrir toda a base de apoio do paciente. Colchões desse tipo são facilmente encontrados no mercado e apresentam baixo custo, um colchão de 1800 mmx780mm custa em torno de R\$ 80,00.



Figura 39: Colchão anti-escaras

Fonte: <http://www.colchoeshospitales.com.br/produtos.htm>

4.4.16.3 *Tecido para cobertura do colchão*

Para cobrir a espuma e a base superior do equipamento é necessário um tecido bastante resistente e de fácil assepsia, nesse contexto, dois tipos de tecidos foram considerados: courino, cujo custo é de R\$55,90/m² e *acquablock*, cujo custo é de R\$43,90/m². Ambos apresentam boa resistência e são impermeáveis, no entanto o *acquablock* apresenta menor custo, por isso este será utilizado. Como a cama apresenta dimensões de 1700x600x30mm e ainda deve-se considerar a altura do colchão, será necessário, em média, um tecido de dimensões 2200x1200mm, ou seja, 2,7m².

4.3.4.6 *Fixação dos membros superiores por uso de colete e cintas*

Como a base superior do equipamento pode ser inclinada e também para evitar que a criança caia da mesma, são necessários aparatos de fixação. Para os membros superiores foram pesquisados o uso de cintas de fixação e de coletes.

As cintas poderiam causar um desconforto maior ao usuário uma vez que exercem pressão localizada no corpo, portanto optou-se por utilizar um colete que fixe o usuário e seja confortável, além de apresentar flexibilidade e facilidade de adaptação das dimensões. No mercado dificilmente são encontrados coletes específicos para uso em cadeiras de rodas e demais equipamentos para deficientes físicos e quando encontrado eles são mais caros. Então, foi considerada a possibilidade de utilizar coletes salva-vidas, os quais apresentam material resistente, comumente nylon ou poliamida, e são confortáveis. Ainda, coletes simples de

mergulho, como o mostrado na Figura 42, possuem preço acessível, na faixa de R\$ 180,00.



Figura 40: Colete salva-vidas

Fonte: <http://www.magazineluiza.com.br/colete-ventura-adulto-ate-40kg-nautika/p/2086040/00/es/elsv/>

A fixação do colete na estrutura será feita por 3 cintos de segurança de 2 pontos, mostrados na Figura 43, com feixes de engate rápido e reguláveis, que irão abraçar o corpo do paciente e a cama.



Figura 41: Cintas de fixação

Fonte: <http://www.jocar.com.br/roduto.aspx?CG=23&CSG=94&CP=70640>

4.4.16.4 ***Fixação dos membros inferiores por uso de propensor***

Igualmente aos membros superiores, os membros inferiores também têm que ser imobilizados sem causar desconforto ao usuário. Para tanto, foi projetado um propensor constituído por um tubo metálico redondo de diâmetro 20mm e comprimento 150mm, revestido por espuma em formato cilíndrico de densidade 45, para maior conforto do usuário. Essa espuma será colada no tubo circular para evitar que o usuário remova-a e será revestida pelo tecido *acquablock* para facilitar a

assepsia. O propensor é mostrado na Figura 44, as dimensões do suporte sustentador dos membros inferiores foram definidas de modo a suportar o peso da criança e evitar que seu corpo escorregue. A posição da haste será tal que não cause desconforto ao usuário. O desenho em CAD 3D do propensor pode ser visualizado na Figura 45.



Figura 42: Espuma em formato cilíndrico.

Fonte: http://www.reidasespumas.com.br/?pag=ecomm_produto_detalhe&menu_id=16&id=99&id_produto=32

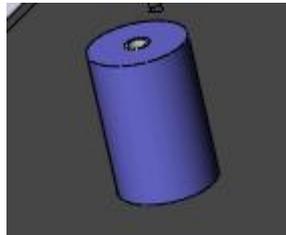


Figura 43: Propensor para as pernas revestido com espuma em CAD 3D

4.4.16.5 **Base de apoio para os pés**

Os joelhos da criança são mantidos flexionados sempre, ela não consegue deixá-los retos. Segundo o fisioterapeuta responsável pela ERCE, são realizados alguns movimentos de fisioterapia com o intuito de esticá-los e possibilitar que eles fiquem em uma posição mais reta. Caso o usuário venha a conseguir manter os pés retos, para apoiá-los, foi elaborada uma base de apoio móvel, que pode ser ajustada em quatro diferentes posições destacadas por círculos vermelhos na Figura 46.

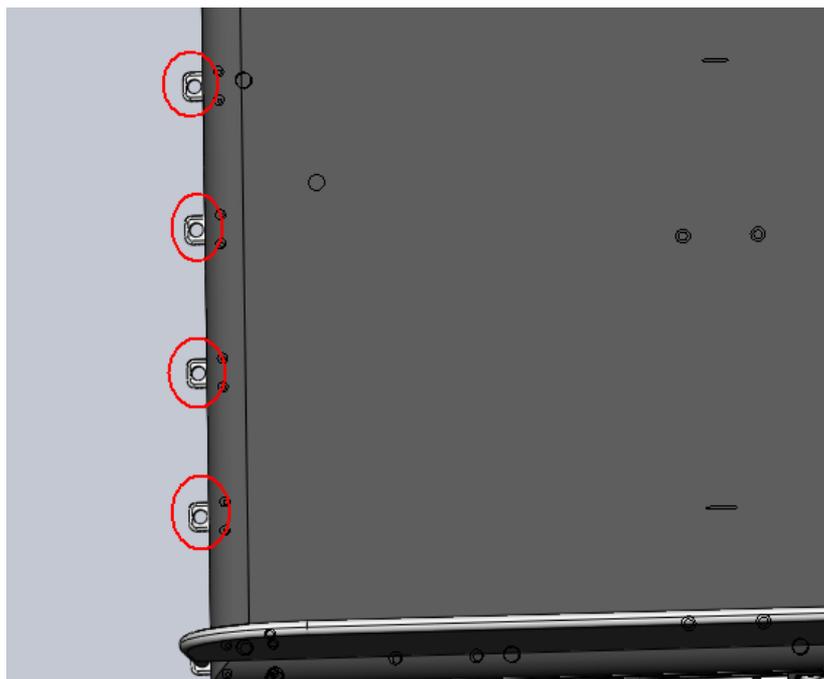


Figura 44: Base de apoio para os pés com fixação variável, conforme destacado em vermelho

Para garantir que os pés da criança não deslizem, será colado um emborrachado sobre a base e serão utilizadas duas cintas de fixação por velcro, uma para cada pé, retratadas na Figura 47.



Figura 45: Base de apoio para os pés

4.4.16.6 ***Grades laterais***

As grades laterais, mostradas na Figura 48, foram projetadas para evitar a queda do paciente caso seu corpo se desprenda ou venha a ficar pendente. Estas são encaixadas em 2 apoios de cada lado, podendo ser retiradas facilmente por quem estiver manuseando o equipamento e garantindo segurança ao paciente. Estão dispostas ao lado da região dos membros superiores, visto que é onde a criança

mais facilmente impulsionaria seu corpo, logo a região de maior risco de queda e consequentes machucaduras.

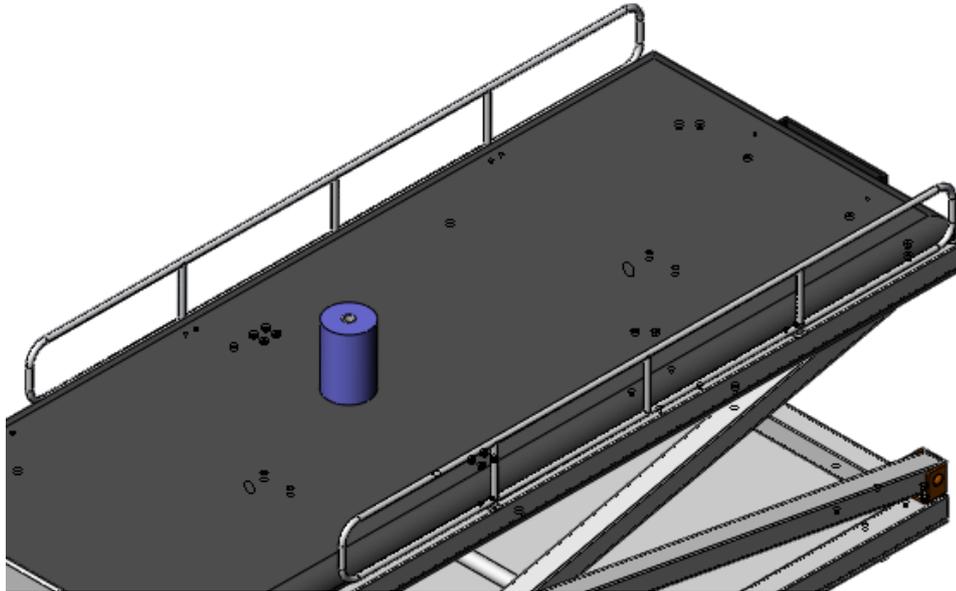


Figura 46: Grades laterais

4.4.16.7 ***Puxadores laterais***

Para facilitar o transporte do equipamento, foram adicionados ao projeto dois puxadores de material plástico, mostrados na Figura 49.



Figura 47: Puxador

Fonte: http://www.indartpuxadores.com.br/Puxador%20Alça%20Plastico%20Abs?product_id=301

4.4.17 **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)**

Esta seção apresenta a aplicação da análise de FMEA no projeto do equipamento em questão, cujo foco é identificar as possíveis falhas para reduzi-las ou, em alguns casos, até mesmo eliminar a probabilidade de ocorrência delas.

Adotando a classificação proposta por Palady (1997) para o projeto do equipamento em questão, com o auxílio do Questionário mostrado na Figura 5, pôde-se classificar as especificações do projeto como:

- 1) Especificações de Engenharia: executar os movimentos de elevação vertical e inclinação, ser de fácil transporte, suportar o peso do paciente, passar por uma porta de largura comercial;
- 2) Especificações de Confiabilidade: resistir à corrosão, ter ajuste de altura e inclinação;
- 3) Especificações de Qualidade: memorial de cálculos, modelagem e avaliação em CAD 3, assim como teste do modelo
- 4) Especificações do Cliente: ser confortável, ser de fácil manuseio, permitir a fixação do usuário, possuir manual de utilização, necessitar de pouca manutenção e de baixo custo, ter elevada vida útil e ser de fácil assepsia.

No Apêndice E a planilha de FMEA elaborada para o projeto do equipamento em questão é apresentada. A partir dela, foi esclarecido para quais tipos e modos de falha as atenções devem ser voltadas, de modo a evitar que ocorram após a confecção do produto em si.

Ao analisar os índices de ocorrência (O), gravidade (G), detecção (D), foi obtido o índice de risco (R) das falhas, será considerado necessário tomada de ação para os índices de risco superior a 40, como já justificado no capítulo 3. Nesses casos as ações propostas encontram-se descritas na planilha.

Foram identificados como possíveis modos de falhas e efeitos a serem considerados com índice de risco igual a 40 no Subsistema Sistema de Deslocamento Vertical:

- i. O fuso trapezoidal não rotaciona continuamente, tendo como efeito modificação da altura da base superior do equipamento descontínua. A ação proposta consiste em utilizar um novo fuso ou porca, o que reduz o índice de risco para 12;
- ii. As juntas articuladas não funcionam adequadamente, causando dificuldade para elevar e abaixar a base superior. A proposta de ação é testar em modelo, o que faz o índice de risco cair para 8;

- iii. O deslizamento das barras não funciona adequadamente, desse modo a elevação pode não ocorrer, ou ocorrer desalinhadamente. A ação proposta foi teste em modelo, o que faz o índice de risco ser diminuído a 27;

O maior índice de risco da planilha de FMEA apresentada, igual a 56 pontos, é visualizado no Subsistema Sistema de Deslocamento Vertical e se constitui em as duas barras articuladas não se deslocarem ao mesmo tempo, podendo vir a causar posicionamento torto base superior, ou impedir o deslocamento da mesma. Para reduzir a probabilidade dessa falha, foi proposta ação de teste em modelo, reduzindo o índice de risco para 36.

Já no Subsistema Sistema de Inclinação, foram identificados como possíveis modos de falhas e efeitos com índice de risco igual a 40:

- i. As duas barras articuladas não se deslocam ao mesmo tempo, fazendo com que a base superior não se mantenha reta, ou não seja movida. Nesse caso a ação proposta foi teste em modelo, o que faz o índice de risco ser reduzido a 30;
- ii. O deslizamento não funciona adequadamente, fazendo com que a inclinação não ocorra, ou ocorra desalinhadamente. A ação proposta foi teste em modelo, o que faz o índice cair para 27;

No subsistema de Aparatos para fixação do usuário não foram identificadas possibilidades de falhas com índice de risco superior a 40 pontos, pois ainda que a gravidade das falhas seja alta, as probabilidades de ocorrência e a detecção são baixas.

Concluindo, a elaboração da planilha de FMEA permitiu não somente avaliar os modos potenciais de falhas e levantar os que têm maior probabilidade de ocorrer, mas também conhecer quais ações devem ser tomadas caso ocorram. Assim, torna-se um documento do projeto a ser consultado em caso de falhas.

4.5 Projeto Detalhado

A presente seção aborda os métodos para o detalhamento do projeto. De acordo com Pahl& Beitz (2005), é a parte do projeto que “complementa a estrutura de construção para um objeto técnico, por meio de prescrições definitivas para a forma, o dimensionamento e o acabamento superficial de todos os componentes.

Tudo isso, por meio das especificações dos materiais, revisão das possibilidades de produção e utilização, bem como revisão dos custos finais, criando as documentações obrigatórias de desenho e afins para sua realização material e sua utilização. O resultado do detalhamento é a definição da técnica de produção da solução, incluindo a compilação das indicações para sua utilização (documentação do produto)”.

A etapa de projeto detalhado foi executada de acordo com a sequência proposta por Pahl & Beitz (2005) mostrada na Figura 50.

A execução dos desenhos de todas as peças, conjuntos e do desenho geral, assim como das listas de materiais, foi feita com auxílio do programa *SolidWorks*. Várias peças que compõem o equipamento foram especificadas de acordo com a disponibilidade do mercado, como é o caso dos fusos trapezoidais, tubos de seção quadrada e redonda, tarugos, rodas, rodízios, puxadores, porcas, parafusos, arruelas, anéis elásticos, buchas e componentes de ergonomia. Nesses casos, quando necessário, foram elaborados desenhos meramente ilustrativos que somente mostram as dimensões e formas de acordo com a necessidade do projeto.

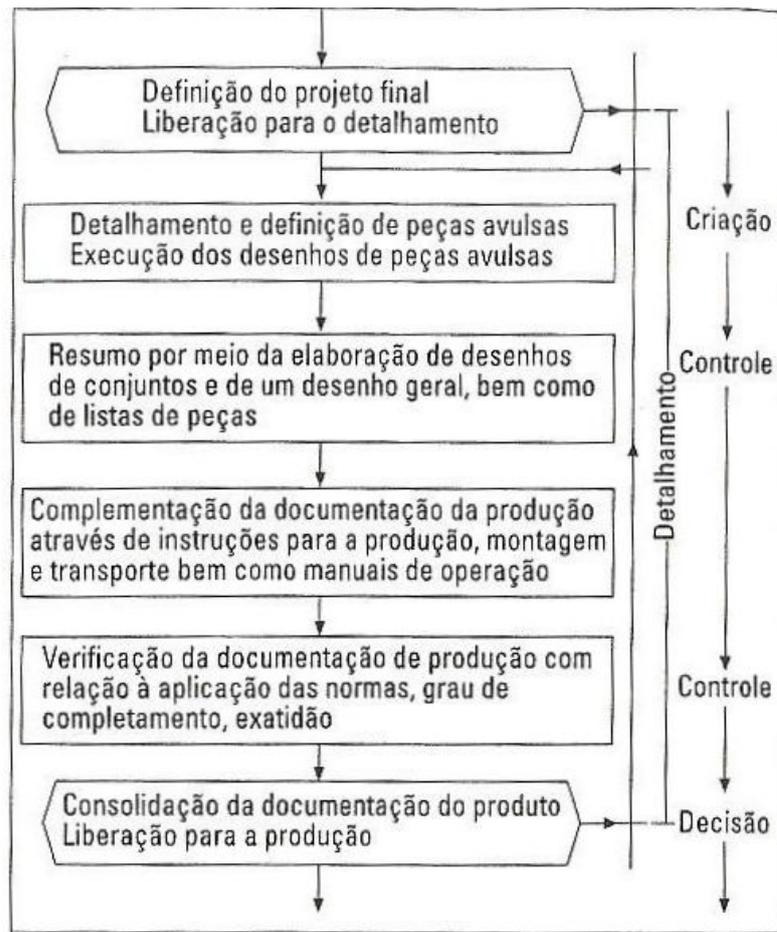


Figura 48: Etapas do trabalho de detalhamento
Fonte: Pahl &Beitz(2005)

4.5.1 Sistemática da documentação para a produção: Estrutura do Produto

Estrutura do produto consiste na subdivisão em várias unidades menores, que servem como base para a produção, de modo que se pode obter o esquema da árvore de um produto, conforme é possível observar no Apêndice H para o caso em questão.

A estrutura do produto pode ser elaborada de acordo com a função, produção ou montagem. No caso em questão, foi elaborada conforme o primeiro modo e subdividida em conjuntos de ordem 0, primária, secundária, peças avulsas e brutas. De modo que seja possível identificar cada subgrupo do equipamento, cada componente, cada peça e a forma como necessita ser fabricada, auxiliando na identificação das matérias-primas e dos processos de fabricação que devem ser executados.

4.5.2 Sistemas de Desenho

Os desenhos de fabricação do equipamento mostrado na Figura 51 estão disponíveis no Apêndice I, eles foram elaborados no programa *SolidWorks*, conforme as principais normas de desenho técnico: NBR 8196, NBR 8402, NBR 8403, NBR 8404, NBR 8993, NBR 10067, NBR 10068, NBR 10126, NBR 10582.

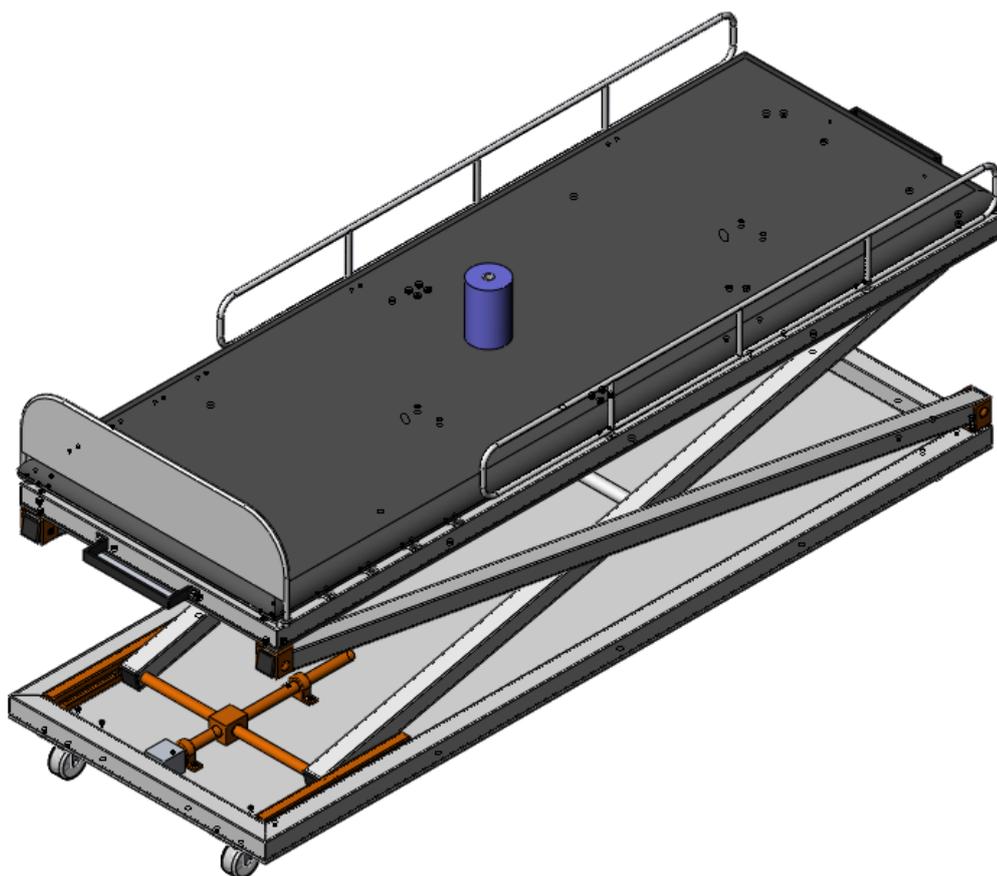


Figura 49: Vista Isométrica do equipamento para Transporte e Acomodação de Criança com Deficiência Neuromotora

Foram elaborados os desenhos das peças avulsas mostrando todos os detalhes necessários para a fabricação das peças. Posteriormente os desenhos dos conjuntos foram elaborados para indicar os locais e as especificações das soldas e facilitar a montagem das peças, as respectivas listas de materiais, que indicam a posição das peças, os nomes, quantidades e especificações, se for o caso, também estão inclusas. Então, foi elaborado o desenho geral do equipamento em perspectiva isométrica indicando o número das peças. Lembrando que algumas

peças incluídas em sub-montagens não são chamadas, todavia são apresentadas na lista de materiais utilizados para a fabricação de todo o equipamento.

4.5.3 Tolerâncias Geométricas

Entende-se que o presente projeto não exige um grau de detalhamento que necessite a aplicação de tolerâncias geométricas. Para esta conclusão, foi considerado também que várias peças são especificadas e já atendem às tolerâncias próprias dos fabricantes e estas estão em conformidade com as necessidades do projeto.

4.5.4 Rugosidade

Todas as peças serão elaboradas a partir de matérias-primas cujas superfícies atendem as especificações do fabricante ou peças especificadas que atendem as demandas do projeto. Logo, não serão relatadas nos desenhos de fabricação das peças avulsas.

4.5.5 Propriedades de Massa da Montagem

Com auxílio do programa *SolidWorks*, foi possível gerar as propriedades de massa do equipamento, conforme apresentadas a seguir:

Massa = 224.741,67 gramas

Volume = 55.659.323,47 mm³

Área de superfície = 15.273.871,65 mm²

Centro de massa em relação ao canto esquerdo frontal do equipamento: X = 79,82mm; Y = 419,63mm; Z = 254,68mm

Eixos principais de inércia e momentos de inércia principais (tomados no centro da massa):

$I_x = (0,00; 0,00; 1,00); P_x = 17554362209,69g \cdot mm^2$

$I_y = (0,00; -1,00; 0,00); P_y = 67967065092,72g \cdot mm^2$

$$I_z = (1,00; 0,00; 0,00); P_z = 69448337702,16\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

Momentos de inércia (obtido no centro de massa e alinhado com o sistema de coordenadas de saída):

$$L_{xx} = 69448337702,16\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

$$L_{xy} = -23,08\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

$$L_{xz} = -19262,92\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

$$L_{yx} = -23,08\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

$$L_{yy} = 67966708688,74\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

$$L_{yz} = 134041638,02\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

$$L_{zx} = -19262,92\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

$$L_{zy} = 134041638,02\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

$$L_{zz} = 17554718613,68\text{g}\cdot\text{mm}^2$$

4.5.6 Manual de Utilização do Equipamento

Para facilitar e garantir o uso correto do equipamento, conforme sugerido na seção 4.2.3 – Identificação dos Requisitos Técnicos de Projeto, foi elaborado um manual de utilização do equipamento disponível no Apêndice G. O manual traz as instruções de utilização corretas do equipamento para garantir o correto funcionamento e evitar possíveis acidentes causados por utilização inadequada do produto.

4.6 Construção do Modelo

Foi construído um modelo real simplificado do equipamento para teste dos mecanismos de elevação e inclinação análise do funcionamento desses. O modelo foi construído em madeira e escala 1:2, como é possível ver na Figura 52.

No modelo o sistema de acionamento por motores elétricos foi substituído por barras de madeiras, como mostrado na Figura 53, uma vez que a intenção principal

da construção do modelo baseia-se na avaliação do funcionamento dos mecanismos de barras.

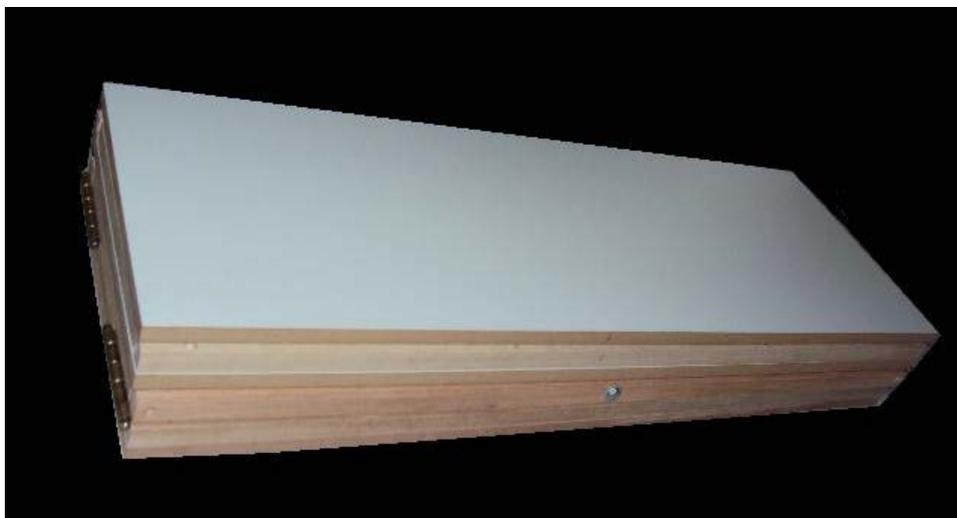


Figura 50: Modelo simplificado do equipamento em escala 1:2 na posição fechada



Figura 51: Acionamento dos eixos substituído por barra de madeira

A partir do modelo pode-se verificar que os mecanismos de elevação e inclinação funcionaram do modo esperado: as barras conectadas pelos eixos de acionamento mantiveram-se alinhadas durante o deslocamento e o modelo apresentou-se estável.

Pode-se verificar que a utilização de dobradiças comerciais comuns, destacadas na Figura 54, que apresentam baixo custo e são de fácil comercialização pode substituir o uso de mancais.



Figura 52: Dobradiça

4.6.1 Mecanismo de Elevação

O mecanismo de elevação por barras foi validado de acordo com a construção do modelo, na Figura 55 é possível visualizá-lo. Ao deslocar o eixo, as barras diagonais deslizam no perfil C, simulado no modelo por ranhuras na madeira, a cama é elevada. Todavia, a simplificação do acionamento manual por barra de madeira que se adotou exige força para deslocamento e é dificultado por falta de acesso lateral ao eixo de acionamento.

Foi possível verificar, como quando avaliado em CAD 3D e conforme destacado com a linha vermelha na Figura 55, que há um pequeno desalinhamento da parte superior do mecanismo com a inferior. Como isso ocasiona deslocamento do centro de gravidade do equipamento e conseqüentemente aumenta a instabilidade, é desejável que o desalinhamento seja o menor possível.

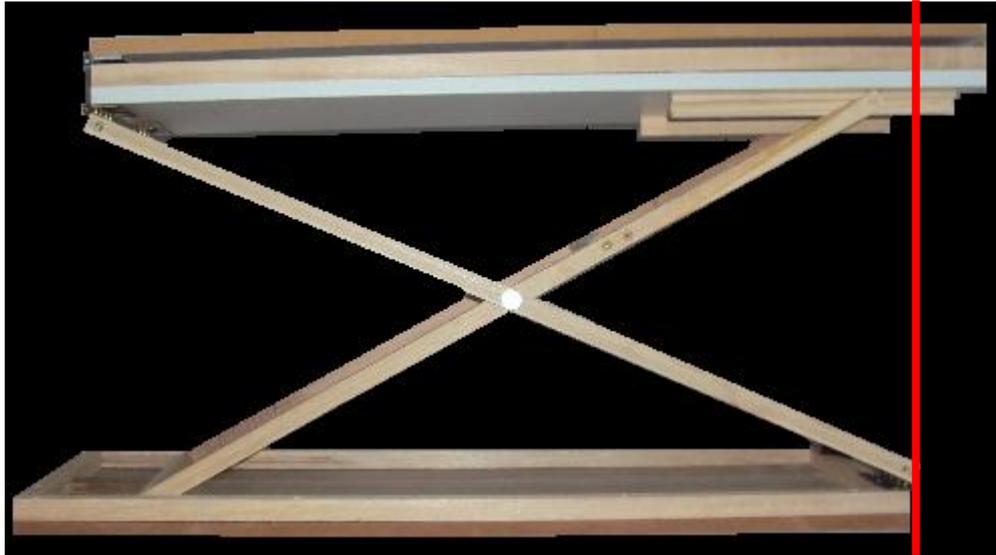


Figura 53: Mecanismo de elevação

4.6.2 Mecanismo de Inclinação

O sistema de inclinação, que se pode ver na Figura 56, foi validado de acordo com a construção do modelo, todavia, o acionamento simplificado manual por barra de madeira que se adotou exige força e é dificultado por falta de acesso lateral ao eixo de acionamento.



Figura 54: Mecanismo de Inclinação

4.6.3 Análise dos custos do modelo

A Tabela 7 apresenta o detalhamento dos custos do modelo, que totalizou R\$ 163,12, o que foi o motivo da construção de um modelo simplificado e não do protótipo do equipamento em si.

Tabela 6: Custos do modelo

Denominação	Qtde.	Especificação	Material	Tamanho (mm)	Custo Unitário	Custo Total	Referência
Estrutura	8	-	Madeira	1000	R\$ 4,14	R\$ 33,12	Leroy Merlin
Mão de Obra	-	-	-	-	R\$ 130,00	R\$ 130,00	Móveis Soek
TOTAL						R\$ 163,12	

5 RESULTADOS

5.1 Diferenças entre o cronograma planejado e o realizado

No cronograma planejado, conforme se pode ver no Apêndice D, a finalização do projeto estava prevista para a primeira quinzena de Julho de 2012. Todavia, houve um atraso no cronograma do projeto durante as etapas do Projeto Preliminar e Detalhado e, por isso, o mesmo foi concluído em Outubro de 2012.

5.2 Riscos previstos e ocorrências que tiveram impacto no projeto

Inicialmente, foi elaborada a Tabela 8 para visualizar possíveis riscos do projeto. Após a conclusão do trabalho foi possível verificar que não houve financiamento para o protótipo e, por tanto, sua construção tornou-se inviável. Logo, teve-se a iniciativa de construir um modelo em escala para teste dos mecanismos e avaliar o que pode ser melhorado em relação a isso, de modo a deixar um legado para posteriores trabalhos na área.

Tabela 7: Mapeamento dos Riscos do Projeto

Risco	Gravidade (G)	Probabilidade de ocorrência (O)	Índice de risco (IR = G x O)	Medida de contingência (para G ou O maior ou igual a 5 e para G x O maior ou igual a 30)
Faltar informações importantes	5	1	5	Desnecessária
Conflito na equipe	4	2	8	Desnecessária
Aluno abandona o projeto	10	1	10	Pedir reavaliação nos prazos
Escola ERCE não aceitar o produto	5	2	10	Desnecessária
Financiamento é cancelado	4	4	16	Desnecessária
Paciente rejeita o produto	5	5	25	Equipamento pode ser utilizado para outros pacientes
Inviabilidade de construção do protótipo	5	4	20	Desnecessária

5.3 Análise dos resultados obtidos no trabalho

Conforme a seção 4.2.2 – Levantamento das Necessidades do Cliente, o produto demanda algumas necessidades específicas, de acordo com o questionário

respondido pelo fisioterapeuta responsável pela ERCE. No quadro 7 a seguir será feito um comparativo entre as características principais demandadas e as efetivamente apresentadas pelo produto final.

Quadro 7: Comparativo entre as características demandadas e apresentadas pelo produto final

Categoria	Importância alta para o equipamento	Foi atendido?
Ergonomia	Ser confortável	sim
	Ser estável	sim
	Ser de fácil manuseio	sim
Funcionalidade	Permitir a fixação do paciente	sim
	Ter ajuste de altura	sim
	Ter ajuste de inclinação	sim
	Possuir manual de utilização	sim
Manutenção	Ter manutenção de baixo custo	não, moteres elétricos
	Ser resistente	sim
	Exigir pouca manutenção	sim
	Ter alta vida útil	sim
	Ser fácil de limpar	sim

No início do Projeto Preliminar, os requisitos do projeto foram classificados de modo a deixar claro o que deveria ser levado em consideração no projeto. Para verificar se os requisitos foram atendidos, o quadro 8 lista-os e será avaliado se o equipamento atende os requisitos ou não.

5.3.1 Análise dos custos do protótipo

Para levantar o custo total do equipamento, foram consultados fabricantes, distribuidores, lojas, sites e um serralheiro autônomo. A descrição das peças, quantidades, especificações, material, tamanho de tubos e barras, custos unitários, custos totais e as referências estão descritas na planilha disponível no Apêndice G. Como se pode ver no Apêndice G, o custo total do equipamento, considerando mão-de-obra é de R\$ 6.327,38. Considerando 20% a mais do valor para possíveis erros de fabricação que causem perda de material ou similar, o custo total do equipamento passa a ser de R\$ 7.592,85. O custo total foi o fator que inviabilizou a construção real do produto, uma vez que não se conseguiu um patrocinador financeiro para o projeto.

Quadro 8: Avaliação do atendimento dos Requisitos Técnicos do projeto

	Requisito	Foi atendido?
Requisito determinante das dimensões das interfaces	Suportar a força peso da pessoa: em média, 90kg	sim
	Estabilidade sob condições de movimentos bruscos da pessoa	sim
	Comprimento deitado do paciente: 1720mm (deitado com os joelhos flexionados, a posição normal dele é igual a 1600mm)	sim
	Largura do ombro do paciente: 450mm	sim
	Elevação da maca até altura ergonômica que permita a fácil manipulação do paciente	sim
	Inclinação da maca até 45°, sendo que os pés (base da maca) devem ser mantidos no chão	sim
Requisito determinante do arranjo	Movimentação da direção horizontal (eixo y): Posição horizontal	sim
	Movimentação da direção inclinada(eixo z): Posição inclinada de 0 a 45°	sim
	Acionamento de fácil manuseio para que os pais e fisioterapeutas possam executá-lo	sim
	Montagem simples para que os pais e fisioterapeutas possam executá-la sem dificuldades	sim
Requisito determinante dos materiais	Resistir à tração	sim
	Ser dúctil	sim
	Resistir à compressão	sim
	Resistir à flexão	sim
	Resistir à torção	sim
	Resistir à fadiga	sim
	Resistir ao impacto	sim
	Ser tenaz	sim
	Não fluir nas condições	sim
	Resistir à flambagem	sim
	Ser de fácil assepsia	sim
	Não sofrer corrosão, ou seja, não enferrujar nas condições de trabalho especificadas	sim
	Apresentar baixo custo	sim
	Ser de fácil comercialização	sim

5.4 Diferenças entre os produtos previstos e os efetivamente obtidos

O produto previsto como resultado da execução do presente trabalho visa a obtenção de um equipamento capaz de suportar o aluno da ERCE, executar os deslocamentos vertical e de inclinação propostos descritos ao longo deste projeto, garantindo segurança e conforto ao usuário. Uma solução que conciliasse os movimentos de elevação e inclinação não foi concluída, como inicialmente considerado possível.

Como não foi possível construir o equipamento em si por motivos de custos, a modelagem em CAD 3D viabilizou um estudo preliminar dos mecanismos e do comportamento das vigas quando submetidas às tensões aplicadas no equipamento por meio da análise das malhas. Também, a construção de um modelo simplificado,

como mostram as Figuras 52 a 56 em material alternativo, madeira, em escala 1:2 possibilitou a materialização do produto, bem como testar os mecanismos de elevação e inclinação e verificar as possibilidades de melhoria e as correções necessárias, tais como citadas na sequência.

5.4.1 Aspectos ótimos

Ambos os mecanismos de elevação e inclinação apresentaram o funcionamento desejado no modelo, executam os deslocamentos quando o eixo é acionado e não foi verificado desalinhamento das barras, que era um possível problema a ser verificado.

Como é possível ver no modelo, o equipamento é simples, de fácil manuseio e a maioria peças são comerciais, o que facilita a manutenção. Possíveis dúvidas quanto à utilização são esclarecidas no manual do equipamento disponível no Apêndice F.

5.4.2 Aspectos para possíveis melhorias

Uma das características mais importantes do projeto é que ele seja ergonômico, o que viabiliza a adaptação do usuário ao equipamento. Os acessórios foram escolhidos considerando que devem ser simples e de fácil comercialização, porém podem vir a não atender as necessidades específicas do paciente, que pode exigir acessórios menos conhecidos no mercado e mais apropriados para as deficiências apresentadas para se sentir confortável. Portanto, trata-se de um ponto de possível melhoria.

A combinação dos movimentos de inclinação e elevação é um grande ponto de melhoria do projeto, assim como a construção do protótipo em si para simulação do caso real de utilização do equipamento, o que permitiria avaliar se de fato o equipamento atende às necessidades do cliente e do ambiente físico.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do Projeto de Equipamento para Transporte e Acomodação de Criança com Deficiência Neuromotora. Entre os resultados encontrados no desenvolvimento deste trabalho, os que mais se destacam são a carência de equipamentos com custo acessível para pessoas com deficiências, confirmando a utilidade do projeto. A existência de macas hospitalares e pranchas similares ao produto desenvolvido no presente projeto não concilia as funções de elevação e inclinação da cama, conforme mostrou o levantamento feito, exigidas pelo aluno da ERCE. Ainda, na fase inicial do projeto foram identificados os principais requisitos técnicos de projeto, os quais serviram de guia para o projeto do produto em questão. São eles, considerando os cinco principais: informações no produto, dimensionamento estrutural, bom acabamento, peso dos materiais e custo dos materiais. Com base nos requisitos e em outros considerados relevantes, desenvolveu-se 3 opções de concepção, sendo escolhida a melhor opção para o cliente. Considerando essa concepção, foram elaborados os cálculos de dimensionamento, as avaliações de esforços no modelo em CAD 3D e foram selecionados os materiais e acessórios que atendessem a demanda do projeto. Ainda nessa fase, após essas definições dimensionais, foi aplicado o método FMEA de projeto, visando identificar possíveis falhas do produto quando este fosse ser utilizado pelo usuário, visando corrigi-las previamente, ainda na etapa de projeto.

No final, com a elaboração dos desenhos de fabricação do produto, foi possível avaliar, as quantidades de materiais necessárias, o que possibilitou realizar uma análise aproximada dos custos do protótipo. Com a intenção de verificar o correto funcionamento dos sistemas elaborados, foi desenvolvido um modelo real em escala para avaliação. Para garantir o uso adequado do equipamento, elaborou-se, também, um manual de utilização, com o qual o trabalho foi encerrado.

Sugere-se para trabalhos futuros que se possa dar continuidade a esse trabalho, construindo e testando um protótipo físico completo, para que o usuário, ao qual esse produto se destina, possa usufruir dos seus reais benefícios em um curto espaço de tempo.

7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE NOTÍCIAS DOS DIREITOS DA INFÂNCIA E DA FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Mídia e Deficiência:** Terminologia sobre deficiência na era da inclusão. Brasília, DF, 2003. p. 160-165

AMERICAN ASSOCIATION ON INTELLECTUAL AND DEVELOPMENT DISABILITIES (AAIDD). Disponível em: <http://www.aamr.org/content_100.cfm?navID=21>. Acesso em 20 abr. 2012

AMITRANO, Fernanda Gonçalves; **Aplicação da Metodologia Seis Sigma em Empresa de Pequeno Porte.** 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Mecânica) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

AMPID. **Estatuto da Pessoa com Deficiência.** Disponível em: <http://www.ampid.org.br/Artigos/Artigo_Estatuto_Deficiente_MAG.php>. Acesso em 21 nov. 2011.

ATA VII REUNIÃO DO COMITÊ DE AJUDAS TÉCNICAS – CAT CORDE / SEDH / PR, 13 e 14 de Dezembro, 2007, Paraná.

ATI Brasil. **Fusos Trapezoidais:** catálogo. Itália.

ARTIGONAL DIRETÓRIO DE ARQUIVOS GRATUITOS. **O QUE É METALON.** Disponível em <<http://www.artigonal.com/negocios-admin-artigos/o-que-e-o-metalon-5211028.html>> Acesso em 11 mar. 2012.

BENTO, Daniela A. **Fundamento da resistência dos materiais.** Florianópolis, SC, 2003.

BERSCH, R. **Introdução à Tecnologia Assistiva.** Porto Alegre, RS, 2008.

BORGES, Fabio Moraes; RODRIGUES, Celso Luiz Pereira. **Pontos passíveis de melhoria no método de projeto de Pahl e Beitz**. São Carlos, v.17, n.2, 2010, p. 271-281.

CALIFORNIA STATE UNIVERSITY NORTH RIDGE
(CSUN). **Physical disabilities**. Disponível em
<<http://www.csun.edu/~sp20558/dis/physical.html>> acesso em 20 abr. 2012.

CALLISTER, William D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2002.

CARLETTO, Ana Claudia; CAMBIAGHI, Silvana. **Desenho Universal: Um conceito para todos**. São Paulo, SP, 2008.

COLCHÕES HOSPITALARES. **Colchão anti-escaras**. Disponível em:
<<http://www.colchoeshospitalares.com.br/produtos.htm>> acesso em 21 abr. 2012.

COMISSÃO DE NORMALIZAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS DA UTFPR. **Normas para a Elaboração de Trabalhos Acadêmicos**. Curitiba: Editora UTFPR, 2009. 112 p.

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3, 2001, Florianópolis. Anais Eletrônicos... 2001, Santa Catarina: UFSC, 2001.

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 5, 2005, Curitiba. Anais Eletrônicos... 2005, Paraná, 2005.

CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E INOVAÇÃO EM DESIGN, 9, 2010, São Paulo. Unifra, RS, 2010.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Decreto No. 3298 - Estatuto das Pessoas com Deficiência**. Brasília, DF, 1999.

DUL, Jan; WEERDMEESTER, B. A. **Ergonomia prática**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo, SP: E. Blücher, 2004.

JOCAR. **Cinto de segurança**. Disponível em: <<http://www.jocar.com.br/Produto.aspx?CG=23&CSG=94&CP=70640>> acesso em 08 set. 2012.

ESTORILIO, Carla C. A. **Definições do QFD (Desdobramento da Função Qualidade) e aplicações da “primeira casa da qualidade”**. Disponível em: <http://ead.ct.utfpr.edu.br/moodle/mod/resource/view.php?id=3491&subdir=/Carla_Cristina_Amodio_Estorilio/MetodologiaProjetos_EngME67J_S41_1s2011/Material_de_apoio>. Acesso em: 02 set. 2011.

ESTORILIO, Carla C. A. **Material de Apoio Didático**. Disponível em: <http://ead.ct.utfpr.edu.br/moodle/mod/resource/view.php?id=3491&subdir=/Carla_Cristina_Amodio_Estorilio/MetodologiaProjetos_EngME67J_S41_1s2011/Material_de_apoio>. Acesso em: 02 set. 2011.

FELDHUSEN, J.; GROTE, K. In WALLACE, K. M.; **Desenvolvimento motor ao longo da vida**. Haywood Kathleen, 1950.

GALLAHUE, David L.; DONNELLY, Frances Cleland; **Educação física desenvolvimentista para todas as crianças**. São Paulo, SP. Ed. Phorte, 2008.

GENEROSO, João Daniel. **Módulo 3 - Elementos de Máquinas**. Araranguá, SC, 2009.

GERDAU S.A. **Barras e Perfis: catálogo**. Brasil.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

GÖDKE, Francisco. **Tecnologia Assistiva**. Disponível em <<http://www.damec.ct.utfpr.edu.br/assistiva/disciplina.htm>>. Acesso em: 22 set. 2011.

GOOGLE Images. Disponível em: <<http://www.google.com/imghp>>. Acesso em: 16 out. 2011.

GRADETSKY, V., RACHKOV, M., **Climbing Robot For Underwater Inspection Of Constructions, Institute for Problem in Mechanics**. Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, 1997.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27062003censo.shtm>>. Acesso em: 22 set. 2011.

IGUS. **Casquilhos**: catálogo. Brasil.

INDART ACESSÓRIOS PARA MÓVEIS. **Puxador arquivo**. Disponível em: <http://www.indartpuxadores.com.br/Puxador%20Alça%20Plastico%20Abs?product_id=301> acesso em 05 ago. 2012.

INSTITUTE FOR HUMAN CENTERED DESIGN. **Princípio do design fundamental**. Disponível em <<http://www.humancentereddesign.org/index.php?option=Content&Itemid=25>> acesso em 20 abr. 2012.

KALATEC AUTOMAÇÃO. **Motores e redutores BOSCH**: catálogo.

MAGAZINE LUIZA. **Colete salva vidas.** Disponível em:
<<http://www.magazineluiza.com.br/colete-ventura-adulto-ate-40kg-nautika/p/2086040/00/es/elsv/>> acesso em: 09 jul. 2012

MEDIPLUS. **Maca Hospitalar.** Disponível em:
<http://mediplussaude.com.br/product_info.php?products_id=77&osCsid=77125d8861e540a1a00ffd9f01a36c90> acesso em: 01 mar. 2012.

MOURA, Candido. **Análise de modo e efeitos de falha potencial – Manual de referência. Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation.** Todos os direitos reservados, 2000.

MARTFER. **Tampas plásticas.** Disponível em:
<http://www.martfer.com.br/produtos_descricao.asp?codigo_produto=2148> acesso em: 08 set. 2012

METALACSPS. **Engenharia dos Produtos Tellep:** catálogo. São Paulo, 2008.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR17 – Ergonomia no trabalho.** Brasil, 2007.

NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas:** uma abordagem integrada. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

Organização Mundial da Saúde (OMS). **Classificação internacional da Funcionalidade.** Disponível em:
<http://www.periciamedicadf.com.br/cif2/cif_portugues.pdf> acesso em: 20 abr. 2012.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach.** London: Springer-Verlag, 1996.

PAHL, G.; BEITZ, W.; **Projeto na Engenharia; fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos – métodos e aplicações**. São Paulo. Ed. Edgard Blücher, 2005.

PARKER HYDRAULICS. **Atuadores hidráulicos**: catálogo. Cachoeirinha, RS, 2003.

PELOS, Myrian Bonadiu. **Inclusão e Tecnologia Assistiva**. Rio de Janeiro, 2008.

PIVALIZZA, PENELOPE, MD. **Intellectual disability in children**. 2012. Disponível em: <http://www.uptodate.com/contents/intellectual-disability-mental-retardation-in-children-evaluation?source=search_result&search=disability&selectedTitle=13~150>

REI DAS ESPUMAS. **Espumas para Maca**. Disponível em: <<http://www.reidasespumas.com.br>> acesso em: 17 abr. 2012.

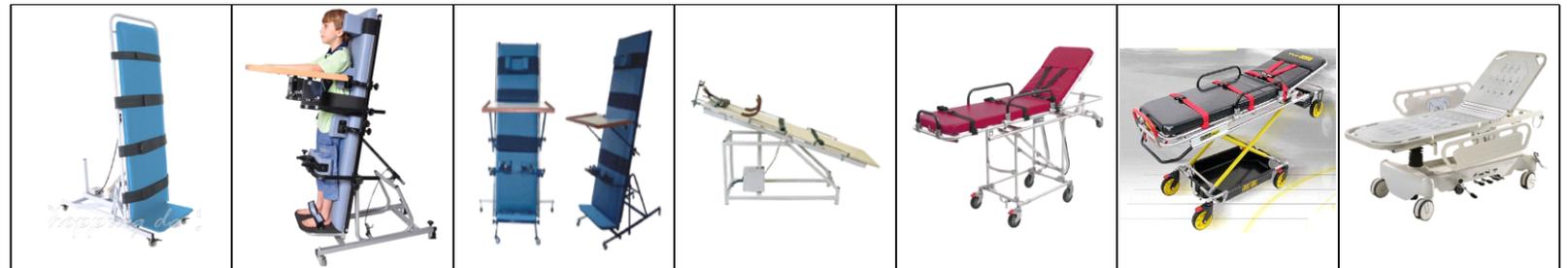
RIO, Rodrigo Pires do; PIRES, Licínia (Autora). **Ergonomia**: fundamentos da prática ergonômica. 3. ed. São Paulo: LTr, 2001.

SCHIOPPA. **Rodas e Rodízios**: catálogo. São Paulo.

SUBMARINO. **Tábua de passar roupa**. Disponível em <<http://www.submarino.com.br/produto/18/1141559/mesa+de+passar+roupa+compact+me>> acesso em 01 mar. 2012

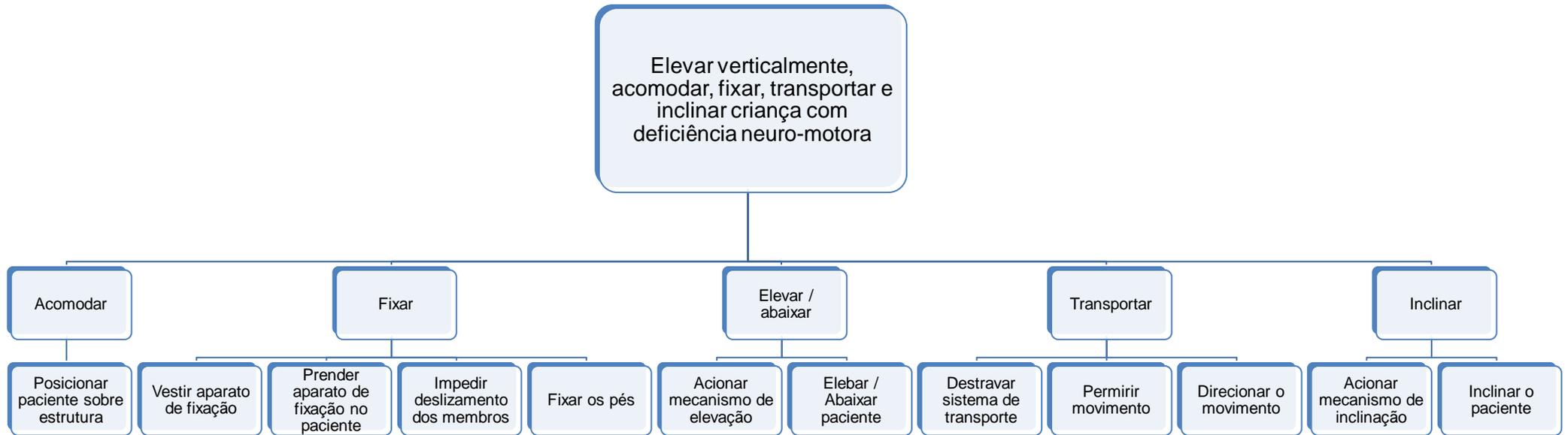
WEG. **Seleção de motores elétricos**: catálogos. Jaraguá do Sul, SC, 2012.

APÊNDICE A – BENCHMARKING

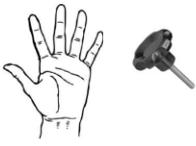
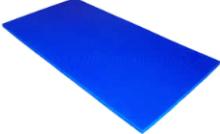


PARÂMETROS		UNIDADE	Maca ou Divã Elétrica com regulagem de altura	Prancha Ortostática	Estabilizador Vertical Erectus	Mesa de Tração Lombar e Cervical Elétrica	Maca Retrátil	Maca Pantográfica	Esticador Hidráulico Luxuoso
Fabricante		-	ISP (Instituto São Paulo)	Ortoexpress	Varzetti	Kroman	-	Silmed	-
Dimensões	Largura	mm	733	-	733	850	-	-	de 500 a 800
	Altura	mm	2190	1700	sob medida	1025	1950	-	1960
	Profundidade	mm	2110	-	sob medida	1975	-	-	700
Peso		kgf	55	-	-	-	-	-	-
Peso máximo suportado		kgf	140	90	-	-	200	-	-
Material	Estrutura	-	Aço carbono tubular	Aço tubular	Aço tubular	Aço tubular	Alumínio tubular	Alumínio tubular	-
	Prancha	-	Espuma ortopédica com densidade 33	Couvin	-	Sintético	Impermeável	Espuma ortopédica com densidade 33	PE
Revestimento		-	Pintura epóxi	Pintura epóxi	Pintura epóxi	-	-	-	-
Tipo de Deslocamento		-	Rodízios dianteiros e traseiros	Rodízios dianteiros	Rodízios dianteiros	Nenhum	Rodízios dianteiros e traseiros	Rodízios dianteiros e traseiros	-
Tipo de Fixação do paciente		-	Cintas de segurança	Cinta de segurança e apoios laterais reguláveis	Cintas de segurança	Cintas de segurança	Cintas de segurança e um cinto de segurança automotivo com sistema de quatro pontas	Cintas de segurança e um cinto de segurança automotivo com sistema de quatro pontas	Nenhum
Tipo de Suporte para Sustentação dos membros do paciente	Cabeça	-	Nenhum	Apoio para encaixe da cabeça tipo U	Apoio para encaixe da cabeça tipo U	-	Nenhum	Nenhum	Nenhum
	Tronco	-	Nenhum	Apoio lateral regulável	Nenhum	Apoios auxiliares suporte em formato de gancho	Nenhum	Nenhum	Nenhum
	Quadril	-	Nenhum	Apoio lateral regulável	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum
	Joelhos	-	Nenhum	Apoio para encaixe dos joelhos tipo U	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Tipo de apoio para os pés		-	Base reta	Base reta com faixas de tecido com velcro para fixar os pés direito e esquerdo	Base anatômica	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Tipo de sistema para inclinação		-	Nenhum	Por pedal	Por manipulou	Elétrico	Nenhum	Nenhum	Pode ser feito pela bomba hidráulica 2
Intervalo de inclinação		°	0	0 a 90	0 a 90	0 a 40	Nenhum	Nenhum	-
Tipo de sistema para deslocamento vertical		-	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Respaldo ajustável com seis posições de altura	Sistema pantográfico	Hidráulico

APÊNDICE B – ANÁLISE FUNCIONAL



APÊNDICE C – MATRIZ MORFOLÓGICA

Funções / Subfunções		8 Soluções			
		A	B	C	D
Elevar	Acionar mecanismo de elevação	1  manual / por manipululos	 por botões ou controle remoto	 manual por alavanca	-
	Elevar a criança	2  respaldo ajustável com seis posições de altura	 sistema pantográfico	 sistema hidráulico	 sistema pneumático
Acomodar	Posicionar a criança sobre a estrutura	3  cama / maca de madeira	 cama / maca acolchoada	 cama / maca com tecido E.V.A	-
Fixar	Vestir aparato de fixação	4  Cintas de segurança		-	-
	Prender as cintas	5  Velcro	 Encaixe tipo cinto de carro	 Botão	 Tipo cinto pino e furo
	Impedir deslizamento dos membros superiores e inferiores	6  propensor para ombros e pernas	-	-	-
	Apoiar os pés	7  apoio reto	 apoio reto com cintas de fixação com velcro	-	-

APÊNDICE D – CRONOGRAMA

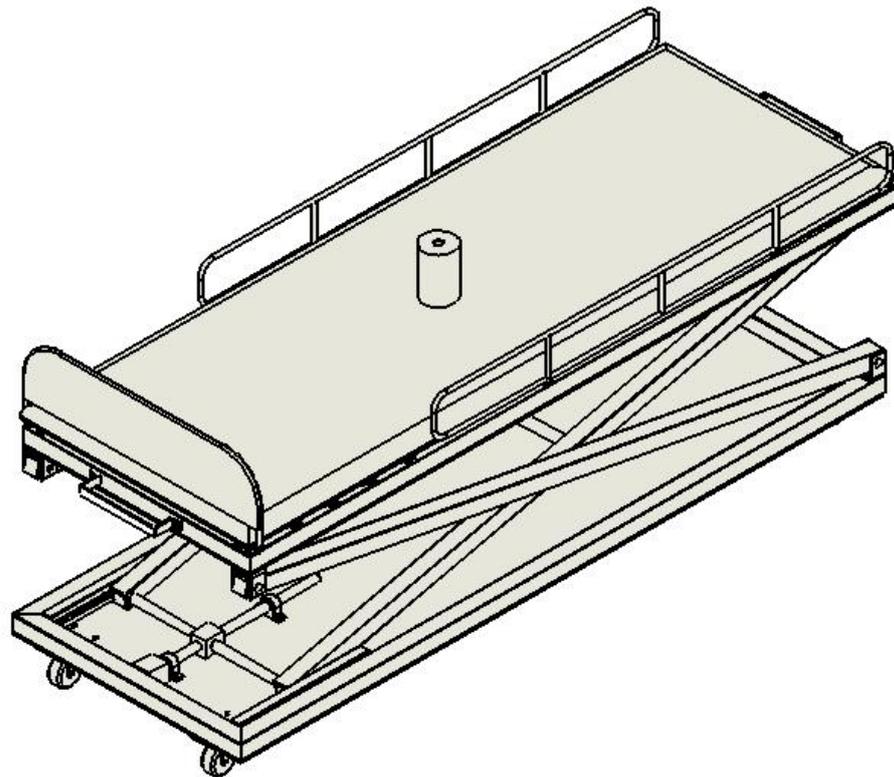
Atividades TCC 1 e 2	QUINZENA																							
	A1	A2	S1	S2	O1	O2	N1	N2	D1	D2	J1	J2	F1	F2	M1	M2	A1	A2	M1	M2	J1	J2	J1	J2
Definição do Tema e PO	X	X																						
Termo de Abertura			X																					
Elaboração da Proposta		X	X																					
Reunião com PO		X	X		X	X		X		X					X		X		X	X	X			
Defesa da Proposta			X																					
Revisão Bibliográfica			X	X																				
Projeto Informativo			X	X																				
Projeto Conceitual					X																			
Elaboração do PPP				X	X	X																		
Entrega do Relatório (PPP)						X																		
Apresentação da PPP							X																	
Entrega da Versão Final da PPP (proposta)								X																
Reuniões com PO					X	X																		
Avaliação das Estratégias de aplicação							X	X																
Projeto Preliminar													X	X	X	X								
Projeto Detalhado																	X	X	X	X				
Entrega da Monografia (PP)																					X			
Apresentação do PP																						X		
Entrega da Versão Final da Monografia																							X	

APÊNDICE E – PLANILHA FMEA

Subsistema	Componente ou processo	Falhas possíveis	Efeitos	Causas	Controle da falha	Índices antes da ação			Ação tomada			Índices depois da ação			Responsáveis		
						O	S	D	O	S	D	O	S	D			
Sistema de Deslocamento Horizontal	Rodízios	O deslizamento não ocorre adequadamente	O equipamento não se desloca ou emperra	A superfície das rodas não é bem acabada	Tato	1	3	1	3	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
	Freio	O freio não funciona quando acionado	O equipamento não pára	Desgaste do disco de freio	Tato e Visual	1	7	2	14	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
Sistema de Deslocamento Vertical	Controle automático	O controle não funciona quando acionado pelo botão	O acionamento do motor não ocorre	Falha do mecanismo de acionamento	Testar, Tato e Visual	6	5	1	30	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Falha do sistema elétrico de acionamento	Testar, Tato e Visual	6	5	1	30	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
	Motor Elétrico	O motor elétrico não funciona quando recebe o comando do controle automático	A rotação do fuso não ocorre e não é possível modificar a altura da base superior do equipamento	Defeito de fabricação do motor elétrico	Testar, Escutar	1	5	2	10	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Erro de programação do controle automático	Testar, Escutar	1	3	2	6	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
	Fuso trapezoidal	O fuso trapezoidal não rotaciona continuamente	A modificação da altura da base superior do equipamento não é contínua	Ausência de reductor	Testar, Escutar	1	5	4	20	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Defeito de fabricação da rosca do fuso	Testar	2	5	4	40	Utilizar um novo fuso	1	3	4	12	-	-	Gabriel e Vanessa
	Barra de acionamento	Deformação plástica	A modificação da altura da base superior do equipamento não é a desejada, ou não ocorre	Defeito de fabricação da barra da porca	Testar	2	5	4	40	Utilizar uma nova porca	1	5	4	20	-	-	Gabriel e Vanessa
				Barras subdimensionadas	Simular os esforços em modelo CAD 3D	1	5	2	10	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
	Barras articuladas	Deformação plástica	A modificação da altura da base superior do equipamento não é a desejada, ou é impedida	Barras subdimensionadas	Simular os esforços em modelo CAD 3D	1	5	2	10	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Erro de alinhamento das rodas	Montagem com gabarito	4	7	2	56	Teste em modelo	3	4	3	36	-	-	Gabriel e Vanessa
				Atrito e travamento causados por dimensões incorretas dos componentes do mecanismo	Uso de lubrificantes adequados, modificar as buchas	3	5	2	30	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Montagem inadequada dos componentes	Montagem com gabarito	4	5	2	40	Teste em modelo	1	2	4	8	-	-	Gabriel e Vanessa
As articulações não funcionam adequadamente	Dificuldade para elevar e abaixar a base superior	Atrito e travamento causados por dimensões incorretas dos componentes do mecanismo	Montagem inadequada dos componentes	Montagem com gabarito	3	5	2	30	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa		
			Uso de lubrificantes adequados, modificar as buchas	3	5	2	30	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa			
Rodas	O deslizamento das barras não funciona adequadamente	A elevação não ocorre, ou ocorre desalinhadamente	A superfície das rodas não é bem acabada	Tato	1	3	2	6	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa		
			Maior ajuste do contato das rodas com o perfil de deslocamento	Montagem com gabarito	4	5	2	40	Teste em modelo	3	3	3	27	-	-	Gabriel e Vanessa	
Sistema de Inclinação	Controle automático	O controle não funciona quando acionado pelo botão	O acionamento do motor não ocorre	Falha do mecanismo de acionamento	Testar, Tato e Visual	6	5	1	30	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Falha do sistema elétrico de acionamento	Testar, Tato e Visual	6	5	1	30	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
	Motor	O motor elétrico não funciona quando recebe o comando do controle	A rotação do fuso não ocorre e não é possível modificar a altura da base superior do equipamento	Defeito de fabricação do motor elétrico	Testar, Escutar	1	5	2	10	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Erro de programação do controle automático	Testar, Escutar	1	3	2	6	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
	Barra de acionamento	Deformação plástica	A modificação da altura da base superior do equipamento não é a desejada, ou é impedida	Barras Subdimensionadas	Reprojetar	1	5	2	10	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Erro de alinhamento das rodas	Montagem com gabarito	4	5	2	40	Teste em modelo	3	5	2	30	-	-	Gabriel e Vanessa
	Barras articuladas	Deformação plástica	A modificação da altura da base superior do equipamento não é a desejada, ou é impedida	Barras Subdimensionadas	Reprojetar	1	5	2	10	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Atrito e travamento causados por dimensões incorretas dos componentes do mecanismo	Uso de lubrificantes adequados, modificar as buchas	3	5	2	30	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Montagem inadequada dos componentes	Montagem com gabarito	3	5	2	30	Teste em modelo	1	2	4	8	-	-	Gabriel e Vanessa
				Uso de lubrificantes adequados, modificar as buchas	3	5	2	30	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa		
	Rodas	O deslizamento não funciona adequadamente	A inclinação não ocorre, ou ocorre desalinhadamente	A superfície das rodas não é bem acabada	Tato	1	3	2	6	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				Maior ajuste do contato das rodas com o perfil de deslocamento	Montagem com gabarito	4	5	2	40	Teste em modelo	3	3	3	27	-	-	Gabriel e Vanessa
Aparatos para Fixação do usuário	Colete de Mergulho	Desprender da base do equipamento	Os membros superiores do usuário ficam suspensos	Má fixação do colete	Usar reforços	2	7	1	14	Uso de reforços	1	3	1	3	-	Gabriel e Vanessa	
			O usuário cai	Má fixação do colete	Usar reforços	2	7	1	14	Uso de reforços	1	3	1	3	-	Gabriel e Vanessa	
		Rasgar o tecido	O usuário entra em contato com a espuma do colchão que pode conter microrganismo prejudiciais à saúde	Material pouco resistente	Defeito de fabricação	Testar	2	2	1	4	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa
				O usuário cai	Defeito de fabricação	Testar	2	6	1	12	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa
	Cintas de Fixação	Falhar as fivelas	Os membros superiores do usuário ficam suspensos	Material pouco resistente	Defeito de fabricação	Testar	2	2	1	4	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa
				O usuário cai	Defeito de fabricação	Testar	2	6	1	12	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa
		Falhar as fivelas	Os membros superiores do usuário ficam suspensos	Material pouco resistente	Defeito de fabricação	Testar	2	2	1	4	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa
				O usuário cai	Defeito de fabricação	Testar	2	6	1	12	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa
	Barra de Apoio para o Propensor dos Membros Inferiores	Deformação plástica do Propensor para as Pernas	Os membros inferiores do usuário ficam suspensos	Barra Subdimensionada	Cálculo esforços em CAD 3D	2	4	1	8	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa	
				O usuário escorrega sobre a base	Barra Subdimensionada	Cálculo esforços em CAD 3D	2	6	1	12	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa
		Rasgar o tecido	O usuário entra em contato com a espuma do colchão que pode conter microrganismo prejudiciais à saúde	Material pouco resistente	Defeito de fabricação	Testar	2	2	1	4	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa
				O usuário cai	Defeito de fabricação	Testar	2	8	1	16	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa
Base de Apoio para os Pés	Deformação plástica	O usuário escorrega	Erro de projeto / Subdimensionamento	Reprojetar	1	3	1	3	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa		
			Erro de projeto / Subdimensionamento	Reprojetar	1	4	1	4	Não é necessário tomar ação	-	-	-	-	-	Gabriel e Vanessa		

APÊNDICE F – MANUAL DE UTILIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO

MANUAL DE UTILIZAÇÃO PARA O EQUIPAMENTO PARA TRANSPORTE E ACOMODAÇÃO DE CRIANÇA COM DEFICIÊNCIA NEUROMOTORA



Curitiba, 2012.

1) AVISOS E PRECAUÇÕES

Esta seção contém informações de instrução de como utilizar adequadamente o produto e com segurança. Leia estas instruções com atenção antes de usá-lo.

2) AMBIENTE DE OPERAÇÃO

Não utilize o equipamento em ambientes úmidos.

3) ACESSÓRIOS

Utilize apenas os acessórios entregues pelo fabricante. Outros acessórios podem resultar em não funcionamento ou ser perigoso.

4) LIMPEZA E MANUTENÇÃO

Antes de limpar ou realizar manutenção do equipamento certifique-se de que o motor elétrico não se encontra em funcionamento.

- Utilize o equipamento em um ambiente limpo, longe de fogo ou de cigarros acesos.

- Proteja o equipamento contra água e vapor. Assepsia apenas com pano úmido e macio. Evite produtos de limpeza como detergentes químicos, pó ou outros agentes químicos para assepsia do produto.

5) MODO DE UTILIZAÇÃO

Nunca deve ser acionado o sistema de inclinação do equipamento se ele já estiver deslocado verticalmente para segurança do usuário e vice-versa.

6) COMO ACIONAR O SISTEMA DE ELEVAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Primeiramente, fixe o usuário na maca, prenda as cintas do colete adequadamente de acordo com o corpo do paciente. Posicione suas pernas corretamente no propensor e fixe os pés na base de apoio, regule as cintas

conforme necessário. Acione o sistema de elevação pelo controle automático do sistema de elevação, para isso, é só apertar o botão. Aperte novamente o botão do controle para interromper a elevação na altura desejada. Para descer a cama, aperte o botão. Para interromper a descida, novamente aperte o botão do controle automático.

7) COMO ACIONAR O SISTEMA DE INCLINAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Lembre-se de que o equipamento jamais deve ser inclinado se estiver elevado, pois pode ficar altamente instável e o usuário pode cair e machucar-se.

Primeiramente, fixe o usuário na maca, prenda as cintas do colete adequadamente de acordo com o corpo do paciente. Posicione suas pernas corretamente no propensor e fixe os pés na base de apoio, regule as cintas conforme necessário. Acione o sistema de inclinação pelo controle automático do sistema de inclinação, para isso, é só apertar o botão. Aperte novamente o botão do controle para interromper a inclinação até atingir a inclinação desejada. Para voltar para a posição inicial, isto é, sem inclinação, aperte o botão. Para interromper a inclinação, acione novamente o botão do controle automático.

8) CARGA MÁXIMA

O equipamento foi projetado para um usuário de aproximadamente 90kg e, portanto, não suporta uma carga superior a 120kg. Não o utilize para sentar. Não o utilize para mais de uma pessoa por vez.

APÊNDICE G – PLANILHADE CUSTOS DO EQUIPAMENTO

CUSTOS DO EQUIPAMENTO

Denominação	Qtde.	Especificação	Material	Tamanho (mm)	Custo Unitário	Custo Total	Referência
Aba de Proteção Lateral	2	Tubo de diâm. 10mm	AISI 1020	2790	R\$ 31,00	R\$ 62,00	O Barranco
Anel Elástico 1	10	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 10mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 1,00	Osten Ferragens
Anel Elástico 11	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 20mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 0,10	Osten Ferragens
Anel Elástico 12	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 20mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 0,10	Osten Ferragens
Anel Elástico 2	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 20mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 0,10	Osten Ferragens
Anel Elástico 3	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 13mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 0,10	Osten Ferragens
Anel Elástico 4	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 13mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 0,10	Osten Ferragens
Anel Elástico 5	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 25mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 0,10	Osten Ferragens
Anel Elástico 6	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 25mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 0,10	Osten Ferragens
Anel Elástico 7	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 30mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 0,10	Osten Ferragens
Anel Elástico 8	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 30mm	AISI 1020	-	R\$ 0,10	R\$ 0,10	Osten Ferragens
Aruela da Articulação da Maca	6	FIXOTRAVAS - Aruela de Ajuste - Diâm. interno 12mm	AISI 1020	-	R\$ 0,11	R\$ 0,67	Osten Ferragens
Aruela da Articulação das Barras	24	FIXOTRAVAS - Aruela de Ajuste - Diâm. interno 12mm	AISI 1020	-	R\$ 0,11	R\$ 2,67	Osten Ferragens
Barra Articulada para Elevação	2	Metalon 40x40x2	AISI 1020	1700			O Barranco
Barra de Acionamento da Inclinação	2	Metalon 40x40x2	AISI 1020	550			O Barranco
Barra Deslizante Articulada para Elevação	2	Metalon 40x40x2	AISI 1020	1570	R\$ 51,67	R\$ 103,34	O Barranco
Barra Primária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020	1700			O Barranco
Barra Primária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020	1700			O Barranco
Barra Quaternária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020	600			O Barranco
Barra Quaternária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020	600			O Barranco
Barra Secundária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020	600	R\$ 51,67	R\$ 51,67	O Barranco
Barra Secundária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020	600			O Barranco
Barra Terciária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020	1700			O Barranco
Barra Terciária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020	1700	R\$ 51,67	R\$ 51,67	O Barranco
Batente para Maca	2	Tarugo de diâm. 30mm	AISI 1020	20	R\$ 2,00	R\$ 4,00	O Barranco
Bucha para a Articulação da Maca	2	IGUS modelo GSM-1012-15	PTFE	-	R\$ 6,00	R\$ 12,00	Casa das Borrachas
Bucha para as Flanges	16	IGUS modelo GSM-1012-07	PTFE	-	R\$ 6,00	R\$ 96,00	Casa das Borrachas
Bucha para Barras Articuladas	8	IGUS modelo GSM-1012-15	PTFE	-	R\$ 6,00	R\$ 48,00	Casa das Borrachas
Bucha para os Mancais	4	IGUS modelo GSM-1020-20	PTFE	-	R\$ 6,00	R\$ 24,00	Casa das Borrachas
Cama	1	Chapa de esp. 30mm	AISI 1020	1700x600x30	R\$ 914,00	R\$ 914,00	O Barranco
Chapa Inferior	1	Chapa de esp. 5mm	AISI 1020	1700x600x5	R\$ 118,00	R\$ 118,00	O Barranco
Chapa Superior	1	Chapa de esp. 5mm	AISI 1020	1700x600x5	R\$ 118,00	R\$ 118,00	O Barranco
Cintas para fixação do colete	3				R\$ 32,20	R\$ 96,60	JOCAR (site)
Colchão anti-escaras	1				R\$ 80,00	R\$ 80,00	Colchões Hospitalares (site)
Colete	1				R\$ 180,00	R\$ 180,00	Magazine Luiza (site)
Eixo de Acionamento do Sistema de Elevação	2	Tarugo de diâm. 20mm	AISI 1020	245	R\$ 4,00	R\$ 8,00	O Barranco
Eixo de Acionamento do Sistema de Inclinação	2	Tarugo de diâm. 20mm	AISI 1020	245	R\$ 4,00	R\$ 8,00	O Barranco
Eixo Guia Inferior	1	Tarugo de diâm. 25mm	AISI 1020	-	R\$ 6,40	R\$ 6,40	O Barranco
Espuma para o Propensor	1	Densidade 45	Poliuretano	150	R\$ 30,00	R\$ 30,00	Rei das Espumas (site)
Flange para o Rodízio	4	Incluso no Rodízio	AISI 1020	-	-	-	Osten Ferragens
Flange para Barras de Acionamento da Inclinação	14	Chapa de esp. 5mm	AISI 1020	40x35x5			O Barranco
Flange Primária	2	Chapa de esp. 5mm dobrada	AISI 1020	166			
Flange Quaternária	1	Chapa de esp. 5mm dobrada	AISI 1020	166	R\$ 138,67	R\$ 138,67	O Barranco
Flange Secundária	2	Chapa de esp. 5mm dobrada	AISI 1020	166			
Flange Terciária	2	Chapa de esp. 5mm dobrada	AISI 1020	166			
Fuso Trapezoidal Inferior	1	Diâmetro 20mm - passo 4	AISI 1020	-	R\$ 300,00	R\$ 300,00	O Barranco
Fuso Trapezoidal Superior	1	Diâmetro 20mm - passo 4	AISI 1020	-	R\$ 300,00	R\$ 300,00	O Barranco
Mancal para o Fuso Trapezoidal Inferior	4	Usinado	AISI 1020	68x40,5x20	R\$ 4,76	R\$ 19,04	O Barranco
Motor Elétrico	2	WEG - 50Hz - 4pólos - 220/380V - 0,25kW	Carcassa de Al Injetado	-	R\$ 873,00	R\$ 1.746,00	WEG / Carlton Rep.Téc.Ltda. (contato)
Parafuso M10 - Fixação das chapas	20	M10 - Comp. da rosca 12mm - Comp. total 17,5mm	AISI 1020	-	R\$ 0,32	R\$ 6,43	Osten Ferragens
Parafuso M10 - Flange	20	M10 - Comp. da rosca 12mm - Comp. total 14,71mm	AISI 1020	-	R\$ 0,32	R\$ 6,43	Osten Ferragens
Parafuso M4 - Lateral	28	M6 - Comp. da rosca 10mm - Comp. total 13,3mm	AISI 1020	-	R\$ 0,08	R\$ 2,23	Osten Ferragens
Parafuso M6 - Suporte Maca	8	M6 - Comp. da rosca 10mm - Comp. total 13,30mm	AISI 1020	-	R\$ 0,08	R\$ 0,64	Osten Ferragens
Parafuso M8 - Mancal	12	M8 - Comp. rosca 12mm - Comp. total 16,4mm	AISI 1020	-	R\$ 0,19	R\$ 2,31	Osten Ferragens
Parafuso M8 - Rodízios	16	Incluso no Rodízio	AISI 1020	-	-	-	Osten Ferragens
Perfil Guia Inferior	2	Perfil C 45x2	AISI 1020	340	R\$ 30,00	R\$ 30,00	O Barranco
Perfil Guia Superior	2	Perfil C 45x2	AISI 1020	1100	R\$ 60,80	R\$ 121,60	O Barranco
Pino da Articulação da Maca	2	Diâm. 11 mm - Comp. 17mm	AISI 1020	-	R\$ 1,00	R\$ 2,00	O Barranco
Pino da Articulação das Barras	8	Diâm. 10 mm - Comp. 53mm	AISI 1020	-	R\$ 3,00	R\$ 24,00	O Barranco
Porca	2	Tarugo retang 40x40x50mm	AISI 1020	40x40x50	R\$ 6,20	R\$ 12,40	O Barranco
Propensor para as Pernas	1	Tubo diâm. 20mm e esp. 2mm	AISI 1020	150	R\$ 3,00	R\$ 3,00	O Barranco
Puxador	2	INDART tipo Arquivo - furação 220mm	PVC Rígido	-	R\$ 30,00	R\$ 60,00	Osten Ferragens
Roda	4	SCHIOPPA modelo R 212 NIT	Nylon 6/10	-	R\$ 55,09	R\$ 220,36	Osten Ferragens
Rodízio	4	SCHIOPPA modelo GL 212 NIT	Nylon 6/10	-	R\$ 22,07	R\$ 88,28	Osten Ferragens
Suporte Inferior da Articulação da Maca	2	Usinado	AISI 1020	30x18x15	R\$ 4,00	R\$ 8,00	O Barranco
Suporte Maca	1	Chapa de esp. 5mm	AISI 1020	1700x600x5	R\$ 118,00	R\$ 118,00	O Barranco
Suporte para os Pés	1	Chapa de esp. 10mm	AISI 1020	604x200x10 + 2x10xdiâm10	R\$ 30,00	R\$ 30,00	O Barranco
Suporte Superior da Articulação da Maca	2	Usinado	AISI 1020	40x18x10	R\$ 3,00	R\$ 6,00	O Barranco
Tampa para Extremidade das Barras	12	MARTFER Tampa Plástica para Metalon 40x40	PE Baixa Densidade	40x40	-	R\$ 10,07	Preço para 20 peças - MARTFER (site)
Tecido para revestimento do colchão	1		Acquablock	-	R\$ 118,53	R\$ 118,53	Casa Nova (contato)
Emborrachado para a base de apoio dos pés	1		Borracha	Borracha	R\$ 8,46	R\$ 8,46	Osten Ferragens
Cintas com velcro para base de apoio dos pés	2		Nylon	-	R\$ 4,00	R\$ 8,00	Toda oferta - Anais eletrônicos
Placas eletrônicas	2		-	-	R\$ 150,00	R\$ 300,00	Toda oferta - Anais eletrônicos
Controle automático	2		-	-	R\$ 30,00	R\$ 60,00	Toda oferta - Anais eletrônicos
Mão-de-obra	20		-	-	R\$ 40,00	R\$ 800,00	Serralheiro Autônomo
					CUSTO TOTAL	R\$ 6.537,38	
					CUSTO TOTAL CONSIDERANDO 20% A MAIS	R\$ 7.844,85	

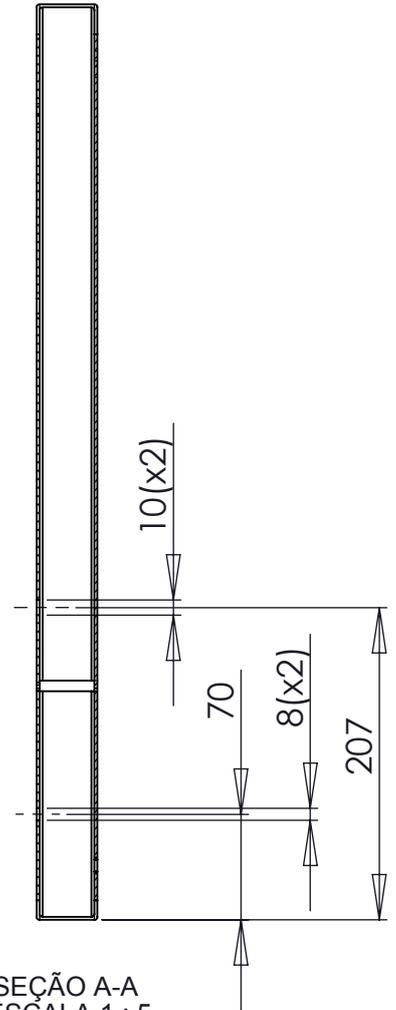
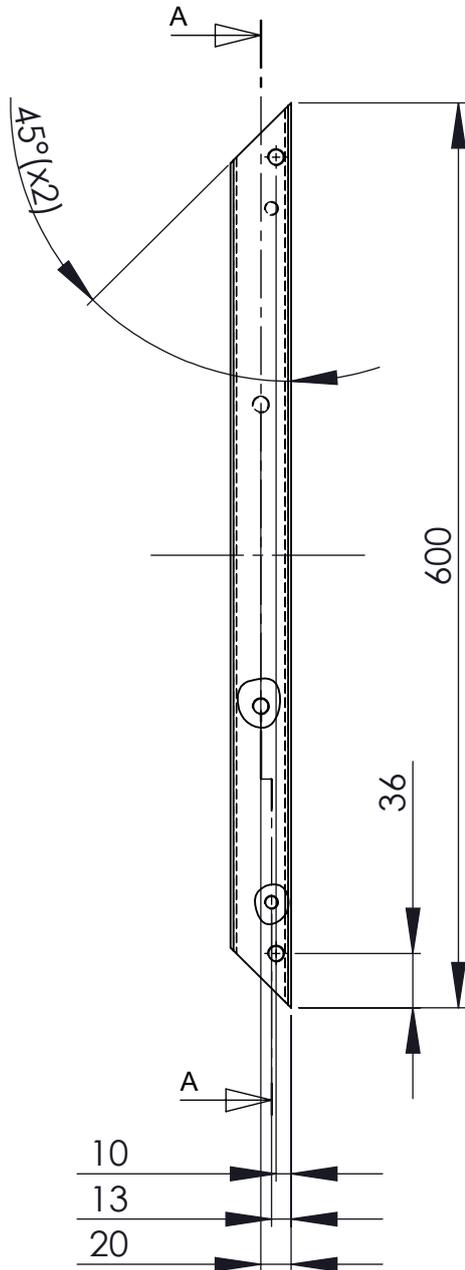
APÊNDICE H – ÁRVORE DO PRODUTO

Ordem 0	Conjuntos de 1ª	Conjuntos de 2ª Ordem	Peças Avulsas	Peças Brutas
Equipamento para Transporte e Acomodação de Criança com Deficiência Neuromotora	Base inferior	Estrutura Tubular	Tubos cortados	Tubo
		Chapa de Apoio	Chapa cortada	Chapa
		Vigas do tipo "C"	Chapas cortadas e dobradas	Chapa
		Flanges	Chapa dobrada e furada	Chapa
		Parafusos	Especificados	-
		Tampa para extremidade das barras	Especificadas	-
		Parafusos	Especificadas	-
	Base superior	Estrutura Tubular	Tubos cortados	Tubo
		Chapa de Apoio	Chapa cortada	Chapa
		Vigas do tipo "C"	Chapas cortadas e dobradas	Chapa
		Flanges	Chapa dobrada e furada	Chapa
		Parafusos	Especificados	-
		Tampa para extremidade das barras	Especificadas	-
		Parafusos	Especificadas	-
	Mecanismo de Deslocamento Horizontal	Rodízios com flange para fixação e freio	Especificado	-
		Puxador	Especificado	-
		Parafusos	Especificados	-
	Mecanismo de Deslocamento Vertical	Barras articuladas	Chapas cortadas e furadas	Chapa
		Buchas	Especificadas	-
		Pinos	Tarugos usinados e soldados	Tarugo
		Arruelas	Especificadas	-
		Parafusos	Especificados	-
		Anéis Elásticos	Especificados	-
		Tubo de Acionamento	Tubo cortado	Tubo
		Fuso Trapezoidal	Fuso Trapezoidal Cortado	Fuso Trapezoidal especificado
		Porca roscada	Especificada	-
		Motor Elétrico	Especificado	-
		Controle Automático	Especificado	-
		Mancais	Tarugo usinado	Tarugo
		Rodas	Especificado	-
	Cama	Chapa cortada	Chapa	
	Batente	Tarugo usinado	Tarugo	
	Mecanismo de Inclinação	Barras articuladas	Chapas cortadas e furadas	Chapa
		Buchas	Especificadas	-
		Pinos	Tarugos usinados e soldados	Tarugo
		Arruelas	Especificadas	-
		Parafusos	Especificados	-
		Anéis Elásticos	Especificados	-
		Tubo de Acionamento	Tubo cortado	Tubo
		Fuso Trapezoidal	Fuso Trapezoidal Cortado	Fuso Trapezoidal especificado
		Porca roscada	Especificada	-
		Motor Elétrico	Especificado	-
		Controle Automático	Especificado	-
		Rodas	Especificado	-
		Mancais	Tarugo usinado	Tarugo
	Batente	Tarugo usinado	Tarugo	
	Sistema Ergonômico	Aba de Proteção Lateral	Tubos cortados	Tubos
		Flange	Usinada	Chapa
		Parafusos	Especificados	-
		Propensor para as Pernas	Tubo cortado	Tubos
		Espuma para revestimento do propensor para as pernas	Especificado	Espuma
		Cama	Chapa cortada e usinada	Chapa
		Colchão anti-escaras	Especificado	Espuma
Colete para fixação dos membros superiores do usuário		Especificado	-	
Cintas para fixação dos membros superiores do usuário		Especificado	-	

APÊNDICE I – DESENHOS



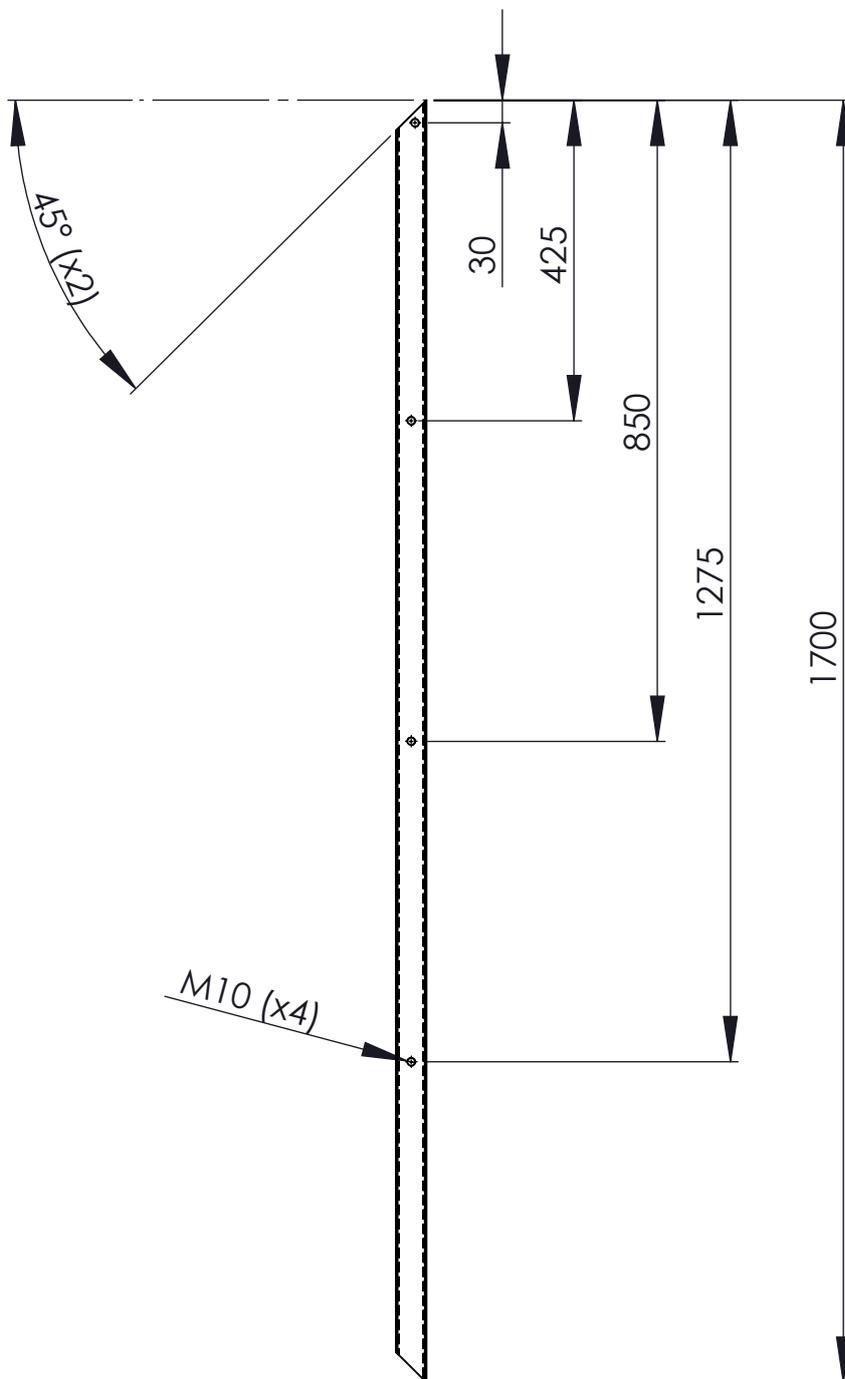
PERFIL QUADRADO 40x40x2



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	04	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
	BARRA QUARTENÁRIA DA BASE INFERIOR		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:5	APROVADO	



PERFIL QUADRADO 40x40x2

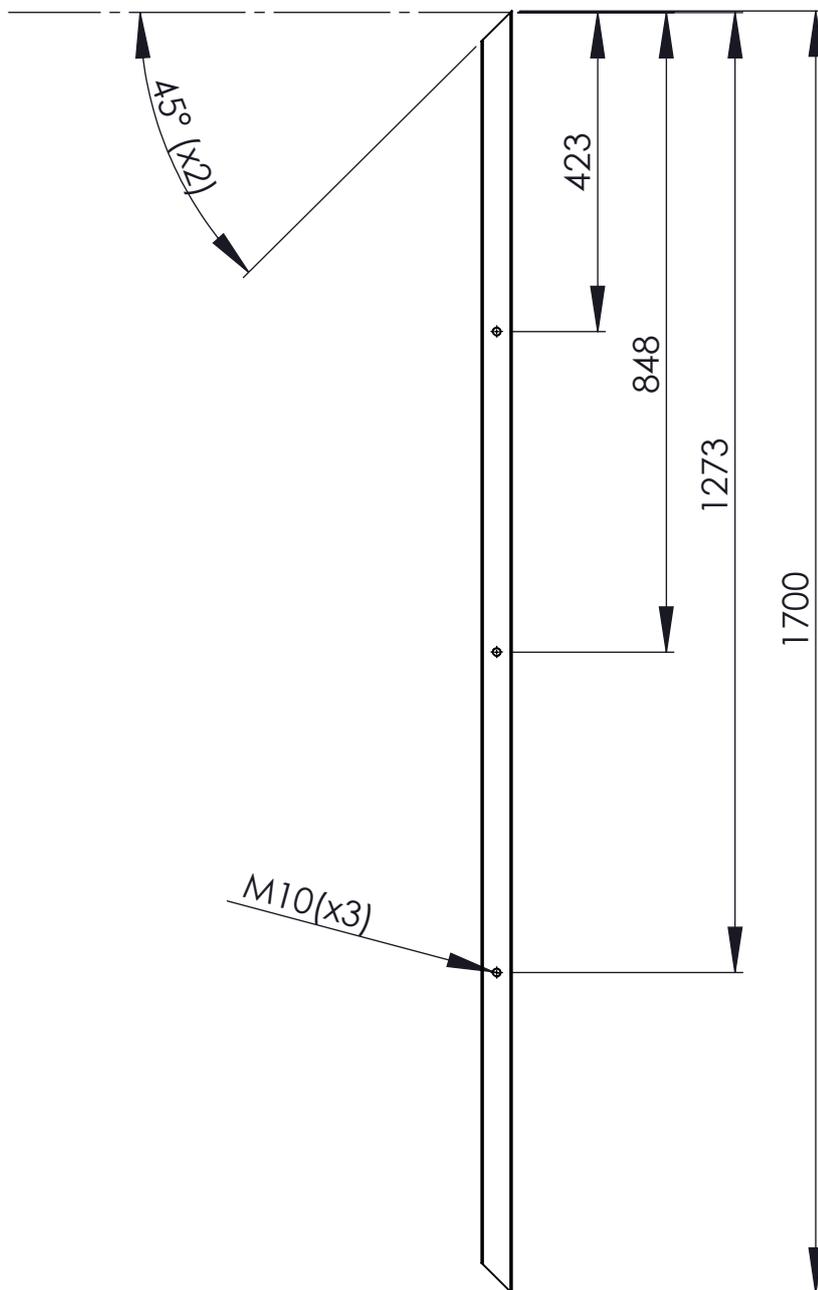


01

NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	36	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
	BARRA PRIMÁRIA DA BASE SUPERIOR		SETOR	DAMEC	NOME	Ge V
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA 1:10	APROVADO		



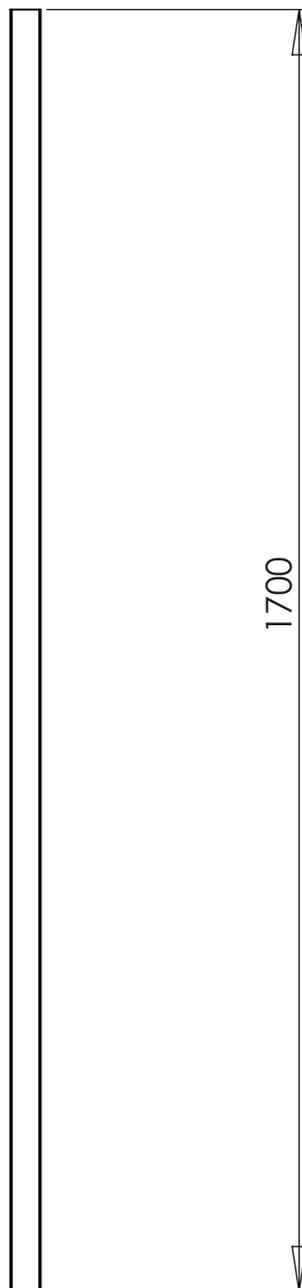
PERFIL QUADRADO 40x40x2



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	01	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	BARRA PRIMÁRIA DA BASE INFERIOR		ESCALA 1:10	APROVADO		



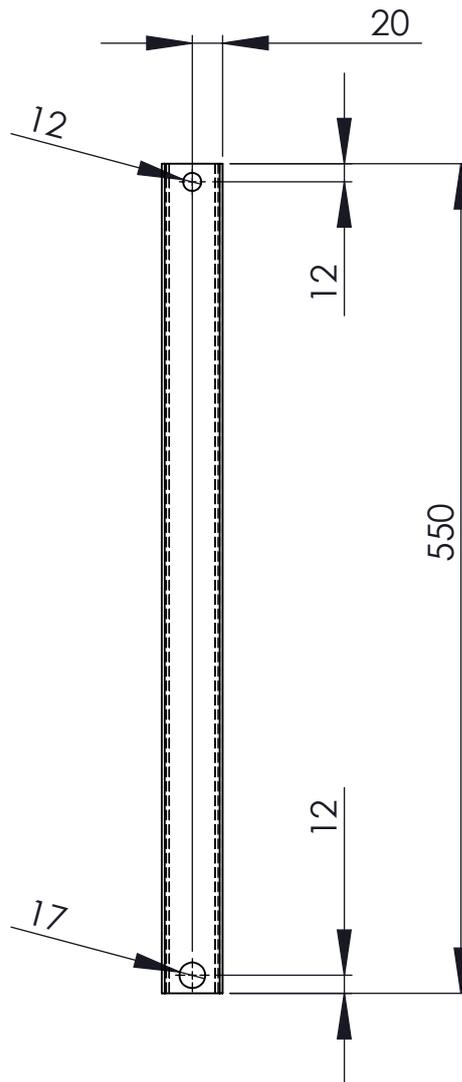
PERFIL QUADRADO 40x40x3



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	29	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
	BARRA ARTICULADA PARA ELEVAÇÃO		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	APROVADO		
			1:10			



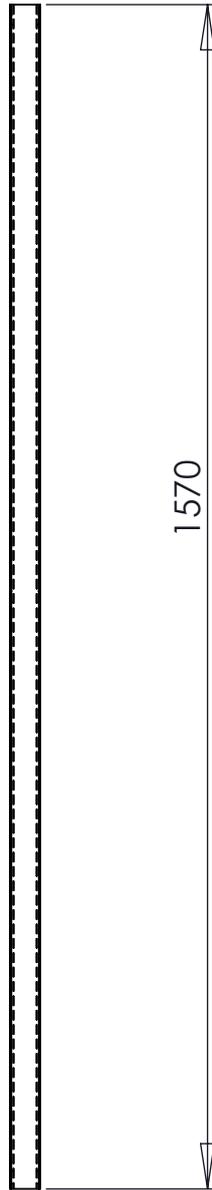
PERFIL QUADRADO 40x40x3



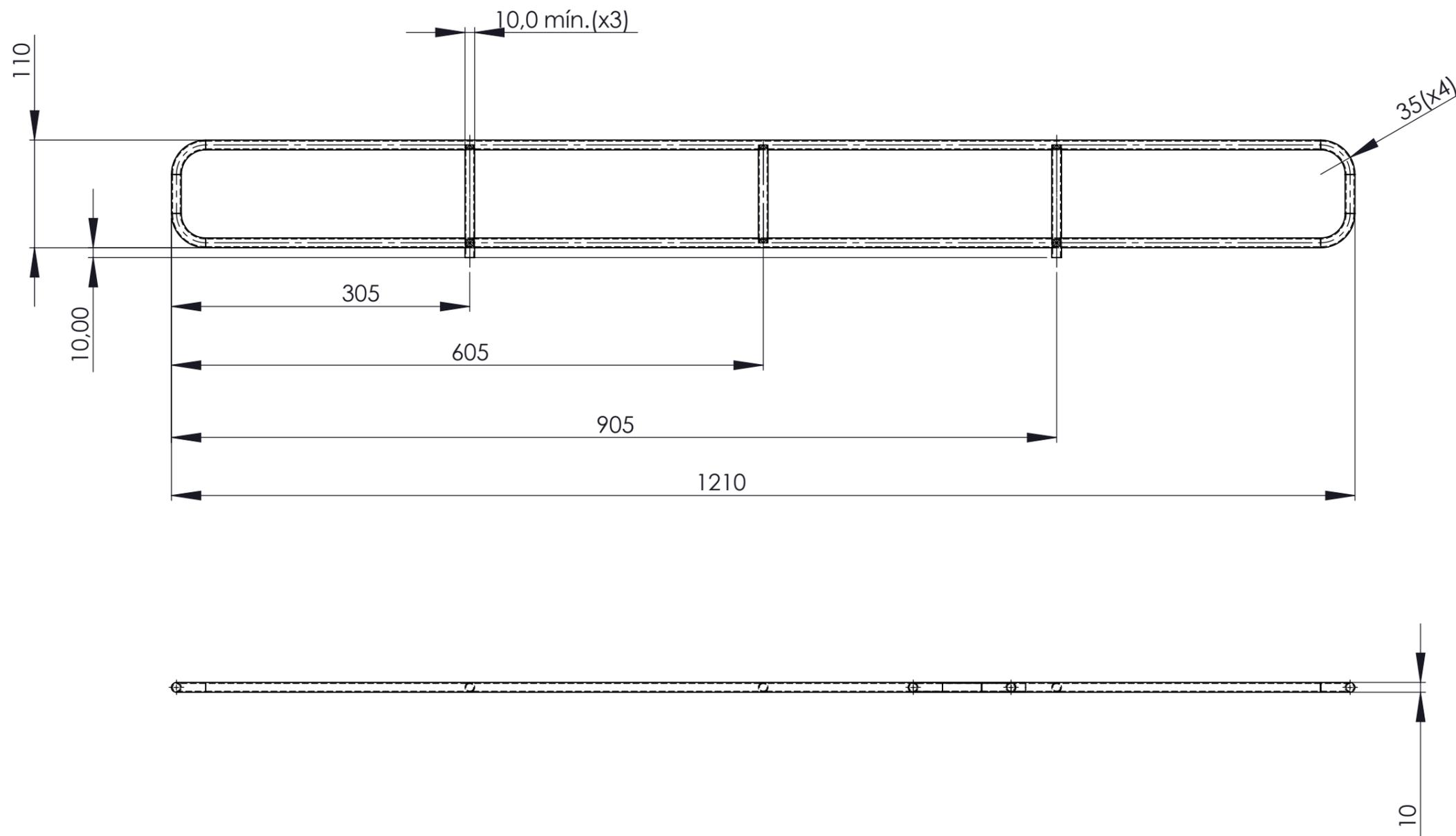
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA	DESENHO Nº	50	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	BARRA DE ACIONAMENT DA INCLINAÇÃO	ESCALA	1:5	APROVADO		



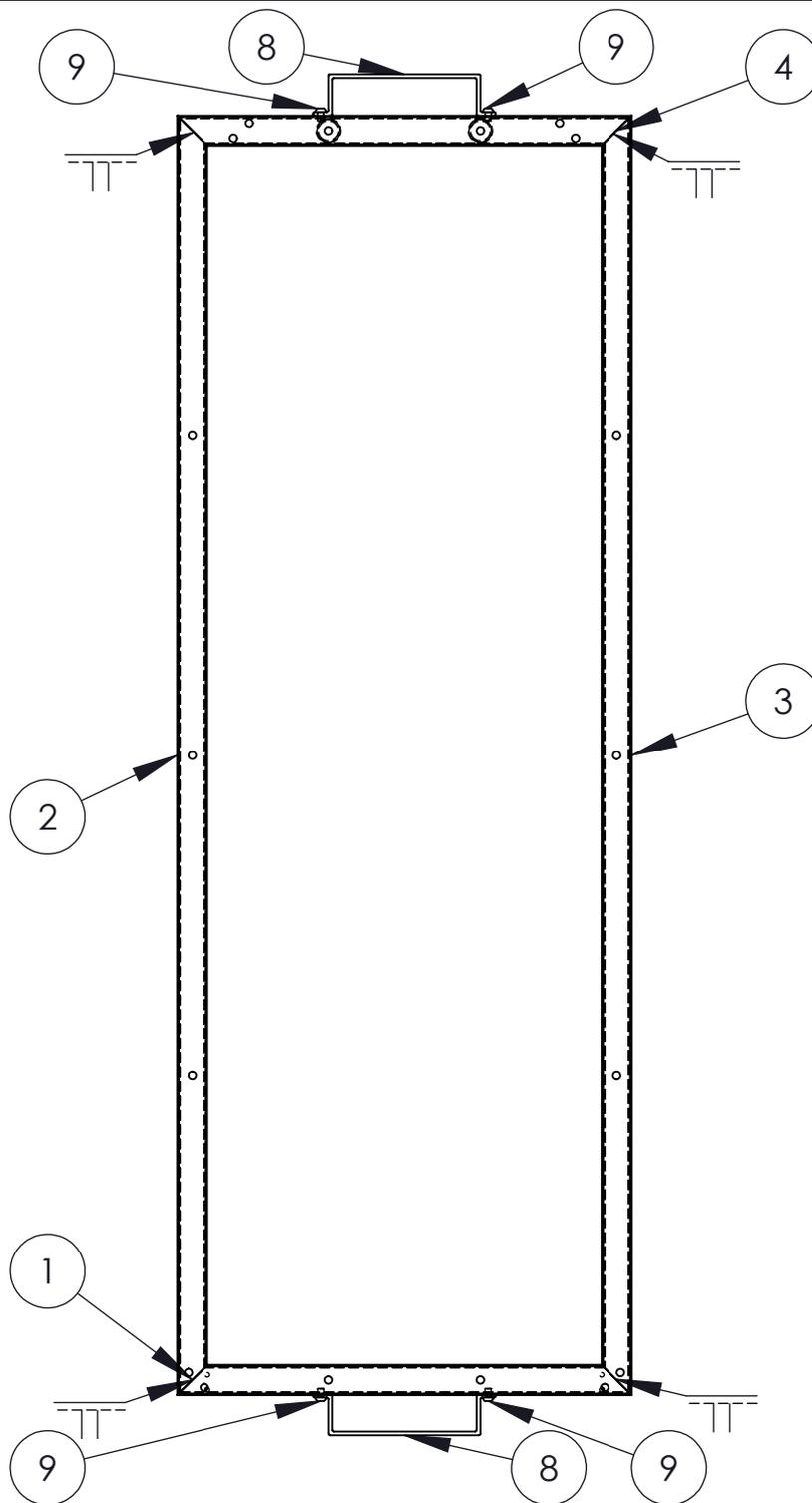
PERFIL QUADRADO 40x40x3



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		DESENHO Nº	21	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	14/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		ESCALA	APROVADO		
	BARRA ARTICULADA PARA ELEVAÇÃO		1:10			



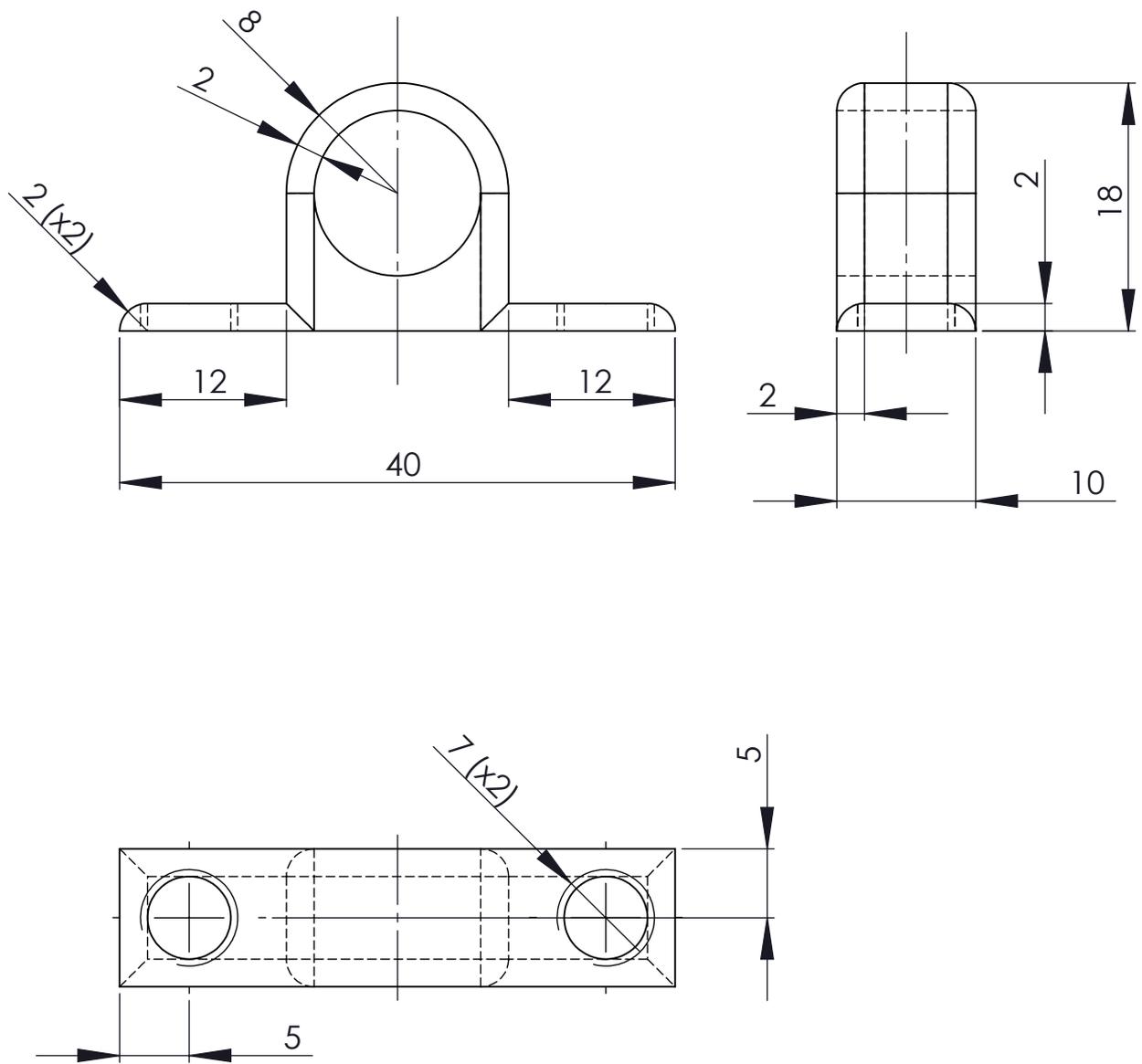
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	01	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	14/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:5	APROVADO	
ABA DE PROTEÇÃO LATERAL						



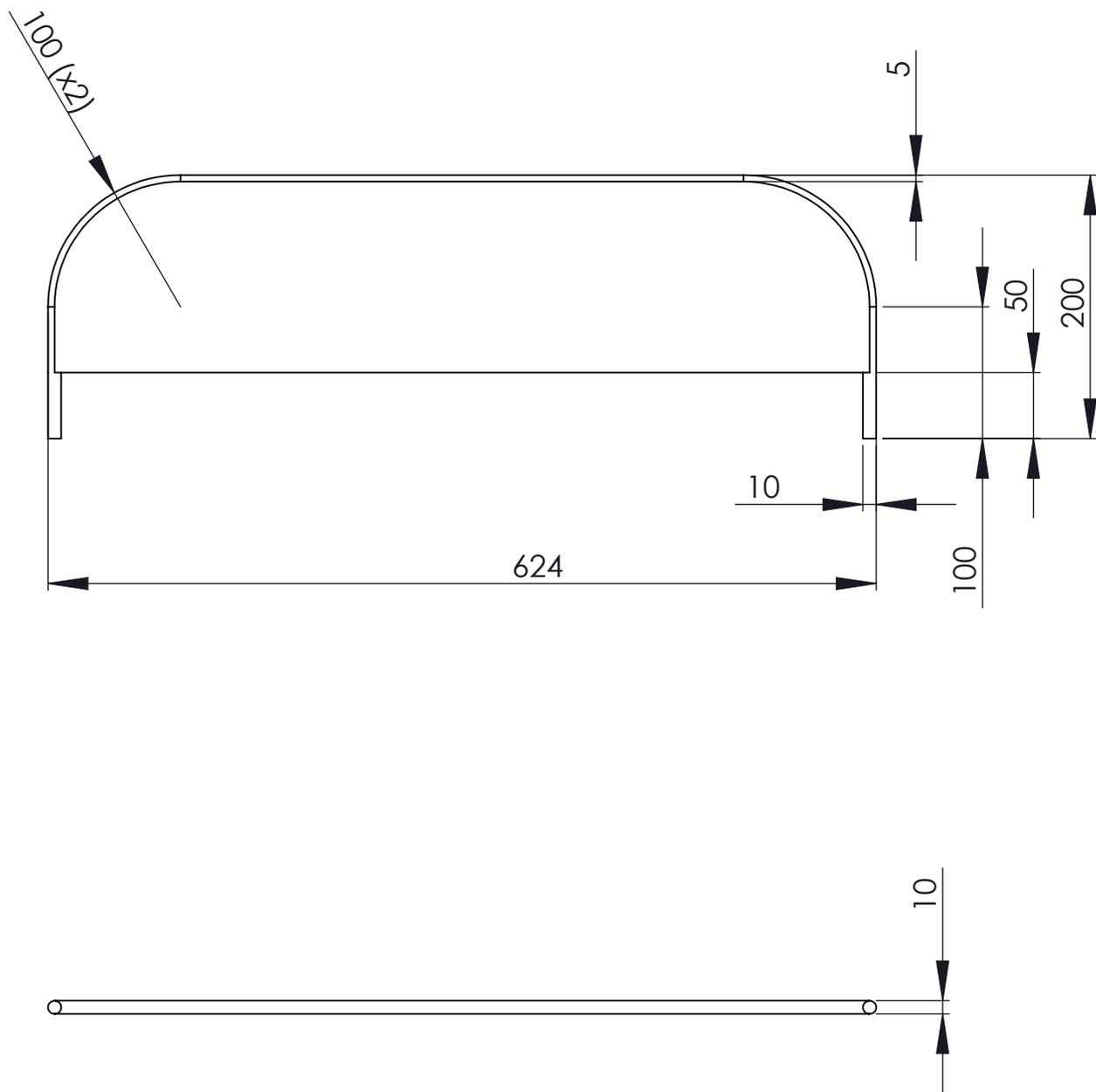
LISTA DE MATERIAIS

No.	Denominação	Qtde.	Especificação	Material
1	Barra Secundária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
2	Barra Primária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
3	Barra Terciária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
4	Barra Quartenária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
5	Batente para Maca	2	Tarugo de diâm. 30mm	AISI 1020
6	Anel Elástico 7	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 30mm	AISI 1020
7	Anel Elástico 8	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 30mm	AISI 1020
8	Puxador	2	INDART tipo Arquivo - furação 220mm	PVC Rígido
9	Parafuso M8 - Mancal	4	M8 - Comp. rosca 12mm - Comp. total 16,4mm	AISI 1020

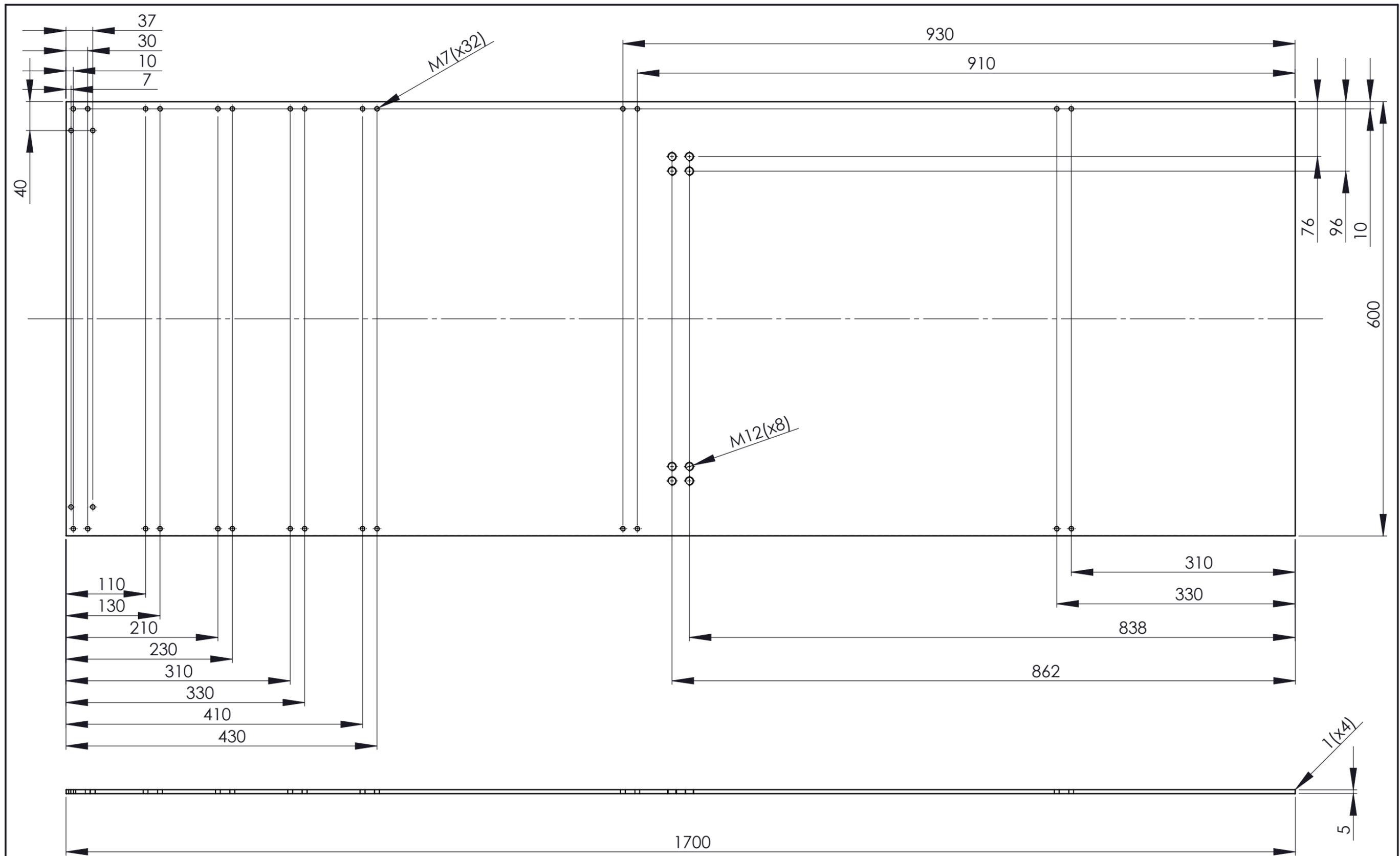
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº		REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	04/08/12
ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
CONJUNTO - SUPORTE SUPERIOR			ESCALA 1:10	APROVADO		



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	51	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	17/07/12
	SUPORTE SUPERIOR DA ARTICULAÇÃO DA MACA		SETOR	DAMEC	NOME	Ge V
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	2:1	APROVADO	

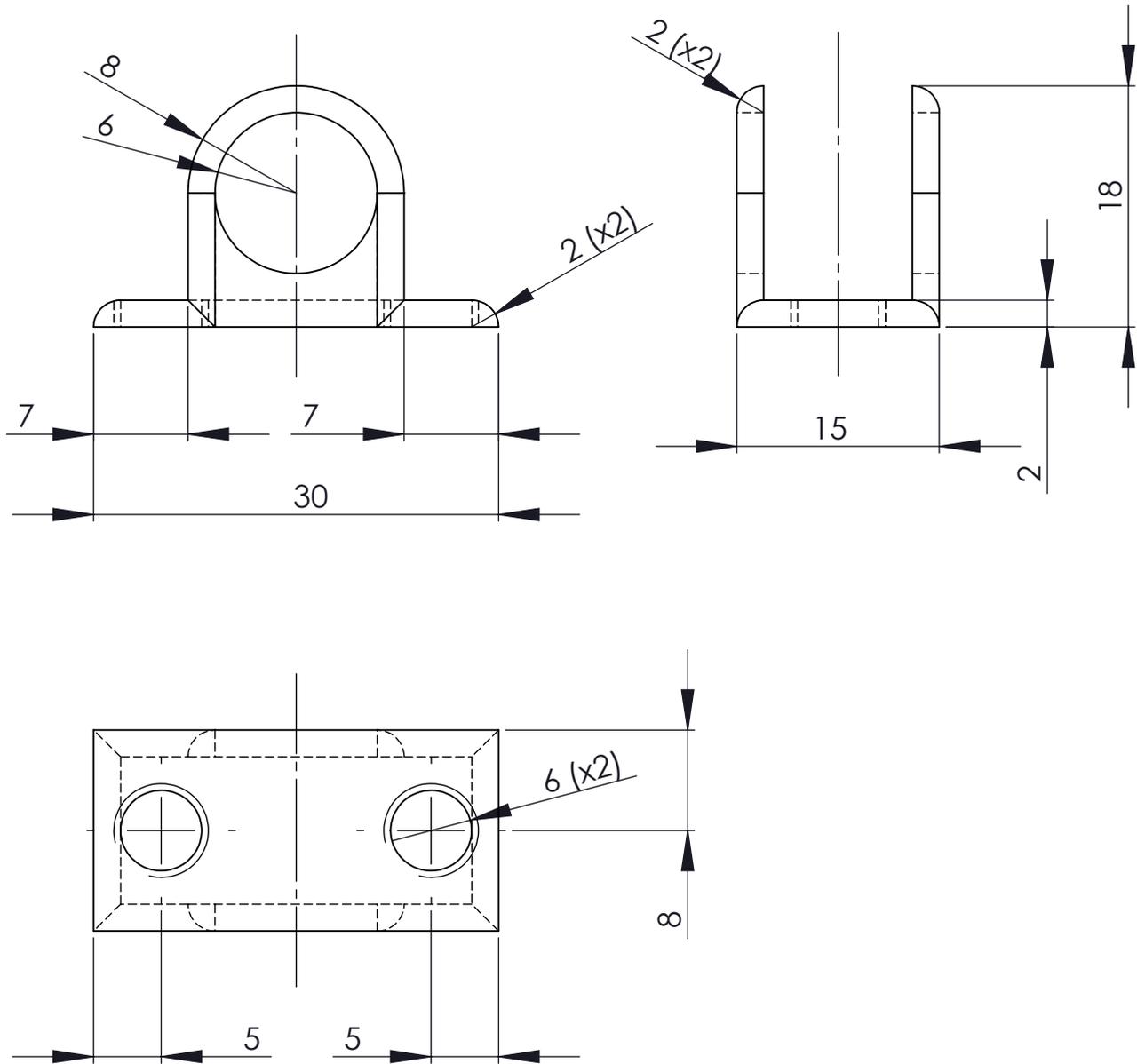


NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº		REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	17/07/12
	SUPORTE PARA OS PÉS		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:5	APROVADO	

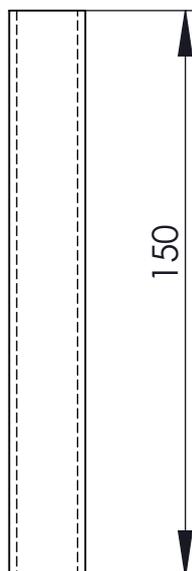
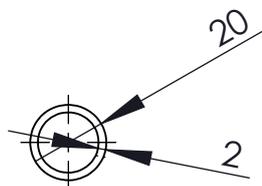


NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	DESENHO Nº	57	REVISÃO Nº	01
	UNIDADE	mm	DATA	17/07/12
 UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	SETOR	DAMEC	NOME	Ge V
	SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	SUPORTE MACA		ESCALA 1:5	APROVADO

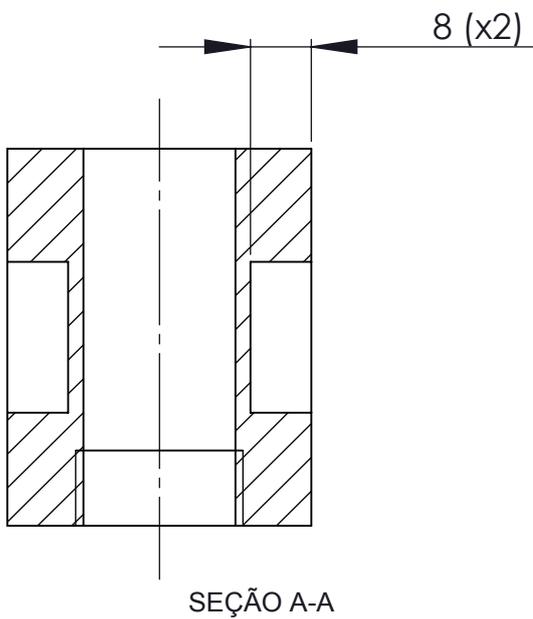
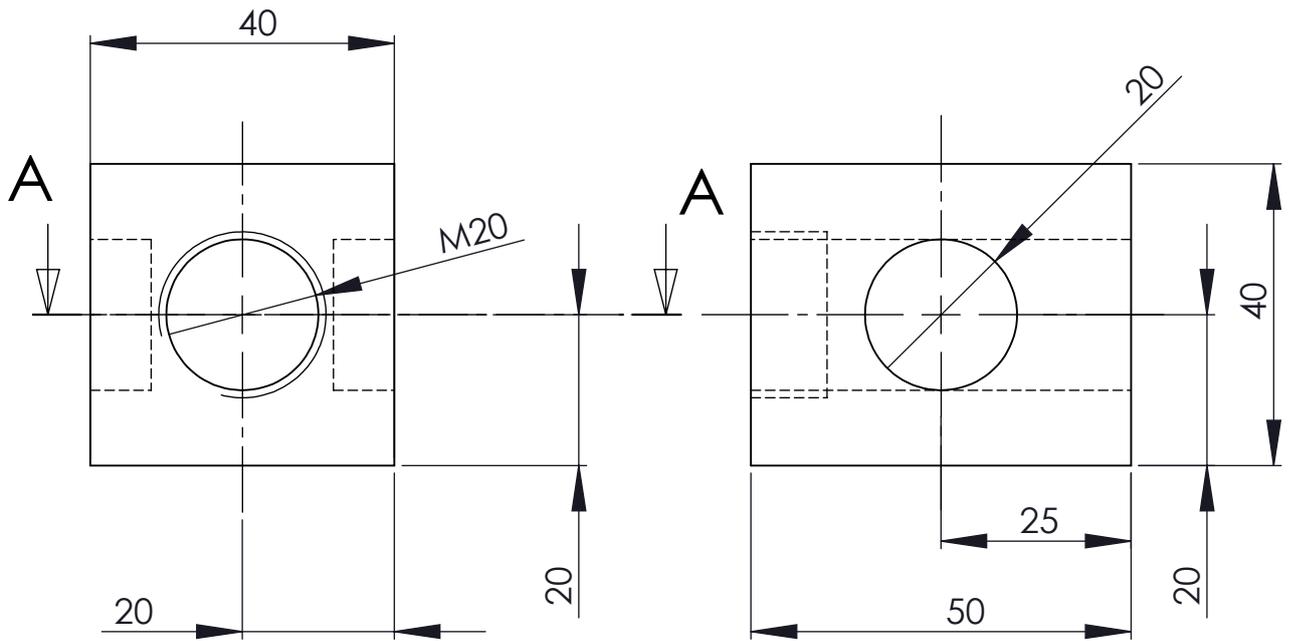




NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	48	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	17/07/12
	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		SETOR	DAMEC	NOME	Ge V
	SUPORTE INFERIOR DA ARTICULAÇÃO DA MACA		SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	2:1	APROVADO	



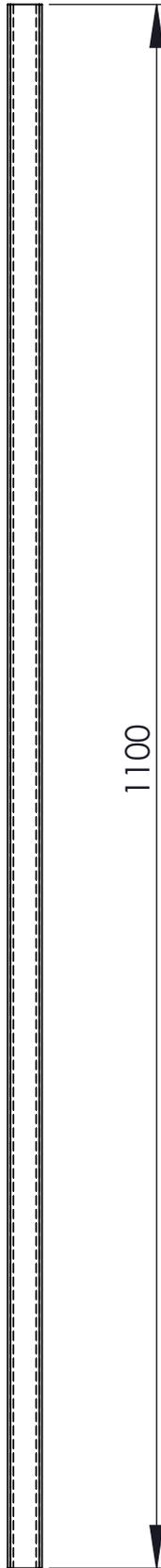
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	59	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	17/07/12
	PROPENSOR PARA AS PERNAS		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA 1:2	APROVADO		



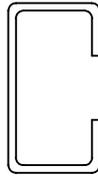
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		DESENHO Nº	13	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	04/08/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	PORCA		ESCALA 1:1	APROVADO		



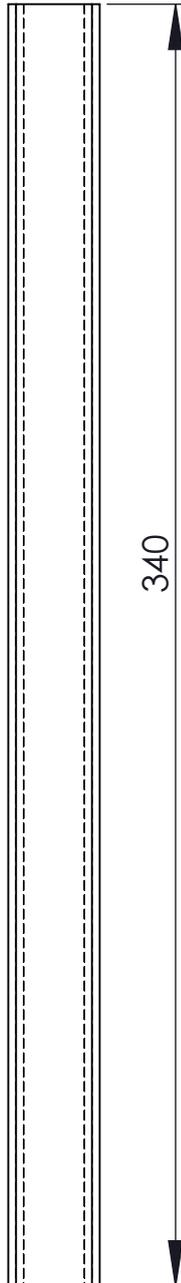
Perfil C 45x2mm



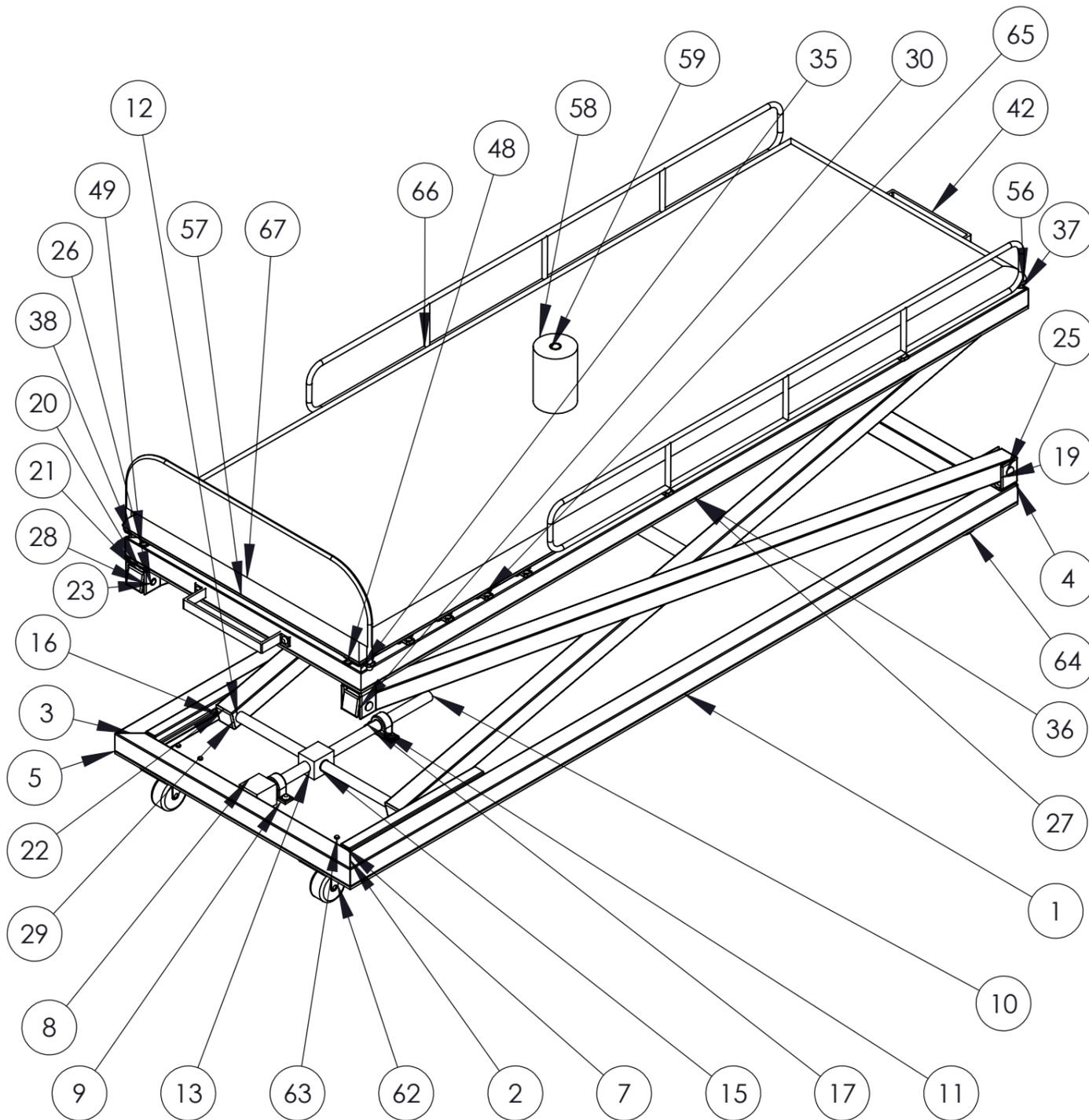
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA	DESENHO Nº	43	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	17/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	PERFIL GUIA SUPERIOR		ESCALA 1:5	APROVADO		



Perfil C45x2mm



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA	DESENHO Nº	07	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	17/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	PERFIL GUIA INFERIOR	ESCALA 1:2	APROVADO			

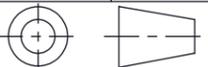


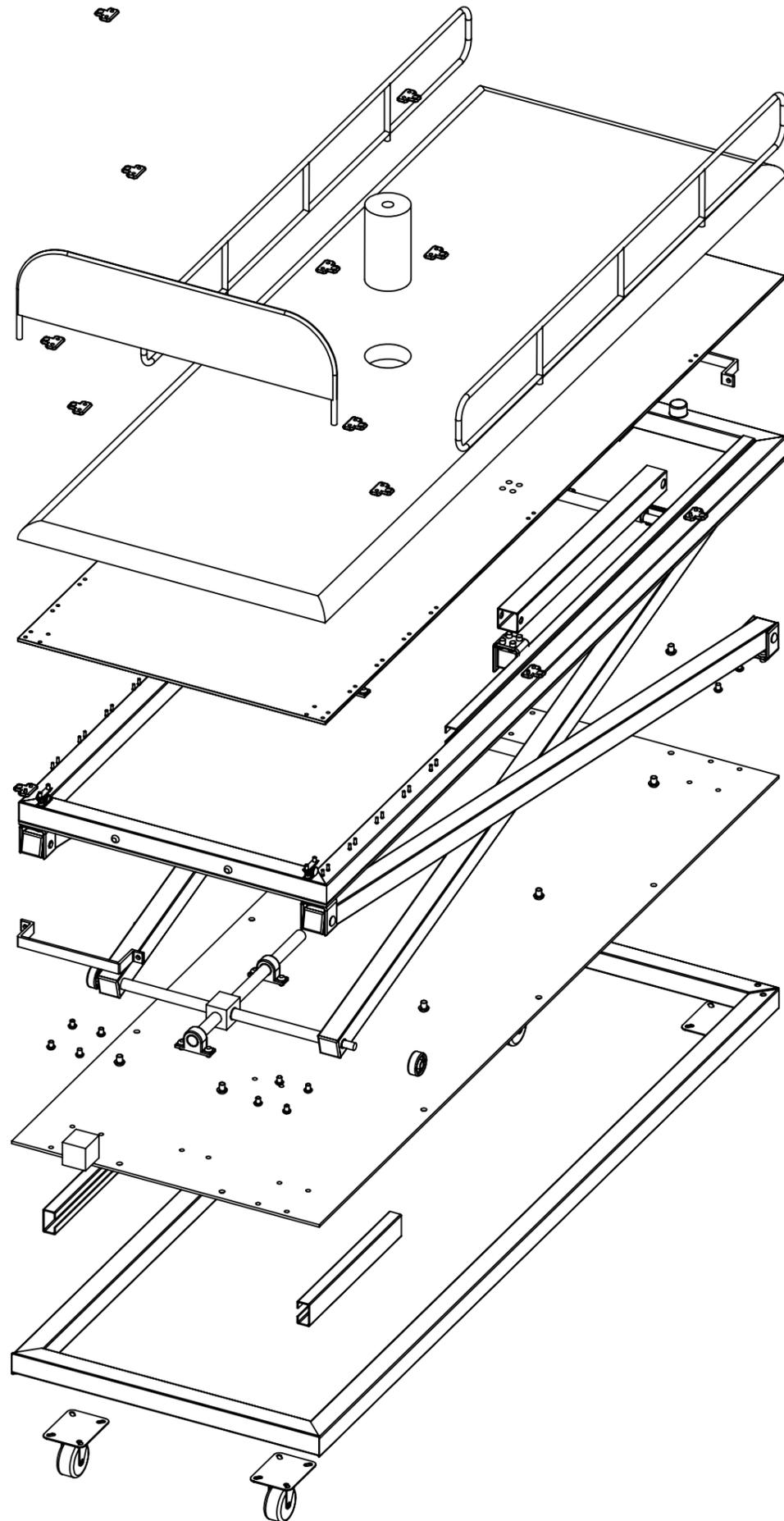
OBS.: Os itens de submontagens não são indicados no presente desenho.

LISTA DE MATERIAIS

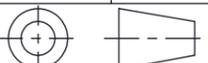
No.	Denominação	Qtde.	Especificação	Material
1	Barra Primária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
2	Barra Secundária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
3	Barra Terciária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
4	Barra Quartenária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
5	Chapa Inferior	1	Chapa de esp. 5mm	AISI 1020
6	Parafuso M10 - Fixação das chapas	20	M10 - Cabeça sextavada - Comp. total 20mm	AISI 1020
7	Perfil Guia Inferior	2	Perfil C 45x2	AISI 1020
8	Motor Elétrico	2	WEG - 60Hz - 4pólos - 220/380V - 0,25kW	Carcaça de Al Injetado
9	Mancal para o Fuso Trapezoidal Inferior	4	Usinado	AISI 1020
10	Fuso Trapezoidal Inferior	1	Diâmetro 20mm - passo 4	AISI 1020
11	Bucha para os Mancais	4	IGUS modelo GSM-1020-20	PTFE
12	Eixo de Acionamento do Sistema de Elevação	2	Tarugo de diâm. 20mm	AISI 1020
13	Porca	2	Tarugo retang 40x40x50mm	AISI 1020
14	Anel Elástico 3	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 13mm	AISI 1020
15	Anel Elástico 4	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 13mm	AISI 1020
16	Roda	4	SCHIOPPA modelo R 212 NIT	Nylon 6/10
17	Parafuso M8 - Mancal	12	M8 - Cabeça sextavada - Comp. total 20mm	AISI 1020
18	Flange Secundária	1	Chapa dobrada de esp. 5mm	AISI 1020
19	Flange Primária	1	Chapa de esp. 5mm dobrada	AISI 1020
20	Parafuso M10 - Flange	20	M10 - Cabeça sextavada - Comp. total 20mm	AISI 1020
21	Barra Articulada para Elevação	2	Metalon 40x40x2	AISI 1020
22	Tampa para Extremidade das Barras	12	MARTFER Tampa Plástica para Metalon 40x40	PE Baixa Densidade
23	Pino da Articulação das Barras	8	Diâm. 10 mm - Comp. 53mm	AISI 1020
24	Bucha para as Flanges	16	IGUS modelo GSM-1012-07	PTFE
25	Arruela da Articulação das Barras	24	FIXOTRAVAS - Arruela de Ajuste - Diâm. interno 12mm	AISI 1020
26	Anel Elástico 1	10	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 10mm	AISI 1020
27	Chapa Superior	1	Chapa de esp. 5mm	AISI 1020
28	Flange Quartenária	2	Chapa de esp. 5mm dobrada	AISI 1020
29	Barra Deslizante Articulada para Elevação	2	Metalon 40x40x2	AISI 1020
30	Flange Terciária	2	Chapa de esp. 5mm dobrada	AISI 1020
31	Eixo Guia Inferior	1	Tarugo de diâm. 25mm	AISI 1020
32	Anel Elástico 5	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 25mm	AISI 1020
33	Anel Elástico 6	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 25mm	AISI 1020
34	Bucha para Barras Articuladas	8	IGUS modelo GSM-1012-15	PTFE
35	Barra Secundária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
36	Barra Primária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
37	Barra Quartenária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
38	Barra Terciária da Base Superior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
39	Batente para Maca	2	Tarugo de diâm. 30mm	AISI 1020
40	Anel Elástico 7	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 30mm	AISI 1020
41	Anel Elástico 8	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 30mm	AISI 1020
42	Puxador	2	INDART tipo Arquivo - furação 220mm	PVC Rígido
	Perfil Guia Superior	2	Perfil C 45x2	AISI 1020
44	Fuso Trapezoidal Superior	1	Diâm. 20mm - passo 4	AISI 1020
45	Eixo de Acionamento do Sistema de Inclinação	2	Tarugo de diâm. 20mm	AISI 1020
46	Anel Elástico 11	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 20mm	AISI 1020
47	Anel Elástico 12	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 20mm	AISI 1020
48	Suporte Inferior da Articulação da Maca	2	Usinado	AISI 1020
49	Parafuso M6 - Suporte Maca	8	M6 - Cabeça sextavada - Comp. total 20mm	AISI 1020
50	Barra de Acionamento da Inclinação	2	Metalon 40x40x2	AISI 1020
51	Suporte Superior da Articulação da Maca	2	Usinado	AISI 1020
52	Pino da Articulação da Maca	2	Diâm. 11 mm - Comp. 17mm	AISI 1020
53	Bucha para a Articulação da Maca	2	IGUS modelo GSM-1012-15	PTFE
54	Arruela da Articulação da Maca	6	FIXOTRAVAS - Arruela de Ajuste - Diâm. interno 12mm	AISI 1020
55	Flange para Barras de Acionamento da Inclinação	2	Chapa de esp. 5mm dobrada	AISI 1020
56	Cama	1	Chapa de esp. 30mm	AISI 1020
57	Suporte Maca	1	Chapa de esp. 5mm	AISI 1020
58	Espuma para o Propensor	1	Densidade 45	Poliuretano
59	Propensor para as Pernas	1	Tubo diâm. 20mm e esp. 2mm	AISI 1020
60	Anel Elástico 2	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 20mm	AISI 1020
61	Parafuso M4 - Lateral	28	M4 - Cabeça sextavada - Comp. total 20mm	AISI 1020
62	Flange para o Rodízio	4	Incluso no Rodízio	AISI 1020
63	Parafuso M8 - Rodízios	16	Incluso no Rodízio	AISI 1020
64	Rodízio	4	SCHIOPPA modelo GL 212 NIT	Nylon 6/10
65	Flange de fixação da Aba Lateral	14	Chapa de esp. 5mm	AISI 1020
66	Aba de Proteção Lateral	2	Tubo de diâm. 10mm	AISI 1020
67	Suporte para os Pés	1	Chapa de esp. 10mm	AISI 1020

NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	01
			REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm
			DATA	14/07/12
ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA			SETOR	MECÂNICA
			NOME	GeV
EQUIPAMENTO PARA TRANSPORTE E ACOMODAÇÃO DE CRIANÇA COM DEFICIÊNCIA NEUROMOTORA			SOLICITANTE	VRUBEL
			VISTO	
			ESCALA	APROVADO
			1:10	

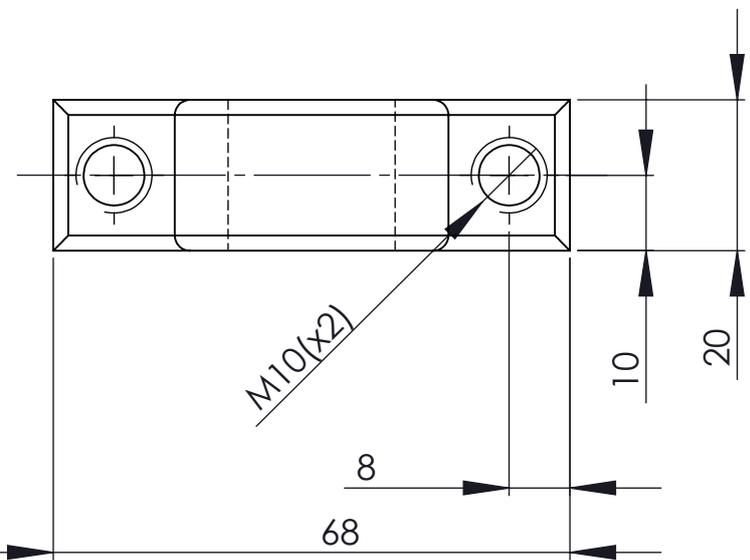
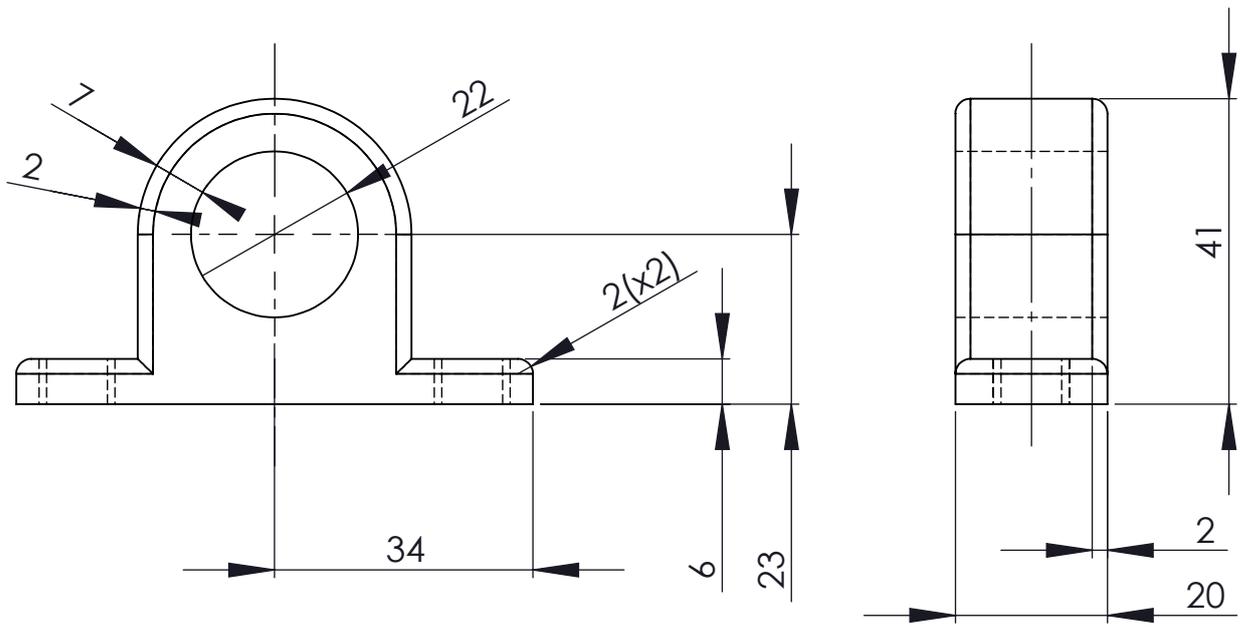




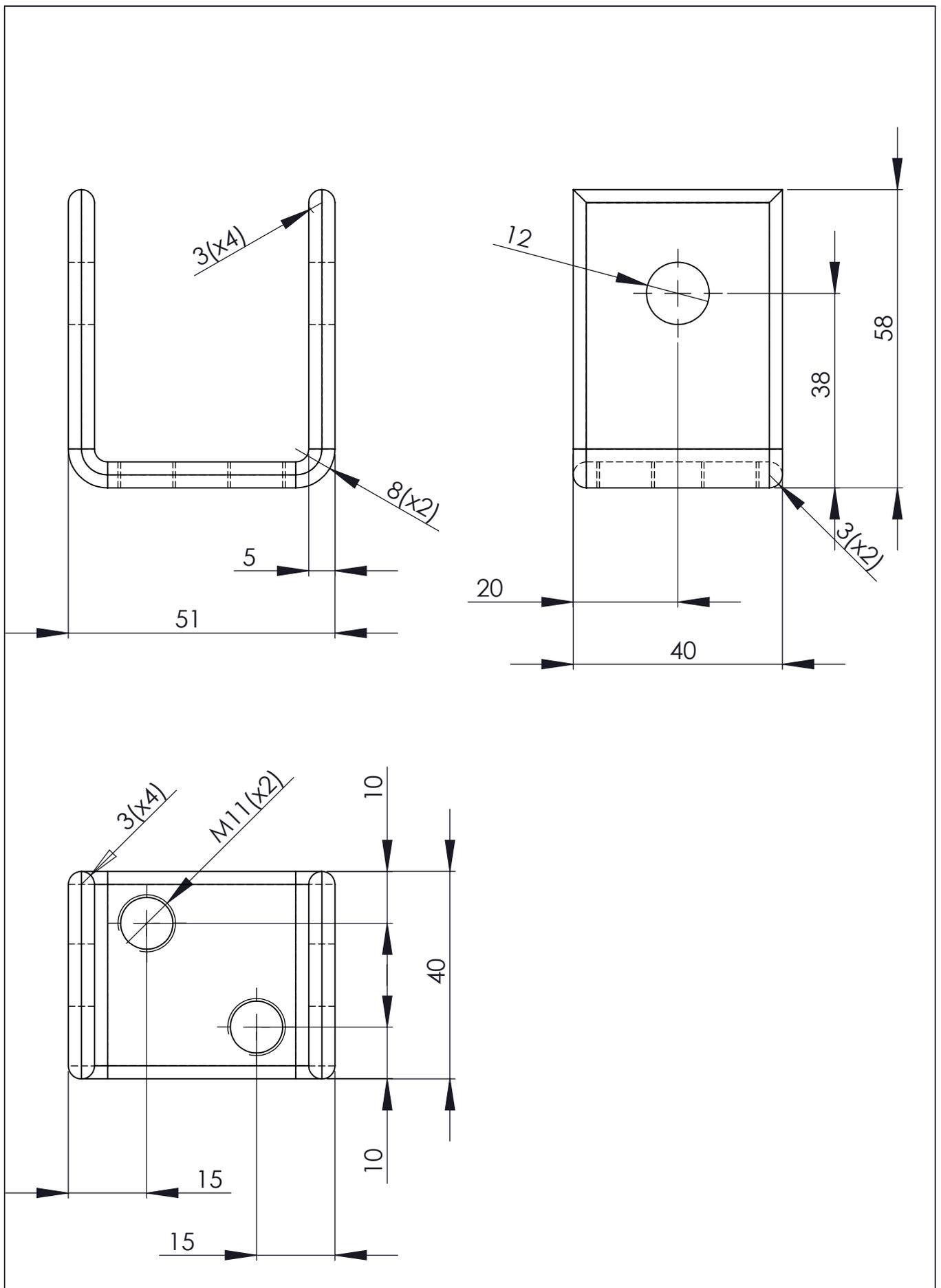
OBS.: Não foram separadas todas as peças da montagem porque devido ao grande número de peças, a visibilidade geral da montagem seria prejudicada.

NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	REVISÃO Nº 01
			UNIDADE	mm DATA 09/09/12
ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA			SETOR	DAMEC NOME Ge V
			SOLICITANTE	VRUBEL VISTO
VISTA EXPLODIDA DA MONTAGEM			ESCALA 1:10	APROVADO 

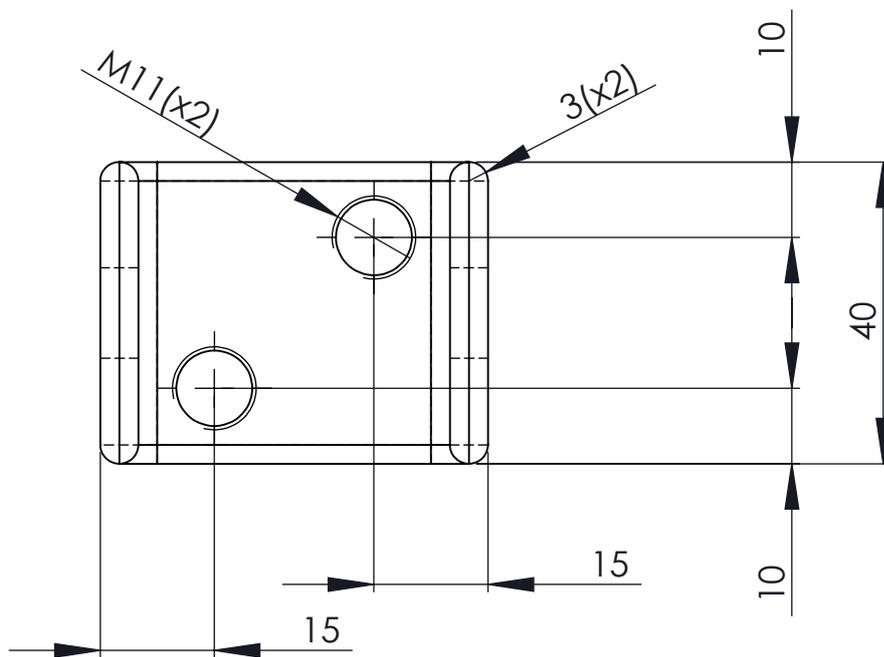
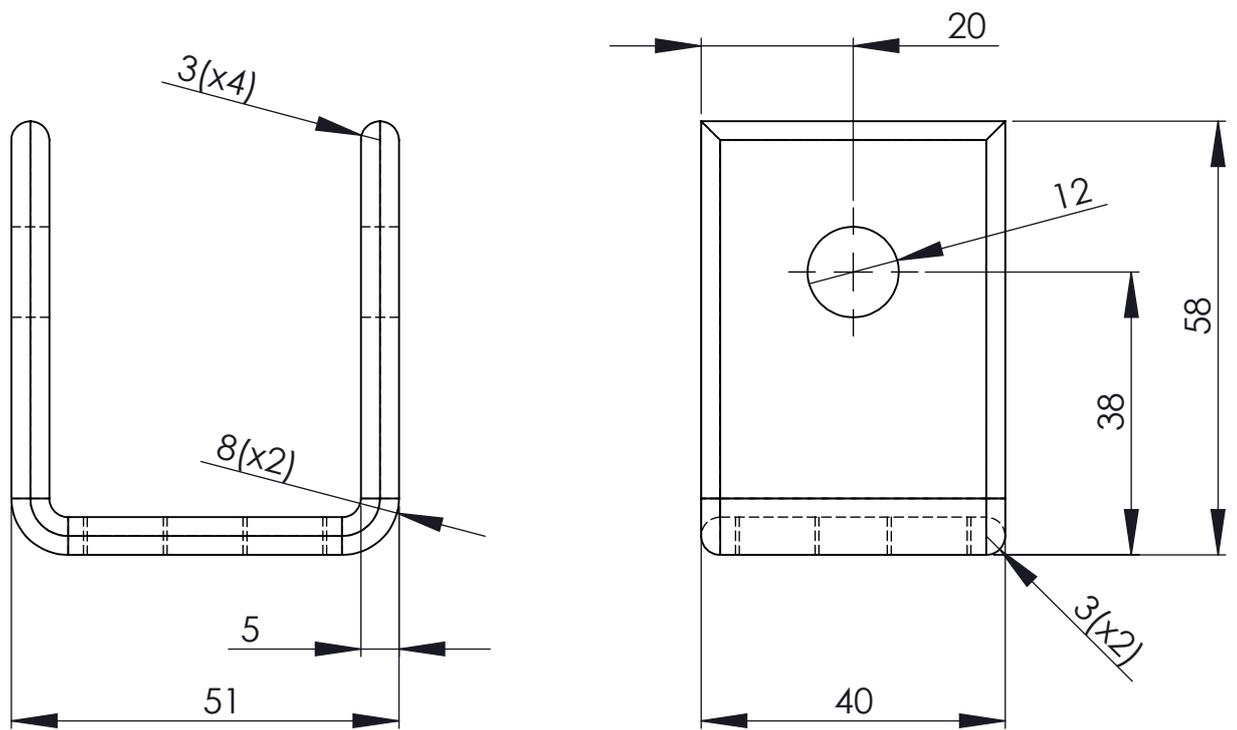




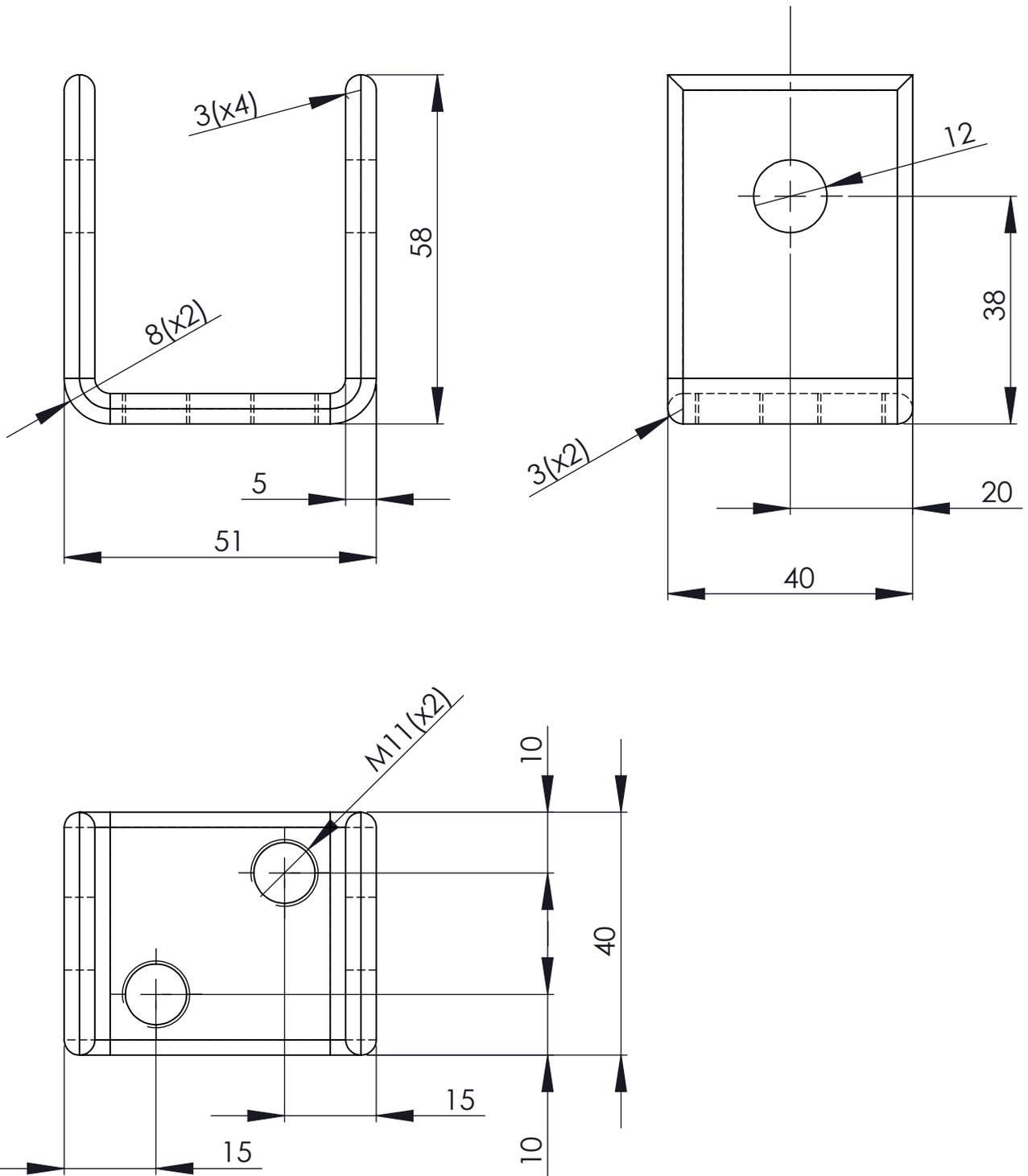
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		DESENHO Nº	09	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	17/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		ESCALA	1:1	APROVADO	
	MANCAL PARA O FUSO TRAPEZOIDAL INFERIOR					



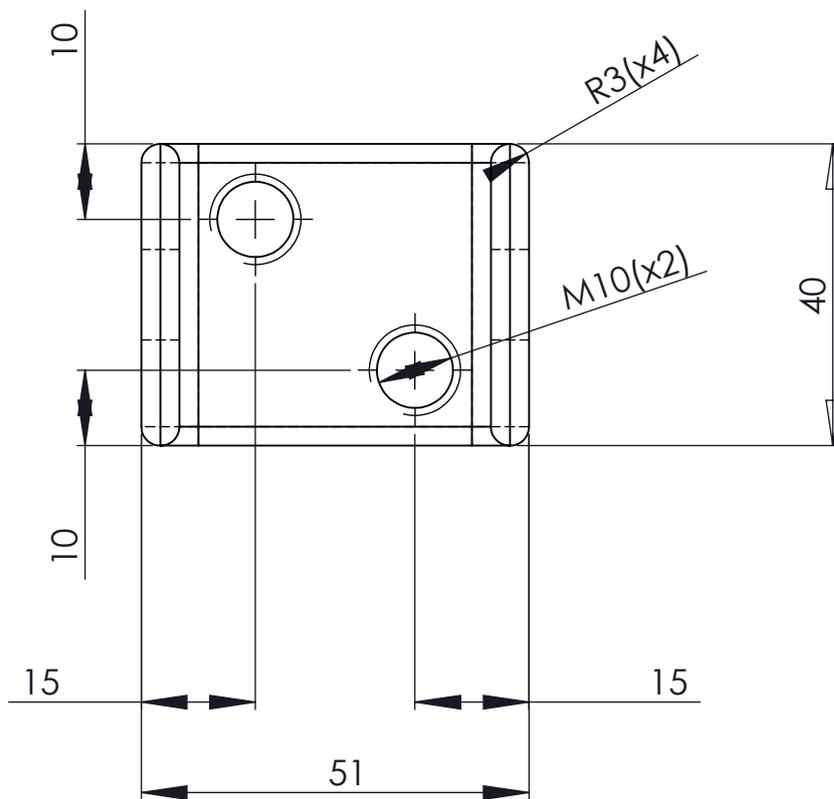
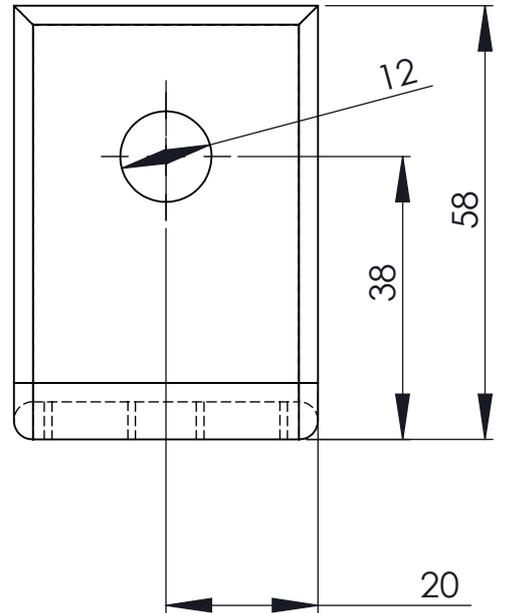
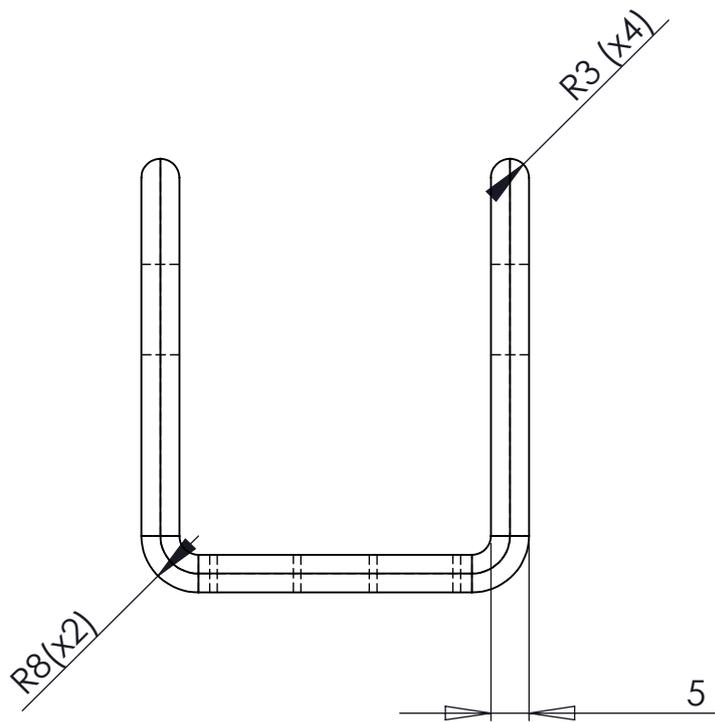
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA	FLANGE TERCIÁRIA	DESENHO Nº	30	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	16/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:1	APROVADO	



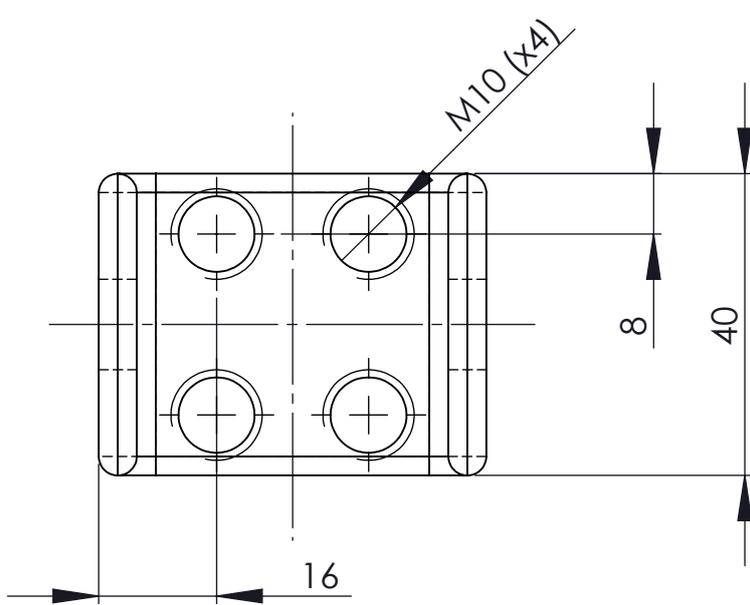
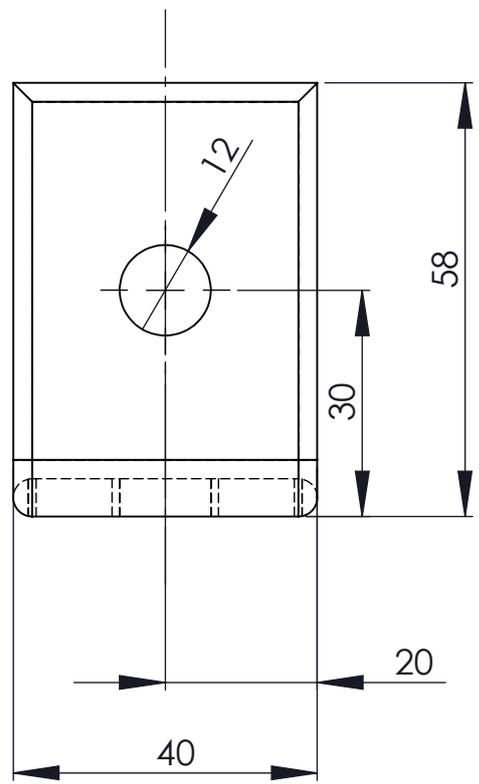
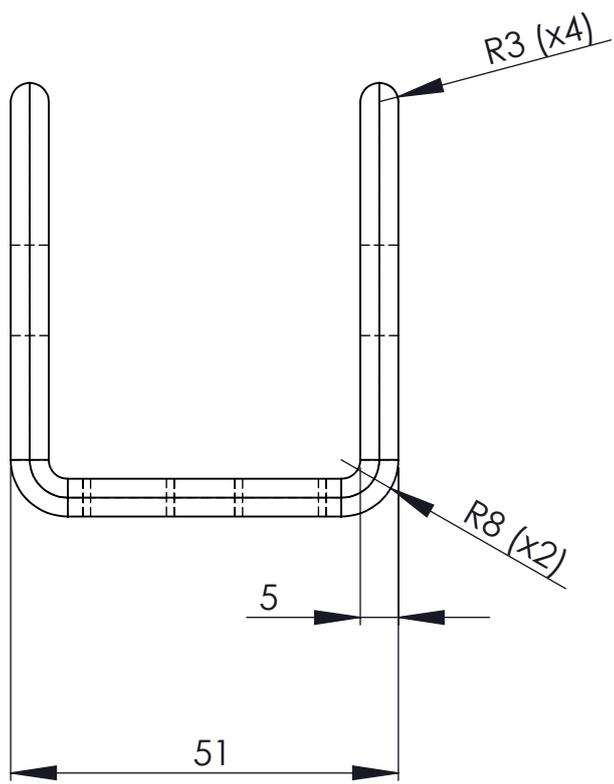
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	18	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	16/07/12
	FLANGE SECUNDÁRIA		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:1	APROVADO	



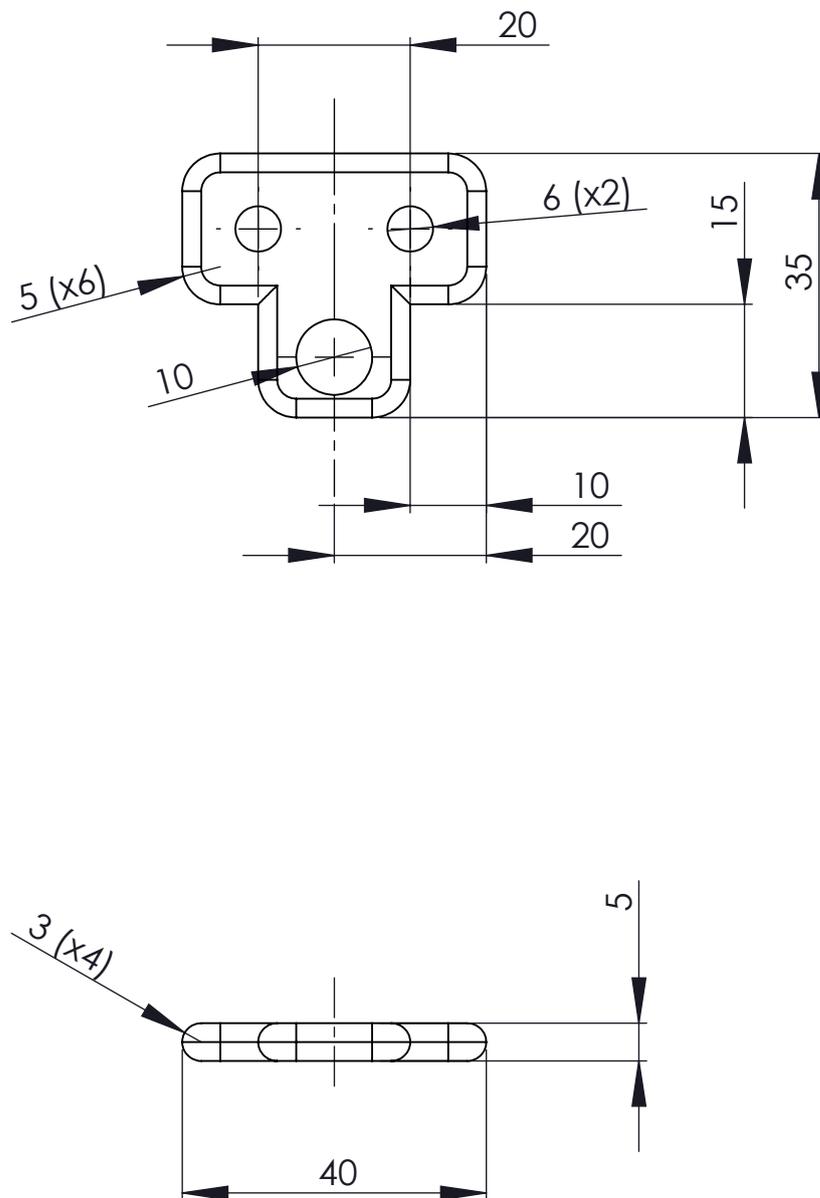
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA	1	DESENHO Nº	28	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	16/07/12
	FLANGE QUARTENÁRIA	1	SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:1	APROVADO	



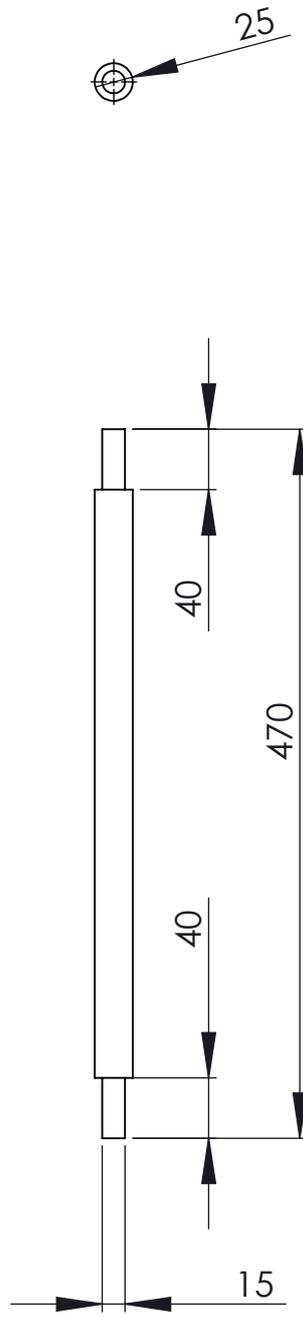
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	19	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	16/07/12
	FLANGE PRIMÁRIA		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	APROVADO		



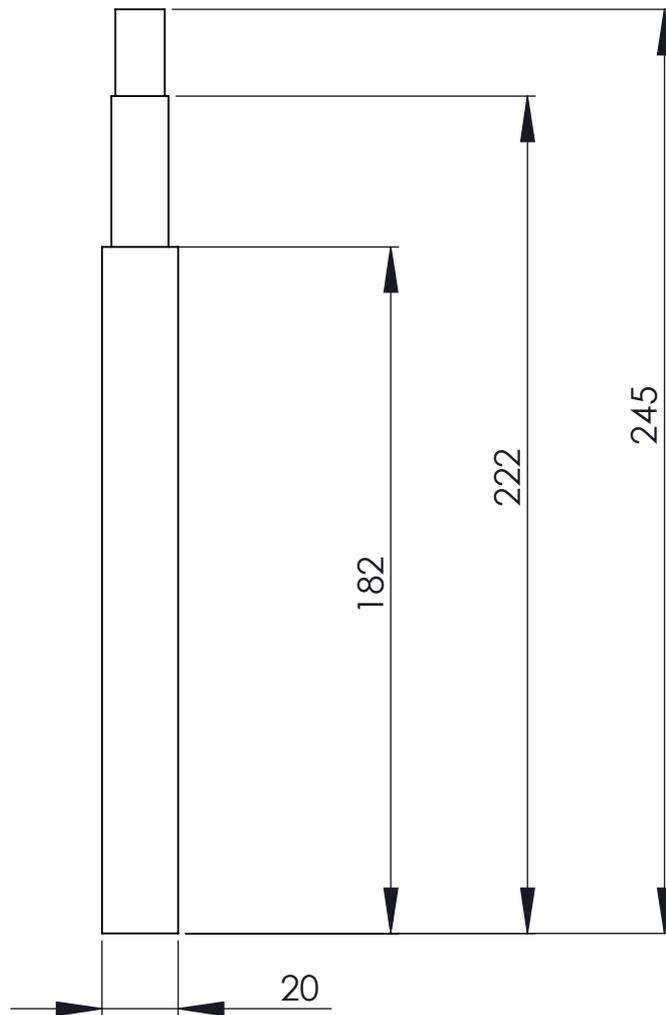
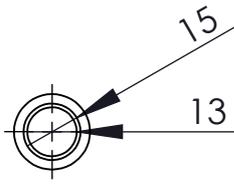
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	55	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	16/07/12
	FLANGE PARA BARRAS DE ACIONAMENTO DA INCLINAÇÃO		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:1	APROVADO	



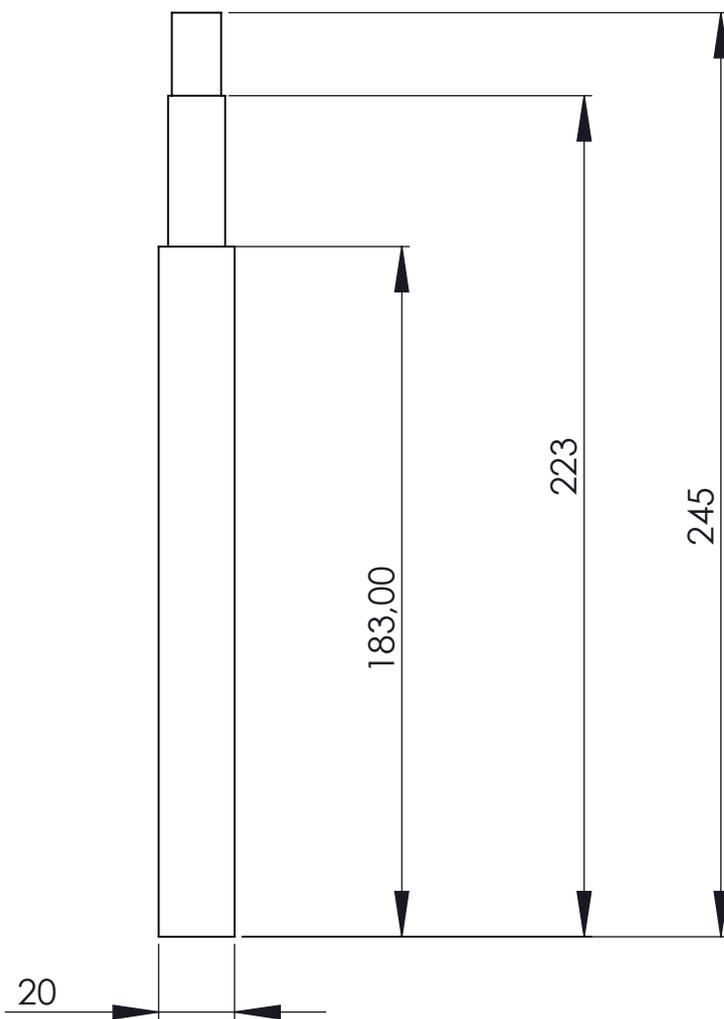
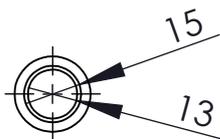
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº		REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	16/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	FLANGE DE FIXAÇÃO DA ABA LATERAL		ESCALA	1:1	APROVADO	



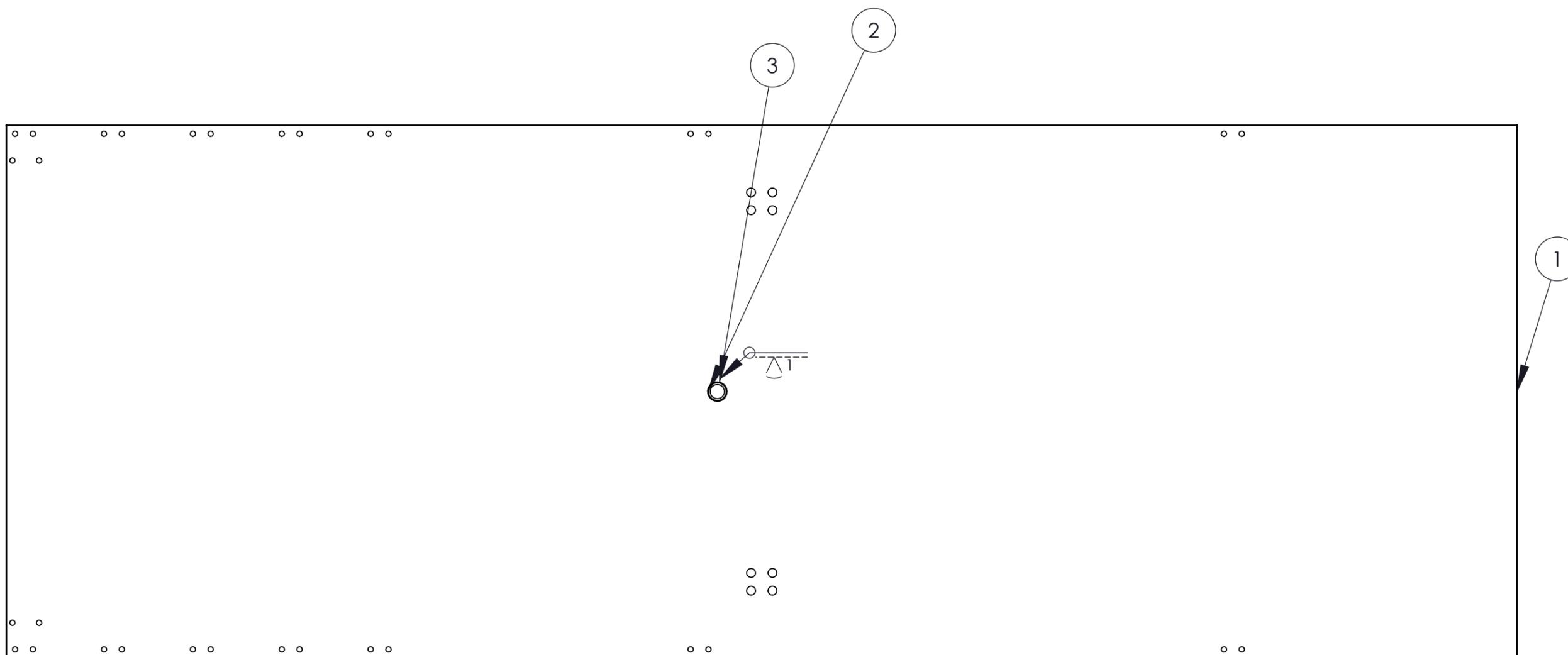
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		DESENHO Nº	31	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	16/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	EIXO GUIA INFERIOR		ESCALA 1:5	APROVADO		



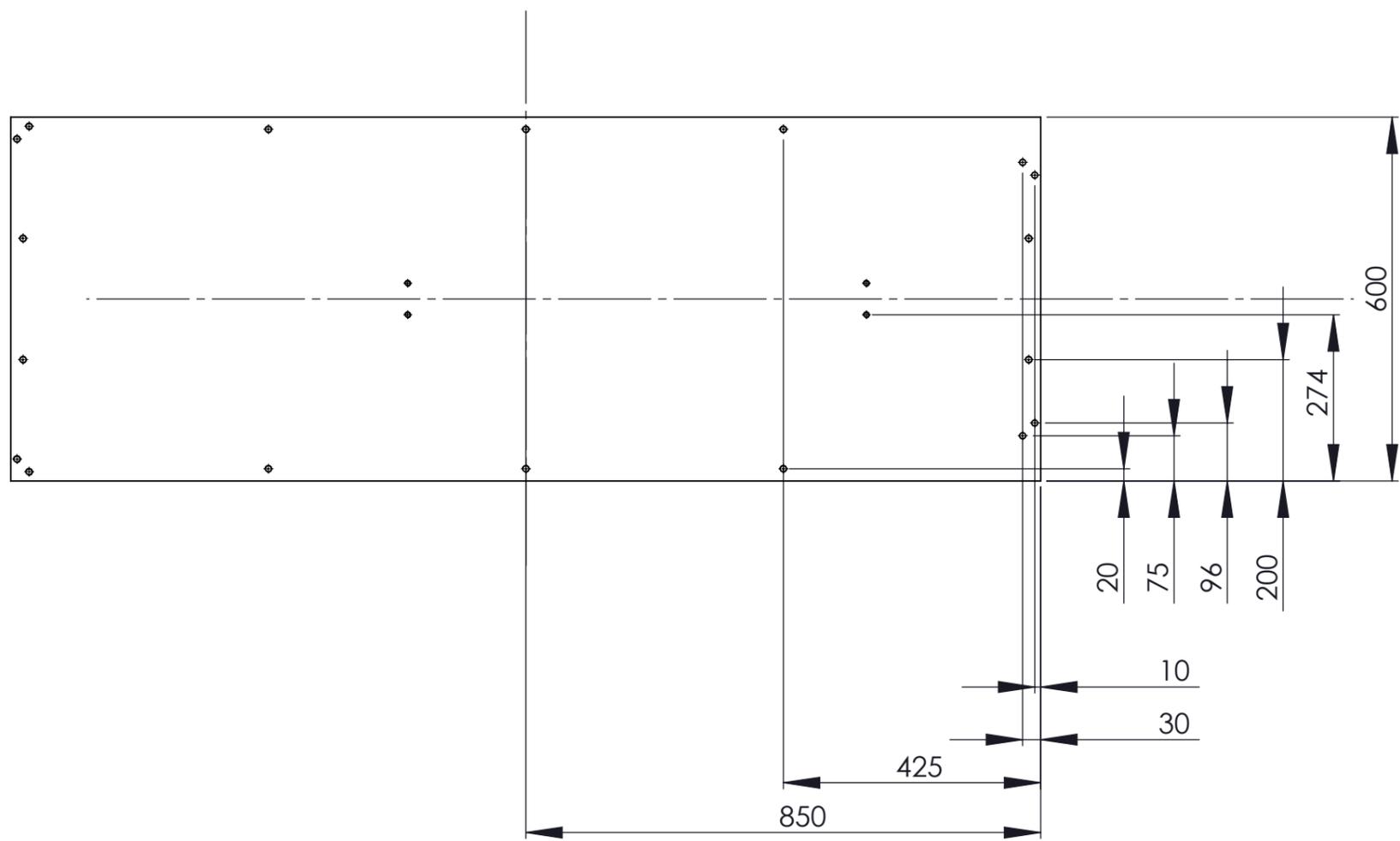
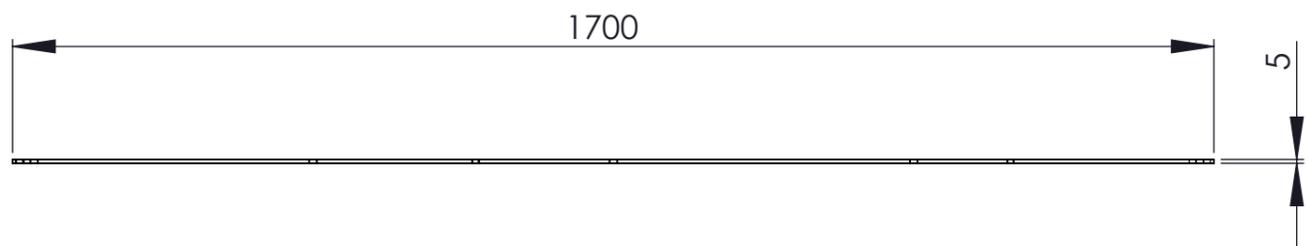
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	45	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	16/07/12
	EIXO DE ACIONAMENTO DO SISTEMA DE INCLINAÇÃO		SETOR	DAMEC	NOME	Ge V
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:2	APROVADO	



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	12	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	16/07/12
	EIXO DE ACIONAMENTO DO SISTEMA DE ELEVAÇÃO		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:2	APROVADO	

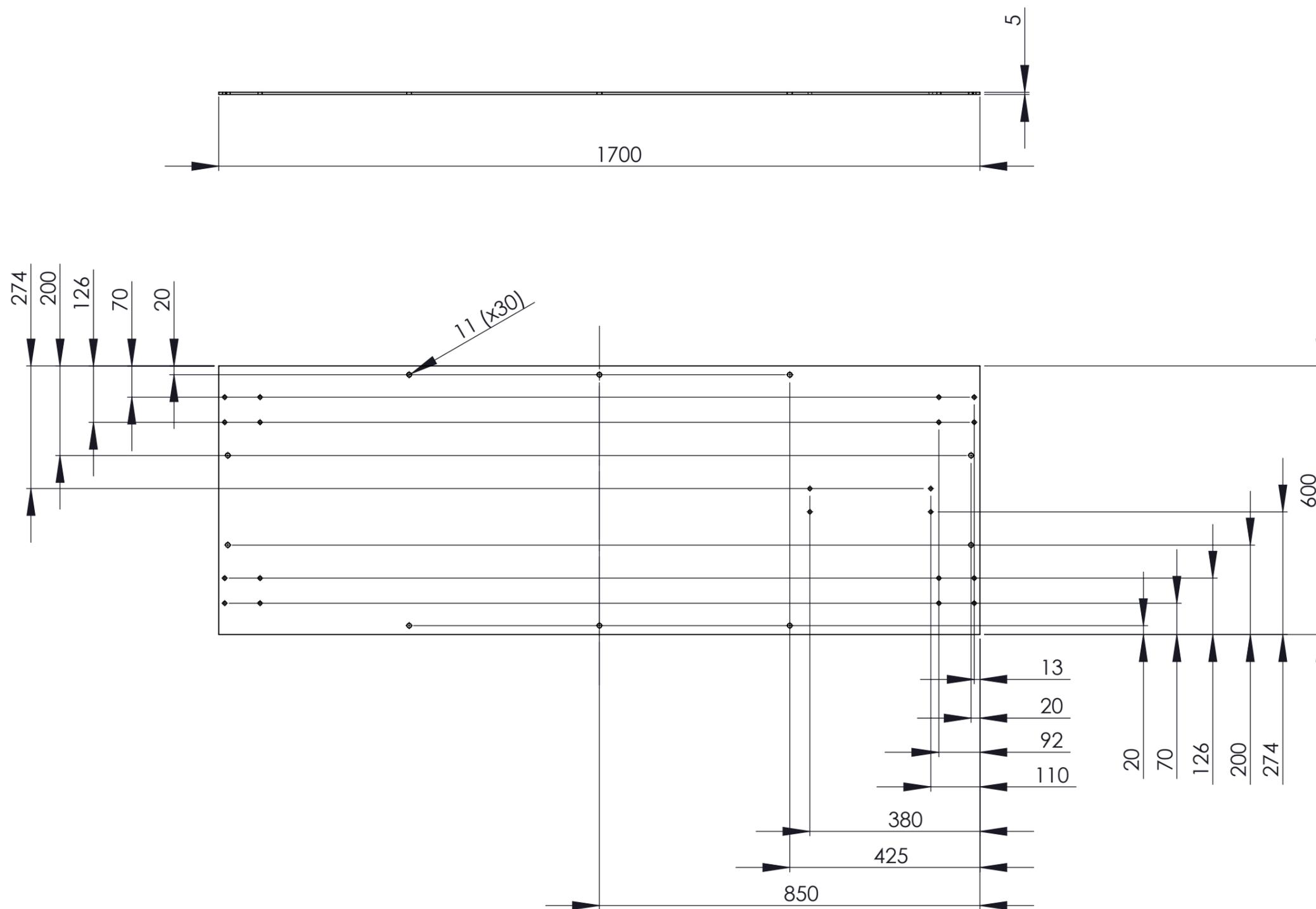


LISTA DE MATERIAIS				
No.	Denominação	Qtde.	Especificação	Material
1	Suporte Maca	1	Chapa de esp. 5mm	AISI 1020
2	Propensor para as Pernas	1	Tubo de diâm. 20mm e esp. 2mm	AISI 1020
3	Anel Elástico 2	1	FIXOTRAVAS - norma DIN 471 - Diâm. interno de 20mm	AISI 1020
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	REVISÃO Nº 01
			UNIDADE	mm DATA 04/08/12
			SETOR	DAMEC NOME GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL VISTO
			ESCALA 1:5	APROVADO
CONJUNTO CHAPA SUPORTE PARA MACA				

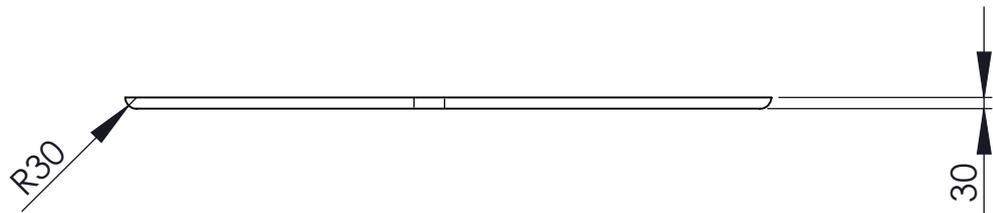
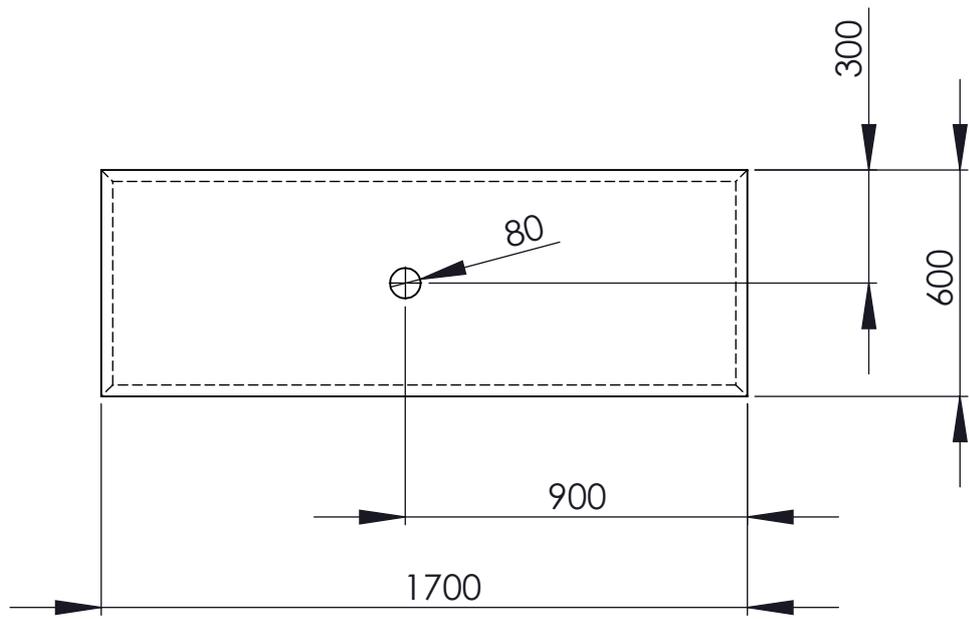


NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		DESENHO Nº	27
			REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm
			DATA	15/07/12
			SETOR	DAMEC
		SOLICITANTE	VRUBEL	NOME
			VISTO	Ge V
		ESCALA	1:10	APROVADO

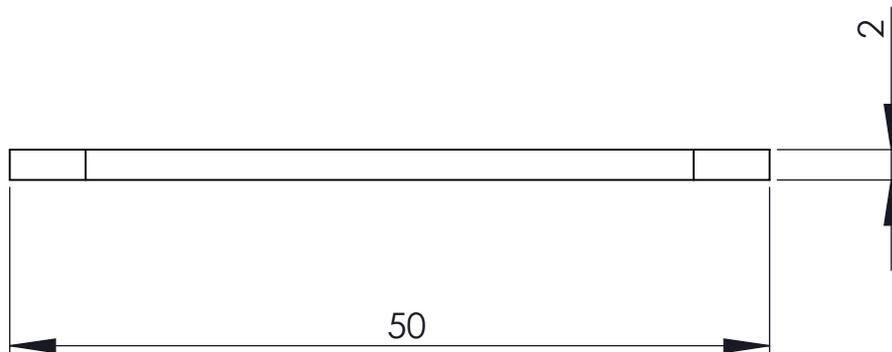
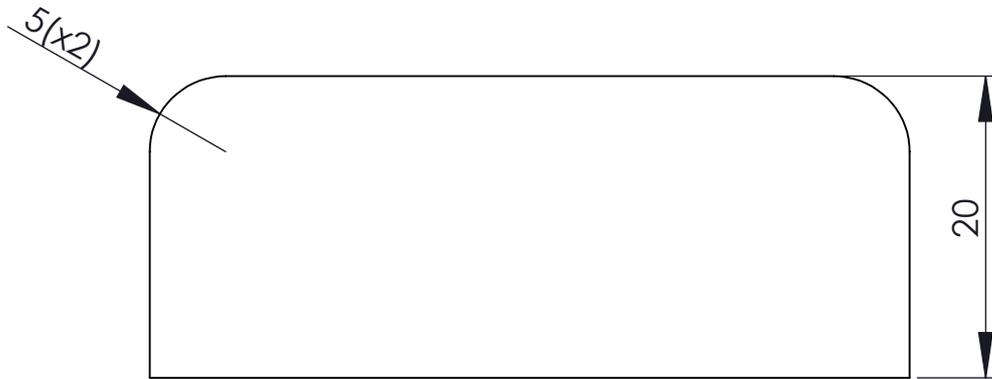




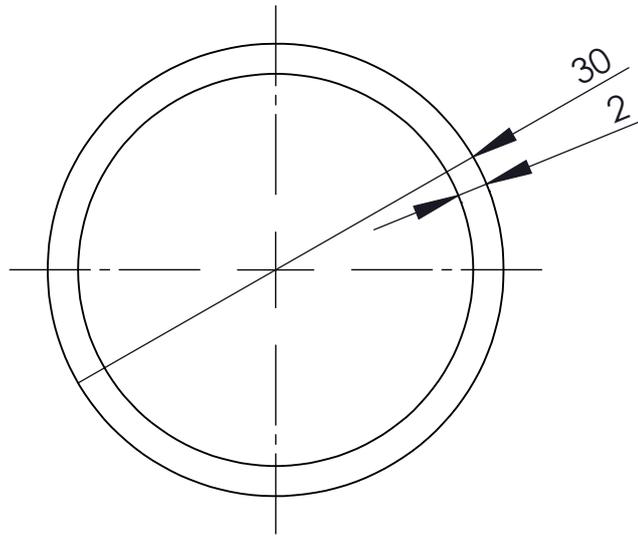
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		DESENHO Nº	05
			UNIDADE	mm
	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		SETOR	DAMEC
			SOLICITANTE	VRUBEL
	CHAPA INFERIOR		ESCALA	1:10
			REVISÃO Nº	01
			DATA	15/07/12
			NOME	GeV
			VISTO	
			APROVADO	 



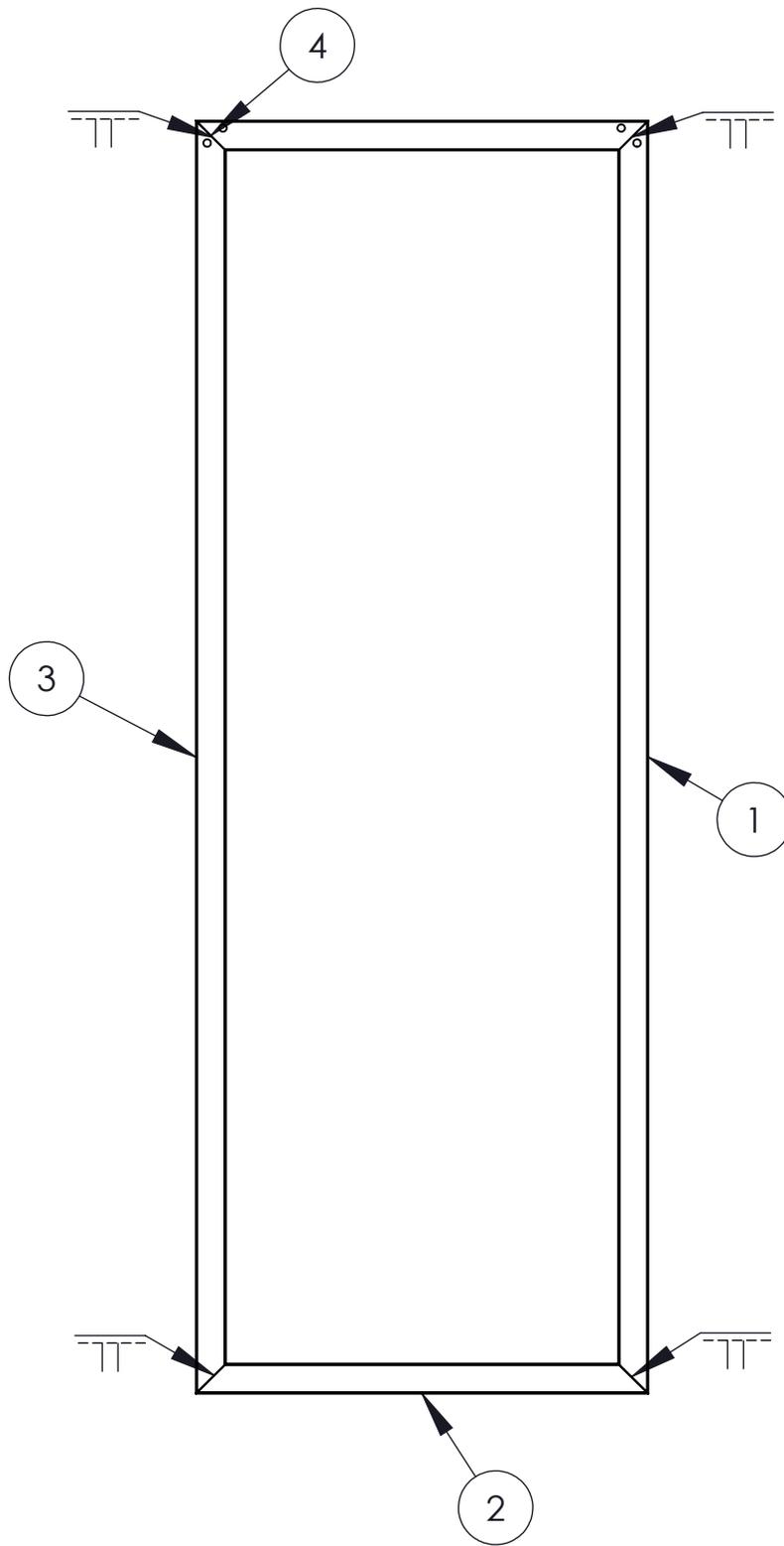
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		DESENHO Nº	56	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		ESCALA	1:20	APROVADO	
	CAMA					



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº		REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
	BATENTE		SETOR	DAMEC	NOME	Ge V
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	2:1	APROVADO	



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	39	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
	BATENTE PARA A MACA		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	2:1	APROVADO	



LISTA DE MATERIAIS

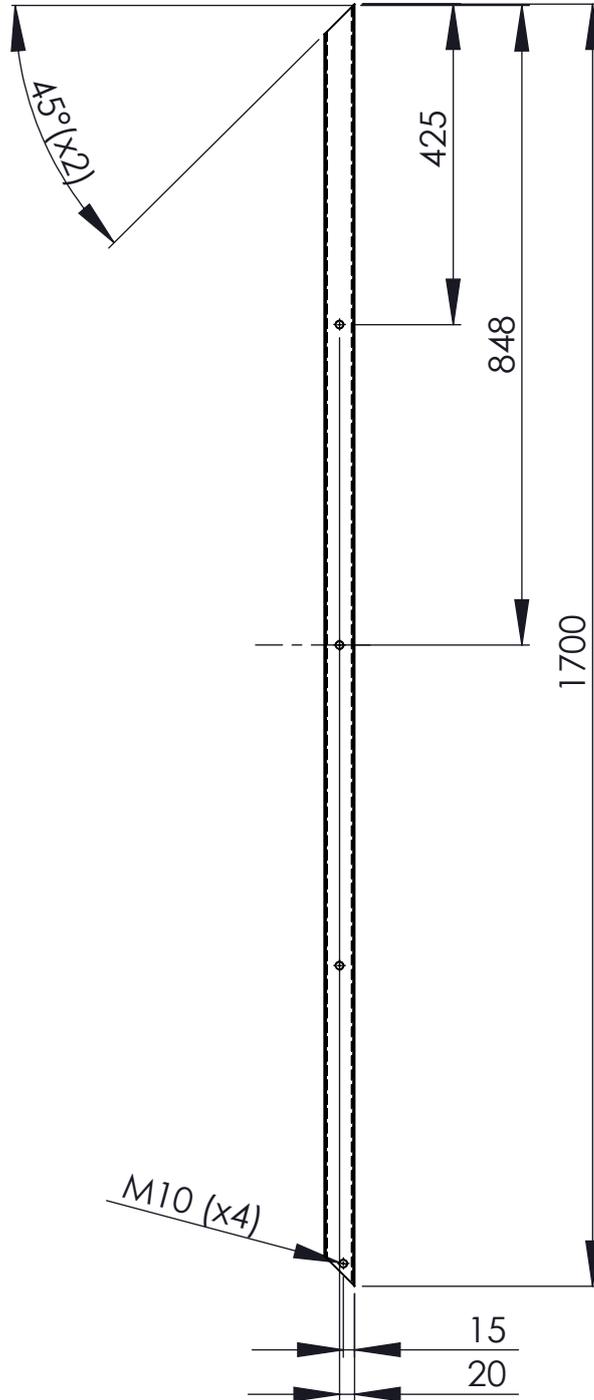
No.	Denominação	Qtde.	Especificação	Material
1	Barra Primária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
2	Barra Secundária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
3	Barra Terciária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020
4	Barra Quartenária da Base Inferior	1	Metalon 40x40x2	AISI 1020

NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			DESENHO Nº	REVISÃO Nº 01
			UNIDADE	mm DATA 04/08/12
ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA			SETOR	DAMEC NOME Ge V
			SOLICITANTE	VRUBEL VISTO
CONJUNTO BASE INFERIOR			ESCALA 1:10	APROVADO





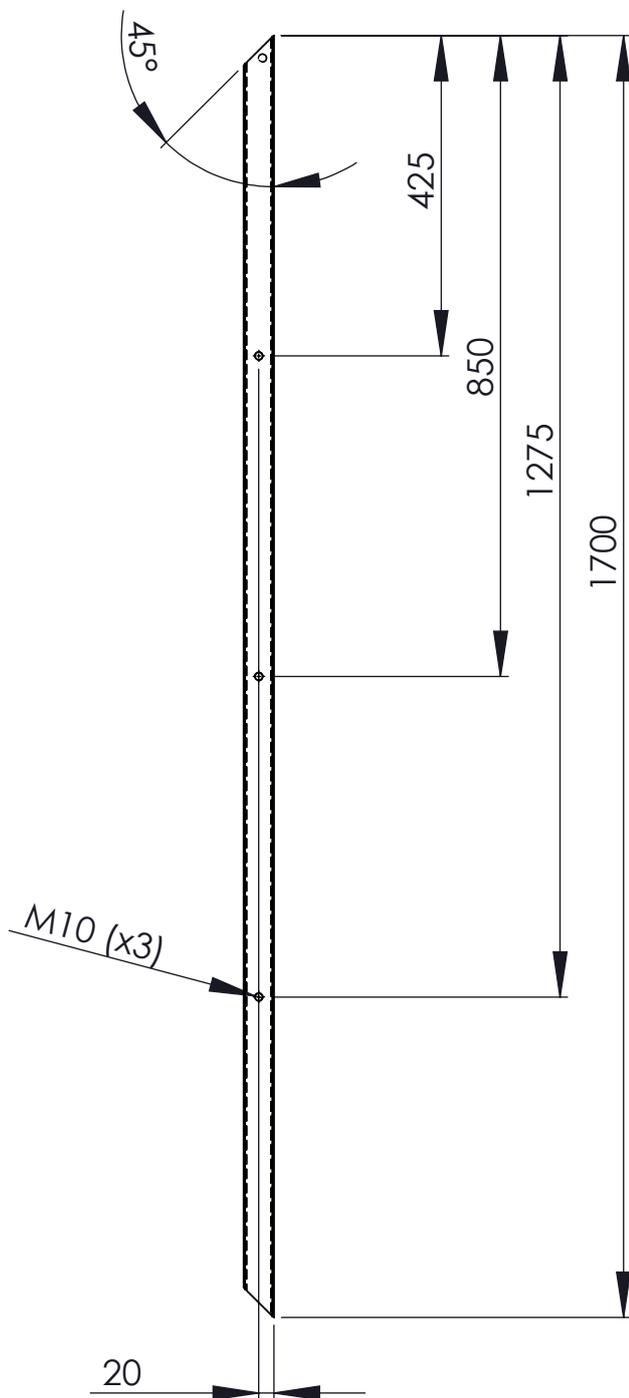
PERFIL QUADRADO 40x40x2



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	37	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
	BARRA TERCIÁRIA DA BASE SUPERIOR		SETOR	DAMEC	NOME	Ge V
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:10	APROVADO	



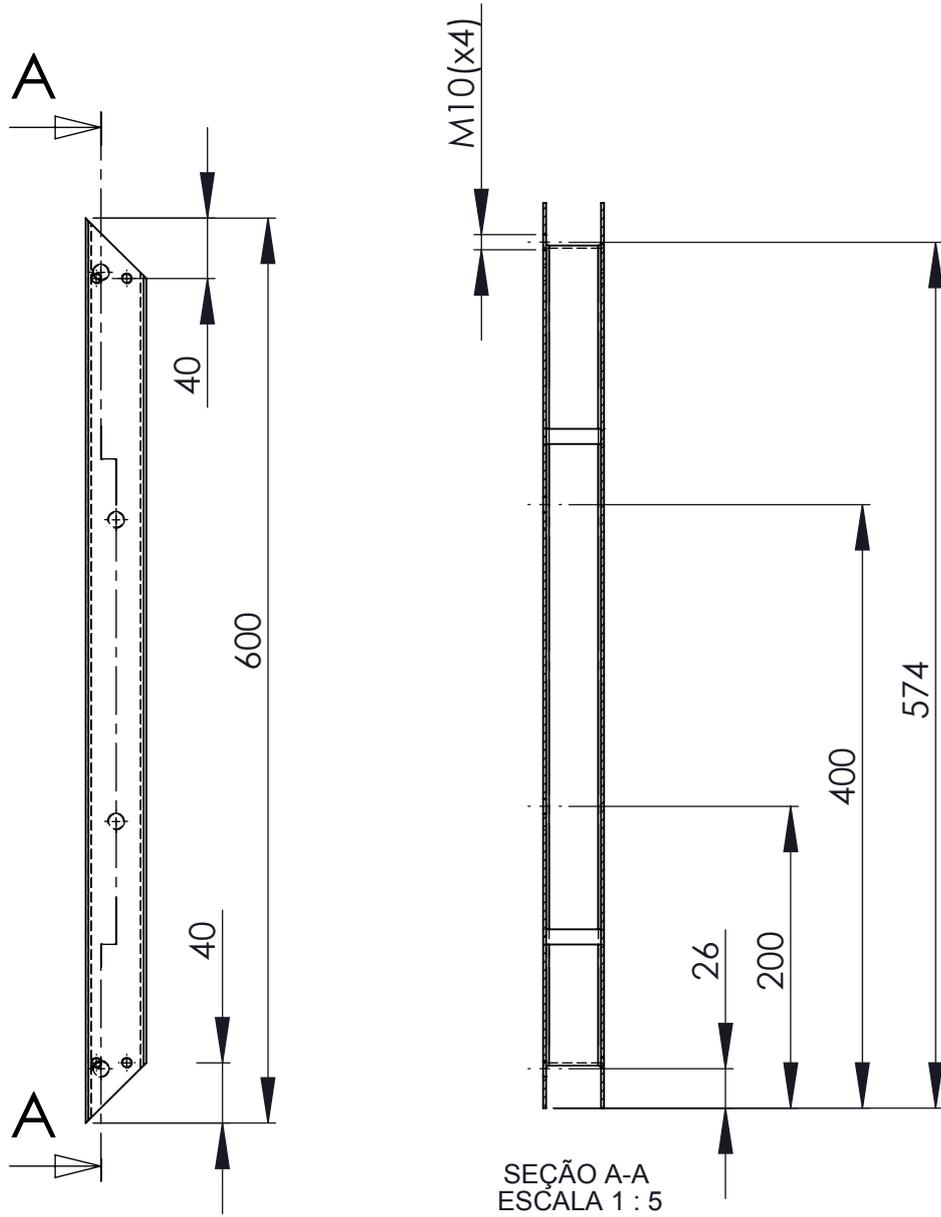
PERFIL QUADRADO 40x40x2



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	03	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	BARRA TERCIÁRIA DA BASE INFERIOR		ESCALA 1:10	APROVADO		

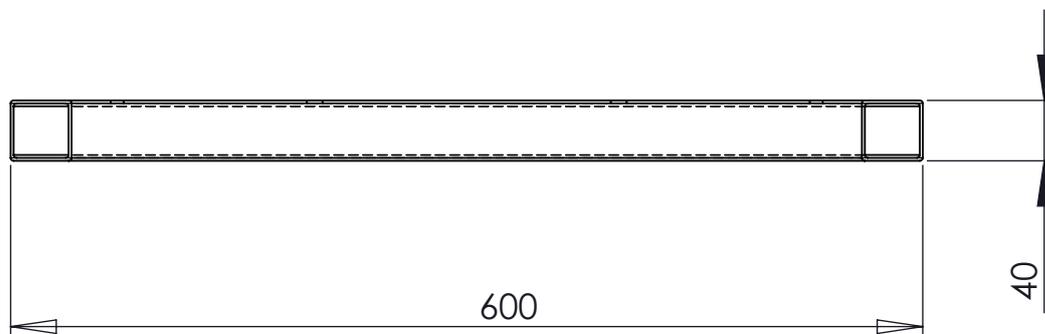
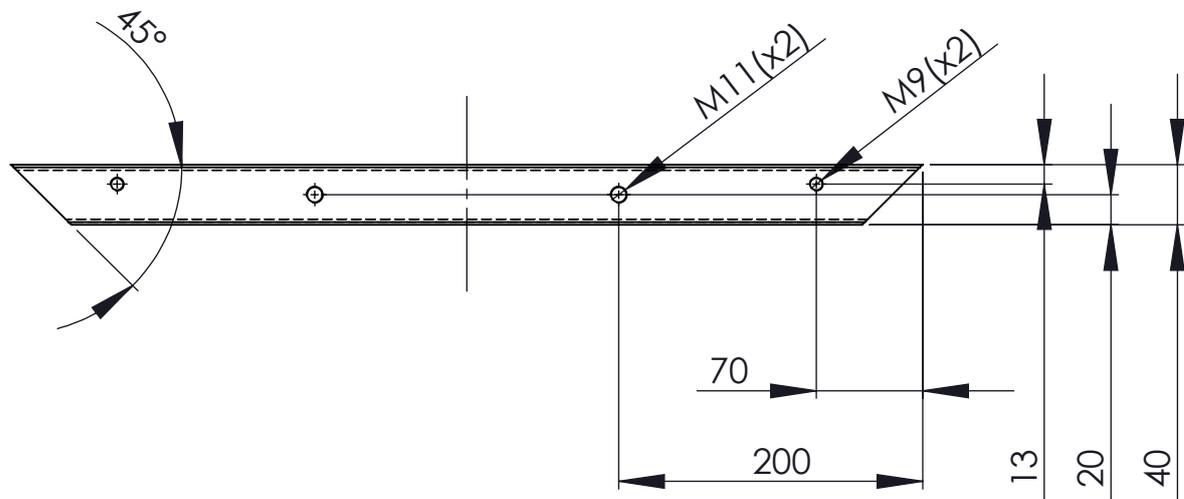


PERFIL QUADRADO 40x40x2



SEÇÃO A-A
ESCALA 1 : 5

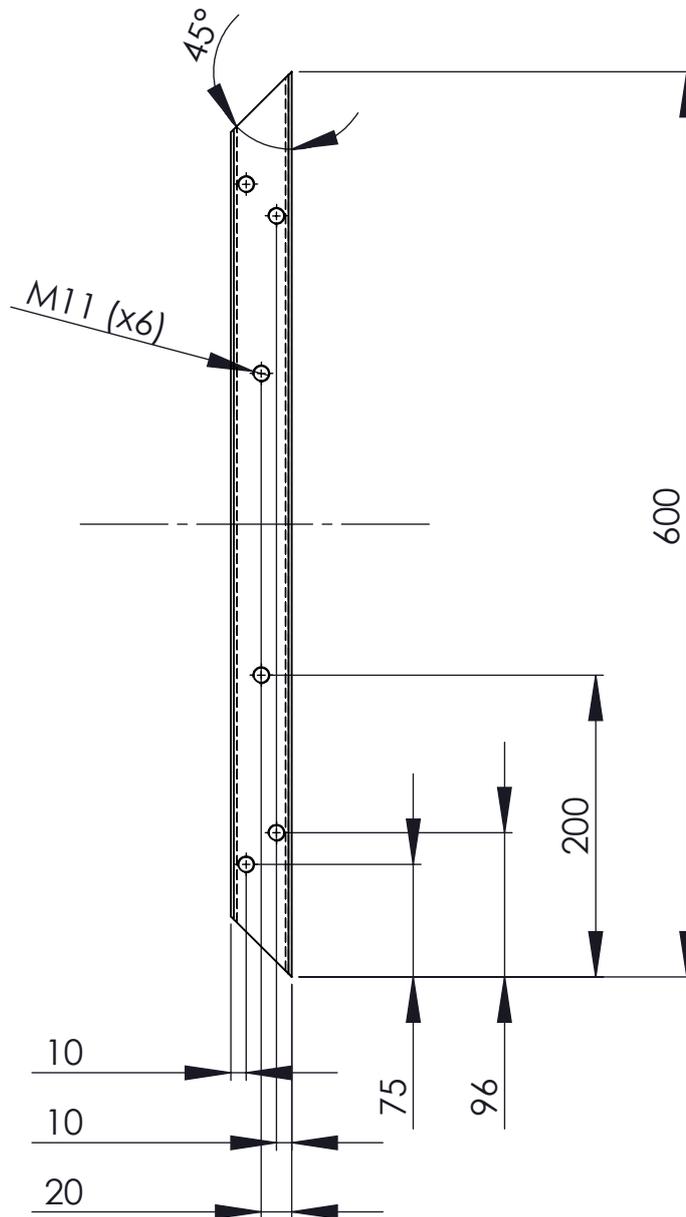
NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	35	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
	BARRA SECUNDÁRIA DA BASE SUPERIOR		SETOR	DAMEC	NOME	Ge V
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA 1:5	APROVADO		



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		DESENHO Nº	02	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
	BARRA SECUNDÁRIA DA BASE INFERIOR		SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
			ESCALA	1:5	APROVADO	



PERFIL QUADRADO 40x40x2



NÚMERO	DENOMINAÇÃO	QTDE.	ESPECIFICAÇÃO		MATERIAL	
	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ		DESENHO Nº	38	REVISÃO Nº	01
			UNIDADE	mm	DATA	15/07/12
			SETOR	DAMEC	NOME	GeV
			SOLICITANTE	VRUBEL	VISTO	
	ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA		ESCALA	1:5	APROVADO	
	BARRA QUARTENÁRIA DA BASE SUPERIOR					