

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

SISTEMA PARA ARMAZENAR A CADEIRA DE RODAS NO AUTOMÓVEL

Daniel Betton da Silva
Marcele Sayuri Kondo

São Paulo
2009

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

SISTEMA PARA ARMAZENAR A CADEIRA DE RODAS NO AUTOMÓVEL

Daniel Betton da Silva
Marcele Sayuri Kondo

Orientador: Prof. Raul Gonzalez Lima

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

São Paulo
2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Kondo, Marcele Sayuri

Sistema para armazenar a cadeira de rodas no automóvel

/ M.S. Kondo, D.B. da Silva. – São Paulo, 2009.

p. 69

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

**1. Deficiente físico 2. Equipamento urbano para deficientes
3. inclusão social 4. Adaptação I. Silva, Daniel Betton da II. Uni –
versidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia Mecânica II. t.**

RESUMO

Este projeto tem como objetivo auxiliar a automação do cadeirante no acesso ao seu próprio veículo. Será proposto um equipamento capaz de armazenar a cadeira de rodas no bagageiro superior do automóvel. Apesar de existirem equipamentos semelhantes no mercado brasileiro, o produto se diferencia dos demais pela simplicidade de construção e baixo custo de produção.

Palavras chave: deficiente físico, equipamento urbano para deficientes, inclusão social, adaptação.

ABSTRACT

This project aims to assist wheelchair users in accessing their own vehicle. An apparatus capable of storing the wheelchair in the overhead car rack will be proposed. Although there are similar devices in the Brazilian market, the product differs from others by its simplicity and its low cost of production.

Key words: physically handicapped, urban equipment for disabled, social inclusion, adaptation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	CARACTERÍSTICAS DE CADEIRAS DE RODAS	2
3	CARACTERÍSTICAS DOS VEÍCULOS ADAPTADOS	4
4	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS RACKS E BAGAGEIROS	6
5	EQUIPAMENTOS SEMELHANTES	8
5.1	Roof Spider	8
5.2	Chair Topper	10
5.3	Robot 200	11
5.4	Easyloader	13
5.5	Wymo Wheelchair Hoist	14
6	PROCESSO DE EMBARQUE E DESEMBARQUE	16
7	SOLUÇÕES PROPOSTAS	18
7.1	Proposta 1: Braço rotativo dentro do carro	18
7.2	Proposta 2: Braço deslizante com cremalheira dentro do carro	20
7.3	Proposta 3: Braço rotativo para teto do carro	21
7.4	Proposta 4: Braço deslizante com cremalheira para teto do carro	23
7.5	Proposta 5: Guindaste	24
7.6	Proposta 6: Suporte deslizante	24
8	SISTEMA DE ROTAÇÃO DO GUINDASTE	26
8.1	Talhas e roldanas	26
8.2	Engrenagem	29
9	SUPORTE DESLIZANTE	32

10	ANÁLISE DO RESULTADO	34
11	DESCRIÇÃO DO PROJETO	36
11.1	Carcaça.....	37
11.2	Suporte da cadeira de rodas.....	39
11.3	Carro motor	41
11.4	Motor.....	43
11.5	Transmissão	45
12	DETALHAMENTO DA ESTRUTURA	52
12.1	Definição do cabo de aço	52
12.2	Cálculo de momento	52
12.3	Cálculo de tensões.....	54
13	DETALHAMENTO DA OPERAÇÃO	63
14	CONCLUSÃO	67
15	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 – Dimensões dos principais veículos vendidos	5
Tabela 5.1 – Catálogo do Roof Spider	9
Tabela 5.2 – Catalogo do Chair Topper	11
Tabela 11.1 – Descrição do material da carcaça	38
Tabela 11.2 – Dimensões das barras B6, B7 e B8	39
Tabela 11.3 – Dimensões do trilho	39
Tabela 11.4 – Descrição do material do suporte	40
Tabela 11.5 – Dimensões das barras B4 e B5	40
Tabela 11.6 – Descrição do material do carro-motor.....	42
Tabela 11.7 – Dimensões das barras B1, B2 e B3	42
Tabela 11.8 – Dimensões da chapa	42
Tabela 11.9 – Dimensões do eixo	42
Tabela 11.10 – Dimensões do apoio do suporte	42
Tabela 12.1 – Especificações técnicas do cabo de aço	52

Lista de figuras

Figura 2.1 – Medidas de uma cadeira de rodas manual	2
Figura 2.2 – Alcance manual lateral – Pessoa em cadeira de rodas.....	3
Figura 2.3 – Superfície de trabalho – Pessoa em cadeira de rodas	3
Figura 4.1 – Modos de fixação de racks e bagageiros – Catálogo Thule.....	6
Figura 5.1 – Sequência realizada pelo Roof Spider – Adapt	8
Figura 5.2 – Roof Spider.....	9
Figura 5.3 – Dimensões do Roof Spider	10
Figura 5.4 – Seqüência de funcionamento do Chair Topper.....	11
Figura 5.5 – Robot 200	12
Figura 5.6 – Sequência de funcionamento do Robot 200	13
Figura 5.7 – Mecanismo do Easyloader.....	14
Figura 5.8 – Operação do Wymo WheelChair Hoist.	15
Figura 6.1 – Fluxograma do funcionamento de embarque	16
Figura 6.2 – Fluxograma do funcionamento de desembarque	17
Figura 7.1 – Croqui solução 1	19
Figura 7.2 – Desenho esquemático da ocupação interna do equipamento e seu movimento	20
Figura 7.3 – Croqui da solução 2	21
Figura 7.4 – Croqui da solução 3	22
Figura 7.5 – Croqui da solução 4	23
Figura 7.6 – Croqui da solução 5	24
Figura 7.7 – Sistema de suporte deslizante	25
Figura 8.1 – Talha de duas polias.....	26

Figura 8.2 – Inserção do sistema de talhas e polias no guidaste	27
Figura 8.3 - Transmissão entre tambores.	28
Figura 8.4 – Caixa de redução no sistema de guindaste	29
Figura 8.5 – Engrenagens acopladas ao motor.....	30
Figura 8.6 – Transmissão entre os movimentos.....	31
Figura 9.1 – Vista lateral do equipamento	32
Figura 9.2 – Detalhes das polias e rodas de deslizamento	33
Figura 11.1: Descrição do equipamento	36
Figura 11.2 – Identificação dos materiais da carcaça	38
Figura 11.3 – Desenho esquemático do suporte para cadeira de rodas.....	40
Figura 11.4 – Identificação das barras do carro-motor	41
Figura 11.5 – Curva característica do motor.....	44
Figura 11. 6 – Motor Bosch CEP.....	44
Figura 11.7 - Par de engrenagens.....	47
Figura 11.8 – Solenóide série D modelo 50 da Soletec.	49
Figura 11.9 - Gráfica da força magnética pelo curso	49
Figura 11.10 – Diagrama de corpo livre da alavanca do carro motor.....	50
Figura 11.11 – Diagrama de corpo livre para o tambor de elevação	51
Figura 12.1 – Simplificação do sistema	55
Figura 12.2 – Tensões equivalentes de Von Mises em MPa.....	56
Figura 12.3– Tensões principais máximas em MPa.....	56
Figura 12.4 – Tensões principais mínimas em MPa	57
Figura 12.5 – Deformação em mm	57
Figura 12.6 – Fator de segurança	58
Figura 12.7 – Tensões equivalentes de Von Mises em MPa.....	59

Figura 12.8 – Tensões principais máximas em MPa.....	60
Figura 12.9 – Tensões principais mínimas em MPa	60
Figura 12.10 – Deformação em mm	61
Figura 12.11 – Fator de segurança	61
Figura 13.1 - Situação inicial da carcaça	63
Figura 13.2 – Configuração de transmissão no início da operação.....	64
Figura 13.3 – Movimentação do carro motor.....	65
Figura 13.4 – Acionamento do tambor para o guincho da cadeira de rodas.....	65

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, exige-se maior preocupação com a inclusão social de vários grupos, em especial os usuários de cadeira de rodas. Uma das maiores dificuldades encontradas pelos cadeirantes está relacionada à sua independência em atividades cotidianas.

O desenvolvimento tecnológico permitiu a adaptação de variados aparelhos para facilitar a vida dos cadeirantes, tais como cadeiras especiais acopladas às escadas das residências permitindo com que este se mova entre os cômodos de sobrados sem a ajuda de outras pessoas.

No que se refere à questão da locomoção, um dos principais exemplos foi o aparecimento de equipamentos que permitam comandar embreagens, freio e acelerador manualmente. Esses equipamentos, em geral, são adaptados por empresas terceirizadas, pois a indústria automotiva ainda não apresentou forte interesse nesse mercado.

Ainda que seja possível dirigir um automóvel sem o uso dos pés, o cadeirante de separa com outro problema: o de colocar a cadeira de rodas dentro do veículo. Para esta ação ser realizada é necessário a ajuda de terceiros.

Este projeto tem por objetivo abordar os problemas acima citados propondo um mecanismo que permita armazenar a cadeira de rodas no bagageiro superior sem o auxílio de terceiros.

2 CARACTERÍSTICAS DE CADEIRAS DE RODAS

O produto a ser desenvolvido no presente projeto depende das dimensões de uma cadeira de rodas. Segundo a norma NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos – os intervalos de medidas de uma cadeira de rodas manual ou motorizada estão representados na figura 2.1 abaixo:

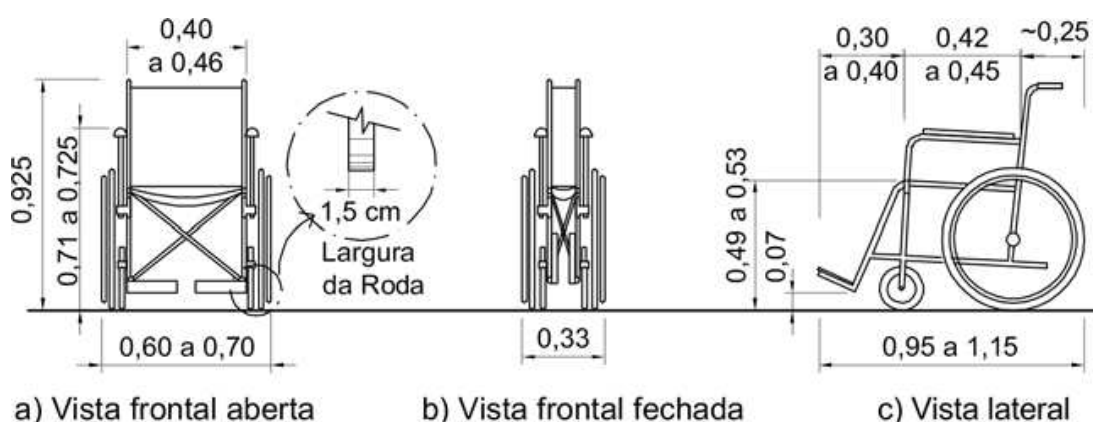


Figura 2.1 – Medidas de uma cadeira de rodas manual

As medidas variam com o tamanho do usuário, porém as medidas mais usuais, segundo o site www.cadeirarodas.com, são:

- Altura – 95 cm
- Largura – 70 cm (quando fechada – 30 cm)
- Comprimento – 110 cm

Segundo esta mesma norma, as cadeiras manuais possuem entre 12 e 20 kg, e as motorizadas podem ter até 60 kg.

As figuras 2.2 e 2.3 representam o alcance manual de um cadeirante quando sentado. Estas medidas são importantes para se ter uma idéia das distâncias que o cadeirante pode ficar de sua cadeira de rodas, quando estiverem dentro do automóvel.

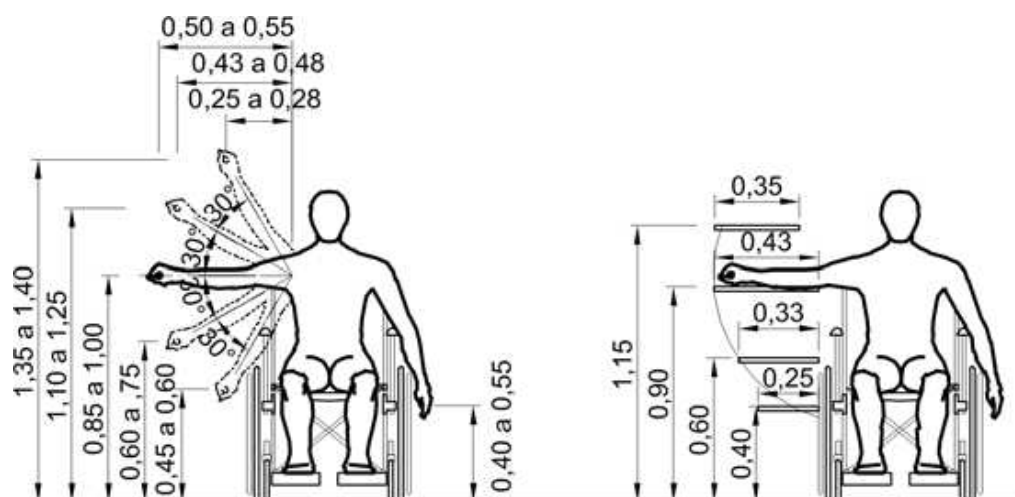


Figura 2.2 – Alcance manual lateral – Pessoa em cadeira de rodas

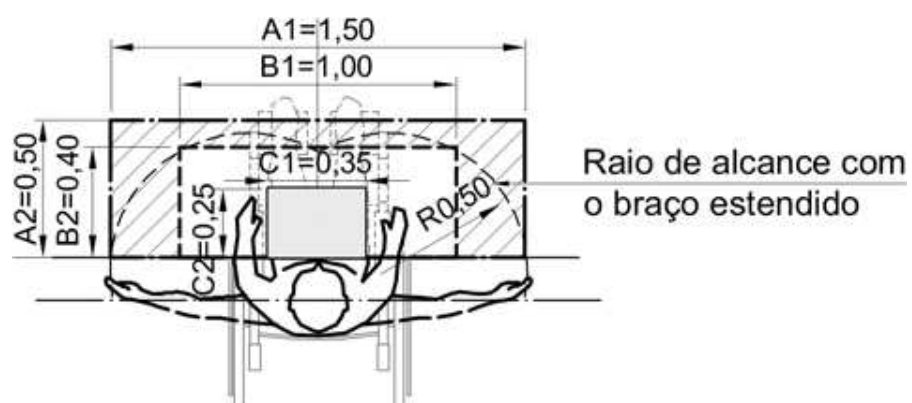


Figura 2.3 – Superfície de trabalho – Pessoa em cadeira de rodas

3 CARACTERÍSTICAS DOS VEÍCULOS ADAPTADOS

Atualmente, um programa governamental permite que deficientes físicos comprem veículos sem a cobrança do IPI. Esse desconto é essencial para possibilitar que os deficientes físicos possam comprar os seus carros, tendo em vista que os veículos adaptados devem ter diversos itens que são considerados de luxos em carros convencionais, pois algumas deficiências exigem que o carro seja automático ou semi-automático com uma direção hidráulica ou elétrica, possibilitando ao condutor manobrar o carro com uma mão apenas. Estes itens agregam muito ao valor final do veículo.

Segundo a norma NBR 14970-1 – Acessibilidade em veículos automotores – os deficientes que estão impossibilitados de conduzir um veículo convencional deverão optar por transferir, por meio de equipamentos, os comandos de dirigibilidade para os membros que não os usuais.

As características dos veículos adaptados que irão determinar as condições limitantes que o equipamento irá operar são a largura dos veículos e a largura do teto. Essas informações são essenciais, pois o equipamento do presente projeto elevará a cadeira de rodas ao longo da lateral do carro, se esse movimento for realizado muito próximo ao carro pode-se danificar a pintura e até mesmo impossibilitar que o equipamento realize a operação de elevação da cadeira de rodas. Caso a operação seja realizada muito afastada da lateral do carro pode-se enfrentar o problema de um super dimensionamento dos mecanismos e peças, o que acarretará em um equipamento mais caro, e também poderá inviabilizar o manuseio da cadeira de rodas por parte do cadeirante.

Os veículos que tiveram suas especificações pesquisadas são os mais vendidos para adaptação segundo Monica Cavenaghi, diretora comercial da empresa de adaptações Canevagli. Os veículos mais atendidos pela empresa são Classic, Fit, Civic, Astra, Vectra e Corolla. Além dos mais vendidos foram pesquisadas as especificações sobre os carros que possuem no mercado modelos automáticos e com direção hidráulica. A tabela 3.1 mostra as dimensões dos veículos pesquisados:

Tabela 3.1 – Dimensões dos principais veículos vendidos

MODELO	DIMENSÕES [mm]				
	Comprimento Total	Largura (carroceria)	Largura Total (espelho a espelho)	Altura (carga máxima)	Distância entre eixos
Classic	4056	1608	1768	1420	2443
Astra Hatch	4199,4	1709	1989	1431	2614
Astra Sedã	4342,4	1709	1989	1425	2614
Zafira	4334	1742	1999	1629	2703
Vectra	4587	1728	2040	1453	2703
Corolla	4540	1760		1480	2600
CrossFox	4066	1689		1639	2469
Fox	3804	1640		1553	2465
Polo Sedã	4198	1650		1501	2465
Passat	4765	1820		1492	2709
Focus Hatch	4174	1702		1430	2615
Ecosport	4228	1980		1679	2490
Fusion	4832	1835		1417	2727
Picasso	4276	1751	2000	1660	2760
Fit	3900	1695		1535	2500
New Civic	4489	1752		1450	2700

4 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS RACKS E BAGAGEIROS

Os racks e bagageiros são acessórios que aumentam a capacidade de volume de carga carregada pelo veículo. O objetivo de realizar a pesquisa das especificações técnicas de racks e bagageiros existentes no mercado é para definir o limite de peso que o equipamento a ser desenvolvido deverá ter, isto é, o peso total considerando todos os mecanismos e a cadeira de rodas não poderá ultrapassar o peso suportado pelos racks e bagageiros existentes no mercado, sendo um importante parâmetro para nosso projeto.

Os racks e bagageiros podem ser montado no veículo de quatro maneiras diferentes, como mostra a figura 4.1:

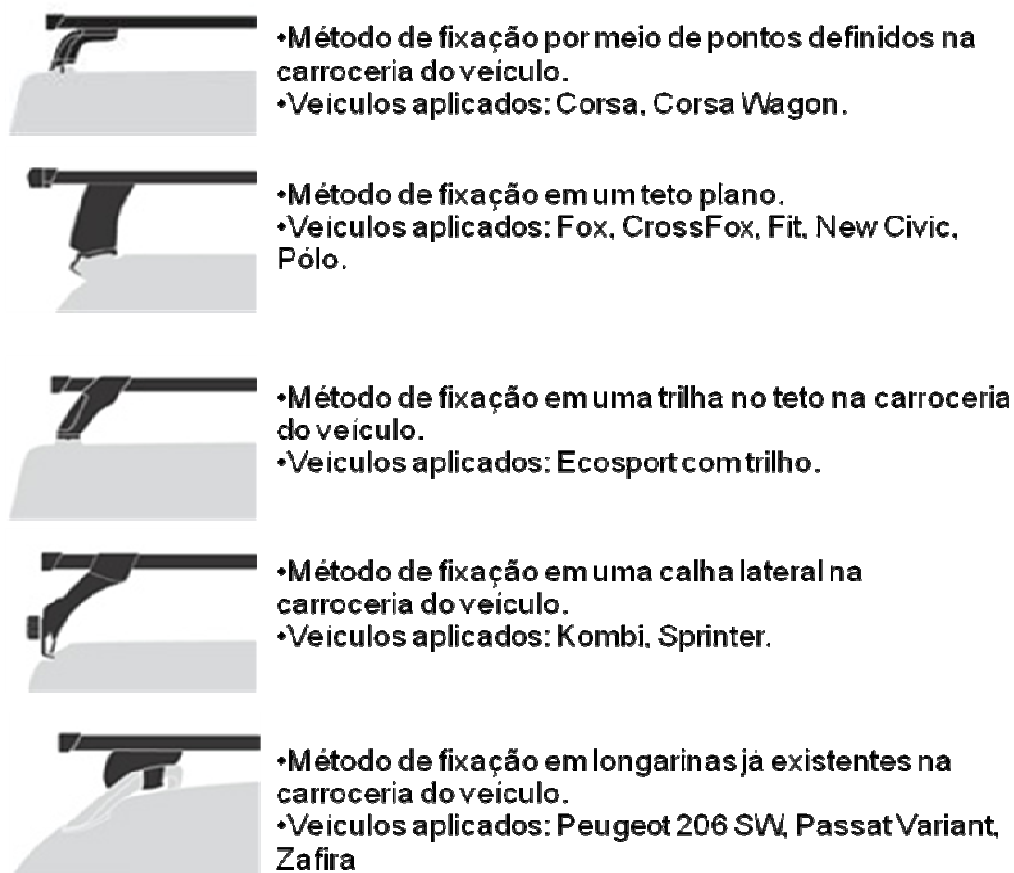


Figura 4.1 – Modos de fixação de racks e bagageiros – Catálogo Thule

A empresa Thule sediada na Suécia fornece diversos racks e bagageiros para mais de 1500 modelos de veículo existentes no mercado e seus racks possuem carga máxima entre 75 kg e 100 kg, é possível encontrar-se diversos modos de encaixe conforme o requerido pelo modelo onde será instalado.

A empresa brasileira Eqmax também fornece soluções e equipamentos para o carregamento de cargas adicionais. Seus produtos carregam de 40 kg a 70 kg. Existe, também, uma série de racks com garras de prendimento plásticas que carregam no máximo 10 kg. Os produtos da empresa Eqmax foram desconsiderados pela baixa capacidade de carga carregada.

A resolução do CONTRAN, número 577/81 de 09/07/1981 que estabelece que o transporte de cargas e equipamentos devidamente acondicionados na parte superior da carroceria ou a ela aplicados podem ser transportados sem alterar a estabilidade dos veículos e a segurança do trânsito. No parágrafo 1º do artigo 1º refere-se à carga no bagageiro que não deve ultrapassar a altura máxima de 50 centímetros e também não deve exceder o comprimento e a largura da carroceria do veículo. O 2º parágrafo do mesmo artigo refere-se aos equipamentos de carregamento (rack, bagageiro, etc.) que também não devem exceder o comprimento e largura do veículo.

5 EQUIPAMENTOS SEMELHANTES

Existem diversos equipamentos e empresas que atuam no mercado de adaptação para veículos. No ramo que este projeto se propõe foram encontrados alguns equipamentos de mesma função que auxiliam o deficiente físico a guardar a cadeira de rodas.

Outros equipamentos encontrados não serão mencionados por não se estarem no escopo deste projeto, por exemplo, as plataformas de elevação de cadeiras de rodas que são instaladas em veículos maiores, são projetos mais caros e que são usualmente encontrados em veículos públicos.

5.1 Roof Spider

O Roof Spider é um equipamento produzido pela empresa Adapt que auxilia o cadeirante a guardar e retirar a sua cadeira de rodas do bagageiro, o grande diferencial deste equipamento é que a cadeira de rodas pode ser guardada e retirada tanto pelo lado direito quanto pelo esquerdo.

A seqüência realizada pelo operador do equipamento é mostrada na figura 5.1, ao entrar no veículo aciona-se por meio de um controle o sistema onde o gancho irá ser posicionado na cadeira de rodas, após o correto posicionamento o sistema irá levantar a cadeira de rodas até a posição correta dentro do bagageiro que possibilitará o fechamento do bagageiro.



Figura 5.1 – Sequência realizada pelo Roof Spider – Adapt



Figura 5.2 – Roof Spider

O equipamento é desenhado para cadeiras de rodas manuais pesando no máximo 25 kg. O bagageiro tem uma altura de 47 centímetros do teto.

Tabela 5.1 – Catálogo do Roof Spider

Especificações técnicas	
Comprimento (A)	230 cm
Largura	127 cm
Altura (B)	47 cm
Altura aberto (C)	110 cm
Máximo deslocamento vertical do teto (D)	120 cm
Peso	54 kg
Máxima Carga	25 kg
Voltagem	12 V
Corrente consumida com o bagageiro fechado	4,5 mA
Corrente consumida com o bagageiro aberto	60 mA
Corrente consumida durante o trabalho	2-12 A
Fusível	10 A

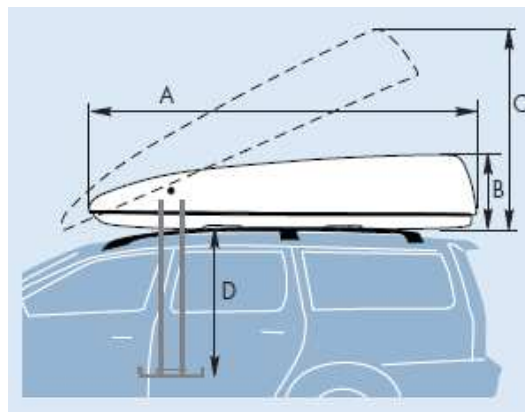


Figura 5.3 – Dimensões do Roof Spider

O valor encontrado deste equipamento no mercado é de £ 3.400, valor este que não condiz com a situação financeira da maioria da população brasileira. Portanto, enfatiza-se a importância de um equipamento semelhante, porém de custo mais baixo.

5.2 Chair Topper

O Chair Topper, inicialmente exportado pela empresa Cavenaghi, possui um funcionamento muito semelhante ao deste projeto, ele ajuda o cadeirante a embarcar e desembarcar do veículo. Tem como ponto positivo em comparação ao sistema mostrado no item 5.1 que suas dimensões são menores. Porém o ponto negativo refere-se ao modo de operação do equipamento, o condutor não poderá utilizar o seu equipamento se por acaso ele for o passageiro em alguma viagem, ou seja, o sistema só funciona do lado esquerdo (motorista). Este equipamento foi encontrado no mercado no valor de £ 3.204.

Tabela 5.2 – Catalogo do Chair Topper

Especificações técnicas	
Modelo L700X	Lado do motorista
Modelo L700XR	Lado do passageiro
Construção da estrutura	Aço
Construção da Base	Fibra de vidro
Construção do Topo	Fibra de vidro
Peso	55 kg
Controle	Botão simples
Voltagem	12V
Motor	12 volts DC reversível

A figura 5.4 demonstra o funcionamento do equipamento.



Figura 5.4 – Seqüência de funcionamento do Chair Topper

5.3 Robot 200

O Robot 200 é um produto da TMN, empresa israelense que fornece soluções para pessoas portadoras de deficiência física.

Este equipamento consiste em um braço mecânico localizado no porta-malas, após pressionar um botão o porta-malas abre e o robô traz a cadeira de rodas até a

porta do motorista. Depois de desengatar a cadeira de rodas e apertar um botão o robô se recolhe no porta-malas.

O equipamento tem capacidade de carregar 22 kg e sua fonte de potência é a própria bateria do veículo, é garantido pelo fabricante que o uso do equipamento possui um consumo mínimo.

O ponto positivo deste sistema de recolhimento é que a altura do veículo não é alterada, pois não existirá nenhum acréscimo de estrutura na parte externa. E como é garantido pelo fabricante não há grandes alterações no consumo de energia/combustível do próprio automóvel.

Como pontos negativos pode-se levantar a questão da diminuição do volume do porta-malas devido à existência do robô com a cadeira de roda e também deve ser considerada a complexidade do sistema que aumentará significativamente os custos existentes durante o seu desenvolvimento. Este equipamento pode ser encontrado no mercado por £ 5.500.

A figura 5.5 representa um automóvel com o Robot 200 e a figura 5.6 demonstra o funcionamento deste braço mecânico.



Figura 5.5 – Robot 200



Figura 5.6 – Sequência de funcionamento do Robot 200

5.4 Easyloader

O equipamento é produzido pela Autochair e tem um conceito diferente do que o proposto neste projeto. O Easyloader é um guindaste localizado na porta traseira de minivans. O guindaste opera de tal modo a guardar a cadeira de rodas no assento atrás do banco do motorista, porém existe uma modificação estrutural na porta traseira que a transforma de uma porta convencional para uma porta de correr.

O equipamento não pode ser transferido de um veículo para o outro com um baixo custo, devido ao fato do veículo ter de passar novamente pela adaptação de uma das portas traseira, além desse ponto negativo pode-se ressaltar a perda dos assentos traseiros já que todo o mecanismo estará localizado nesses assentos. O Easyloader pode ser encontrado no mercado no valor de £ 3.645.



Figura 5.7 – Mecanismo do Easyloader.

5.5 Wymo Wheelchair Hoist

O equipamento foi desenvolvido pela Wymo Eletrical Engineering de Grafton localizada em New South Wales na Austrália em 1983. O equipamento armazena a cadeira de rodas no teto do carro e seu funcionamento é coordenado por um controle localizado no interior do veículo.

Segundo o fabricante a cadeira de rodas é presa ao teto de modo seguro e impossibilitando movimentos e vibrações enquanto o carro está em movimento. A concepção do projeto possibilita a transferência de um veículo ao outro sem nenhum custo adicional e o tempo da operação tanto de armazenamento quanto descarregamento da cadeira de rodas leva menos que dois minutos.

Tal equipamento atenderia a maioria das necessidades ressaltadas que foram utilizadas como motivação para dar andamento ao projeto. O principal problema deste equipamento seria seu preço no mercado que é de £ 1.350. Tal valor também continua inviável para o mercado brasileiro.



Figura 5.8 – Operação do Wymo WheelChair Hoist.

6 PROCESSO DE EMBARQUE E DESEMBARQUE

A seguir, as figuras 6.1 e 6.2 definem a rotina que o deficiente físico irá encontrar ao embarcar e desembarcar do seu veículo. Estão incluídas neste fluxograma as etapas de acionamento do equipamento para guardar a cadeira de rodas.

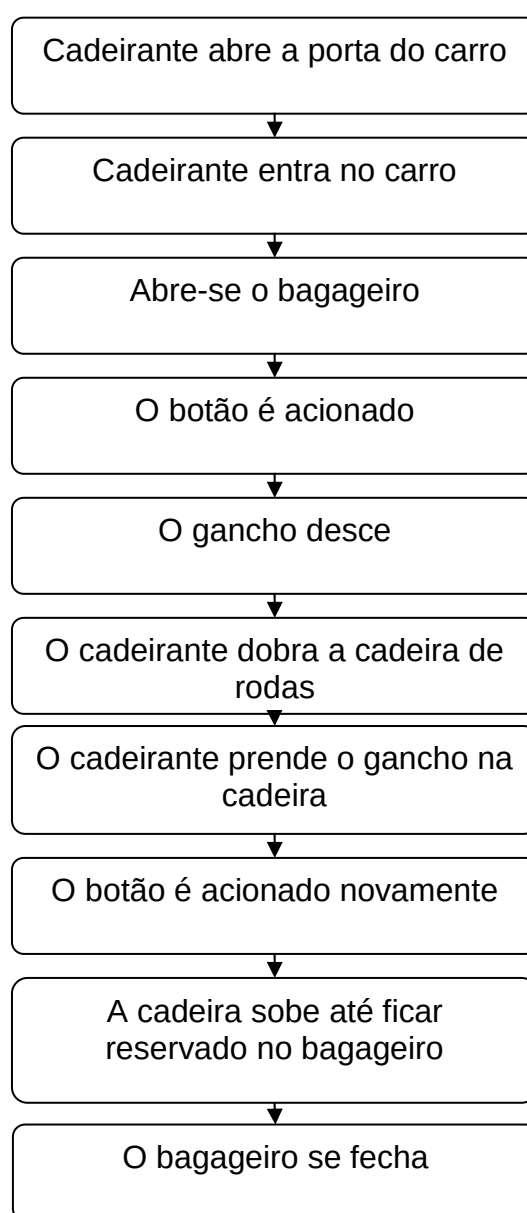


Figura 6.1 – Fluxograma do funcionamento de embarque

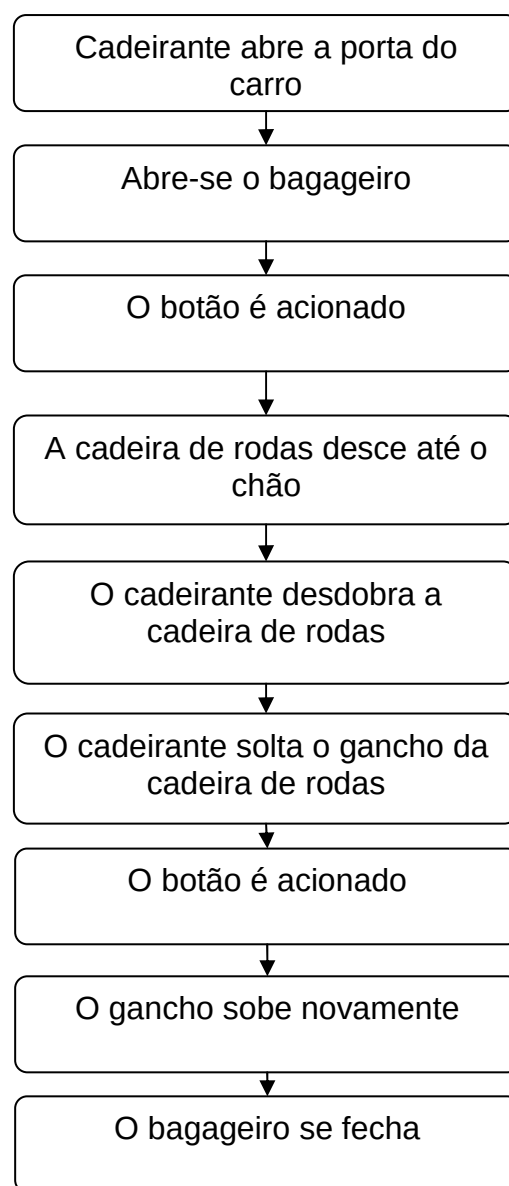


Figura 6.2 – Fluxograma do funcionamento de desembarque

Inicialmente o sistema projetado deverá contemplar esse fluxo de processos, os ganhos referentes à independência do condutor deficiente são incríveis ao se verificar que o princípio básico da acessibilidade no qual permite que o deficiente físico possa guardar sua cadeira de rodas apenas utilizando os membros superiores.

7 SOLUÇÕES PROPOSTAS

Durante as reuniões realizou-se um “brain storm” para a proposição de soluções do problema do presente projeto. Dentre as idéias sugeridas citou-se a criação de um braço mecânico com rotação, guindaste com braços deslizantes e também sistemas de polias acopladas a motores com redução.

A seguir serão apresentadas as 5 melhores idéias propostas:

- Proposta 1: Braço rotativo dentro do carro
- Proposta 2: Braço deslizante com cremalheira dentro do carro
- Proposta 3: Braço rotativo para teto do carro
- Proposta 4: Braço deslizante com cremalheira para teto do carro
- Proposta 5: Guindaste
- Proposta 6: Suporte deslizante

7.1 Proposta 1: Braço rotativo dentro do carro

Essa proposta exigiria mudança interna do automóvel. O equipamento ficaria atrás do banco do motorista e seria necessária a adaptação para uma porta traseira deslizante automática.

O equipamento consistiria em uma haste presa no piso do carro que pudesse rotacionar em torno do seu eixo longitudinal, dois braços acoplados à haste e na outra extremidade uma polia pela qual passaria o cabo com o gancho responsável por levantar a cadeira de rodas.

O sistema seria acionado pelo próprio cadeirante que rotacionaria a haste deixando as polias para o lado de fora do automóvel. O mesmo acionaria através de um botão o motor que levaria o cabo para a altura dos braços da cadeira de rodas. O cadeirante novamente encaixaria os ganchos na cadeira de rodas e acionaria outro botão para esta subir até a altura do piso do automóvel. Para finalizar o cadeirante rotacionaria novamente o equipamento para dentro do automóvel.

Este sistema tem a vantagem de ter fácil construção do ponto de vista mecânico e também não há alteração da aerodinâmica do veículo. Porém internamente ocorreriam mudanças permanentes, possivelmente seria necessária a retirada dos bancos de trás do motorista para a instalação do equipamento. Isso implica numa maior ocupação do espaço interno.

Devido à necessidade de utilizar o espaço de trás do motorista haveria também uma limitação dos modelos de automóveis nos quais o sistema pudesse ser aplicado, os modelos que poderiam ser utilizados seriam as vans como Renault Kangoo, Citroën Berlingo e Fiat Doblò. A necessidade da porta deslizante faria com que o custo de instalação aumentasse muito.

O objetivo de menor atuação do cadeirante nessa atividade não seria cumprido.

Neste sistema existe a necessidade de apenas um motor.

Segue abaixo o desenho esquemático da proposta de solução 1 bem como o desenho esquemático simulando a ocupação interna do veículo.

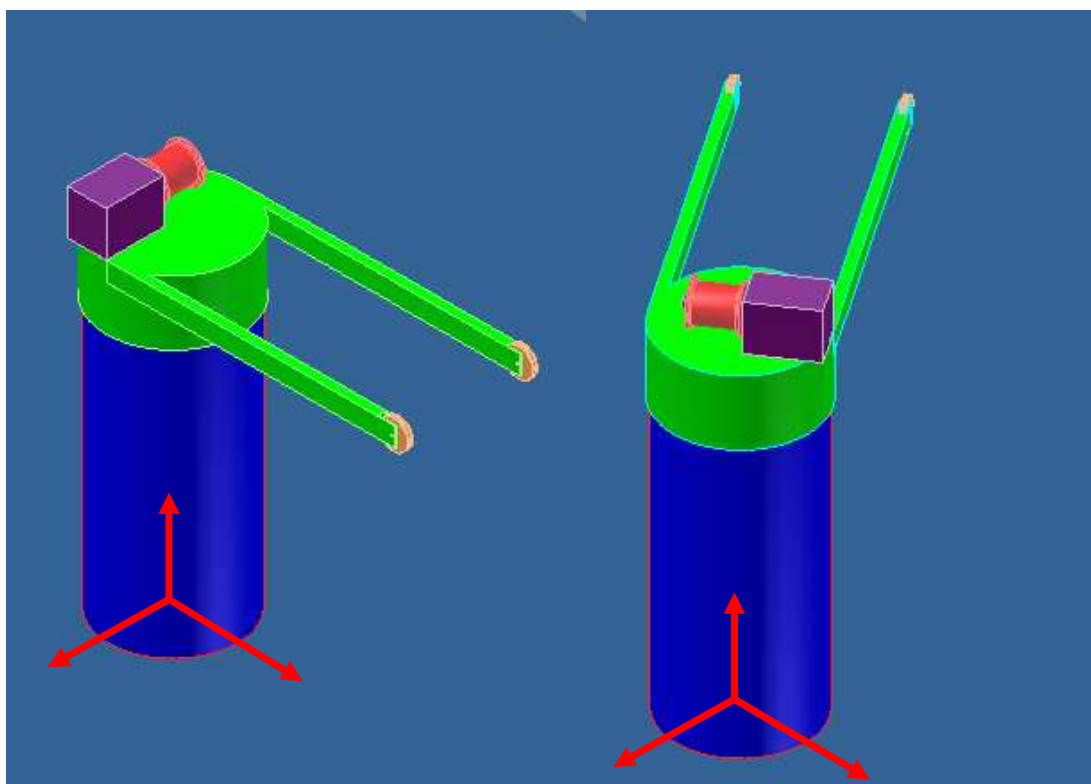


Figura 7.1 – Croqui solução 1

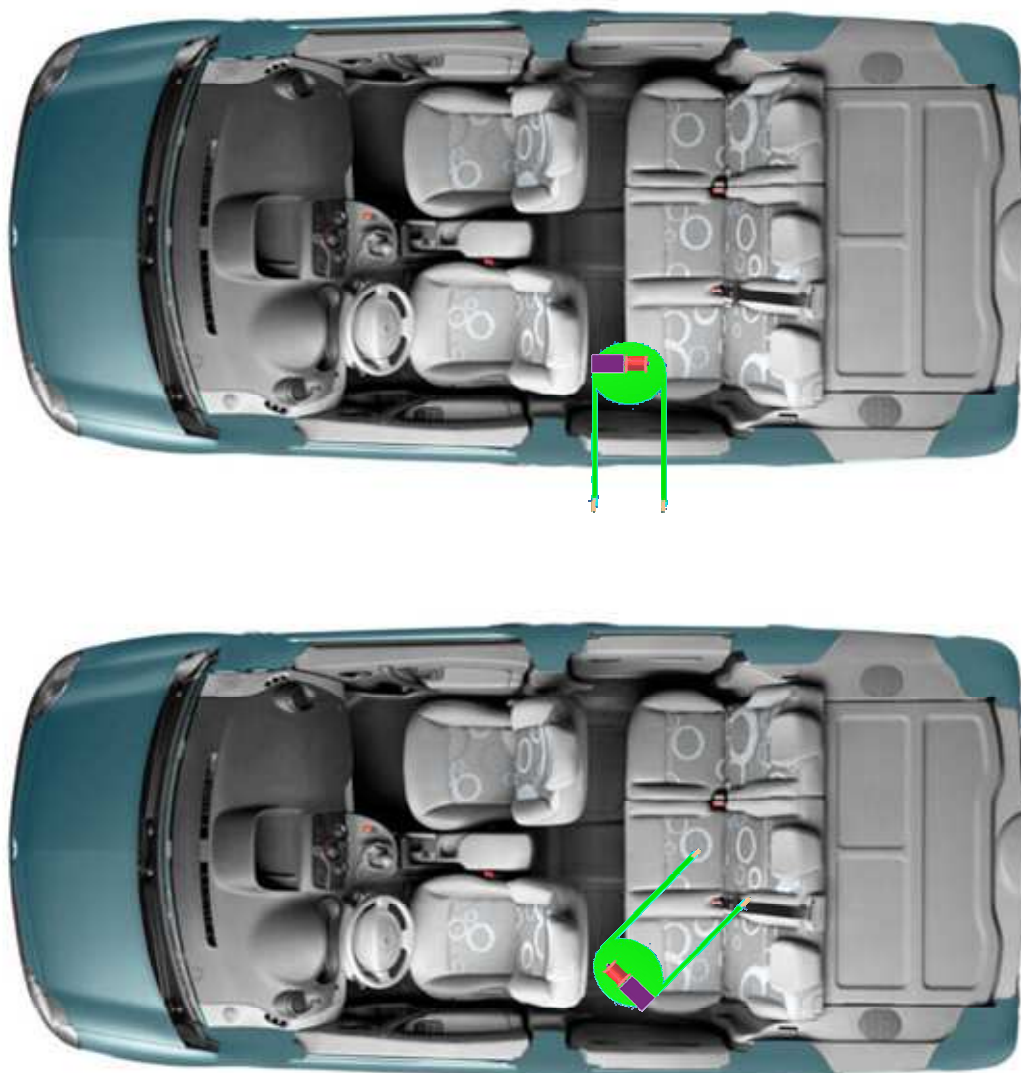


Figura 7.2 – Desenho esquemático da ocupação interna do equipamento e seu movimento

7.2 Proposta 2: Braço deslizante com cremalheira dentro do carro

Essa segunda proposta de solução ainda manteria a alta interação do cadeirante para a realização da atividade.

O equipamento consistiria em uma haste presa ao piso do automóvel também localizada atrás do banco traseiro do motorista, porém um pouco mais para o centro do automóvel. A diferença seria que a haste não teria movimento de rotação. O deslizamento ocorreria através de uma cremalheira ligada ao único motor utilizado. Na extremidade da cremalheira seriam colocadas polias com os cabos que seriam presos à cadeira de rodas.

O sistema seria acionado através de um botão, o processo seria iniciado com o deslizamento de uma haste através da cremalheira deixando as polias do lado externo do automóvel. Os cabos desceriam até a altura dos braços da cadeira de rodas. O cadeirante encaixaria os ganchos dos cabos na cadeira de rodas. Por fim, seria acionado novamente o botão que levantaria a cadeira de rodas e em seguida puxaria a haste para dentro do veículo.

A vantagem desse sistema seria novamente a fácil construção mecânica e também a não mudança da aerodinâmica do sistema. Outro fator considerado vantajoso seria a maior independência do cadeirante em relação ao sistema proposto na solução 1. Porém há a desvantagem de uma grande ocupação interna do veículo bem como a alteração permanente do mesmo. Este sistema também seria limitado para veículos com porta deslizante, podendo ser utilizados os mesmos veículos do tipo van citados para a proposta 1.

Segue abaixo o desenho esquemático da proposta 2.

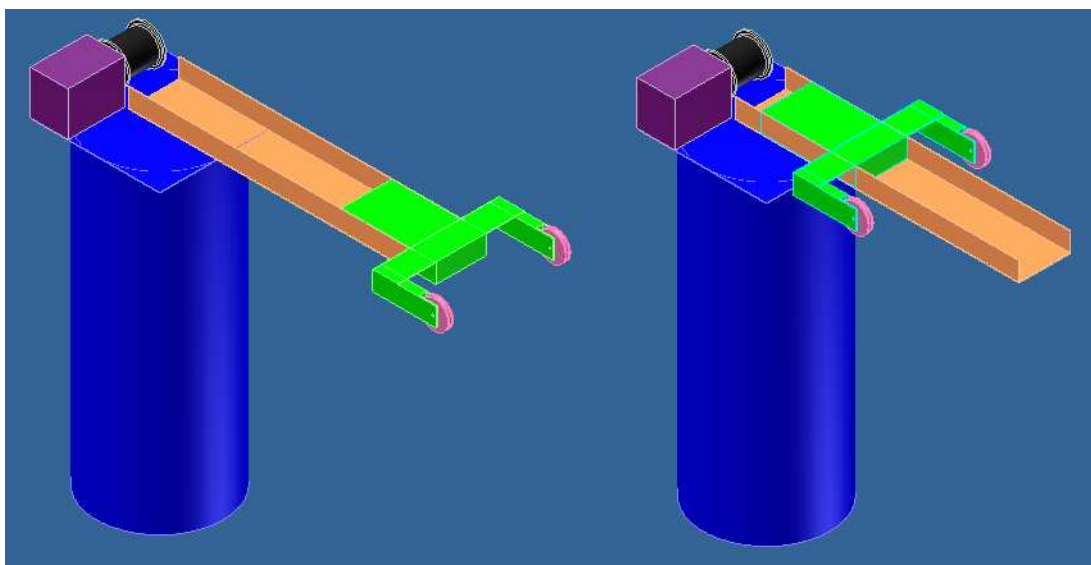


Figura 7.3 – Croqui da solução 2

7.3 Proposta 3: Braço rotativo para teto do carro

Este sistema é em essência a proposta de solução 1 adaptada para ser utilizada no teto do automóvel. O sistema seria basicamente o mesmo, porém o funcionamento

levemente diferente. Nesta solução, o equipamento teria maior independência em relação ao cadeirante.

O sistema seria acionado através de um botão que rotacionaria a haste fazendo com que sua extremidade fosse deixada na lateral do veículo. Outro botão acionaria a descida dos cabos com os ganchos que deveriam ser acoplados à cadeira de rodas pelo cadeirante. Novamente outro botão seria acionado para levantar a cadeira de rodas e rotacionar à haste para a parte superior do automóvel.

Pensando em diminuir as chances de ocorrer danos ao veículo durante o processo de subida e de descida da cadeira de rodas, percebeu-se a necessidade de um sistema de segurança. Adotou-se uma placa de acrílico para proteger a lateral superior do automóvel. Tal equipamento seria acionado durante a primeira etapa do sistema, ou seja, durante a rotação da haste em direção à lateral do automóvel. A placa voltaria à posição original quando a haste rotacionasse para a posição original ficando na posição horizontal abaixo da cadeira de rodas. Tal placa tem o intuito de proteger o automóvel de possíveis choques ocasionados por oscilações da cadeira de rodas durante o processo de armazenamento da mesma e durante o seu retorno ao solo.

A principal vantagem desse sistema seria a maior automação do funcionamento e também a maior possibilidade de intercâmbio entre veículos. As desvantagens seriam a maior complexidade do sistema e a alteração na aerodinâmica do veículo. Possivelmente seria necessário um maior número de peças e de motores.

Segue abaixo o desenho esquemático do sistema proposto na solução 3. A placa de proteção está representada na cor azul claro.

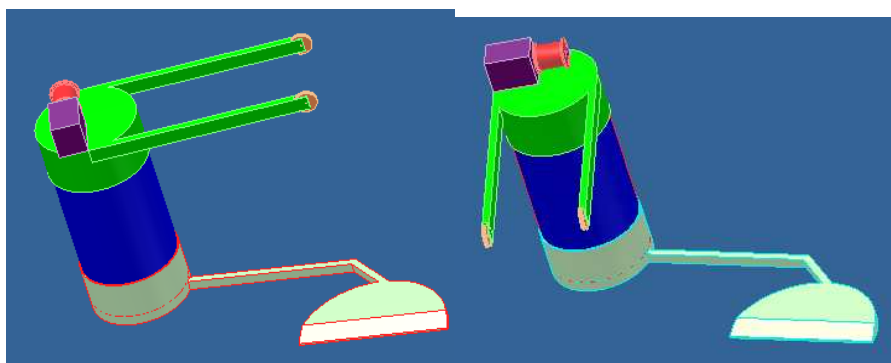


Figura 7.4 – Croqui da solução 3

7.4 Proposta 4: Braço deslizante com cremalheira para teto do carro

Esta solução proposta baseia-se na solução 2 adaptada para o teto do automóvel. O sistema de funcionamento seria basicamente o mesmo, tendo a vantagem de maior automação do sistema.

O cadeirante apertaria um botão que acionaria a cremalheira levando a haste com as polias para a lateral do automóvel. Outro botão acionaria a descida dos cabos que seriam presos à cadeira de rodas. Um terceiro botão acionaria a subida dos cabos e também a retração do braço através da cremalheira. O mesmo sistema de proteção contra choques seria adotado para este sistema, a placa seria acionada durante a descida dos cabos ao solo e seria recolhida com os mesmos.

A principal vantagem seria a maior automação do sistema e a possibilidade de intercâmbio entre veículos. Porém o sistema é mais complexo, possivelmente necessitaria de mais motores e há mudança na aerodinâmica do veículo.

Segue abaixo o desenho esquemático deste sistema. A placa de proteção está representada com a cor roxa.

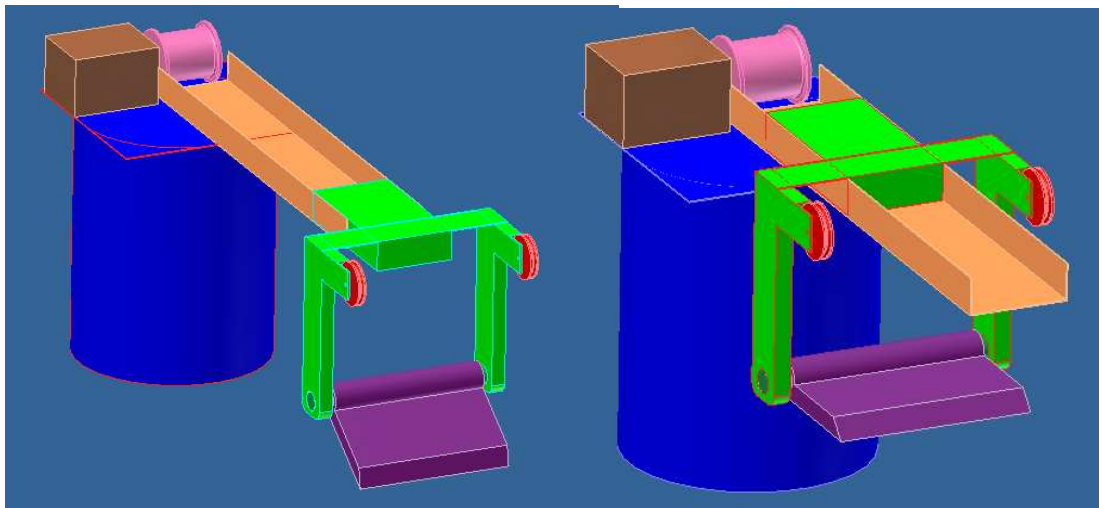


Figura 7.5 – Croqui da solução 4

7.5 Proposta 5: Guindaste

Nessa proposta o equipamento estaria alocado no teto do carro, sendo composto por apenas duas peças que são a base demonstrada na figura 7.6 pela cor laranja e o guindaste demonstrado pela cor verde. A função da base é apenas suportar o peso do equipamento em repouso e o motor elétrico que será inserido.

Para içar a cadeira de rodas, o guindaste estará na posição vertical e a cadeira de rodas será elevada até o ponto quando está completamente acomodada na estrutura do guindaste. Após chegar ao topo, o guindaste começará a rotação em torno da base do guindaste até a posição horizontal, acomodando a cadeira de rodas na posição horizontal.

A principal vantagem desta proposta de solução é a simplicidade da construção do mecanismo. Como se pode perceber, um número reduzido de peças são utilizados nesta solução, além das 5 peças demonstradas na foto, teremos a utilização de um motor, um tambor e um sistema para realizar a elevação da estrutura verde.

Segue abaixo o desenho esquemático da solução 5. Tal proposta de solução será detalhada no item 8.

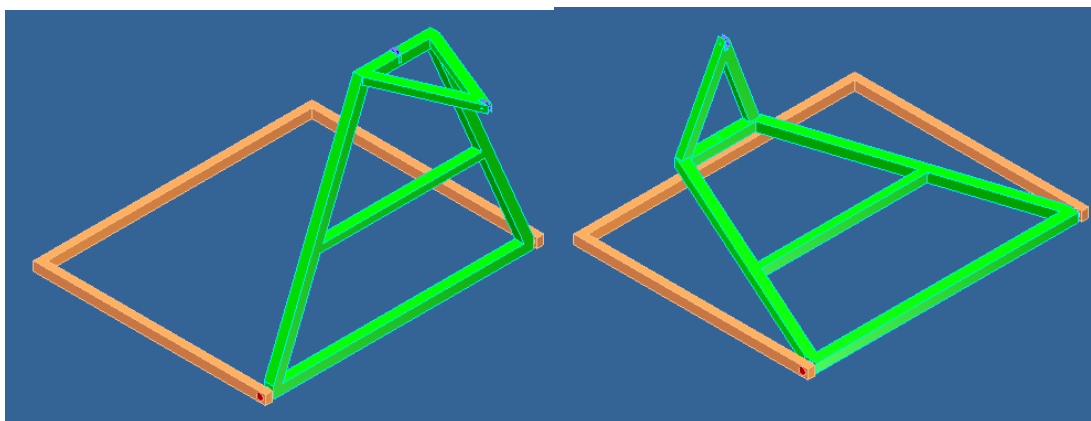


Figura 7.6 – Croqui da solução 5

7.6 Proposta 6: Suporte deslizante

A principal idéia dessa solução proposta é a de agregar o sistema de deslizamento da solução 4 (Braço deslizante com cremalheira para teto do carro) com o esquema de polias da solução 5 (Guindaste).

O croqui deste sistema está apresentado na figura 7.7 a seguir:

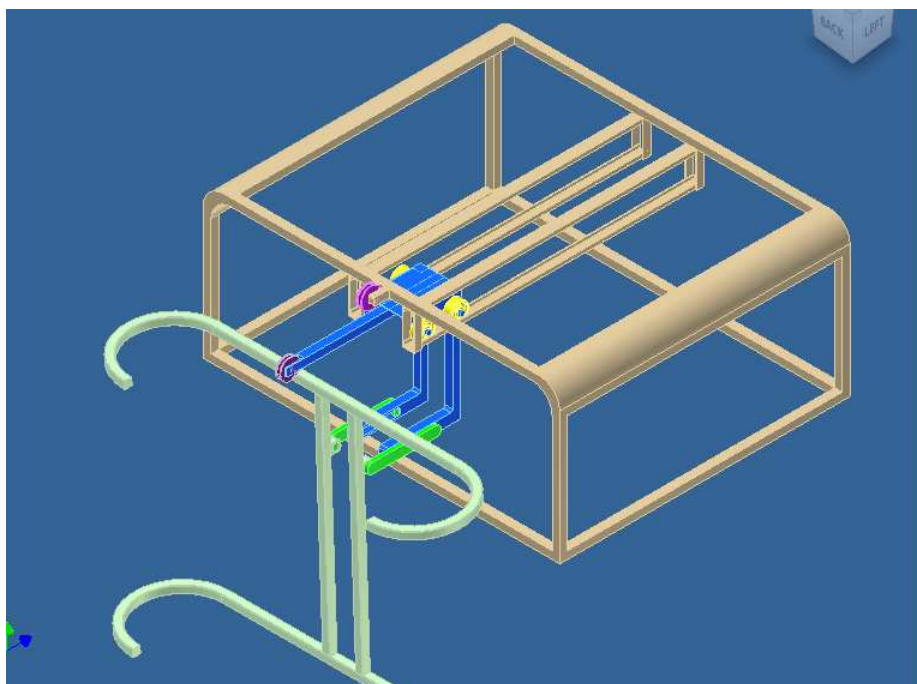


Figura 7.7 – Sistema de suporte deslizante

O suporte da cadeira de rodas seria o acessório ilustrado de cinza. A posição em que se encontra a peça seria antes de pegar a cadeira de rodas. A peça em azul escuro com detalhes em amarelo seria o carro motor que leva o suporte da esquerda para a direita. Os detalhes em amarelo seriam as rodas apoiadas no trilho que é a peça maior na cor marrom. As polias estão apresentadas na cor roxa. A peça verde seria uma peça auxiliar que determinaria a rotação do suporte não permitindo que este girasse bruscamente e colidisse com a lataria do automóvel.

O funcionamento desse equipamento seria simples. O carro motor estaria acoplado ao suporte. Um motor transmitiria o movimento ao carro motor através de um sistema de polias. A peça auxiliar diminuiria a rotação do suporte através de um ressalto que determina o fim do curso, evitando o impacto com o automóvel. Através das polias, um cabo desceria para ser acoplado à cadeira de rodas. O próprio motor traria o cabo de volta com a cadeira de rodas que ficaria encaixada no suporte. O carro motor traria todo o conjunto à posição original.

Tal solução está descrita em mais detalhes no item 9.

8 SISTEMA DE ROTAÇÃO DO GUINDASTE

O sistema de rotação do guindaste é o ponto mais crítico da proposta, pois quando o equipamento estiver carregado o braço terá de elevar a cadeira de rodas que por norma tem massa entre 12 e 20 kg até o posicionamento que permita iniciar a operação de descida da cadeira de rodas.

O desenvolvimento de um sistema simples para reduzir custo é essencial para o bom resultado do projeto, foram então propostos dois sistemas, um sistema de elevação por meio de roldanas e outro sistema por meio de engrenagens.

8.1 Talhas e roldanas

O sistema por meio de roldanas visa diminuir a força necessária para realizar a operação de rotação do guindaste carregado. A figura 8.1 demonstra uma talha de duas polias de três e cinco polegadas. A principal função do uso desse aparato é a redução para um quarto da força necessária para elevar o guindaste.

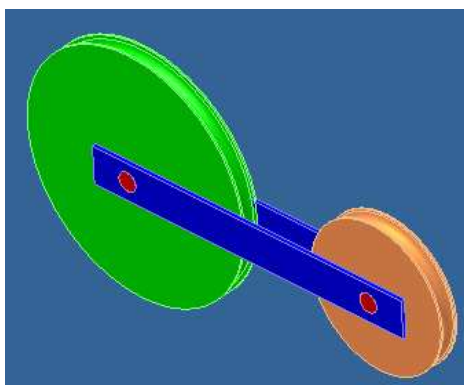


Figura 8.1 – Talha de duas polias

A figura 8.2 demonstra como a talha pode ser inserida ao equipamento.

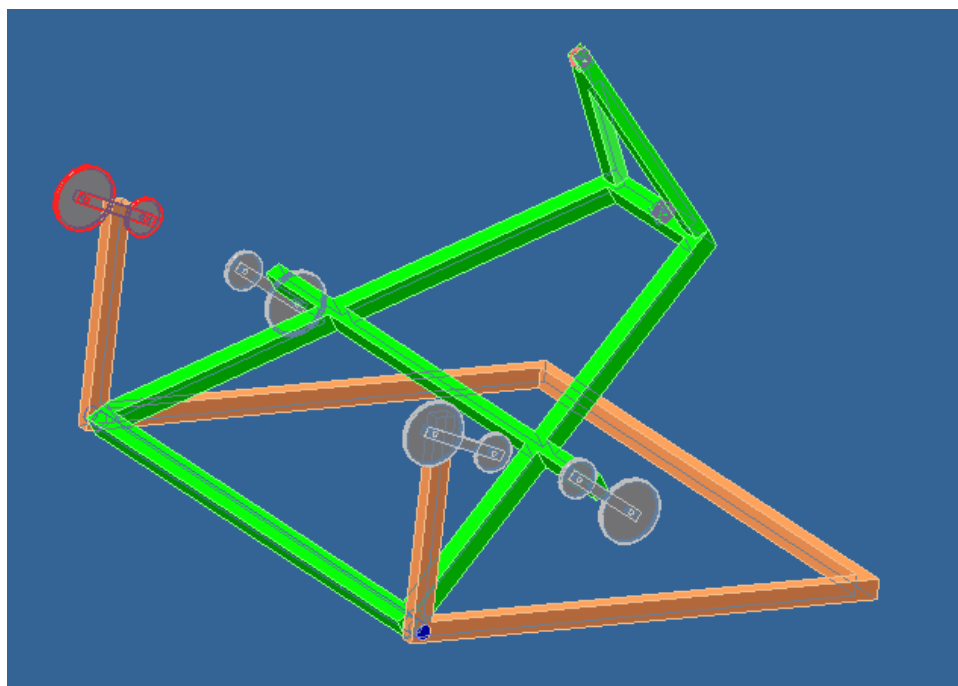


Figura 8.2 – Inserção do sistema de talhas e polias no guidaste

No desenvolvimento dessa solução existe a utilização de um sistema complexo de fio, pois o sistema trabalharia com dois tambores, um responsável pela elevação da cadeira de rodas em relação ao solo e outro responsável pela elevação do guindaste em relação à base.

A utilização desses dois tambores teria que estar sincronizada, pois se a rotação for assíncrona entre eles sobrar o fio ou tracionará em demasia um dos fios, podendo causar diminuição da vida útil desse ou até mesmo do motor.

É importante notar que pelo conceito do sistema de roldana, não se cria potência ao adicionar as talhas logo, a distância que o fio deverá percorrer é quatro vezes maior do que se o sistema possui apenas uma roldana. Esse conceito pode ser verificado pela figura 8.3, o sistema de engrenagem apresenta uma redução de 1:4. O tambor conectado a engrenagem maior é responsável pela elevação da cadeira de rodas e o tambor conectado a engrenagem maior eleva o guindaste até a posição vertical. Através desse sistema de transmissão entre os tambores se garante que os fios sempre estarão esticados.

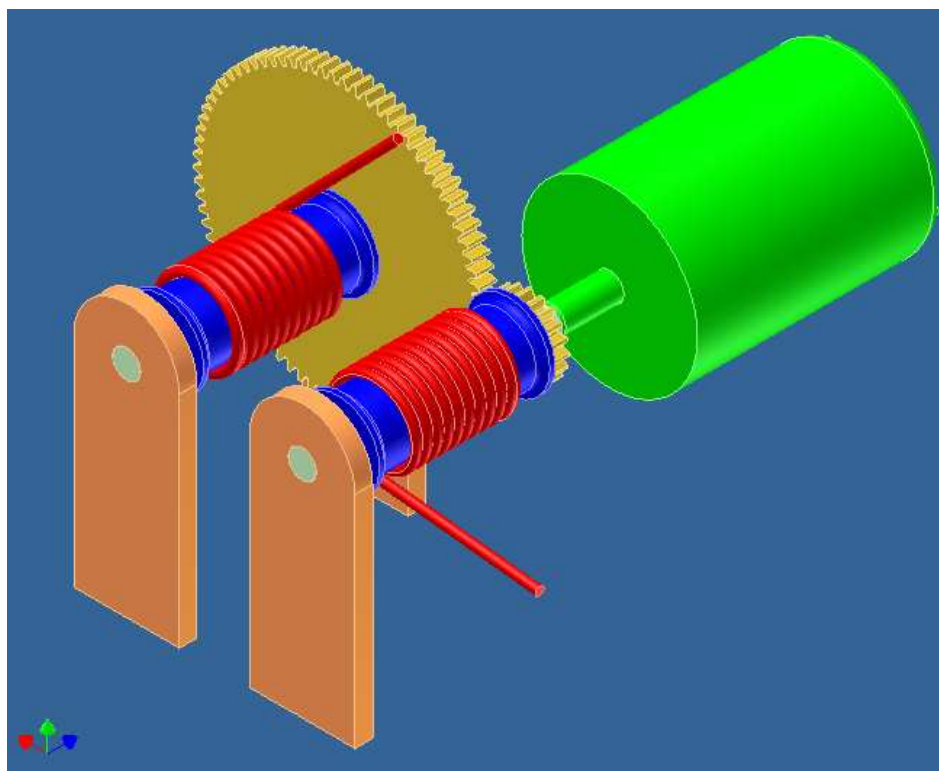


Figura 8.3 - Transmissão entre tambores.

A principal vantagem dessa solução de elevação do guindaste é o mecanismo simples que gera um menor custo de peça e também a redução para um quarto da força necessária para elevar o guindaste necessitando de um motor menor.

Os pontos negativos dessa solução de talha ficam por conta da complexidade da utilização de fios. A utilização deste tipo de sistema não permite que o fio não esteja tracionado, caso isso ocorra o fio pode sair da polia impossibilitando o funcionamento do equipamento, esse deslocamento também poderia ser causado pela má condição das ruas brasileiras. A complexidade do uso dos fios reside também da necessidade de deslocamentos perfeitos entre os tambores, já que não seria permitido nenhum movimento livre no sistema.

8.2 Engrenagem

A proposta de utilização de engrenagens é para deixar o mecanismo mais robusto. Através da utilização de redução o motor elétrico conseguiria elevar o braço. A figura 8.4 demonstra como é o conceito da caixa de redução da proposta.

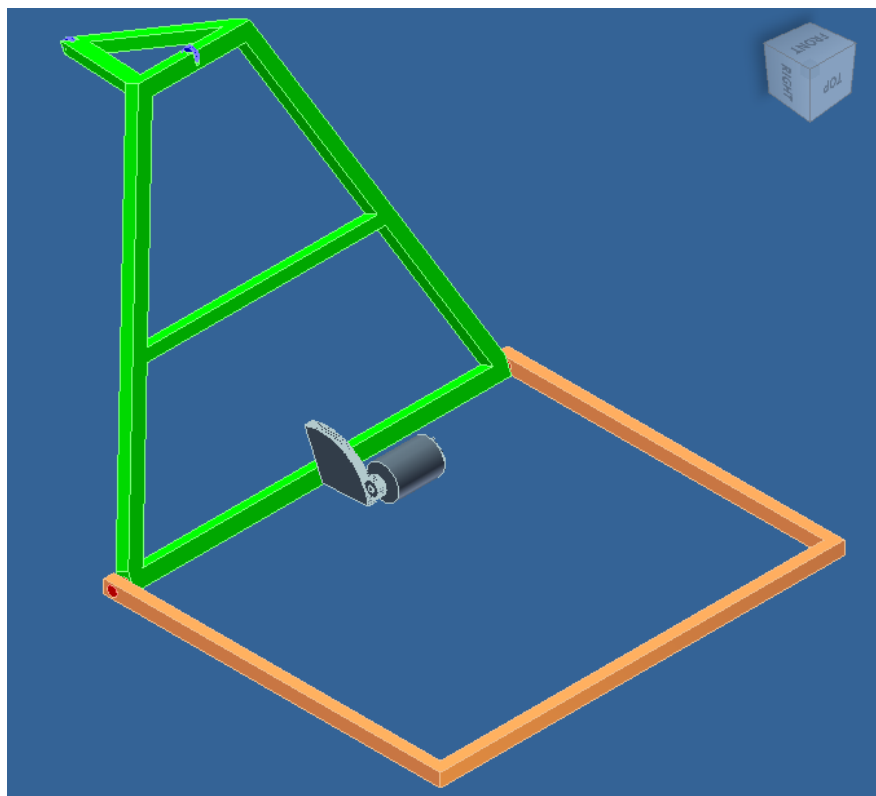


Figura 8.4 – Caixa de redução no sistema de guindaste

O motor em cinza está ligado diretamente nas engrenagens de redução, pintadas de amarelo na figura 8.5.

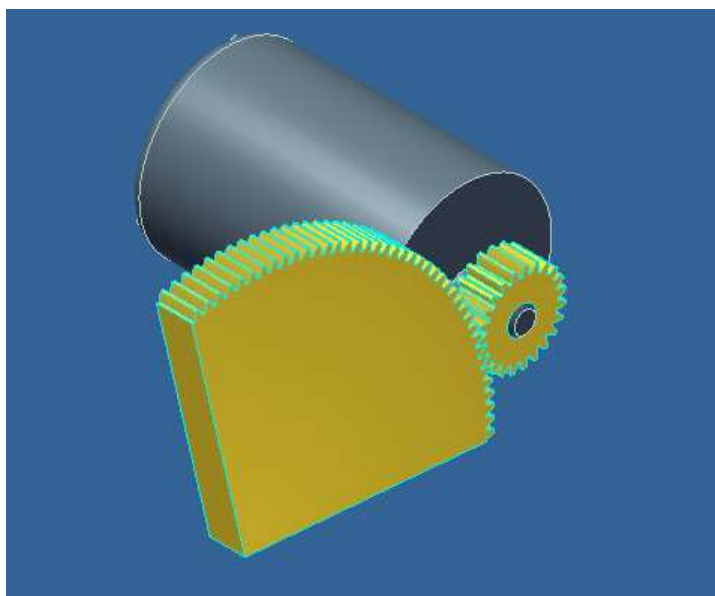


Figura 8.5 – Engrenagens acopladas ao motor

Apesar da usinagem mais cara das engrenagens em relação à utilização de talhas, o sistema tem menor incidência a falhas e maior simplicidade técnica em relação à complexidade da modelagem dos sistemas de roldanas e talhas utilizados na proposta anterior.

Essa proposta deve ter um pequeno sistema de transmissão que possibilite o funcionamento do equipamento com apenas um motor elétrico. O sistema mais robusto deve ter sensores de finais de curso que permita a transmissão saber se o sistema está na posição de funcionamento do gancho ou na posição de acomodação do guindaste, esse sistema possibilitaria que através de apenas um sensor de final de curso, o sistema de transmissão seja acionado.

O sistema de transmissão da proposta do equipamento é baseado em sistema existente nos automotores, o croqui do sistema é demonstrado na figura 8.6. O trambulador (peça verde) acionado pelos sensores de finais de curso, é responsável engrenar na engrenagem amarela ou azul, as engrenagem estarão acoplada a engrenagem responsável pelo movimento de elevação do guindaste e a outra engrenagem estará acoplada ao tambor que enrolará o fio.

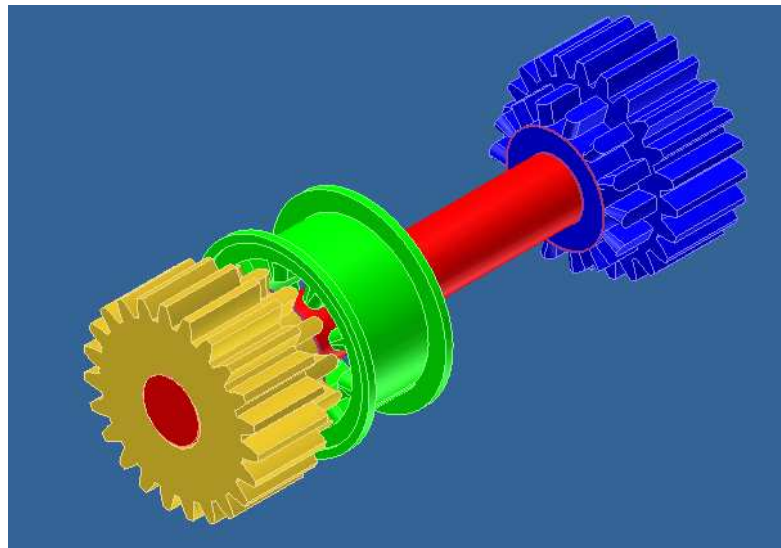


Figura 8.6 – Transmissão entre os movimentos

Esse sistema permite que os dois movimentos sejam independentes, ou seja, quando o guindaste estiver sendo elevado o tambor ficará imóvel e quando o tambor estiver sendo liberado o guindaste estará imóvel. Esse sistema torna-se mais fácil de ser realizado do que o sistema por via de talhas devido a essa independência de movimentos.

9 SUPORTE DESLIZANTE

Este novo sistema proposto é baseado nas soluções 4 (Braço deslizante com cremalheira para teto do carro) e 5 (Guindaste) conforme dito anteriormente.

A Figura 9.1 apresenta a vista lateral do equipamento. Pode-se perceber que a estrutura é mais compacta que a proposta anterior. Tal fator é muito importante se considerar-se o fato de que em locais com pé direito baixo não há impedimento para o funcionamento do sistema.

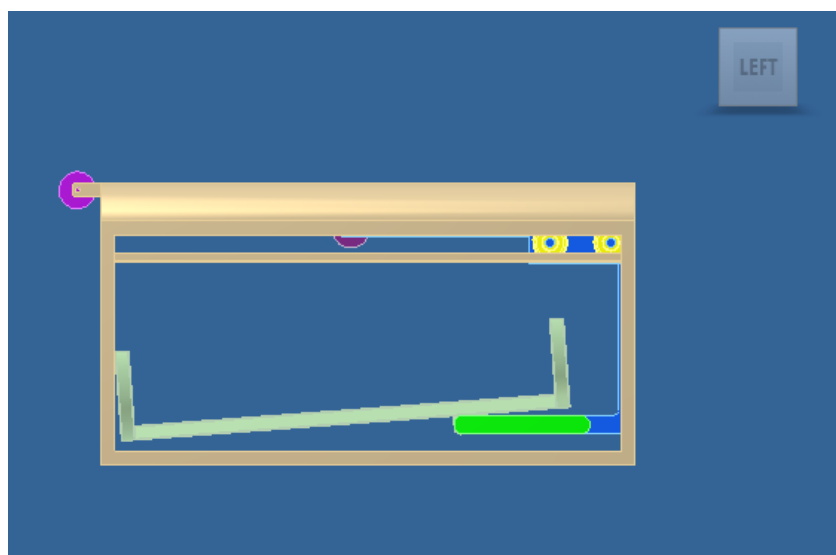


Figura 9.1 – Vista lateral do equipamento

A peça maior na cor marrom pode ser chamada de carcaça. A ela pode ser incluída uma capa na parte superior e nas laterais para proteger a cadeira de rodas e o próprio equipamento contra a chuva e poeira.

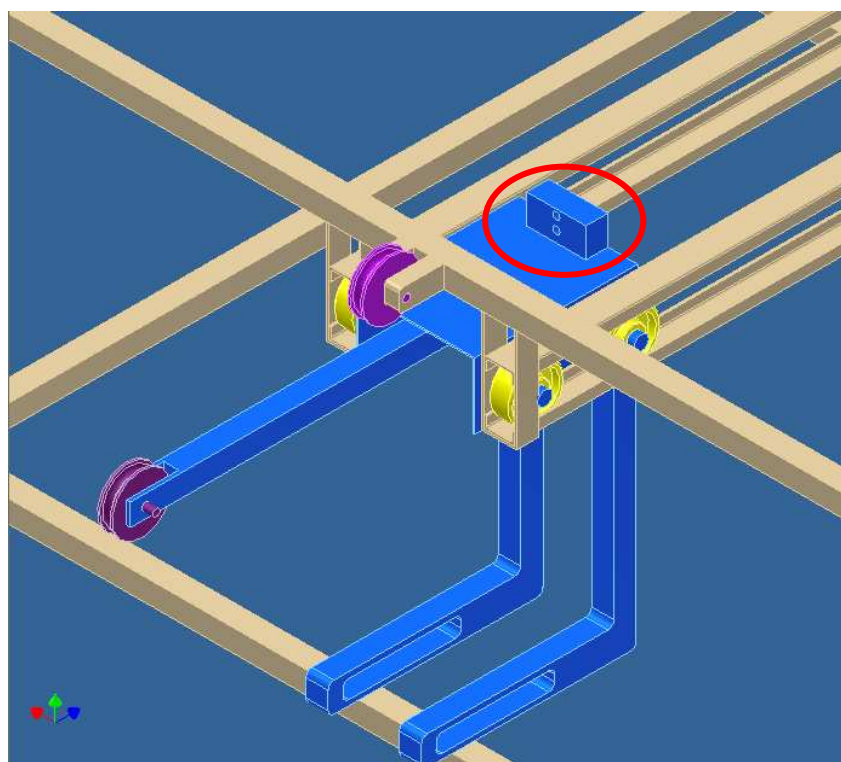


Figura 9.2 – Detalhes das polias e rodas de deslizamento

Da figura 9.2 pode-se ter uma visão melhor do carro motor e das polias. O carro motor está sempre apoiado sobre os trilhos. A polia que está acoplada ao carro motor serve para apoiar o cabo que vai içar a cadeira de rodas, circulado em vermelho está destacado o furo passante pelo qual o fio que irá içar a cadeira de rodas passará. Já a outra polia que está presa à carcaça, estará, por meio de fios, acoplada ao carro motor e ao tambor do motor. Este sistema será responsável por tirar o carro motor da posição inicial para a posição de embarque e desembarque da cadeira de rodas. Este sistema é mais complexo do que os outros.

10 ANÁLISE DO RESULTADO

Tendo em vista de que sistemas de içamento de cadeira de rodas já existem no mercado, observou-se que o principal fator a ser considerado seria o valor do equipamento. Seguindo esse raciocínio, a simplicidade do projeto seria um fator determinante para a escolha da melhor solução. Aliada a essa idéia, a estrutura interna e externa do automóvel também não poderia ser muito alterada para evitar gastos extras.

Para que o usuário pudesse utilizar o equipamento sem ter que trocar de carro, pensou-se que o sistema deveria ser aplicado a um grande grupo de veículos e também deveria ser intercambiável entre diferentes modelos. Considerou-se também que o equipamento não poderia ocupar muito espaço interno para que o automóvel não se tornasse exclusivo do cadeirante.

Por esses critérios apresentados acima as propostas 1 e 2 estariam eliminadas pois exigem portas deslizantes e há mudança interna do veículo, fazendo com que o automóvel se torne exclusivo do cadeirante. E no caso das propostas 3, 4, 5 e 6 há alteração na estrutura externa do automóvel; porém a mudança não é significativa.

Em consulta com profissionais da área de equipamentos mecânicos soube-se que o número de atuadores seria um fator que aumentaria significativamente o custo. Logo, optou-se por utilizar um sistema com o menor número de atuadores, sendo estes dentre os mais simples existentes no mercado. Neste caso, as propostas 1 e 2 novamente não atendem a essas especificações e também as soluções 3 e 4, que exigem a utilização de 2 atuadores.

Não se pode esquecer que a primeira preocupação para a realização do presente projeto seria a automação do sistema de forma que o cadeirante pudesse realizar a atividade de guardar a cadeira de rodas sem a ajuda de terceiros. Nesse caso, os sistemas que apresenta resultado melhor são as soluções 5 e 6.

Na proposta 4 foi feita uma re-análise dos custos iniciais do projeto, a cremalheira seria um dos itens mais caros dos projetos devido sua usinagem complexa, também seria necessário aumentar o cuidado com a lubrificação das peças

para não existir o engripamento da cremalheira, o que ocasionaria em uma interrupção da operação deste sistema.

Aprofundando a análise da solução 5 com o guindaste percebeu-se que este equipamento teria um problema quando o cadeirante estacionasse em estabelecimentos com pé direito baixo. Quando o equipamento estivesse na posição vertical poderia atingir o teto do local. Neste caso, o cadeirante necessitaria de ajuda para retirar a cadeira de rodas do automóvel. Portanto, o projeto seria inviabilizado de acordo com o objetivo inicial do projeto que é o de facilitar a vida do cadeirante deixando-o mais independente.

A solução analisada poderia ter dois modos de elevação do guindaste e, posteriormente, foi sugerida a utilização de um redutor planetário. Ao realizar a análise da solução do mecanismo através de engrenagem ou redutores planetários, os custos do projeto seriam elevados consideravelmente, novamente indo contra os objetivos do projeto.

Considerando os fatos citados acima, percebeu-se que é possível alinhar o baixo custo do sistema de acionamento através de polias e tambores e eliminar certas restrições quanto a altura de algumas garagens utilizando-se a solução proposta 6.

Durante a análise desta solução, pode-se perceber que um dos pontos fracos do projeto também poderia ser eliminado, que era o fato da cadeira de rodas ficar exposta ao ar, incidindo sobre ela água, poeira e fuligem existentes no trânsito. Assim quando se pensou no design do suporte do sistema que ficará apoiado sobre os racks do veículo, visou-se a facilitação da utilização de uma capa sobre todo o sistema. O material desta cobertura não precisa ser necessariamente rígido, pois sua função é apenas de isolamento de impurezas existentes no ar.

11 DESCRIÇÃO DO PROJETO

Nesse tópico, serão abordadas as peças e subsistemas que possibilitam a operação do equipamento. As operações podem ser divididas em deslizamento que é responsável por enclausurar a cadeia de rodas sob a carcaça e na operação de içamento da cadeia de rodas. Para realizar essas operações foi necessário desenvolver um sistema de transmissão que possibilitasse essa alternância de movimento.

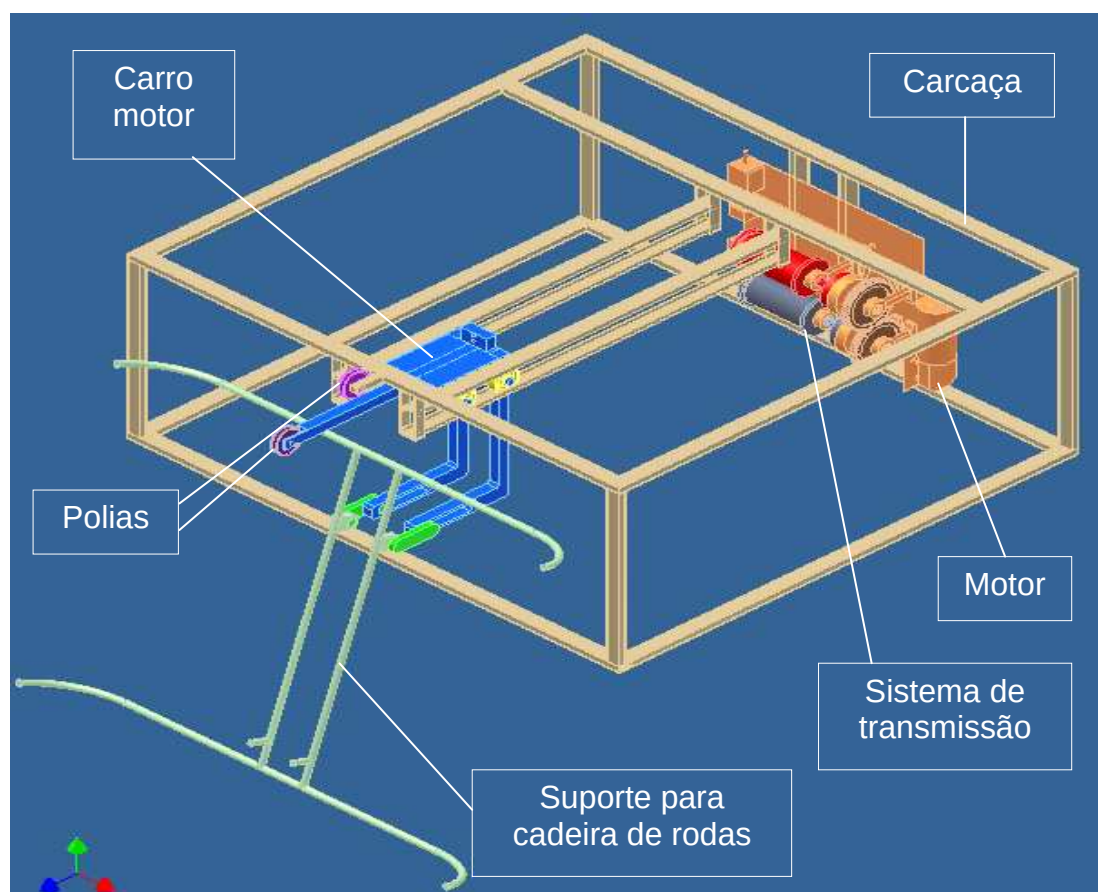


Figura 11.1: Descrição do equipamento

O sistema é composto por:

1. Carcaça
2. Suporte para cadeia de rodas
3. Carro motor

4. Peça auxiliar de proteção
5. Polias
6. Motor
7. Sistema de transmissão
8. Cabos
9. Capa de proteção

O material escolhido para a maior parte dos equipamentos foi o aço-carbono 1020 com baixo teor de carbono por este boa tenacidade, conformabilidade e soldabilidade, além de ser um metal de baixo custo. Este aço é também largamente aplicado nas construções de pontes, edifícios, navios e estruturas mecânicas em geral.

Para algumas peças do equipamento foi escolhido o alumínio. Tal material possui maior custo, porém é mais leve que o aço, é também bastante resistente e durável.

11.1 Carcaça

A carcaça é a peça responsável por guardar a cadeira de rodas, servir de base para todas as outras peças e subsistemas do equipamento, já que é a única peça do equipamento a entrar em contato com o bagageiro do carro. Na carcaça está soldado o trilho que servirá de guia no movimento do carro motor.

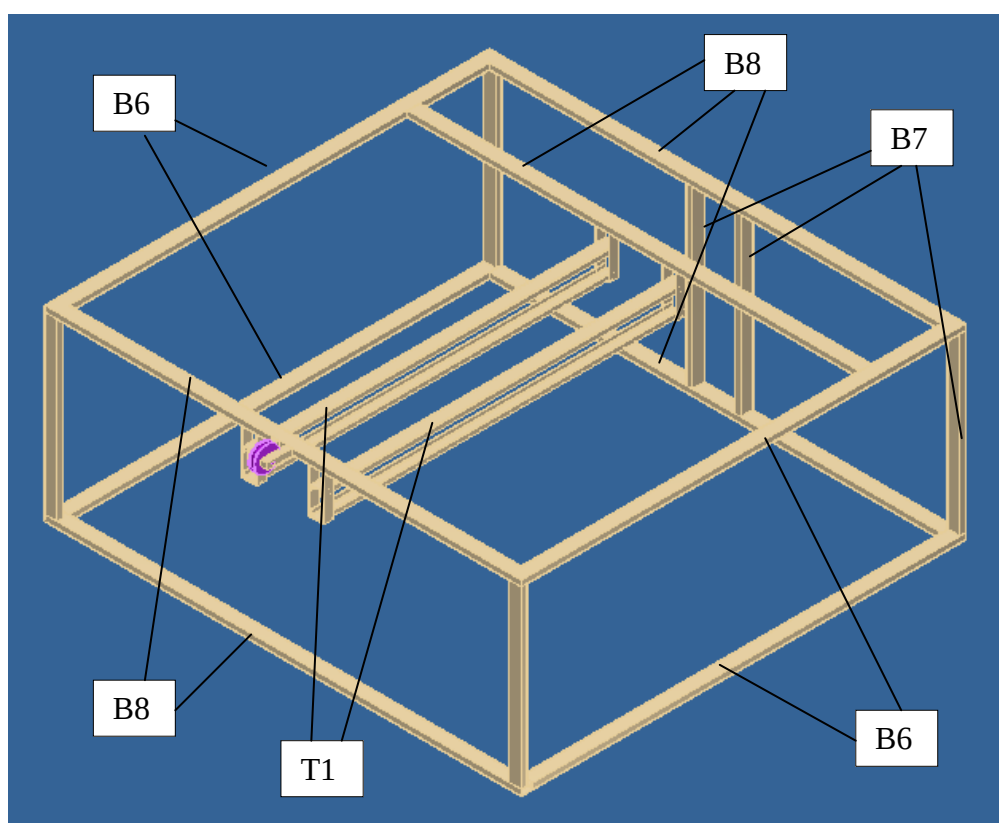


Figura 11.2 – Identificação dos materiais da carcaça

Abaixo segue a descrição das matérias-primas utilizadas para a construção da carcaça. As legendas estão na figura 11.2 acima.

Tabela 11.1 – Descrição do material da carcaça

Carcaça	Qtde	Material	Seção Transversal	Fabricação	Fornecedor
B6	4	Aço carbono 1020	ST retangular vazada de aço	Soldada	GGD Metals
B7	6	Aço carbono 1020	ST retangular vazada de aço	Soldada	GGD Metals
B8	5	Aço carbono 1020	ST retangular vazada de aço	Soldada	GGD Metals
Trilho	2	Aço carbono 1020	Viga perfil "U"	Soldada	Metalica

A tabela 11.1 mostra as dimensões das matérias-primas utilizadas e algumas de suas características como o formato da seção transversal das barras.

Tabela 11.2 – Dimensões das barras B6, B7 e B8

B1, B2 e B3	
Tubo de aço de seção transversal quadrada	
Dimensões	40 mm x 40 mm
Espessura	1,9 mm
Massa específica	2,29 kg/6m de barra
Preço/6m barra	R\$ 3,90

Tabela 11.3 – Dimensões do trilho

Trilho	
Viga de aço com perfil em "U"	
Altura da alma	75 mm
Largura das abas	40 mm
Espessura	2 mm
Massa específica	2,2 kg/metro
Preço específico	R\$ 2,30

Através das características das matérias-primas de cada subsistema pode-se calcular a massa de cada componente. A massa da carcaça é de 19,7 kg e do trilho de 2,5 kg. Seus preços estimados ficariam em torno de R\$ 86,00.

Será utilizada uma capa de nylon para proteger o equipamento como um todo, esta será presa à estrutura da carcaça. O preço aproximado da capa é de R\$ 60,00.

11.2 Suporte da cadeira de rodas

O suporte para cadeira de rodas, como o próprio nome diz, é utilizado para dar base a cadeira de rodas durante o processo de armazenamento da mesma. Este suporte também tem a função de proteger o veículo contra possíveis choques da cadeira na lataria do automóvel.

Seguem abaixo a figura esquemática do suporte, a tabela de matérias-primas e a tabela de dimensões.

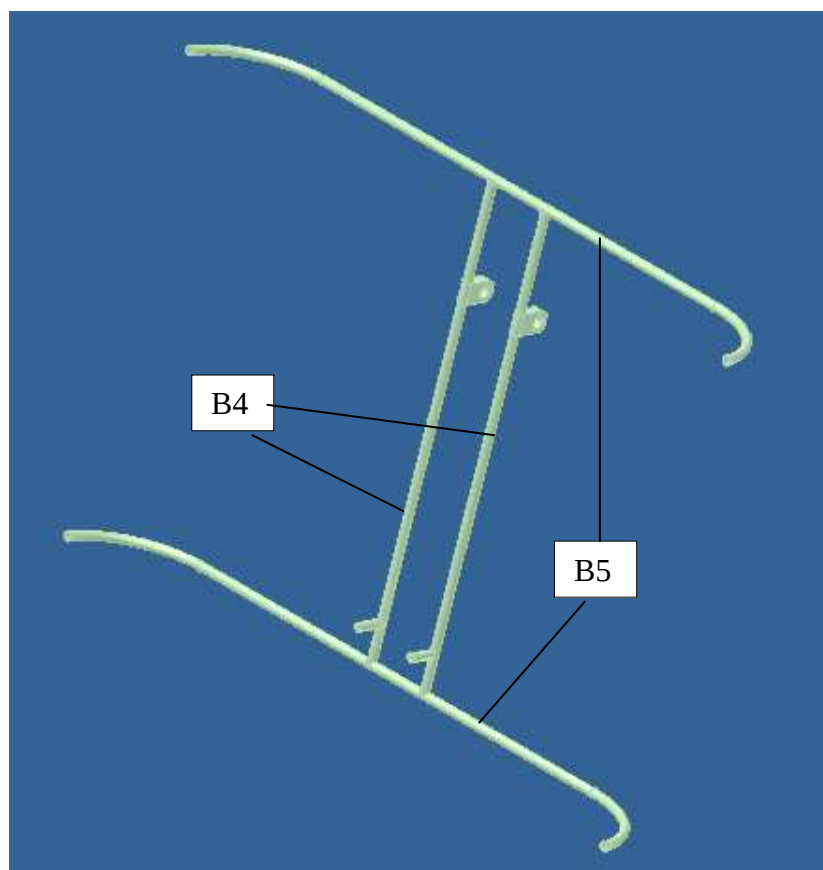


Figura 11.3 – Desenho esquemático do suporte para cadeira de rodas

Tabela 11.4 – Descrição do material do suporte

Suporte	Qtde	Material	Seção Transversal	Fabricação	Fornecedor
B4	2	Aluminio	ST circular vazada de aluminio	Soldadas a outra barra	ShockMetais
B5	2	Aluminio	ST circular vazada de aluminio	Dobramento	ShockMetais

Tabela 11.5 – Dimensões das barras B4 e B5

B4, B5	
Tubo de alumínio de seção transversal circular	
Diâmetro	19,05 mm
Espessura	1,58 mm
Massa específica	0,23 kg/m
Preço específico	R\$ 7,30

A massa do suporte é de 1,1 kg. Foi escolhido um material leve como o alumínio para o suporte, pois este ficará suspenso quando se estiver levando a

cadeira de rodas para o bagageiro superior e quando estiver descendo o mesmo, portanto, os esforços exigidos devido ao peso do suporte no motor serão menores. O preço estimado do suporte ficou em R\$ 8,10.

11.3 Carro motor

O carro motor é o subsistema responsável por transmitir o movimento do motor ao sistema como um todo. É nele que a cadeira de rodas e o suporte ficam apoiados. O carro motor fica preso a carcaça através do trilho soldado na carcaça.

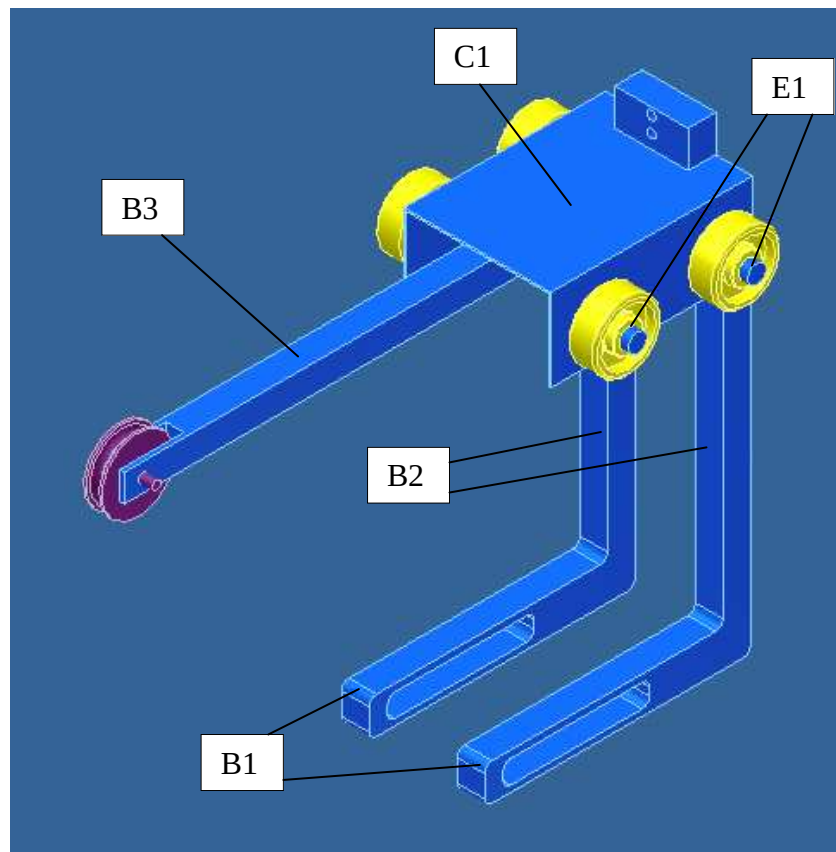


Figura 11.4 – Identificação das barras do carro-motor

Tabela 11.6 – Descrição do material do carro-motor

Carro-motor	Qtde	Material	Seção Transversal	Fabricação	Fornecedor
B1	2	Aço carbono 1020	ST quadrada vazada	Soldada	GGD Metals
B2	2	Aço carbono 1020	ST quadrada vazada	Soldada	GGD Metals
B3	1	Aço carbono 1020	ST quadrada vazada	Peça soldada à chapa	GGD Metals
C1	1	Aço carbono 1020	Chapa fina	Dobramento	Tenax - Aços especiais
E1	4	Aço carbono 1020	ST circular	Soldada a chapa	Tenax - Aços especiais
A1	2	Aço carbono 1020	ST quadrada cheia	Usinada	Tenax - Aços especiais

Tabela 11.7 – Dimensões das barras B1, B2 e B3

B1, B2 e B3	
Tubo de aço de seção transversal quadrada	
Dimensões	40 mm x 40 mm
Espessura	1,9 mm
Massa específica	2,29 kg/6m de barra
Preço/6m barra	R\$ 3,90

Tabela 11.8 – Dimensões da chapa

C1	
Chapa de aço galvanizado	
Espessura	1,21 mm
Massa específica	10,0 kg/m ²
Preço específico	R\$ 2,10

Tabela 11.9 – Dimensões do eixo

E1	
Tubo de aço de seção transversal circular	
Diâmetro	20,63 mm
Espessura	1,50 mm
Massa específica	4,245 kg/m
Preço específico	R\$ 4,30

Tabela 11.10 – Dimensões do apoio do suporte

A1	
Tubo de aço de seção transversal quadrada cheia	
Dimensões	42,86 mm x 42,86 mm
Massa específica	14,41 kg/m de barra
Preço específico	R\$ 4,00

A massa total do carro motor fica em 9,1 kg. O preço do carro motor fica R\$ 36,00. Será utilizada rodas de nylon para fazer com que o carro motor deslize sobre

os trilhos diminuindo o atrito. A roda teria diâmetro externo de 75 mm e custaria R\$ 1,89 cada, sendo utilizadas 4 por equipamento.

11.4 Motor

Os veículos automotores de passeio possuem uma alimentação de corrente contínua de 12 V.C.C., este parâmetro é importante, pois não será necessária a adição de um transformador de voltagem ao sistema quando utilizado um motor de semelhante voltagem de alimentação.

O motor deverá fornecer um torque suficiente para elevar a cadeira de rodas e guardar a mesma no compartimento, o torque calculado para a situação em questão é de 20 N.m, sendo este considerado mais crítico para durante a operação do equipamento.

O motor que apresentou as características indicadas acima é do fornecedor BOSCH de código 9.390.453.042 modelo CEP. Esse modelo é aplicado nos limpadores de veículos automotores, cadeiras de dentistas, etc. Este motor tem custo de R\$ 156,00 e massa de 2,9 kg.

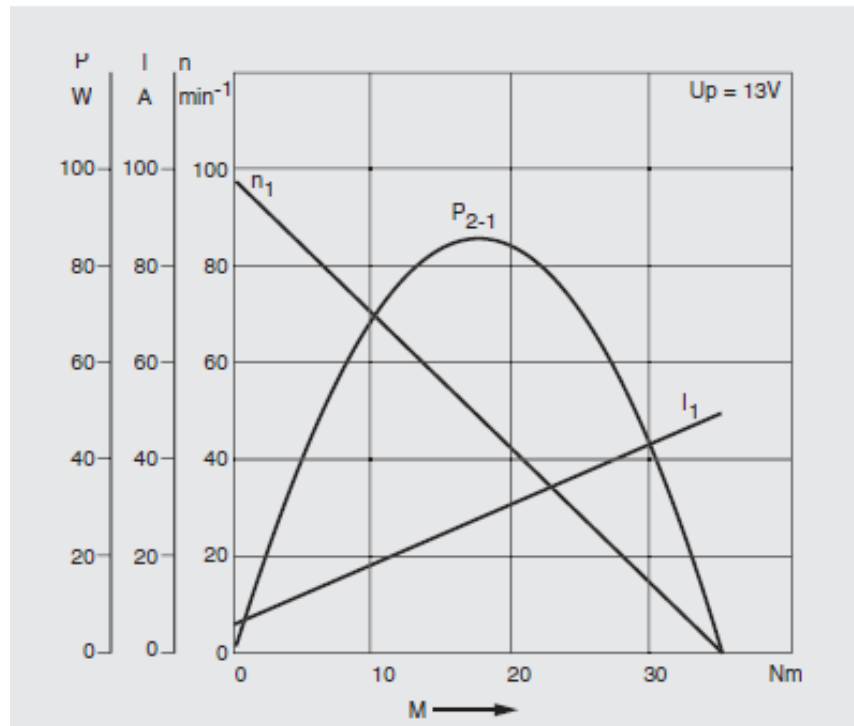


Figura 11.5 – Curva característica do motor

As curvas características do motor são explicitadas na figura 11.5, podemos notar que o motor possui uma rotação máxima de 100 rpm, torque máximo de 35 Nm e uma potência máxima de 82 W quando aplicado, aproximadamente 18 Nm.



Figura 11. 6 – Motor Bosch CEP

11.5 Transmissão

O projeto da transmissão foi necessário para respeitar a motivação desse presente trabalho. Os motores elétricos, geralmente, são as peças mais onerosas na folha de custo do projeto, portanto preferiu-se a aplicação de um sistema de transmissão que possibilitasse o uso de apenas um atuador.

A transmissão é baseada em embreagens cônicas acionadas por solenóides, que por sua vez serão acionados por sensores de fim de curso. O par de engrenagens é necessário para poder levar potência para dois eixos diferentes, preferiu-se pela transmissão por engrenagens devido ao espaço reduzido do sistema.

Engrenagens

As engrenagens foram projetadas baseadas na metodologia AGMA, ressaltando que sua função das engrenagens nesse sistema é de levar a potência do motor aos dois eixos dos tambores. Além da referida preferência às engrenagens devido ao menor espaço de transmissão, pode adicionar a necessidade do sincronismo do sistema.

As engrenagens foram projetadas para a situação crítica de potência fornecida para o motor de 136 W a rotação de 45 rpm, resultando em um torque de 35 Nm. Adotando o módulo de 2,5 mm e uma distância entre centro de 140 mm com uma face de 20 mm. O material da engrenagem é aço endurecido por chama ou indução com uma dureza de 6000 HB o que resultará numa pressão admissível de 1805 MPa.

A força tangencial na engrenagem é de 684 N por meio de um ângulo de pressão de 20°. A tensão do pé do dente da engrenagem será de 30 N/mm² e a tensão do material 170 N/mm², adotando assim um fator de segurança de 5,5.

O fator de durabilidade é calculado pela equação abaixo, foi considerado um ciclo de 10.000 horas de vida para a engrenagem

$$W = \frac{60 * n_p * h}{10^6}$$

A pressão admissível da engrenagem é dada pela equação abaixo.

$$p_{adm} = \frac{0,487 * Dureza(HB)}{W^{1/6}} = 1687 MPa$$

O volume mínimo da engrenagem é calculado por meio da equação abaixo

$$v_{min} = b_1 * d_0^2 = \frac{5,72 * 10^5 * M_t * (i + 1)}{p_{adm}^2 * (i + 0,14)} = 6170,94 mm^3$$

Os tambores devem possuir um diâmetro de 90 mm determinados previamente no cálculo dos esforços de operação do motor, assim passou-se a ter uma restrição quanto à distância entre eixos das engrenagens e o valor de d0 no mínimo de 100 mm. Assim foi adotado o diâmetro de 140 mm com uma face de 20 mm.

O módulo normalizado é 2,5 mm e o número de dentes de 56.

Para a análise das tensões na engrenagem, deve-se calcular a força tangencial

$$F_T = \frac{2 * M_t}{d_0} = \frac{2 * 35000}{140} = 685 N$$

O fator de forma (q) adotado é de 0,26 e o fator de serviço (φ) = 1. Analisando as tensões no pé do dente por meio da equação a seguir

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{F_T * q * \varphi}{b * m_n} \leq \sigma_{material} \Rightarrow \sigma_{max} = 30,8 MPa$$

O material adotado para a engrenagem é o SAE 4340 que possui uma tensão de escoamento de 170 MPa, a tensão observada acima é bem inferior a tensão do material. As engrenagens são peças de simples usinagem que possuem um custo baixo.

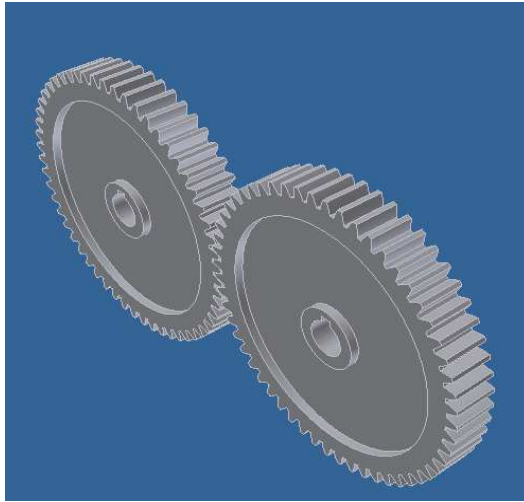


Figura 11.7 - Par de engrenagens

Embreagem Cônica

Os acionamentos dos carretéis serão realizados por embreagens cônicas, esse sistema permitirá que por meio de atrito que o carretel requisitado recebe a potência do motor.

A metodologia adotada para o dimensionamento da embreagem é o de pressão constante, o torque máximo adotado para o cálculo é de 35000 Nmm; o ângulo de contato é de 12° e o coeficiente de atrito entre copa e cone adotado é de 0,38 referido ao revestimento à base de fibras de aramida. A engrenagem possui um diâmetro interno 100 mm e diâmetro externo de 108,50 mm.

Para calcular a força necessária para aplicação da transmissão do torque é dado pela seguinte equação:

$$F = \frac{3 \cdot T \cdot \sin(\alpha) \cdot (D_e^2 - D_i^2)}{\mu \cdot (D_e^3 - D_i^3)}$$

Sob as condições indicada a força de contato necessária para transmitir o torque é de 184,60 N.

O material da embreagem é de aço SAE 1020, revestida à base de aramida nas regiões de contato, esse revestimento tem como função aumentar o atrito entre o cone e a copa da embreagem.

Molas, Solenóides e Alavanca

O tambor responsável por içar a cadeira de rodas será solicitado grande parte do tempo e o tambor responsável por deslocar o carro motor será solicitado, em apenas, uma parte da operação.

Devido a essa característica particular de cada tambor foi escolhido para o primeiro o acionamento por molas e o desembreio será por solenóide, já o segundo tambor será embreado por solenóide e desembreado pela ação de uma mola.

Adotando o material da mola como sendo repuxado duro $A = 1783 \text{ MPa.mm}$, o diâmetro do arame da mola (d) é 2,5mm, o expoente $m=0,190$, o módulo de rigidez (G) é 80,7 GPa.

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = 1498 \text{ MPa}$$

$$S_{sy} = 0,45 \cdot S_{ut} = 674 \text{ MPa}$$

O índice da mola (C) é 7 e o fator de Bergsträsser (K_b) é 1,2. A força máxima exercida pela mola é dada pela seguinte função.

$$F = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot S_{sy}}{8 \cdot K_B \cdot D} = 196 \text{ N}$$

Considerando um número de espiras ativas de cinco. A constante elástica da mola é dada pela seguinte equação.

$$k = \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot N_a \cdot D^3} = 14,45 \text{ N/mm}$$

Para a segunda mola o d adotado foi de 1,4 mm resultando em uma força máxima de 41,56 N e a constante elástica da mola de 2,42 N/mm.

Os solenóides são peças que se movem através de um núcleo de ferro do centro da bobina, quando passa uma corrente elétrica atravessa a bobina. Os solenóides apresentam tensões de 12 e 24 volts, conforme explicitado foi escolhido um solenóide de 24 V devido à conformidade com a tensão de alimentação do veículo.

Adotamos para este projeto o solenóide do fabricante Soletec EPP de série D modelo 50. Cada solenóide tem um custo de R\$ 114,00.

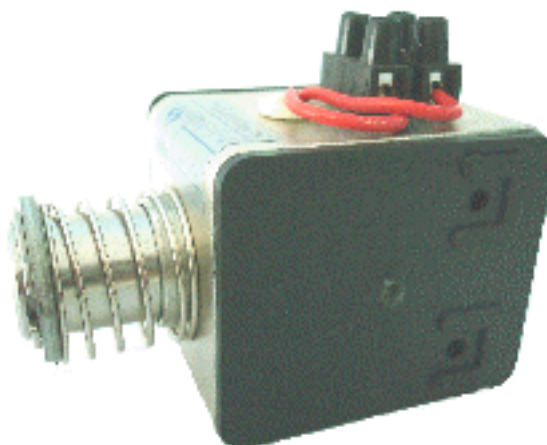


Figura 11.8 – Solenóide série D modelo 50 da Soletec.

O gráfico retirado do catálogo do fornecedor demonstra que a força exercida pelo solenóide decai com o curso do mesmo, além desse fato pode-se notar pela análise do gráfico o PL, percentual do tempo de operação do equipamento ligado pelo tempo total de operação do mesmo, tem uma grande importância no rendimento do solenóide.

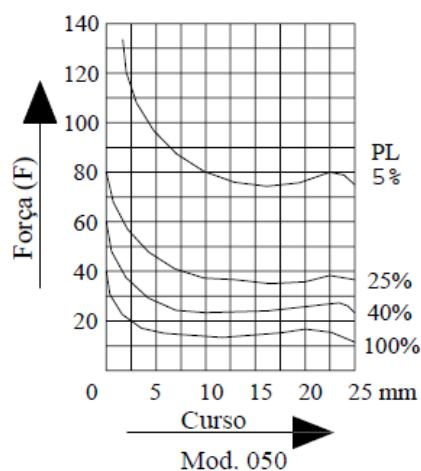


Figura 11.9 - Gráfica da força magnética pelo curso

Os fatos acima corroboram a tese de estratégias diferentes empregadas para os dois tambores, que consideram o tempo de acionamento de cada tambor durante um ciclo de operação.

A força calculada acima necessária à embreagem cônica é 184,60 N, portanto será necessária uma alavanca para possibilitar a utilização dos solenóides. Através da análise de diagrama de corpo livre da alavanca para o tambor do carro motor, isto é, aquele tambor que será acoplado pela força do solenóide é desembreado pela força da mola (figura 11.10) conseguimos relacionar as forças necessárias e o curso do garfo.

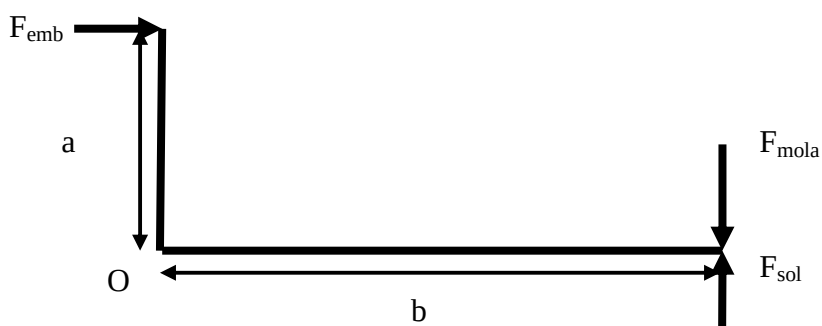


Figura 11.10 – Diagrama de corpo livre da alavanca do carro motor

As equações para o momento em relação ao pólo O apresentado é:

$$\sum M_0 = 0 \Rightarrow F_{sol} = \frac{F_{emb} \cdot a}{b} + F_{mola}$$

Em relação aos percursos de cada ponta da alavanca, utilizamos uma linearização, pois x/b é muito pequeno. Então de tão maneira adotamos para os percursos os referidos esforços.

$$y = \frac{a \cdot x}{b}$$

De tal modo y é o deslocamento esperado na ponta do garfo e x é o curso de ação do solenóide, adotando o curso de 8 mm a relação entre a e a/b observada é de 0,27. De tal forma adotou se para a e b , as dimensões de 79 mm e 300 mm.

Analisando ao diagrama de corpo livre (figura 11.11) da segunda alavanca que movimentará a embreagem da cadeira de rodas, teremos a seguinte equação.

$$\sum M_0 = 0 \Rightarrow F_{sol} = \frac{F_{mola} \cdot a}{b}$$

A equação desenvolvida para as pontas das alavancas também pode ser aplicada nessa alavanca, então substituindo as equações de deslocamento de pontas e de força da mola na equação acima teremos a seguinte equação:

$$F_{sol} = \frac{(Fi + ky) \cdot y}{x}$$

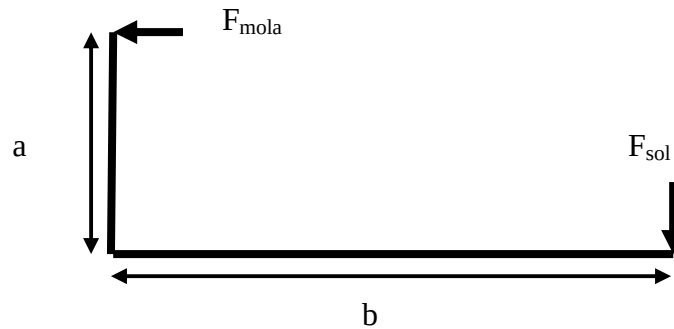


Figura 11.11 – Diagrama de corpo livre para o tambor de elevação

Partindo do pressuposto que essa alavanca poderá utilizar a mesma proporção da alavanca anteriormente calculada, a força que o solenóide deverá exercer em um curso de 10 mm é de 80 N, suficiente para desacoplar a embreagem.

12 DETALHAMENTO DA ESTRUTURA

12.1 Definição do cabo de aço

Para o dimensionamento do cabo de aço que ficará ligado ao tambor do motor, considerou-se uma carga de 50kgf. Escolhendo-se arbitrariamente um fator de segurança de 10, temos que a carga de segurança é de 500 kgf.

Consultando o catálogo da MaxiCabos escolhe-se o cabo de aço com as seguintes especificações:

Tabela 12.1 – Especificações técnicas do cabo de aço

DIÂMETRO		MASSA APROXIMADA (kg/m)	CARGA DE RUPTURA MÍNIMA EFETIVA (tf)		
Polegadas	mm		Mín. 180 kgf/mm ²	Mín. 200 kgf/mm ²	Mín. 220 kgf/mm ²
1/8"	3,2	0,043	0,66	0,77	-

O diâmetro do tambor é no máximo 40 vezes o diâmetro do cabo e no mínimo 20 vezes maior que este. Logo, o diâmetro do tambor pode estar no intervalo de 64 mm a 128 mm. Escolheu-se então o diâmetro de 90 mm.

Serão utilizados 2 cabos, um para içar a cadeira de rodas (cabo1) e outro para movimentar o equipamento (cabo2). Os dois cabos devem suprir as seguintes:

- altura do automóvel, considerou-se a altura de 1,5 m;
- o cabo deve dar 2 voltas no tambor, totalizando 0,71 m

O cabo1 passa uma vez o comprimento da carcaça de 1,14 m. O cabo2 precisa ter duas vezes o comprimento da carcaça resultando 2,28 m.

Portanto os comprimentos do cabo1 é de 2 m e o cabo2 é de 3 m.

12.2 Cálculo de momento

A seguir serão apresentados cálculos dos torques exigidos ao motor pelos pesos do equipamento e da cadeira de rodas durante o movimento de armazenagem e durante o movimento de descida da cadeira.

A primeira situação considerada é quando o motor tem de vencer a inércia do equipamento na posição em que a cadeira de rodas está dentro da carcaça, sobre o suporte. Situação semelhante seria a mesma posição porém sem a cadeira de rodas. Nessas situações a massa a ser movimentada seria 30,4 kg e 10,4 kg (massa do suporte mais massa do carro motor) respectivamente, pois considera-se que a cadeira de rodas terá 20 kg.

A força a ser vencida nesses dois casos seria o atrito. Sabe-se que o material da viga e do carro motor é o aço, será utilizado um lubrificante entre essas peças para facilitar o movimento. Supondo-se que o coeficiente de atrito estático entre aço e aço com lubrificação seja 0,15 e aceleração da gravidade 10 m/s^2 , temos a seguinte condição:

- para o caso com cadeira de rodas

$$At = \mu \cdot m \cdot g = 0,15 \cdot 30,4 \cdot 10 \Rightarrow At = 45,6$$

$$M = At \cdot D_{tambor} = 45,6 \cdot 0,090 \Rightarrow \boxed{M = 4,1Nm}$$

- para o caso sem cadeira de rodas

$$At = \mu \cdot m \cdot g = 0,15 \cdot 10,4 \cdot 10 \Rightarrow At = 15,6N$$

$$M = At \cdot D_{tambor} = 15,6 \cdot 0,090 \Rightarrow \boxed{M = 1,4Nm}$$

A segunda situação considerada é o movimento de subida da cadeira de rodas. A massa a ser movimentada é de 20 kg referente somente a cadeira de rodas. Logo o peso da cadeira de rodas é 200 N. Portanto o momento gerado é:

$$\boxed{M = 18Nm}$$

A terceira situação é o movimento de subida da cadeira de rodas mais o suporte depois que o cabo atinge o fim de curso. A massa a ser movimentada é de 21,1 kg. Logo o peso da cadeira de rodas é 211 N. Portanto o momento gerado é:

$$\boxed{M = 19Nm}$$

O próximo movimento considerado é o movimento horizontal do equipamento com e sem a cadeira de rodas. As massas a serem movimentadas são de 30,4 kg e a 10,4 kg, respectivamente. Considera-se o atrito dinâmico de aço contra aço com lubrificação igual a 0,08. Portanto o momento gerado é:

- para o caso com cadeira de rodas

$$At = \mu \cdot m \cdot g = 0,08 \cdot 30,4 \cdot 10 \Rightarrow At = 24,3N$$

$$M = At \cdot D_{tambor} = 24,3 \cdot 0,090 \Rightarrow \boxed{M = 2,2Nm}$$

- para o caso sem cadeira de rodas

$$At = \mu \cdot m \cdot g = 0,085 \cdot 10,4 \cdot 10 \Rightarrow At = 8,3N$$

$$M = At \cdot D_{tambor} = 8,3 \cdot 0,090 \Rightarrow \boxed{M = 0,7Nm}$$

A subida sem a cadeira de rodas é o último movimento a ser analisado. Neste caso só existe o peso do suporte com massa de 1,1 kg. Causando um momento:

$$\boxed{M = 1,0Nm}$$

Logo o máximo torque exigido considerando os movimentos acima é de $M = 19Nm$ que é inferior ao torque máximo do motor (35 Nm).

12.3 Cálculo de tensões

Com o intuito de analisarem-se as tensões do carro motor, considerou-se o braço (B3) como sendo uma viga engastada na chapa com uma força aplicada pontualmente em sua extremidade livre.

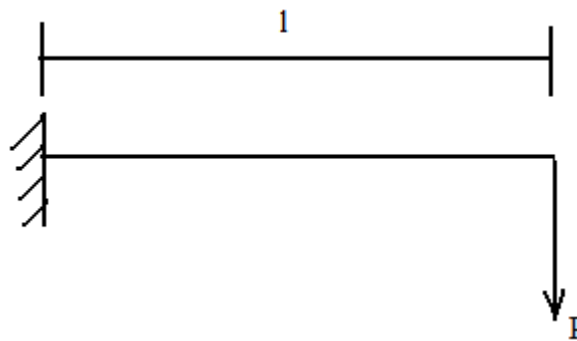


Figura 12.1 – Simplificação do sistema

A força peso que atua na extremidade da viga corresponde ao peso da cadeira de rodas mais o peso do suporte. Na outra extremidade há as reações de apoio do engaste.

Calculando-se as reações de apoio através da análise estática das forças é possível obter que:

$$V_A = P$$

$$M_A = P \cdot l$$

Sabemos que $P = 303,9 \text{ N}$ e l é o comprimento da barra B3 que menos o comprimento da chapa, $l = 40 \text{ mm}$, tem:

$$V_A = 303,9 \text{ N}$$

$$M_A = 302,5 \cdot 0,4 = 121,6 \text{ Nm}$$

Utilizando a teoria de tensões em viga podemos obter que:

$$M = M_A - V_A \cdot x \quad M = P \cdot l - P \cdot x = P \cdot (l - x)$$

$$\sigma_x = \frac{M \cdot y}{I} \quad \Rightarrow \quad \sigma_x = \frac{P \cdot (l - x) \cdot y}{I}$$

Sabe-se que o intervalo dos valores de x é $[0 ; 400]$. Considerando que essa viga tem seção cheia de área de 40×40 então y varia de $[-20 ; 20]$.

Pode-se perceber que o ponto de maior tensão será quando $x = 0 \text{ mm}$ e $y = 20 \text{ mm}$. Logo os valores ficam em:

$$\sigma_{x \max} = 11,4 \text{ MPa}$$

Foi feita a análise desta peça por elementos finitos no programa Inventor e foi possível obter-se as seguintes análises:

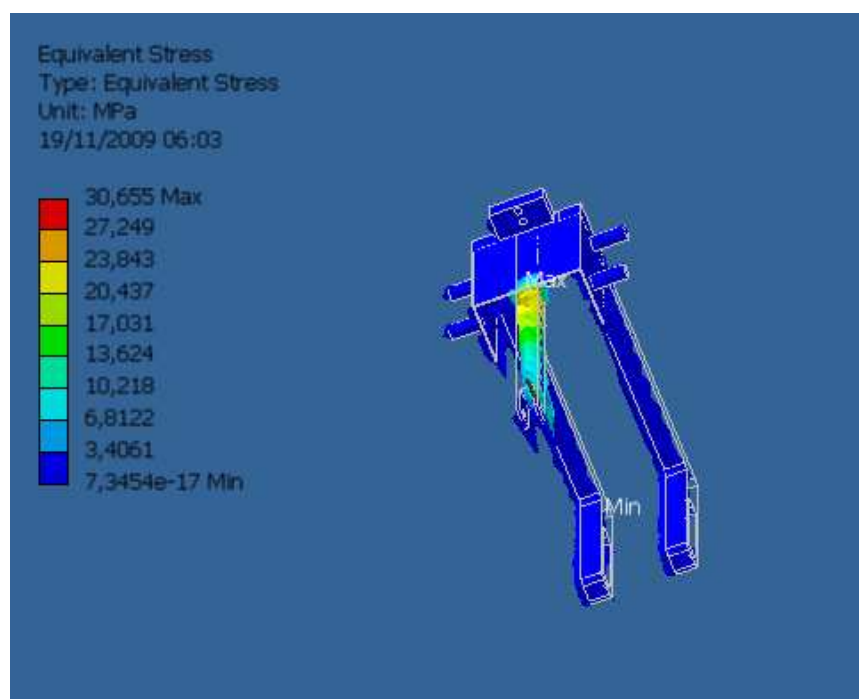


Figura 12.2 – Tensões equivalentes de Von Mises em MPa

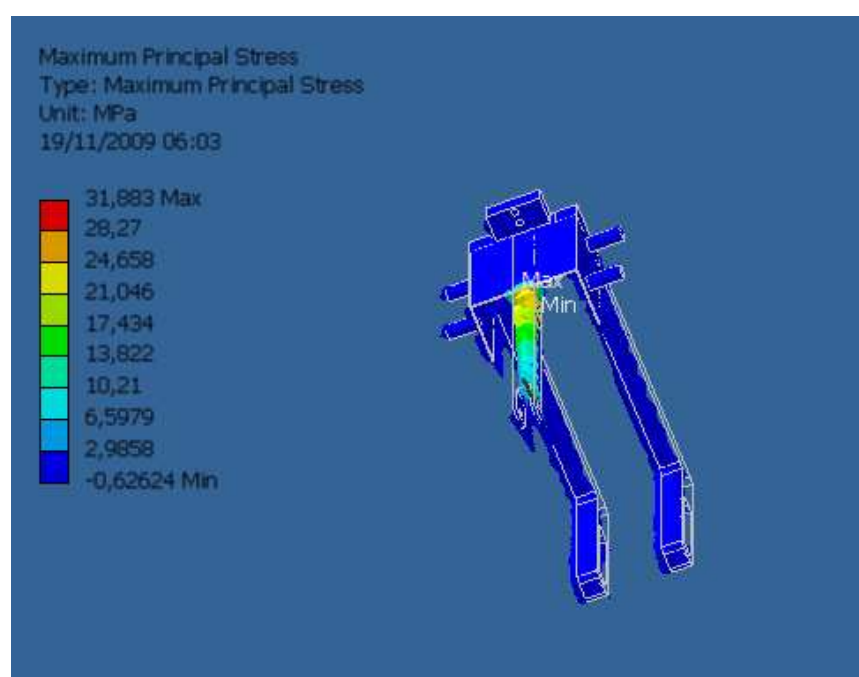


Figura 12.3– Tensões principais máximas em MPa



Figura 12.4 – Tensões principais mínimas em MPa

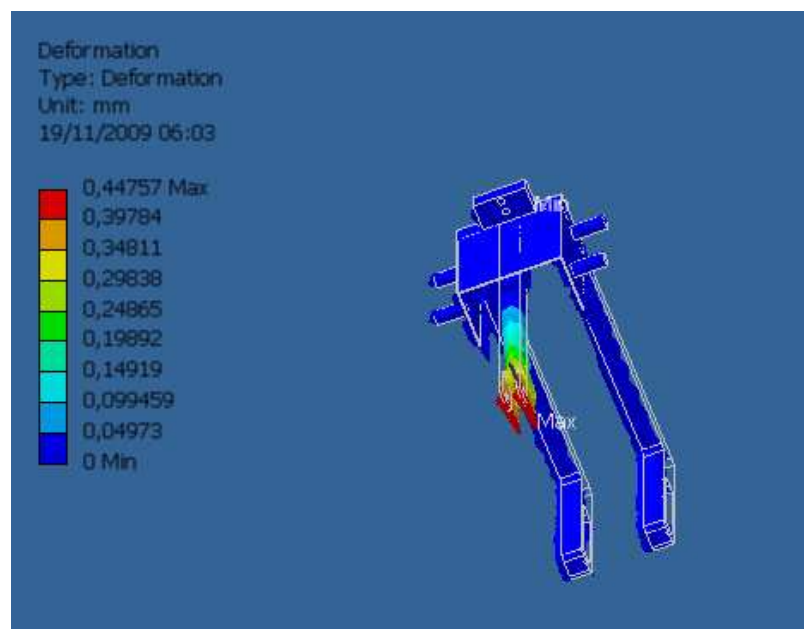


Figura 12.5 – Deformação em mm

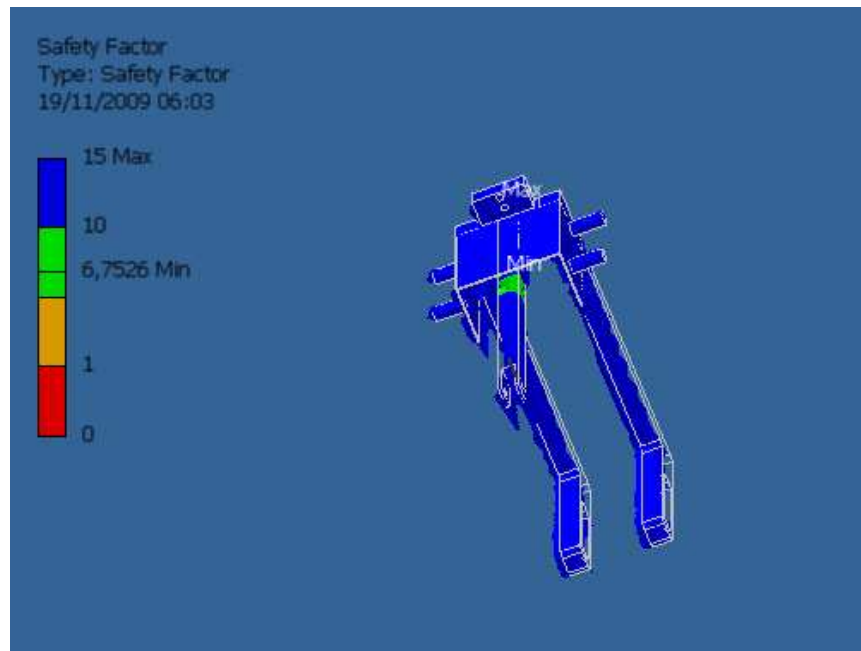


Figura 12.6 – Fator de segurança

Utiliza-se o critério de energia de distorção (Von Mises) para saber se o equipamento escoar. O limite de escoamento do aço carbono é $\sigma_e = 250MPa$ e módulo de elasticidade $E = 200GPa$. As tensões principais do sistema são:

$$\sigma_1 = 28,27MPa$$

$$\sigma_2 = 5,22MPa$$

Pelo critério de Von Mises temos:

$$\sigma_e \geq \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{2}} = 16,3MPa$$

Os valores obtidos pela análise de elementos finitos e pela teoria de vigas de resistência de materiais são coerentes entre si. Pode-se concluir que o equipamento não vai escoar.

A outra estrutura analisada foi a carcaça, simulando-se a passagem do automóvel por uma deformação na rua. Para tal simulação supôs aceleração da gravidade como sendo 3 vezes maior do que o valor real.

Supõe-se que a carga estaria concentrada na barra que sustenta a viga e que fica próxima do motor. Lá estariam concentrados os pesos do carro-motor, do suporte e da cadeira de rodas.

Para a análise de elementos finitos considerou-se que as barras estariam engastadas, e as quatro vigas da base estariam fixas ao rack do automóvel.

Segue abaixo os resultados das análises:

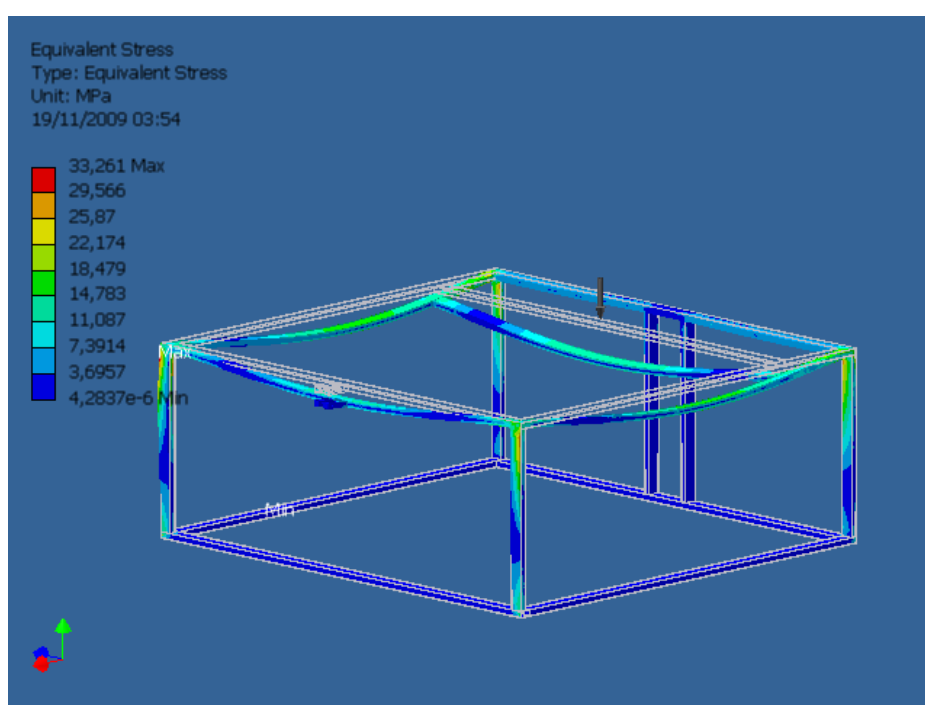


Figura 12.7 – Tensões equivalentes de Von Mises em MPa

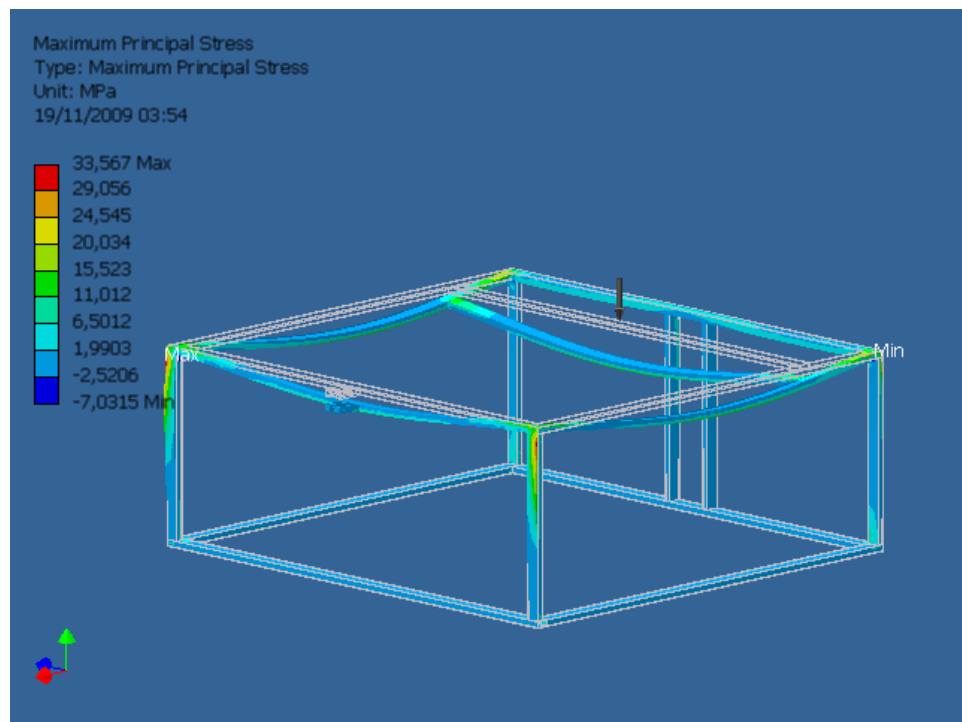


Figura 12.8 – Tensões principais máximas em MPa

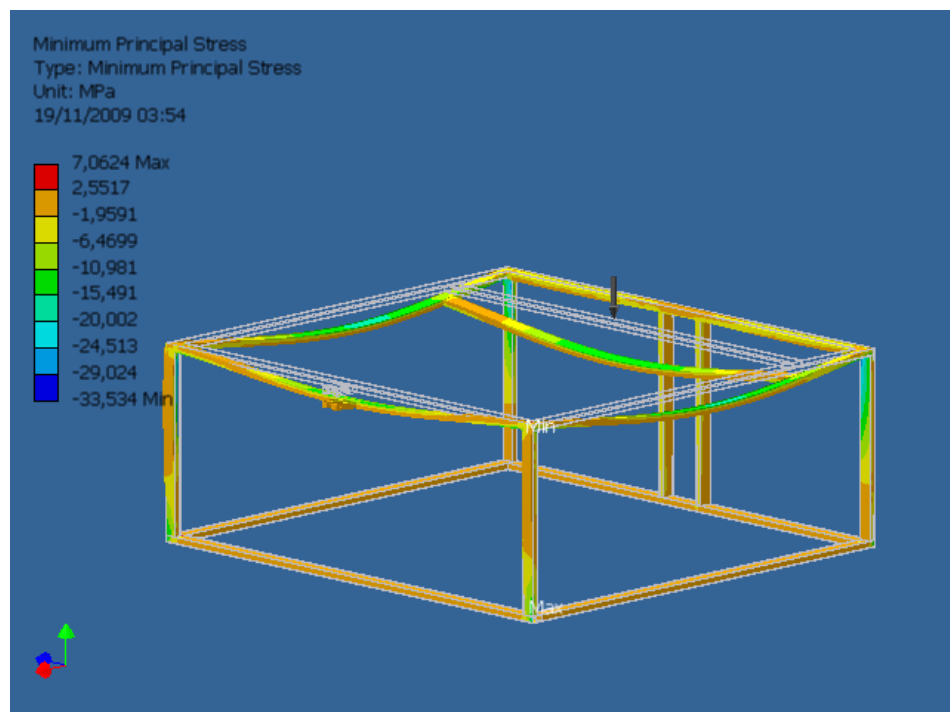


Figura 12.9 – Tensões principais mínimas em MPa

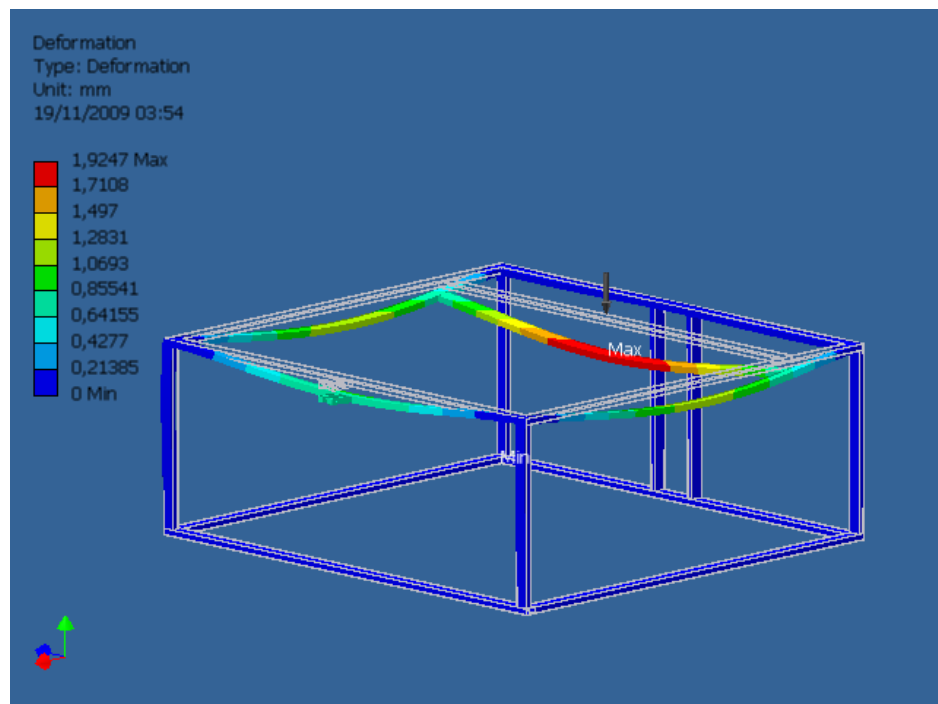


Figura 12.10 – Deformação em mm

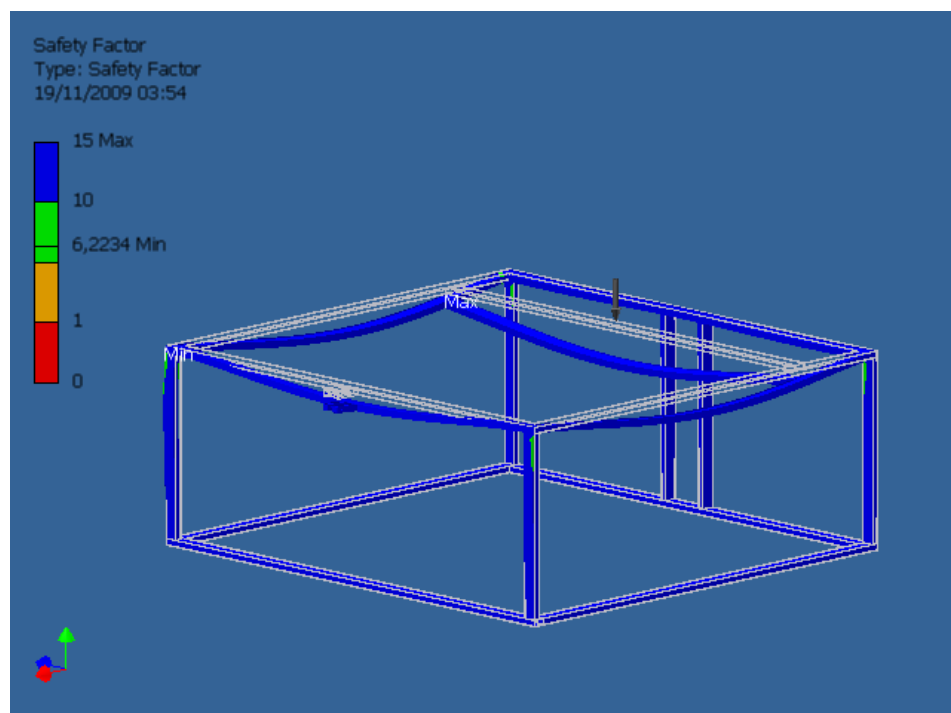


Figura 12.11 – Fator de segurança

Para esse sistema utiliza-se critério da energia de distorção (Von Mises) para saber se o equipamento escoar. O equipamento é de aço carbono 1020, logo, limite de escoamento é $\sigma_e = 250MPa$ e o módulo de elasticidade é $E = 200GPa$. As tensões principais do sistema são:

$$\sigma_1 = 33,57MPa$$

$$\sigma_2 = 2,55MPa$$

Pelo critério de Von Mises temos:

$$\sigma_e \geq \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{2}} = 21,9MPa$$

Pode-se concluir que o material não escoar na situação de aceleração da gravidade 3 vezes maior.

13 DETALHAMENTO DA OPERAÇÃO

O aparelho sempre será acionado na posição em que o carro motor está à direita conforme demonstrado na figura 13.1, essa posição é alcançada tanto ao final do ciclo de embarque quanto do ciclo de desembarque da cadeira de rodas.

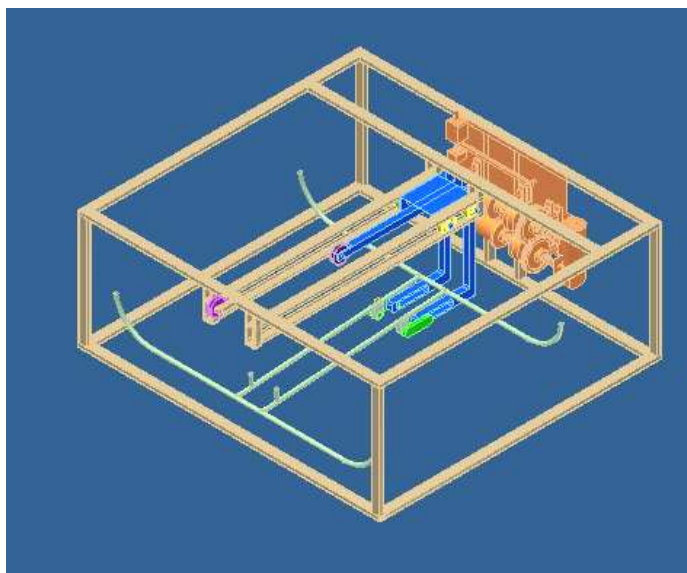


Figura 13.1 - Situação inicial da carcaça

Ao partir dessa situação a bobina 1 estará energizada pressionando a mola para que o carretel responsável 1 esteja livre, por sua vez a bobina 2 também estará energizada pressionando o cone da embreagem a sua copa que permitirá que o tambor 2 rotacione. O fluxo de potência é demonstrado por seta pretas na figura 13.2 e as setas vermelhas indicam a força exercida pelo sistema solenóides e molas.

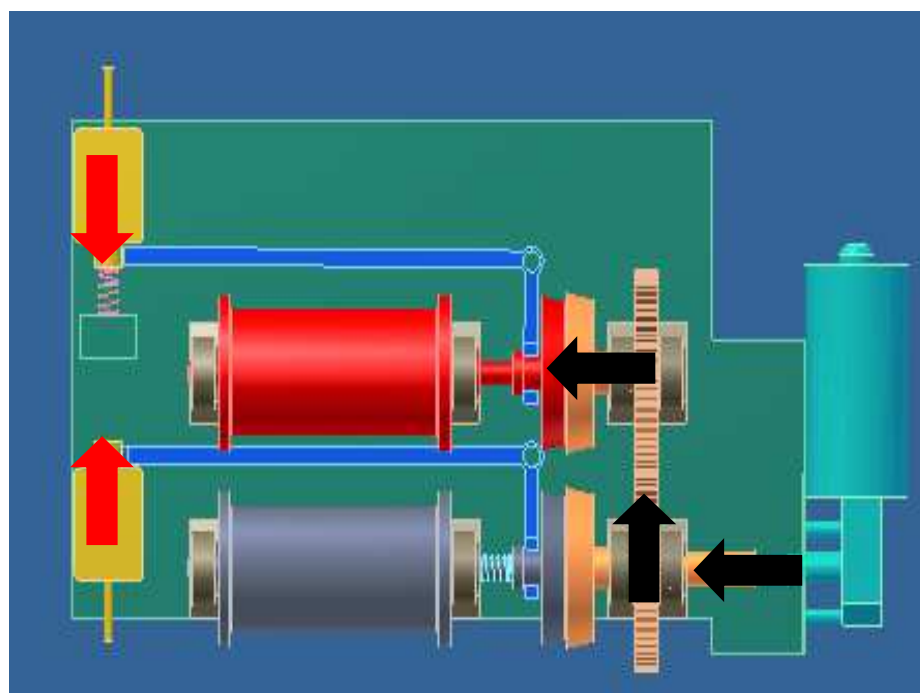


Figura 13.2 – Configuração de transmissão no início da operação

Esta configuração é mantida até o carro motor chegar à esquerda do veículo automotor demonstrado na figura 13.3, A seta preta demonstra por onde o carro motor será puxado, se deslocando no mesmo sentido da seta, quando o mesmo encontrará um fim de curso, situação demonstrada na figura 13.4, a configuração da caixa de transmissão irá se alterar.

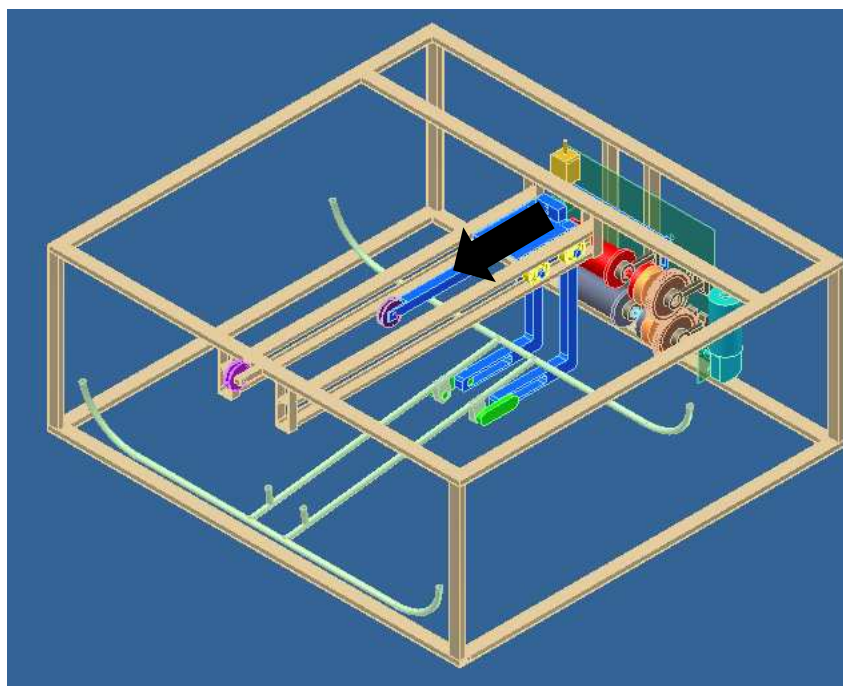


Figura 13.3 – Movimentação do carro motor

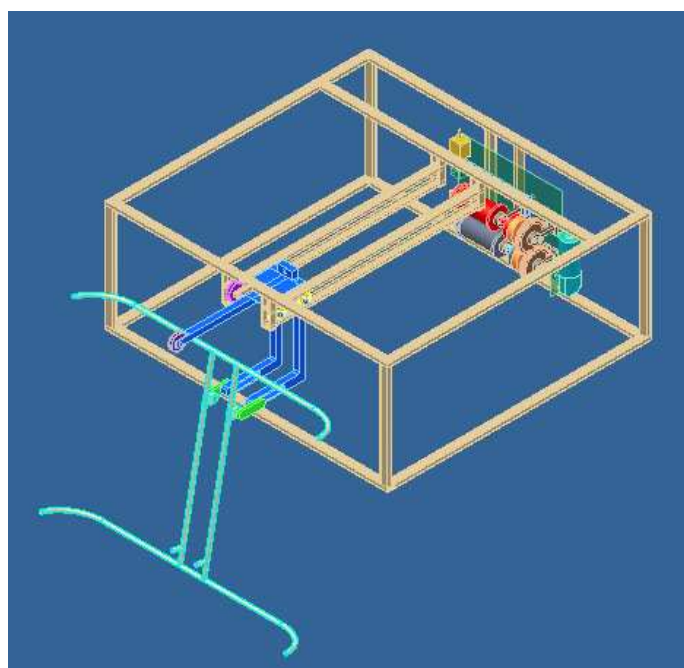


Figura 13.4 – Acionamento do tambor para o guincho da cadeira de rodas

Na configuração demonstrada na figura 13.5, as duas bobinas não estarão energizadas e ocorrerá o acoplamento da embreagem que permitirá que o gancho seja

liberado para ser acoplado na cadeira de rodas através da força da mola. Importante ressaltar que não é necessária a mudança de sentido do motor, pois o tambor do guincho deverá ter uma rotação oposta ao tambor do carro.

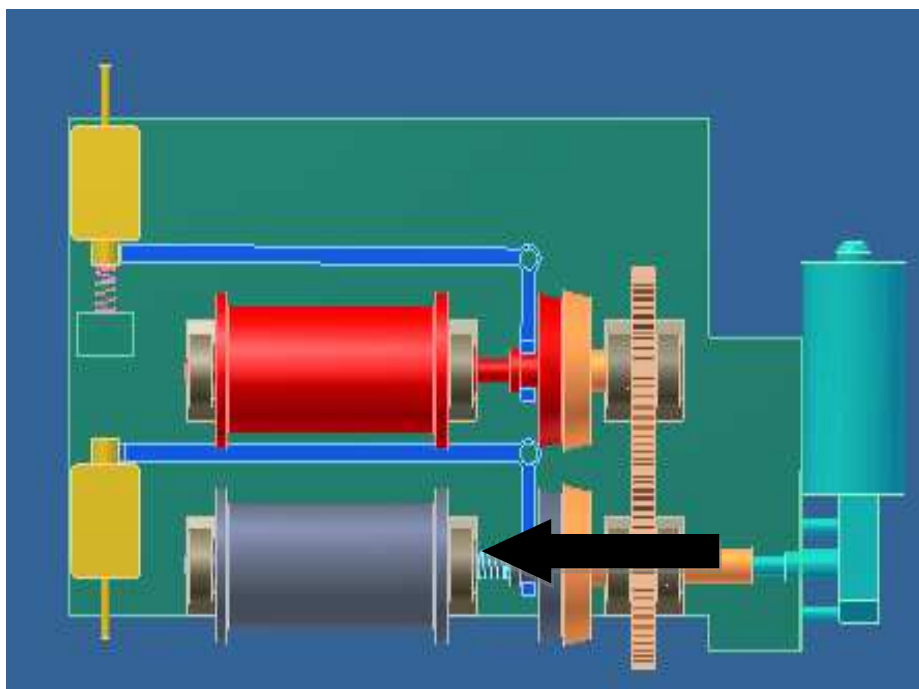


Figura 13.5 – Configuração da transmissão

Quando o condutor do veículo prender a cadeira de rodas e acionar o botão de subida a rotação do motor será invertida enrolando o fio no tambor do guincho do tambor e não sendo necessária a utilização dos solenóides nessa operação.

Importante ressaltar que durante grande parte da operação os solenóides ficarão desligados, assim ressaltase novamente que a curva a ser seguida é a de PL de 5% no gráfico do solenóide.

14 CONCLUSÃO

O projeto proposto sobre armazenamento de cadeira de rodas no bagageiro superior do automóvel é viável e útil para a população de cadeirantes brasileiros. Tal equipamento facilitaria a vida de muitos cadeirantes motoristas.

Os custos envolvidos na fabricação, compra de matéria-prima e acessórios são baixos, levando a crer que o preço final do produto para o cliente também fosse reduzido comparado ao preço dos produtos importados que além do preço do produto há a necessidade de se pagar pelas taxas de importação.

O custo da estrutura do equipamento incluindo a usinagem fica aproximadamente de R\$ 280,00, o motor mais transmissão fica em torno de R\$ 580,00. Sendo o custo do projeto final não ultrapassando a faixa de R\$ 900,00. Sendo um valor baixo comparando aos produtos importados. Seria possível ainda pedir auxílio ao governo solicitando isenção do IPI e ICMS sobre o produto final.

O sistema desenvolvido é simples, de fácil fabricação e não exige matérias-primas especiais, sendo a estrutura basicamente de aço carbono com baixo teor de carbono e algumas peças em alumínio.

O sistema de transmissão foi totalmente desenvolvido para este produto em específico sendo bastante eficiente. O motor utilizado é o mesmo de um limpador de pára-brisa, não necessita de alta alimentação e tem torque suficiente para levantar mais de 50 kg de carga.

15 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14970-1:** Acessibilidade em veículos automotores – Parte 1: Requisitos de dirigibilidade. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004.

SHIGLEY, Joseph E.; MISHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G.; Projeto de engenharia mecânica. 7. ed.. Porto Alegre: Bookman, 2005.

VERSCHOOF, J.; Cranes – Design, Practice and Maintenance. 2 ed. Londres: Professional Engineering Publishing, 2002.

TIMOSHENKO, S.P. GERE, J.E.; Mecânica dos Sólidos vol.1. 9 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1994.

GERE, James M.; Mecânica dos Materiais. 1 ed. São Paulo: Thompson, 2003.

TMN devices LTD. Apresenta a empresa TMN. Disponível em: www.tmn.co.il. Último acesso em 15 abr. 2009.

CAVENAGHI. Apresenta empresa Cavenaghi. Disponível em: www.cavenaghi.com.br. Último acesso em 16 abr. 2009.

AUTO ADAPT for your independence. Apresenta empresa Auto Adapt. Disponível em: www.autoadapt.co.uk. Último acesso em 16 abr. 2009.

CARADAP. Apresenta empresa CARadap. Disponível em: www.caradap.com. Último acesso em: 18 abr. 2009.

RICABILITY – Research and information for older and disabled people. Disponível em:

[http://www.ricability.org.uk/consumer_reports/mobility_reports/getting a wheelchair into a car/transferring first](http://www.ricability.org.uk/consumer_reports/mobility_reports/getting_a_wheelchair_into_a_car/transferring_first). Último acesso em: 16 jun. 2009.

BOSCH. Apresenta motor para limpador de parabrisa. Disponível em: [http://www.bosch.com.br/br/autopecas/produtos/eletrica/limp parabrisa.htm](http://www.bosch.com.br/br/autopecas/produtos/eletrica/limp_parabrisa.htm). Último acesso em: 08 nov. 2009.

SOLETEC – Tecnologia em solenoids. Disponível em: <http://www.soletec.com.br>. Último acesso em: 15 nov. 2009.

METALICA. Disponível em: <http://www.metalica.com.br>. Último acesso em: 15 nov. 2009.

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio. Disponível em: <http://www.abal.org.br/aluminio/vantagens.asp>. Último acesso em: 15 nov. 2009.