INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO
CAMPUS SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Fábio Guilherme de Paula
Natanael Barbosa dos Santos
Peter Guilherme dos Reis
Renan Ramiro Rufino
Richard Rodrigues de Carvalho
Vinicius Valentim Roberti

Plataforma Retrátil para Vans

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São José dos Campos, como requisito para obtenção do Título de Técnico em Mecânica sob orientação do Professor Fernando Henrique Gomes de Souza e Co-orientação de Mateus Fernandes Réu Urban

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
2014

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) defendido e aprovado em 01 de Dezembro de 2014, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Me. Fernando Henrique Gomes de Souza

.....

Orientador

Prof. Mateus Fernandes Réu Urban

.....

Co-orientador

Dedicamos a todos os amigos, companheiros de curso, familiares, professores e a todas as pessoas que de algum modo poderemos ajudar como Técnicos em Mecânica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos tornar capazes de concluir o curso com sucesso. Os nossos familiares por nos apoiarem em todos os momentos de dificuldades; a todos os nossos amigos e colegas de sala que tornaram essa jornada mais alegre e agradável; a todos os nossos professores que ao longo dos últimos 2 anos nos ensinaram além dos conhecimentos técnicos, verdadeiras lições para a vida, aos colegas de trabalho, e um agradecimento especial para todos os amigos e professores que nos ajudaram direta ou indiretamente para a conclusão do presente trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11
2. OBJETIVO 13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 14
3.1 ANÁLISE DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES 15
4. MATERIAIS E MÉTODOS 17
4.1. Materiais 17
4.1.1 Barras de Aço 1020 17
4.1.2 Perfil-U Enrijecido 18
4.1.3 Perfil T 18
4.1.4 Cantoneira 18
4.1.5 Chapa 19
4.1.6 Barra Redonda 19
4.1.7 Barra Quadrada 19
4.1.8 Metalon 4020 19
4.1.9 Tubo Estrutural Quadrado 20
4.1.10 Aço Inox 20
4.1.12 Alumínio 21
4.1.13 Chapa Xadrez 21
4.1.2 Nylon 21
4.1.13 Cremalheira 22
4.1.14 Engrenagem 22
4.115 Chapa Teflon 22
4.1.16 Anel de Borracha 23
4.1.17 Outros componentes 23
4.1.17.1 Motor 23
4.1.17.2 Rolamento 23
4.1.17.3 Base Protetiva 24
4.2. Métodos 28
4.2.1 Tecnologia do produto 37
5 - RESULTADOS E CONCLUSÕES 40
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46
APÊNDICE A – Memorial de Cálculo: 47
APÈNCICE B – Cálculo da Resistência a Fadiga 56
APÊNDICE C – Imagem da submontagem do Degrau: 59
APÊNDICE D – Imagem estribo com rolamento: 60
APÊNDICE E- Imagem do Trilho: 61
APÊNDICE F- Imagem suporte do motor: 62
APÊNDICE G- Imagem degrau ilustrado: 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Componentes.....25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Quantidade de alunos que utilizam van escolar em 15
Figura 2- Análise de importância (São José dos Campos) 16
Figura 3- Dimensões básicas do degrau. 28
Figura 4 - Aplicação do degrau na van 29
Figura 5- Detalhes Subconjuntos 30
Figura 6 - Detalhe cremalheira e engrenagem 31
Figura 7 - Rolamentos inseridos no perfil “U” 32
Figura 8 - Subconjunto dos eixos dianteiro e traseiros. 33
Figura 9 - Chapa antiderrapante e perfis trefilados 33
Figura 10 - Detalhe da interligação da área de apoio com o subconjunto do trilho perfil “U”. 34
Figura 11 - Especificações do motor 35
Figura 12 - Proteção do motor e da cremalheira 36
Figura 13 - Proteção lateral com cerdas do trilho e dos rolamentos 37
Figura 15 - Localização dos Switch’s de segurança do degrau. 39
Figura 17 - Vista frontal do protótipo. (Degrau Recuado) 41
Figura 20 - Vista Conjunto de Acionamento Mecânico. 42
Figura 22 - Vista da Bateria 12 VOLTS.(Fonte de Alimentação) 44
Figura 23 - Vista do Conjunto Eixo-Rolamento 44
Figura A4 - Transferência da força para o ponto analisado 50

LISTADE ABREVIATURA E SIGLAS

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

DETRAN - Departamento Estadual de Trânsito

ESP - Espessura

LED - light-emitting diode (Diodo Emissor de Luz)

mm - Milímetros

RESUMO

Este trabalho apresenta de forma simples e objetiva a concepção e a construção de um degrau retrátil para vans de transporte escolar ou transporte público para maior segurança e comodidade aos usuários. A construção do degrau retrátil deve beneficiar crianças, que utilizam diariamente o transporte escolar, idosos, portadores de limitações físicas e, de maneira indireta, os proprietários de vans. No trabalho demonstra-se um estudo detalhado sobre os materiais, componentes, e as formas de acionamento que foram utilizados para construção do degrau retrátil. Por fim, a projeção de mercado com poucos concorrentes e a identificação da dificuldade de acessibilidade dos usuários das vans para subir e descer das mesmas, tornando o degrau retrátil um grande potencial de comercialização e preenchimento da lacuna existente no mercado.

Palavra chave: Acessibilidade, Degrau retrátil, Transporte, Limitações físicas.

ABSTRACT

This work presents a simple and objective way to design and build a retractable step for school vans transportation or public transportation with greater safety and convenience for users. The construction of the retractable step shall benefit children who use school transportation, daly elderly, people with physical limitations and indirectly the owners of vans. The work demonstrates in an explanatory way a detailed study of the materials, components; drive ways that were used to build the retractable step. Finally, the projection market with few competitors and identifying the difficulty of accessibility for vans users makes the retractable step to have a great commercial potential and filling the gap in the market.

Keyword: transportation, retractable step, vans, manufacturing.

1. INTRODUÇÃO

Em 2012, uso de vans de transporte para utilização em escolas, faculdades, viagens e outras atividades apresentou um exponencial crescimento. Um fator que contribui para esse crescimento foi o aumento de empresas que começaram a utilização deste transporte para locomoção de seus trabalhadores. Houve consequentemente um aumento exponencialmente nos últimos anos desse tipo de meio de transporte, devido a sua facilidade, praticidade e economia (Revista Quatro Rodas - 2013).

De acordo com o dicionário Aurélio (Aurélio 2010), van, por definição, é um veículo privado de transporte coletivo de passageiros ou mercadoria. A preferência pela utilização de ônibus para as atividades de transporte tem diminuído com o passar dos anos, percebido pelo aumento do número de carros no país e aos constantes engarrafamentos vistos na cidade de São Paulo. Uma solução barata e ágil é a utilização de van, um meio mais viável para o transporte coletivo, por chegar ao seu destino com maior rapidez, devido a sua praticidade de tamanho em relação aos ônibus.

A agência de controle deste tipo de transporte, o DENATRAN, registrou no estado de São Paulo 100.040 unidades de vans operando (DENATRAN, 2014). Sabendo que existem diversas vans operando sem regularização, a quantidade da frota se torna ainda maior, com isso o interesse econômico e social de projetar um degrau retrátil para facilitar a inclusão das pessoas com alguma dificuldade motora ou até mesmo crianças que apresentam dificuldades na subida e descida nos meios de transportes coletivos (Vans).

Neste trabalho será elaborada de maneiro sucinta a concepção e construção do degrau retrátil para facilitar a subida e descida nos transportes coletivos (Vans) de

qualquer pessoa.

A maior vantagem é automação do degrau, não aumentando o tamanho das vans.

O trabalho foi dividido em 7 capítulos. O 1º capítulo é dedicado a uma introdução geral sucinta sobre as justificativas do trabalho. O 2º capítulo apresenta os objetivos gerais. No 3º capítulo, uma revisão bibliográfica dos materiais e acessórios utilizados para concepção e criação do degrau retrátil. Os procedimentos experimentais são descritos no 4º capítulo, apresentando os processos de fabricação e os problemas que foram superados ao longo de sua implementação, bem como uma apresentação resumida da construção do degrau. No 5° capítulo são apresentadas as conclusões. No 6º capitulo são apresentadas sugestões para trabalhos futuros e no 7º capitulo apresentado às referencias bibliográficas.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo projetar e implementar um degrau retrátil que facilite o acesso à vans utilizadas como transporte público ou transporte escolar tendo como público alvo idosos, crianças e pessoas que possuem algum tipo de deficiência ou dificuldade de locomoção, mas de maneira indireta beneficiar os proprietários de vans.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O mercado de vendas de equipamentos para Vans é bem extenso, como estribos, santo antônio e calhas. Entretanto um equipamento como o degrau retrátil é inexistente ainda no mercado, conforme consultado nos diferentes distribuidores de peças e catálogos de acessórios. A inclusão desse tipo de equipamento no mercado deverá beneficiar todos os usuários e principalmente pessoas com limitações nos membros inferiores que apresentam algum tipo de doença degenerativa, fratura, operações, entre outras , no qual a locomoção é prejudicada devido à altura existente nos degraus de acesso das vans em relação à calçada.

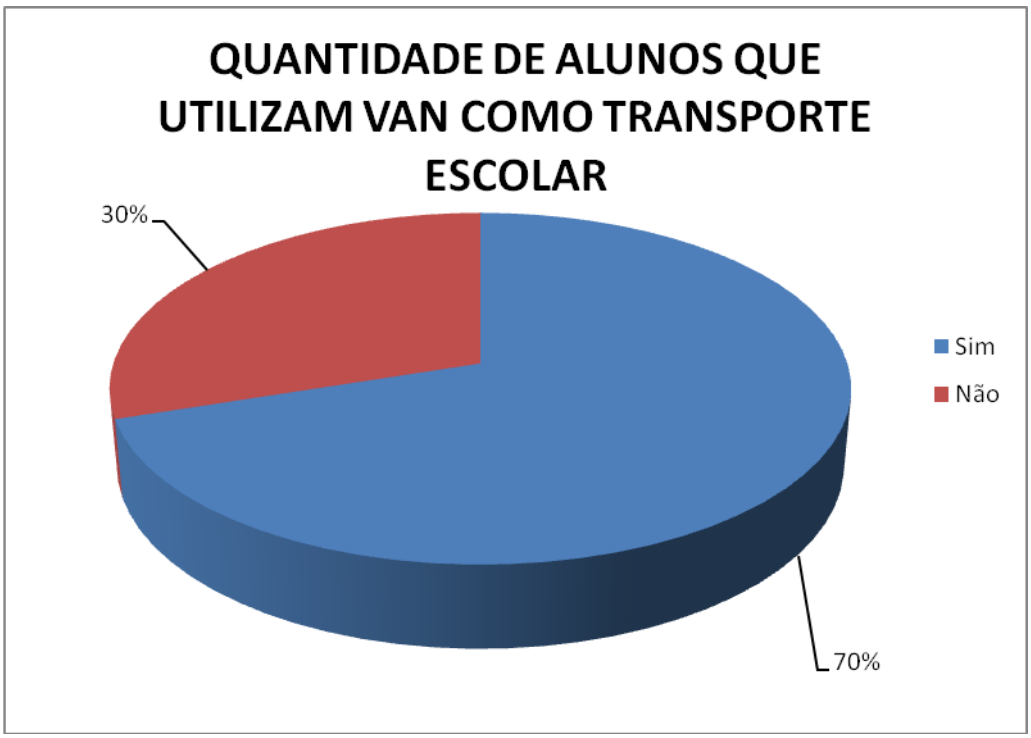
Segundo o DENATRAN (DENATRAN,2014), existe 100.040 unidades de Vans para transporte operando no estado de São Paulo, em São José dos Campos, o número aproximado de Vans registradas é de 400, demonstrando grande mercado para o produto desenvolvido em nossa região.

De acordo com a prefeitura municipal de São José dos Campos (Prefeitura de São José dos Campos, 2014), dados atuais revelam que a população infantil, compreendendo a faixa etária de zero a seis anos, é de 65.892 crianças, das quais 21.273, ou 32,28%, são atendidas em creches e pré-escolas. A rede municipal é responsável por 75,5% das matrículas, que equivalem a 16.063 crianças atendidas; a rede particular responde por 22,79% das matrículas, totalizando 4.850 alunos, enquanto a rede federal responde por 360 crianças matriculadas, representando um total de 1,69% (Prefeitura São José dos Campos, 2014). Deste total, 70% utilizam Vans escolares para se locomover até as creches e pré-escolas. A Figura 1 ajuda a traçar o perfil de mercado em que o produto será introduzido.

Os levantamentos apontam que a utilização de van para transporte escolar

infantil, superior ou viagens estão crescendo substancialmente, ou seja, aumentando assim a aceitação do produto ao mercado.

Figura 1. Quantidade de alunos que utilizam van escolar em São José dos Campos.



Fonte: Prefeitura de São José dos Campos – SP (2014)

3.1 ANÁLISE DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES

Segundo pesquisa realizada com os fornecedores de peças, não existem no mercado brasileiro degraus retráteis que auxiliam a entrada e saída de Vans.

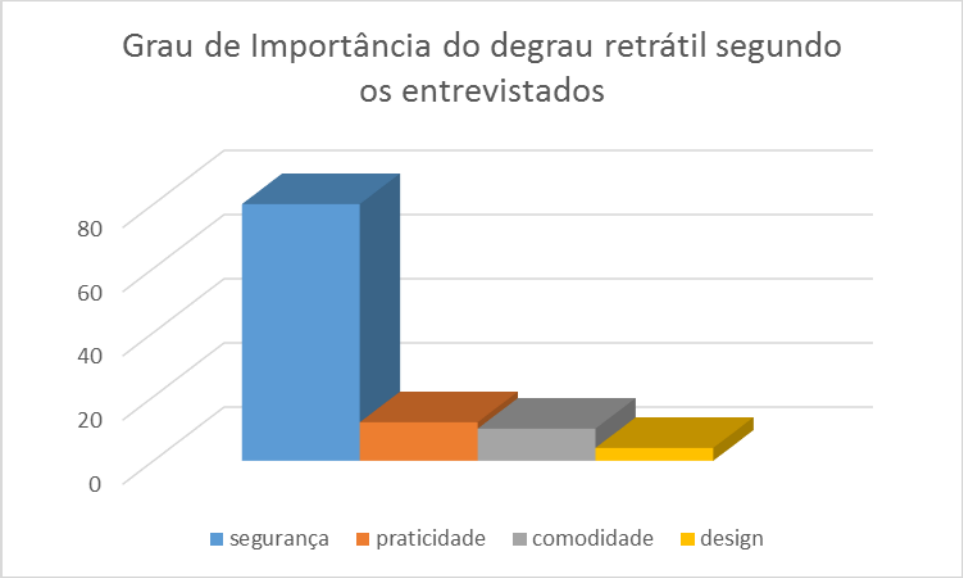
Baseado na experiência profissional de um dos integrantes do grupo, concluiu-se que existe uma grande dificuldade dos usuários de Vans, principalmente idosos, crianças e pessoas com peso elevado, de entrar ou saírem das mesmas. Esse fato é agravado em dias chuvosos ou quando os usuários apresentam grande

quantidade de bolsas, mochilas e outros objetos que possam atrapalhar seu acesso para as Vans. Um ultimo fator que atrapalha os usuários é a grande distancia do degrau existente nas Vans em relação à calçada ser elevada (em torno de 170 mm).

O produto busca atender a esta principal necessidade do mercado consumidor, trazendo mais segurança e comodidade aos usuários ao entrar ou sair das Vans.

A Figura 2, define quais requisitos tem mais importância entre as 20 pessoas entrevistadas, com relação a contratação do serviço de Vans para locomoção.

Figura 2- Análise de importância (São José dos Campos)



Fonte: Autores 2014

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este projeto pretende implementar um Degrau Retrátil. Alguns detalhamentos são apresentados para facilitar o entendimento de utilização do material e os processos de montagem realizados durante a construção do acessório.

4.1. Materiais

Neste tópico, serão abordadas características dos componentes utilizados na elaboração do degrau entre outros.

Para a montagem mecânica do degrau retrátil optou-se utilizar componentes com medida padrão, facilitando a montagem do equipamento, uma vez que será desnecessária a execução de processos para fabricação de perfis especiais como, a dobra e usinagem. Uma breve descrição dos materiais utilizados serão apresentados.

4.1.1 Barras de Aço 1020

É o aço com baixo teor de carbono (0,20%), e suas principais características técnicas são: baixa resistência, baixa dureza, alto nível de tenacidade e ductilidade. É de fácil usinagem, soldagem e apresentam baixo custo de produção, devido a sua facilidade de aquisição no processo de aciaria. (GGD Metais). Comparado a outros aços mais ligados com o mesmo propósito, o aço 1020 tem uma excelente relação custo-benefício, por isso sua escolha em nosso projeto.

O aço 1020 será empregado no projeto para construção do degrau.

4.1.2 Perfil-U Enrijecido

Produto obtido por laminação a quente com seção transversal em forma de “U”. São utilizados em diversas aplicações como serralheria e outras aplicações industriais. São produzidos em diversas espessuras, que variam de 2 mm à 3 mm possuem alta inércia e maior resistência geométrica devido ao seu formato em relação aos diferentes tipos de perfis e são ideais para aplicações que exijam maior robustez. Suas principais características dimensionais estão descritas na norma ASTM A6.

Para a montagem de um degrau retrátil, o perfil U enrijecido será utilizado como trilho dos rolamentos da base do degrau.

4.1.3 Perfil T

Os perfis com seção transversal em forma de “T” são laminados e são cada vez mais usuais em diversas atividades industriais, como na indústria automotiva, usinagem e calandragem, devido a sua versatilidade. Sua precisão na concordância entre a alma e as abas, permite excelente acabamento em suas aplicações. Suas principais características dimensionais estão de acordo com a norma ASTM A36. Para a montagem do degrau retrátil, o perfil T, será utilizado como um suporte de sustentação para o produto.

4.1.4 Cantoneira

Cantoneira é um perfil metálico composto por duas abas, simétrico ou não, formando um ângulo de 90 graus. Pode ser laminada ou galvanizada diretamente em sua forma final ou dobradas a partir de uma chapa. Por ser muito resistente a flexão, esse tipo de material é muito utilizado em construções metálicas. Assim como

o perfil T, descrito no item 4.1.3, suas características estão de acordo com a norma ASTM A36. No projeto, a cantoneira será utilizada como um suporte para fixação do produto na estrutura da van.

4.1.5 Chapa

As peças de chapas metálicas são amplamente utilizadas em diversas atividades industriais e, na maioria das vezes, são usadas como revestimento de componentes ou suporte a outros componentes. No produto, essas chapas metálicas serão utilizadas para suporte dos eixos traseiro e dianteiro do “braço” do degrau.

4.1.6 Barra Redonda

A barra redonda é usualmente utilizada para a fabricação de eixos, ferramentas, máquinas, grades ou portões. Esta barra possui perfil transversal circular e, devido ao seu formato, facilita as operações de encaixe e ajustes. Para o degrau retrátil este material será utilizado como eixo.

4.1.7 Barra Quadrada

As barras de aço quadradas são obtidas através do processo de laminação ou trefilação. Geralmente, são aplicadas em esquadrias, peças de máquinas e implementos agrícolas. Suas características técnicas estão de acordo com a norma ASTM A36. Sua aplicação no produto é de apoiar o eixo traseiro.

4.1.8 Metalon 4020

O metalon é o nome dado à peça de ferro em metal, sendo normalmente produzido através do processo de fundição, nos formatos quadrados ou redondos.

Além de ser mais leve que os metais comuns, apresentam rigidez, menor custo e não apresentam flexões quando submetidos a esforços externos. Devido ao processo de galvanização, este material é muito resistente e não enferruja. Possui 100% de resistência a umidade e não se oxida.

4.1.9 Tubo Estrutural Quadrado

O tubo estrutural quadrado é feito sem costura, utilizando o mais alto padrão tecnológico desenvolvido, o processo de perfilação a frio para fins estruturais. É usado nos mais diversificados segmentos da indústria, como aplicações estruturais com seção redonda, quadrada e retangular.

Devido a essa produção estrutural, este tubo será usado como base para fixação da chapa xadrez e o tubo redondo cromado.

4.1.10 Aço Inox

O aço inoxidável é um aço que apresenta maior resistência à corrosão quando submetido a um determinado meio (corrosivo, agente carburante ou oxidante) ou agente agressivo. Em comparação aos outros aços comuns, apresenta maior resistência à oxidação em altas temperaturas causadas pela introdução do cromo, geralmente, em torno de 12%. A introdução de cromo ao aço cria uma película de óxido tornando-o impermeável e insolúvel nos meios corrosivos usuais.

O aço inox será empregado no degrau retrátil na parte de acabamento.

4.1.11 Tubo redondo e cotovelo redondo cromado

Estes componentes serão utilizados como material de acabamento sob a chapa xadrez e serão comprados do fornecedor prontamente unificados, possuindo sua dimensão final no formato “U”.

4.1.12 Alumínio

O alumínio é amplamente utilizado pelas indústrias devido a sua versatilidade. As principais características desse material são: leveza, boa condutibilidade elétrica e térmica, impermeabilidade, alta relação resistência mecânica/peso, durabilidade, resistência à corrosão, além de proporcionar um excelente acabamento.

O alumínio será empregado na capa de proteção do motor elétrico do degrau.

4.1.13 Chapa Xadrez

São chapas que apresentam relevos em sua superfície, obtidos pelo processo de conformação mecânica de laminação a qual se obtém chapas grossas ou finas ou através de operações de estampagem. Normalmente, a composição química e as propriedades mecânicas são fornecidas sem especificação. No degrau retrátil, esse material será utilizado como piso, por ser um material antiderrapante.

4.1.2 Nylon

O *nylon* foi a primeira fibra sintética a ser criada, feita a partir do petróleo, gás natural, ar e água. É o nome utilizado tanto para polietileno quanto para poliamida. O nylon foi desenvolvido em 1937, para substituir a seda na fabricação de paraquedas, mantendo a mesma leveza, porém com uma resistência maior. É amplamente utilizada na área de embalagem, principalmente no sistema a vácuo. É resistente a umidade e atualmente é utilizada na fabricação de artigos moldáveis, têxteis e suturas médicas.

O nylon foi utilizado na engrenagem e na cremalheira.

4.1.13 Cremalheira

Cremalheira é uma barra ou trilho com dentes que possui o intuito de, em conjunto com uma engrenagem, converter movimento retilíneo em rotacional. Basicamente, é uma peça dentada acionada por um motor menor.

No projeto do degrau retrátil, a cremalheira foi utilizada no sistema de movimentação do produto juntamente com a engrenagem fixa através de um acionamento elétrico.

4.1.14 Engrenagem

Engrenagens, são, na maioria das vezes, moldadas na forma circular, tem a função de transmitir torque e velocidade angular em diversas aplicações, podendo diminuir ou aumentar suas forças de acordo com a necessidade e transformando uma um movimento em uniforme e contínuo.

Para o produto em estudo, a engrenagem será usada no sistema de movimentação e será fixa no eixo do motor.

4.115 Chapa Teflon

O teflon é um polímero, cujo nome correto é Politetrafluoretileno (PTFE) e suas principais características são: antiaderencia, resistente a altas temperaturas, mantém a alta resistência dielétrica, amortece vibrações, e é incombustível, além de possuir um aspecto escorregadio.

Essa chapa de teflon será utilizada para reduzir o atrito entre o suporte da cremalheira e o suporte do motor no momento de acionamento do degrau, por ser

um material antiaderente.

4.1.16 Anel de Borracha

O anel de borracha, conhecido como *O´Ring*, é um vedador estático ou dinâmico de seção circular, que tem uma vasta aplicação no ramo de vedação por ser muito versátil, principalmente em sistemas hidráulicos e pneumáticos. Porém, no projeto será utilizado para reduzir impactos e ruídos entre o eixo e os fins de curso dianteiro e traseiro.

4.1.17 Outros componentes

4.1.17.1 Motor

Motores elétricos são de extrema importância em uma infinidade de equipamentos. Os motores são transdutores que convertem energia elétrica em energia mecânica. São utilizados em máquinas industriais, doméstica e automotivas, portões elétricos, dispositivos mecatrônicos. O motor EFP 12VOLTS representa o tipo de motor mais utilizado, devido a suas vantagens, como baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e facilidade de acionamento. Para o degrau retrátil foi escolhido um motor similar ao utilizado em limpadores de para-brisa automotivos, pois atende às exigências de projeto, por apresentar potência de 8,9W.

4.1.17.2 Rolamento

O rolamento é um dispositivo utilizado para controlar o movimento relativo entre duas ou mais partes. Ele permite que o eixo gire com maior facilidade evitando o seu desgaste, substituindo a fricção de deslizamento do mesmo. Conhecendo o formato e as características técnicas dos tipos de rolamento, é possível obter um

ótimo desempenho na sua utilização.

Para o produto projetado será utilizado quatro rolamentos rígido de esfera SKF que serão inseridos dentro do perfil U enrijecidos para facilitar o acionamento do degrau, diminuindo o atrito.

4.1.17.3 Base Protetiva

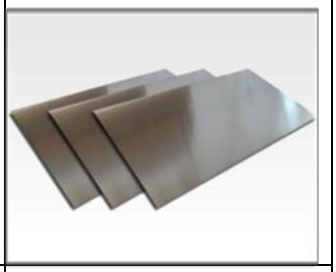
É um produto a base de resinas vegetais e composto antioxidante e anti-ferrugem, indicado para trabalhos em grandes montagens ou soldagens, devido as dificuldades encontradas nos ajustes e preparações que antecedem a soldagem. É usualmente utilizado para evitar a oxidação dos materiais, protegendo as peças.

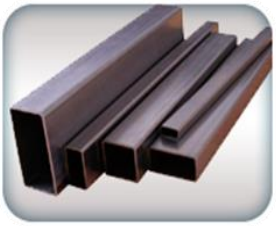
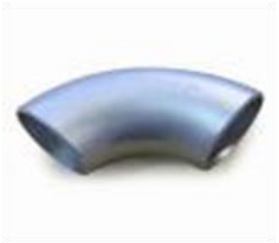
No degrau retrátil, foi identificada a necessidade da sua utilização, pois a maioria dos materiais utilizados é sensível às influências externas e climáticas. Será utilizada a Base protetiva Baden VP-5000, que é incolor e de secagem rápida.

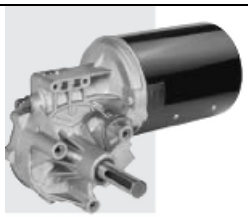
Assim, os componentes utilizados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1- Componentes

Fonte: Autores, 2014

Item	Quantidade	Componente	Descrição	Ilustração
1	2	Perfil-U	Perfil-U Enrijecido – Bitola de 4” – Esp.: 4,75mm - Aço 1020	
2	2	Perfil-T	Perfil-T –Bitola de 2” – Esp.: 1/4”– Aço 1020	
3	4	Cantoneira	Cantoneira – Bitola de 6” - Esp.: 3/4” – Aço 1020	
4	4	Chapa	Chapa –Esp.: 7/16” – Aço 1020	
5	3	Barra redonda	Barra redonda – Diâmetro 30,05mm – Aço 1020	
6	2	Barra Quadrada	Barra Quadrada – Bitola de 1” - Aço 1020	

7	2	Tubo Estrutural quadrado	Tubo Estrutural quadrado – Bitola de 25mm – Esp.: 2,5mm – Metalon 4020	
8	1	Tubo Redondo Cromado	Tubo Redondo Cromado – Diâmetro Ext. 1.1/2” – Esp.: 1,5mm – Aço Inox	
9	2	Cotovelo Redondo Cromado	Cotovelo Redondo Cromado - Diâmetro Ext. 1.1/2” – Esp.: 1,5mm – Aço Inox	
10	1	Chapa Xadrez	Chapa Xadrez – Esp.: 2mm – Alumínio	
11	1	Cremalheira	Cremalheira com dentes de nylon e base de aço 1020	
12	1	Engrenagem	Engrenagem de nylon – 12 dentes 55x	

13	1	Chapa de Teflon	Chapa de teflon – esp.: 3 mm	
14	4	Anel de borracha	Bucha de borracha viton D: 20mm	
15	1	Motor	Motor EFP 9 390 cód: 0390 402 433 - 12V – 45 rpm	
16	4	Rolamento	Rolamento de esfera dupla – diâmetro interno: 30mm e Diâmetro externo de 62mm – esp.: 23,8mm	
17	1	Base Protetiva	Base protetiva Baden VP-5000 incolor	
18	2	Switch	Switch com haste longa – 35 mm	

4.2. Métodos

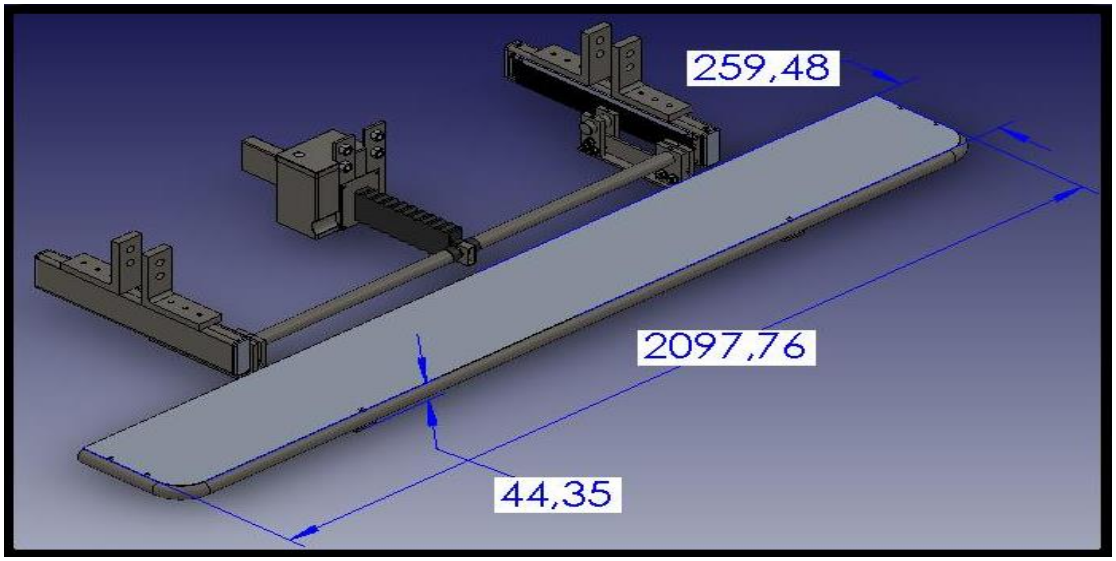
Inicialmente, prevê-se que o degrau permita a entrada simultânea de até 3 pessoas, dessa maneira foi estipulado o cálculo de resistência mecânica do degrau para uma carga máxima de 400 kg equivalente a 3 pessoas de 133,33kg cada. Através da análise e cálculo da aplicação desta força no ponto crítico do degrau (Apêndice A), obteve-se um fator de segurança de 2,63 para o ponto crítico no braço de sustentação, 11,75 para os parafusos traseiros, e 24,02 para os dianteiros.

Para o ponto crítico também foi calculado a resistência à fadiga (Apêndice B) e considerado que a Van realiza em média 1.080 ciclos/dia ou 394.200 ciclos/ano, constatou-se que sob estas condições o degrau pode durar 27,5 anos sem falhar por operações cíclicas.

As características técnicas do produto podem ser visualizadas na Figura 3:

- ***Comprimento:*** 2097.76mm
- ***Largura:*** 259.48mm
- ***Espessura:*** 44.35mm

Figura 3- Dimensões básicas do degrau.

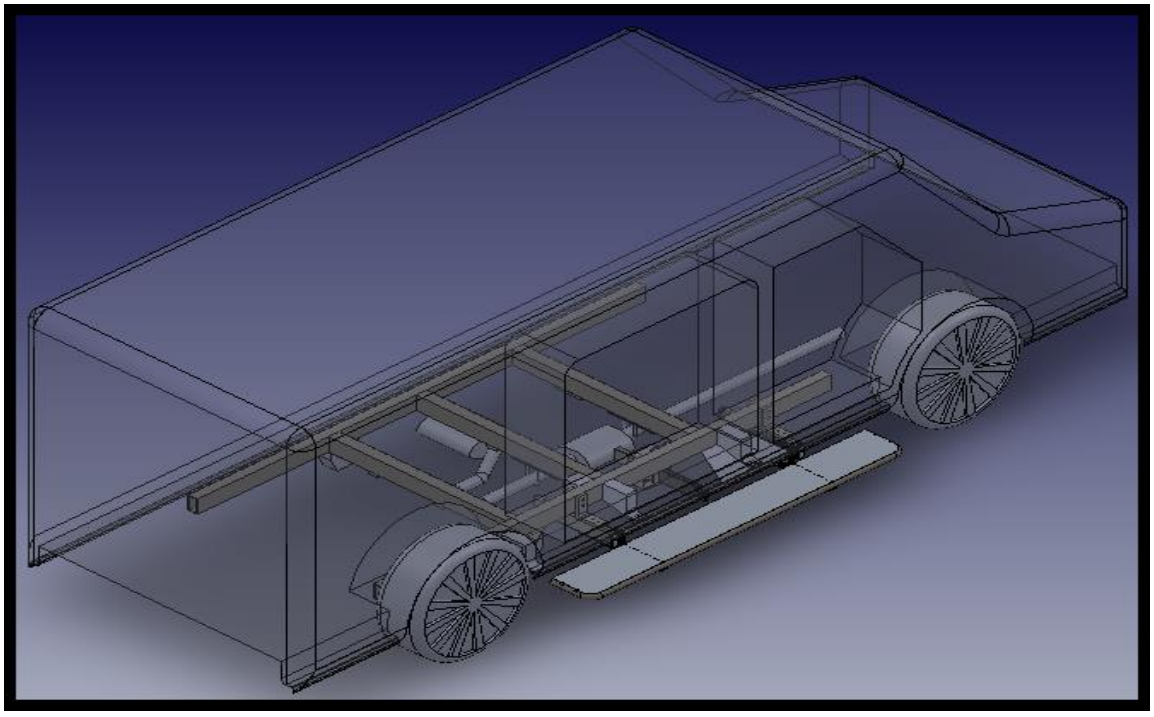


Fonte: Autores 2014

Para a construção da estrutura do degrau, serão utilizadas peças em aço 1020, pois são de fácil usinagem, alta tenacidade e aplicado na mecânica em geral como peças comuns por ter baixo custo.

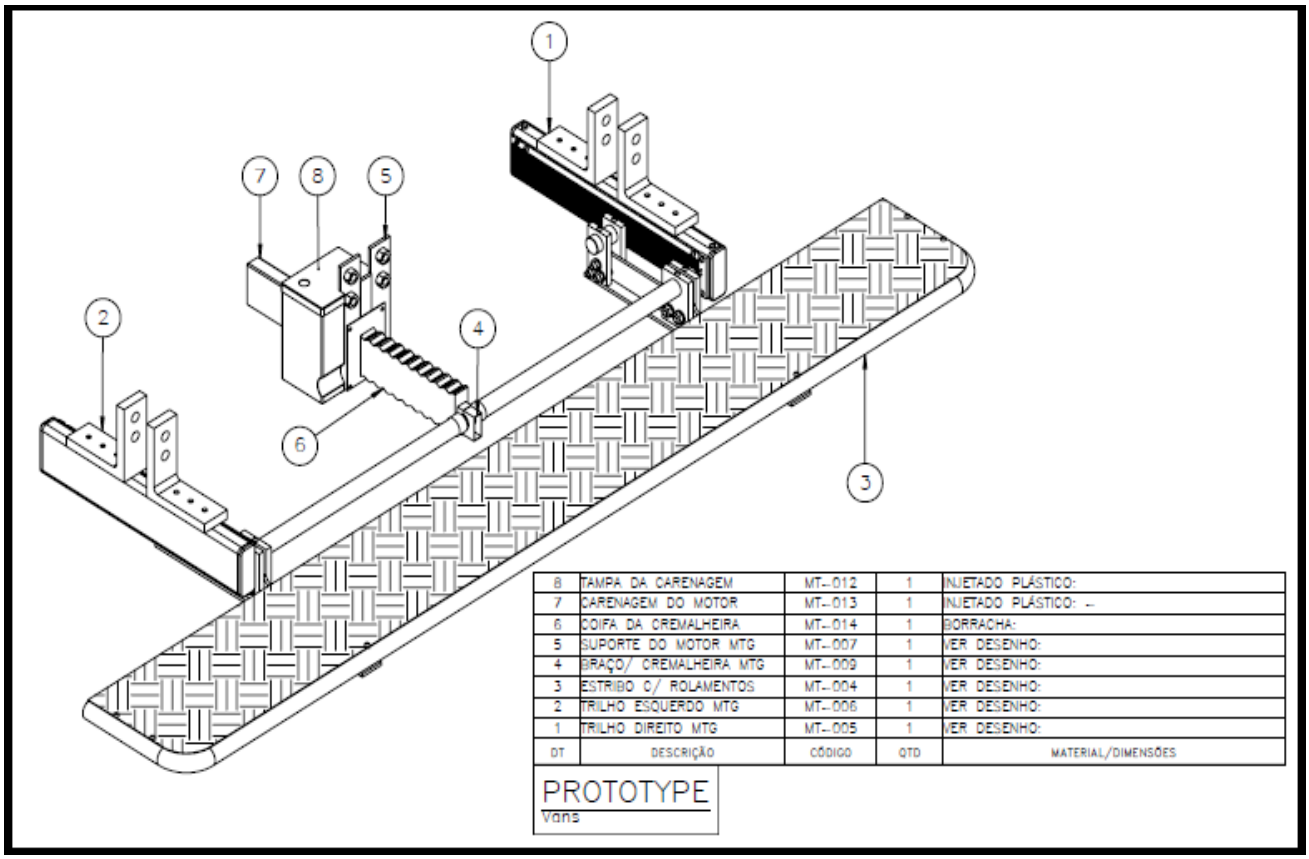
A Figura 4 e Figura 5 apresentam a aplicação do degrau na van, e visa facilitar a interpretação do cliente final.

Figura 4 - Aplicação do degrau na van



Fonte: Autores 2014

Figura 5- Detalhes Subconjuntos

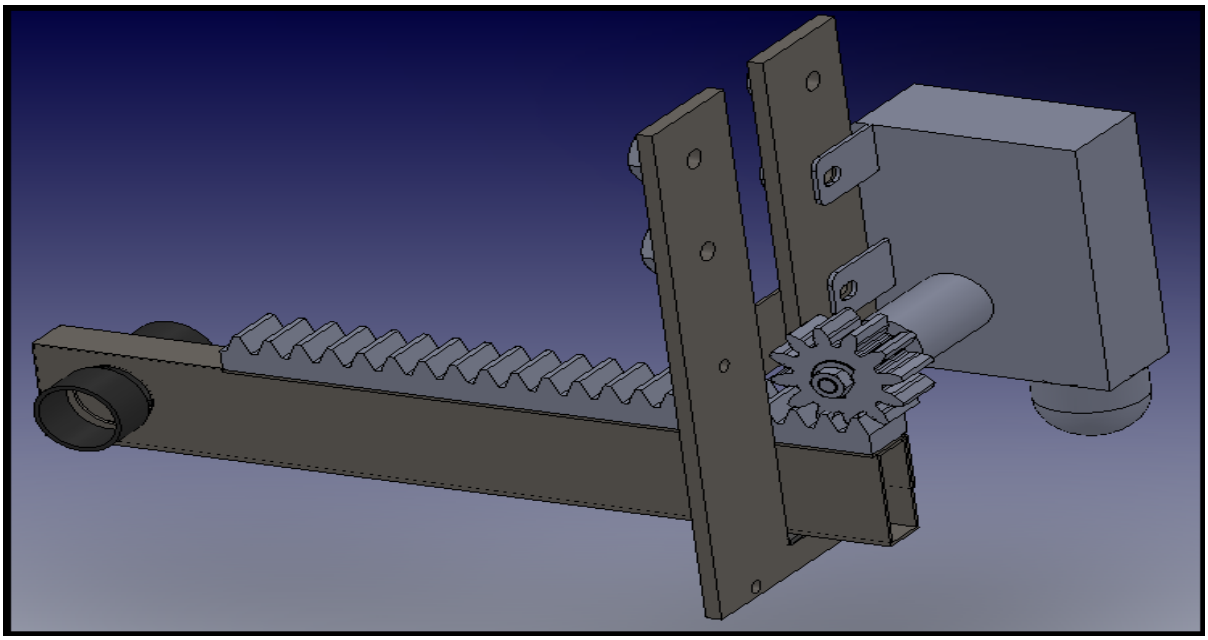


Fonte: Autores 2014

O sistema de funcionamento do degrau retrátil consiste em aplicações mecânicas e elétricas. O funcionamento ocorrerá da seguinte maneira:

O degrau entrará em funcionamento, uma vez que o botão localizado no painel do veículo seja acionado manualmente pelo condutor. Após este comando elétrico, o motor inicia seu funcionamento de partida, movimentando a engrenagem que trabalha em conjunto com a cremalheira, conforme apresentado na Figura 6.

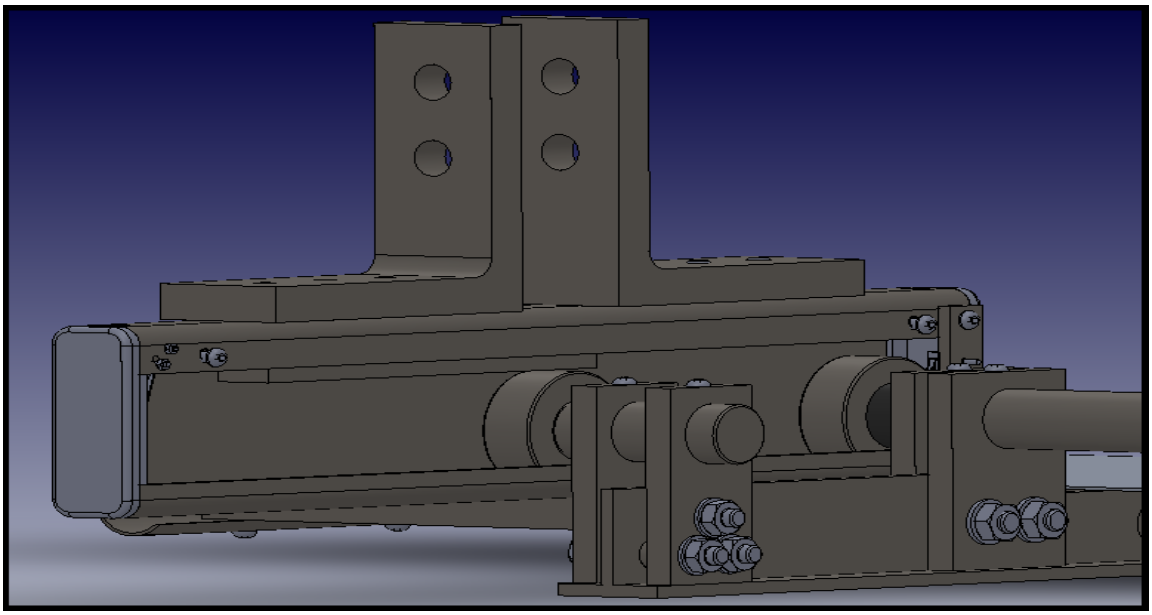
Figura 6 - Detalhe cremalheira e engrenagem



Fonte: Autores 2014

Simultaneamente, nas extremidades do conjunto, encontram-se vigas em “Perfil U” enrijecida, com a finalidade de proporcionar maior mobilidade e sustentação aos rolamentos. Estes rolamentos têm a função de “correr” entre os perfis U, no qual estão inseridos, como demonstra na Figura 7.

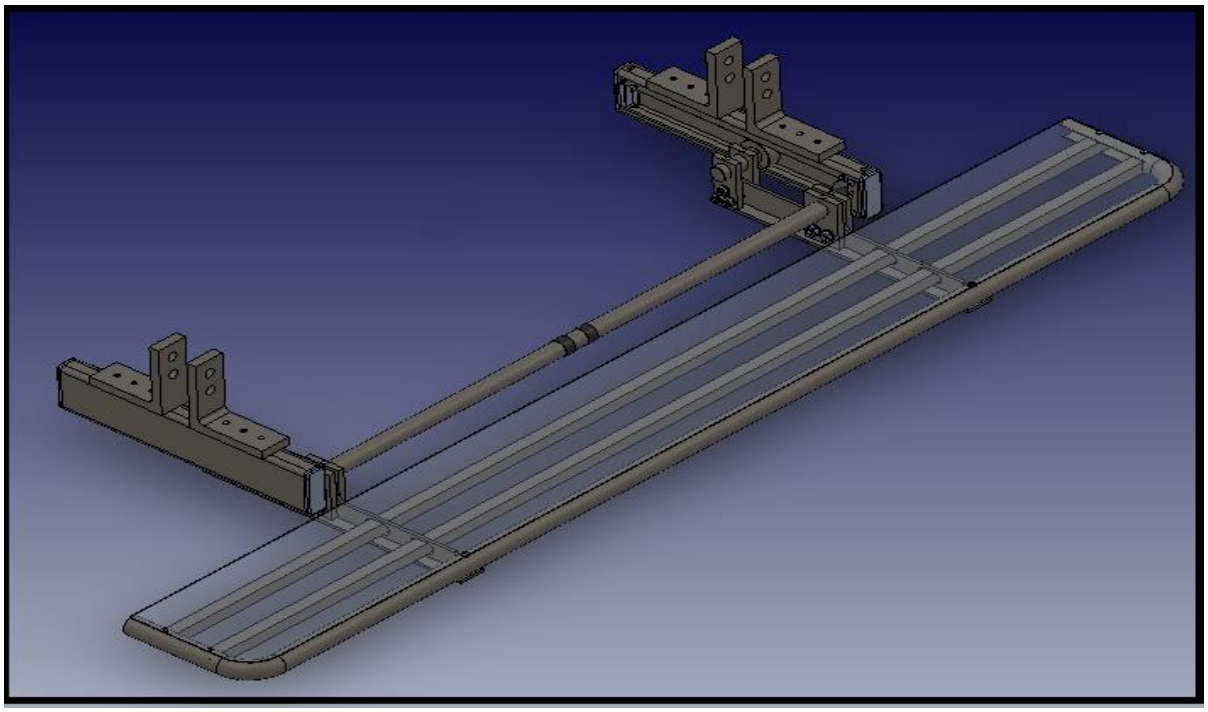
Figura 7 - Rolamentos inseridos no perfil “U”



Fonte: Autores 2014

Estes dois subconjuntos estão interligados através de um eixo retificado, Figura 8, para melhorar a sustentação de apoio, e, consequentemente, realizar o movimento de forma uniforme e retilíneo.

Figura 8 - Subconjunto dos eixos dianteiro e traseiros.



Fonte: Autores 2014

Na Figura 9, a área de apoio, onde a pessoa pisará para subir e descer da van, será de chapa antiderrapante, para impedir que pessoas escorreguem na subida e descida, e uma proteção de uma barra circular de aço escovado para acabamento.

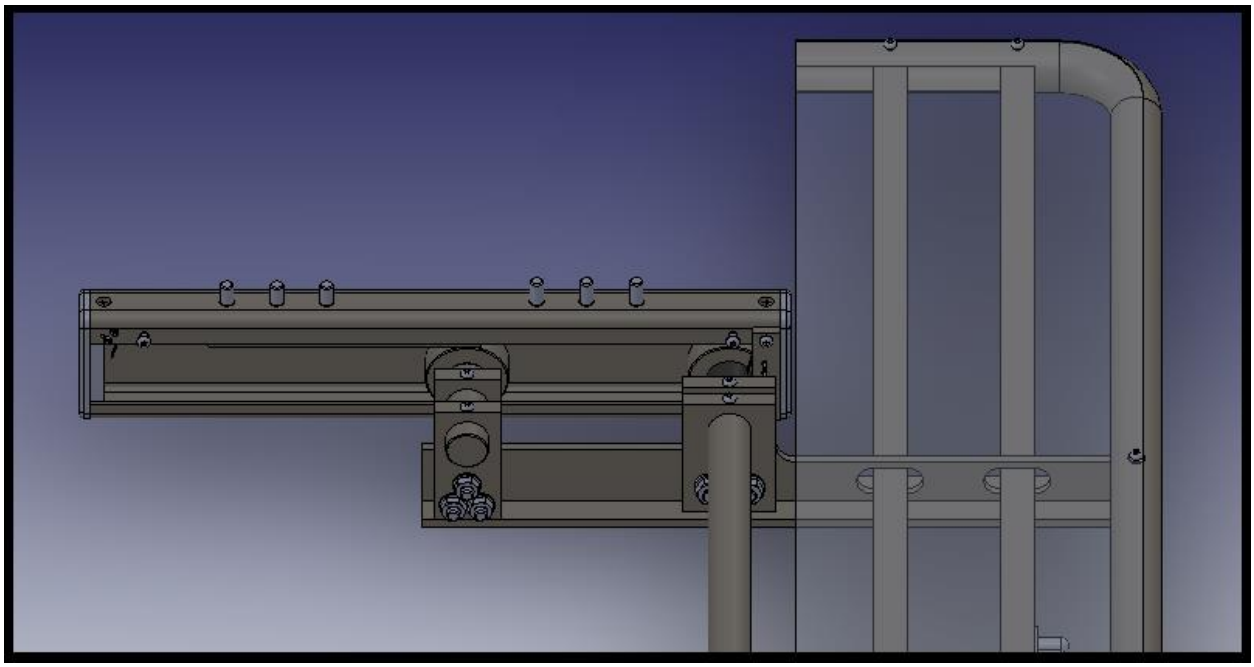
Figura 9 - Chapa antiderrapante e perfis trefilados

Fonte: Autores 2014

Sua sustentação se dará por dois perfis trefilados e interligados ao

subconjunto do perfil U através dos eixos dianteiros e traseiros, Figura 10.

Figura 10 - Detalhe da interligação da área de apoio com o subconjunto do trilho perfil “U”.



Fonte: Autores 2014

Para ser prático, o degrau não pode demorar muito tempo para completar o seu curso de acionamento. Em contra partida, por motivos de segurança, o mesmo não deve possuir alta velocidade de movimentos, com intuito de evitar acidentes com os passageiros na saída do degrau.

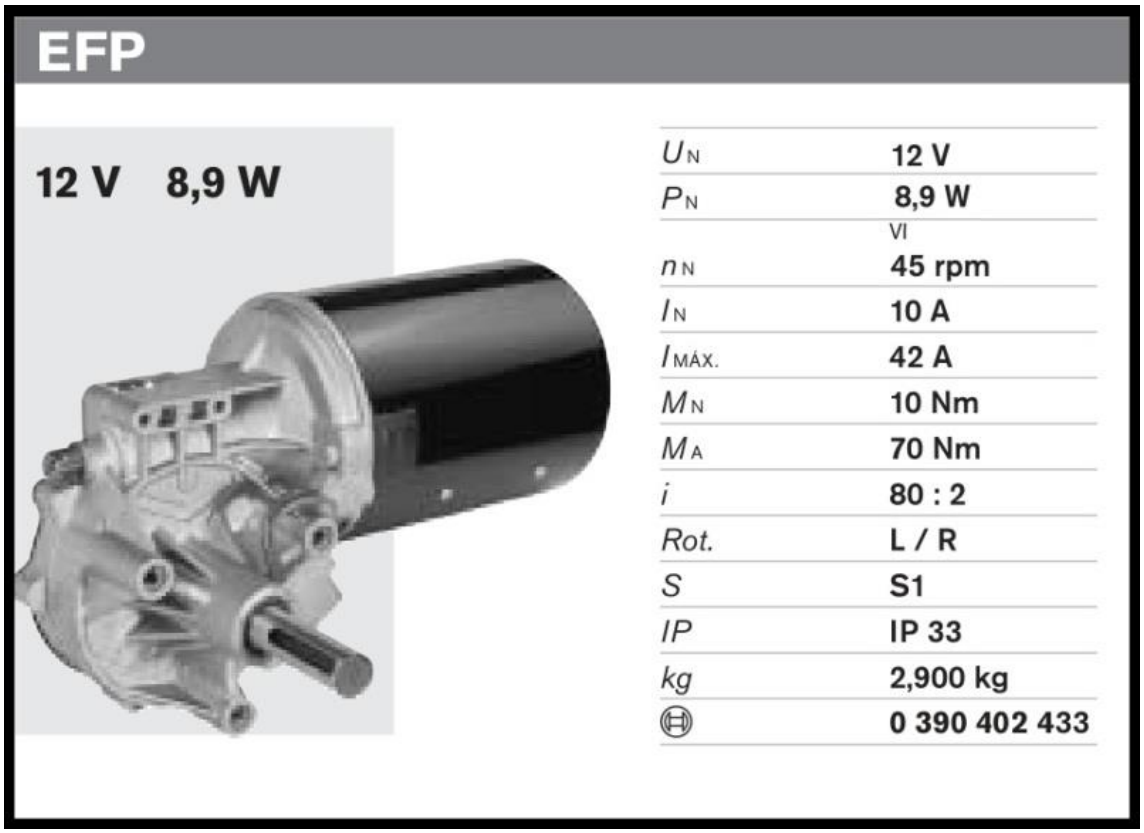
Assim, foi estimado que um tempo entre 2 e 3 segundos seria o ideal para o seu tempo de curso durante o acionamento, o que permitiria aos passageiros um tempo suficientemente de resposta a saída do degrau e sua subida. O recolhimento deverá ocorrer na mesma velocidade.

Para que não houvesse a necessidade de sistema de redução de velocidade, inserido no conjunto engrenagem/cremalheira, que influenciaria no custo final do produto, foi realizada uma intensa pesquisa entre os vários tipos de motores. Dentre

os motores analisados, verificou-se que o motor EFP utilizado em vidro elétrico de automóveis, é o mais adequado as necessidades do dispositivo do degrau retrátil, Figura 11, o motor EFP, opera com 12V de tensão e possui rotação nos dois sentidos do eixo, permitindo o acionamento e o recolhimento do degrau.

Aplicado no conjunto engrenagem/cremalheira, o mesmo proporciona um tempo de curso de acionamento igual a 2,22s e possui capacidade de movimentar uma carga de até 839,4N conforme memorial de cálculos inserido no apêndice A.

Figura 11 - Especificações do motor



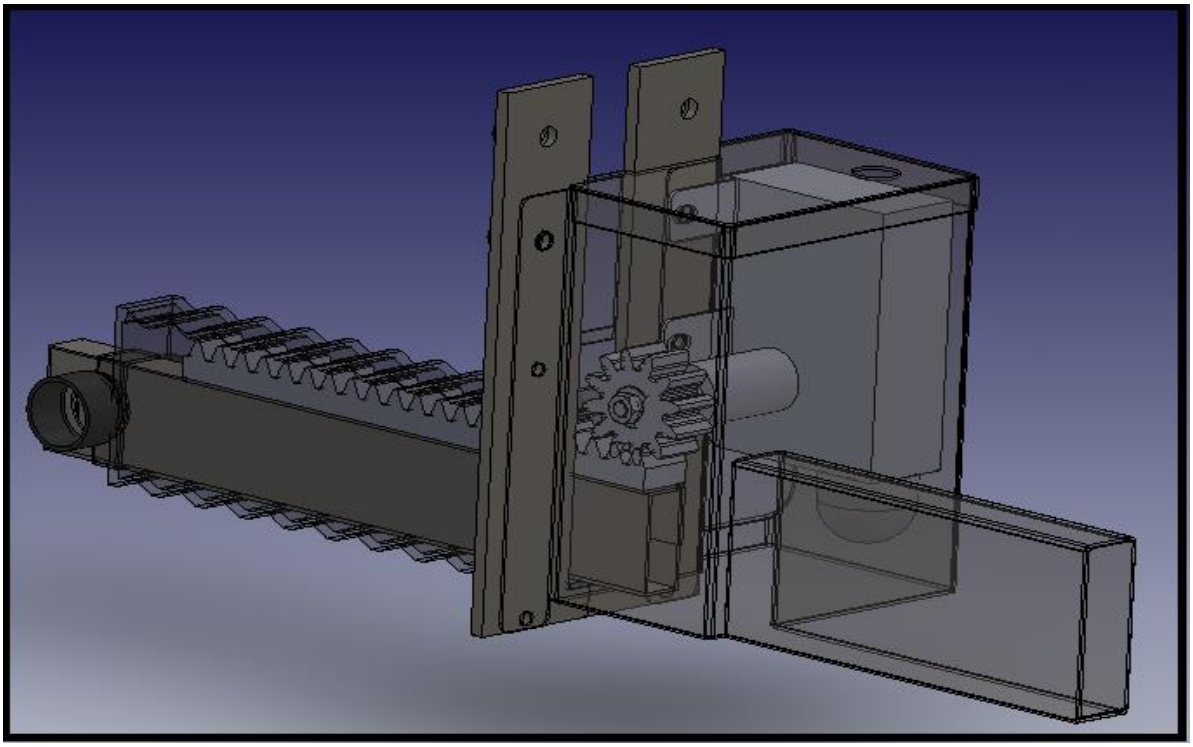
Fonte: Autores 2014

Visando garantir o funcionamento adequado do sistema, foram desenvolvidas proteções para o subconjunto Motor/Cremalheira e para subconjunto do Perfil U. Essas proteções têm como objetivo, evitar a penetração de detritos que possam

prejudicar o funcionamento do sistema, bem como a infiltração de água no motor elétrico.

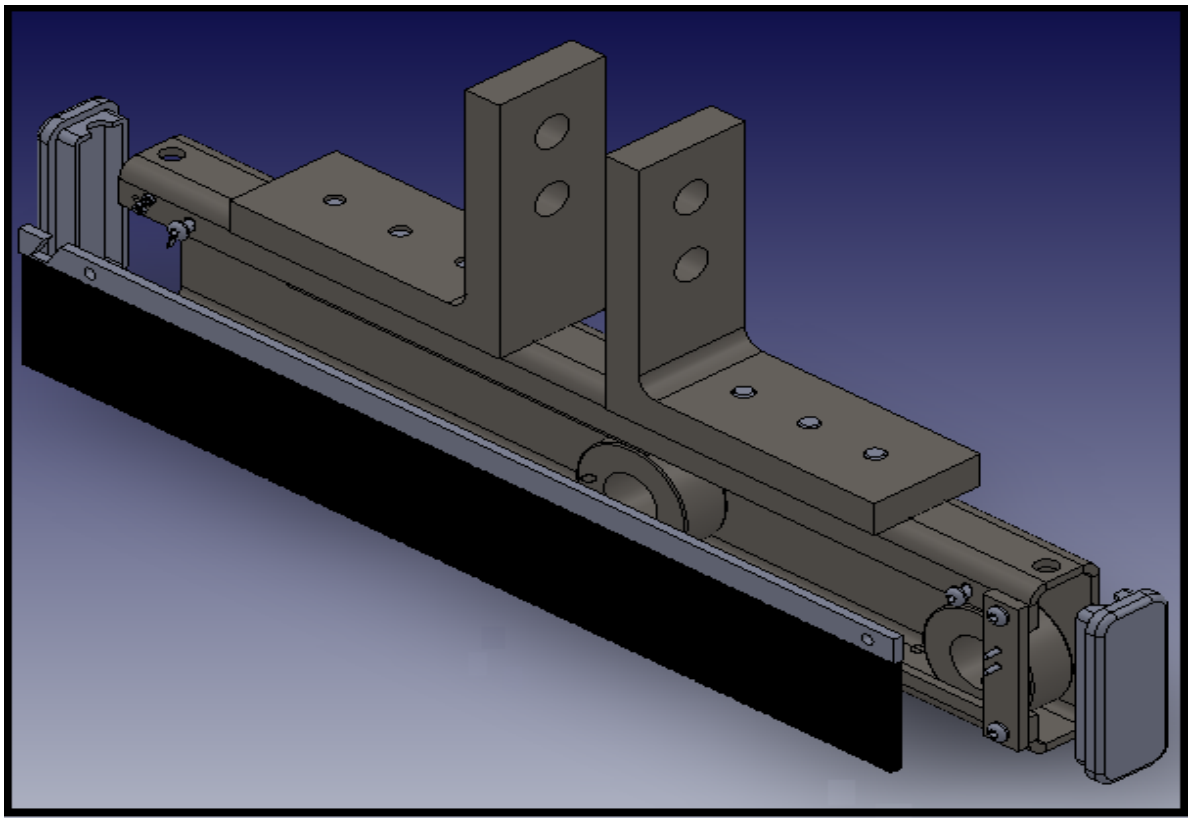
Para facilitar a interpretação das proteções, foram desenvolvidas as Figuras 12 e 13 em *software* CAD.

Figura 12 - Proteção do motor e da cremalheira



Fonte: Autores 2014

Figura 13 - Proteção lateral com cerdas do trilho e dos rolamentos



Fonte: Autores 2014

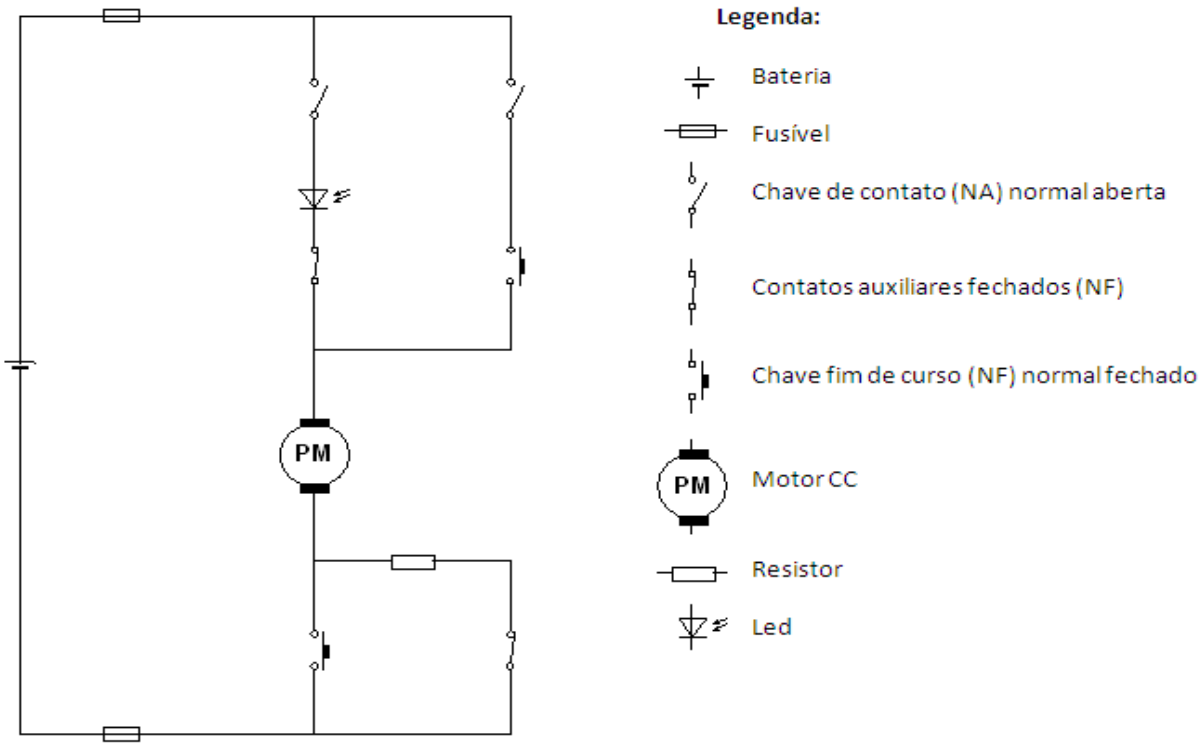
4.2.1 Tecnologia do produto

Quanto à parte elétrica do protótipo, a movimentação do degrau será realizado por um motor elétrico, conectado a um circuito elétrico simples, na Figura 4, alimentado pela tensão continua de 12 volts, proveniente da bateria do próprio veículo. O circuito será acionado manualmente por um botão localizado no painel do veículo, acionando o motor que movimentará o degrau. Para proporcionar maior segurança, em sua utilização,foi instalado dois *switch's* de haste longa nas extremidades do trilho, conforme Figura 15, que garantirão a parada do motor na posição adequada em seu início e fim de curso.

Na Figura 14 é possível se verificar o esquema elétrico que será responsável

pelo acionamento do degrau retrátil.

Figura 14 - Circuito de Acionamento Elétrico do Motor



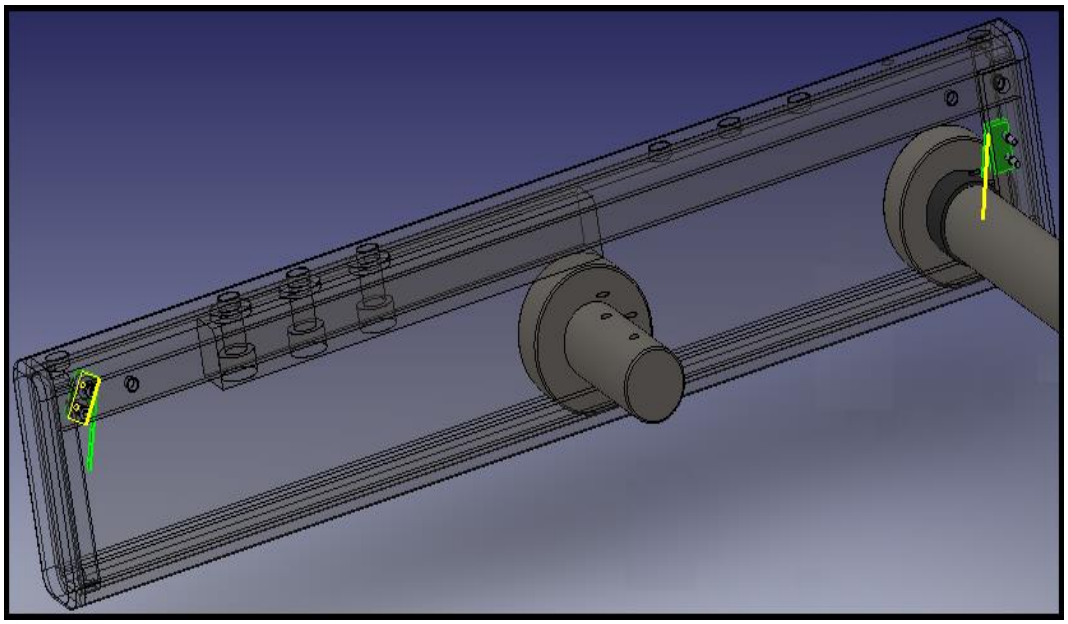
Fonte: Autores 2014

Ao comutar a chave inicial, ocorre o acionamento do motor que gira em um sentido, até que o degrau atinja o limite da chave de fim de curso, abrindo seu contato auxiliar e desligando o motor.

Ao comutar a 2ª chave, ocorre o acionamento do motor no sentido reverso, até que esta atinja o limite da chave de fim de curso, abrindo seu contato auxiliar e desligando o motor.

Após o acionamento manual, um LED contido no painel, proporcionará ao condutor um indicador visual da funcionalidade do degrau.

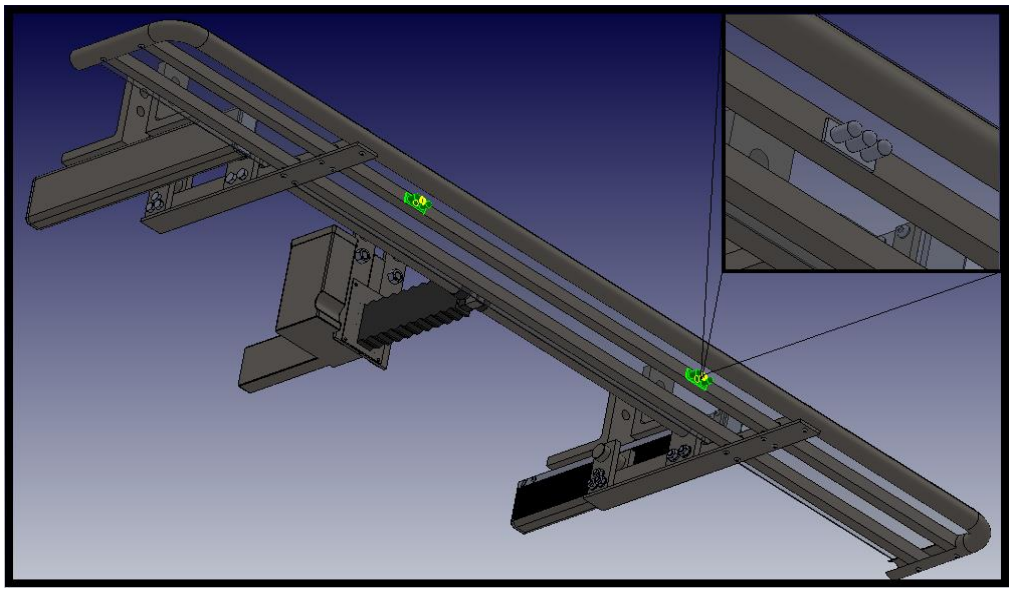
Figura 14 - Localização dos Switch's de segurança do degrau.



Fonte: Autores 2014

Pensando na segurança do passageiro, será instalada iluminação de "*Neon*" na parte inferior do degrau, conforme na Figura 23, possibilitando fácil visualização no período noturno. Desta forma, minimiza-se a possibilidade de acidente com os passageiros.

Figura 16 - Iluminação de neon na parte inferior do degrau



Fonte: Autores 2014

5 - RESULTADOS E CONCLUSÕES

O desenvolvimento e aplicações do produto estão detalhados na sequencia de imagens das Figuras de 17 a 23, que permitem a visualização o protótipo desenvolvido a fim de demonstrar a funcionalidade do projeto em questão. A Figura 17 apresenta a vista frontal do degrau recuado, demonstrando compactação para Vans.

Figura 15 - Vista frontal do protótipo. (Degrau Recuado)

Fonte: Autores 2014

A Figura 8 apresenta o protótipo em acionamento (vista frontal), mostrando a praticidade do produto e seu funcionamento. Verifica-se que o produto, trará um grande beneficio a diversos passageiros.

Figura 18 - Vista frontal do protótipo. (Degrau Acionado)

Fonte: Autores 2014

A Figura 16 apresenta o sistema de engrenagem/cremalheira, demonstrando a posição final do produto acionado.

Figura 19 - Vista lateral do protótipo. (Degrau Acionado)

Fonte: Autores 2014

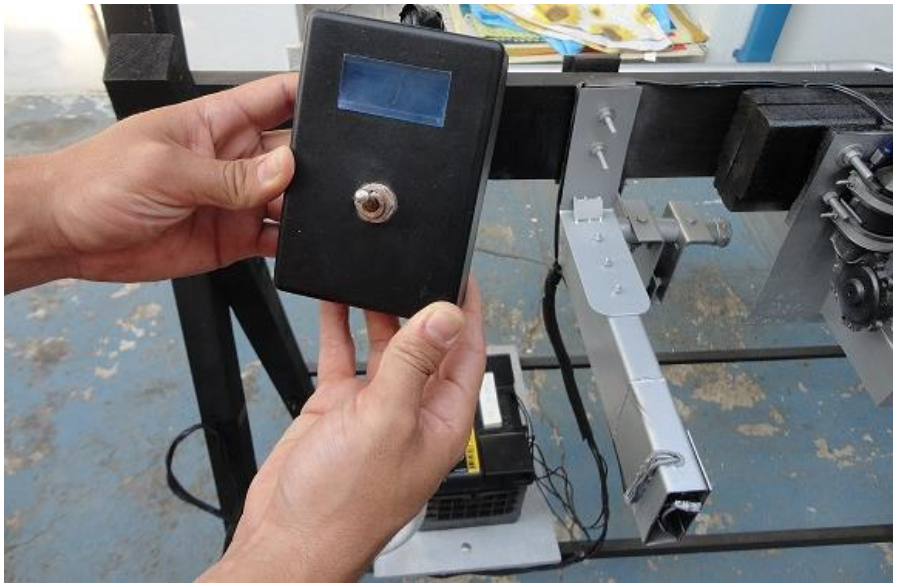
A Figura 20 mostra o sistema de acionamento do motor atuando no conjunto engrenagem/cremalheira.

Figura 16 - Vista Conjunto de Acionamento Mecânico.

Fonte: Autores 2014

A Figura 21 apresenta o sistema de acionamento, que será colocado no painel do veiculo. Nesse sistema, o botão aciona o conjunto elétrico, que inicia o movimento do degrau.

Figura 21 - Vista do Botão de Acionamento.



Fonte: Autores 2014

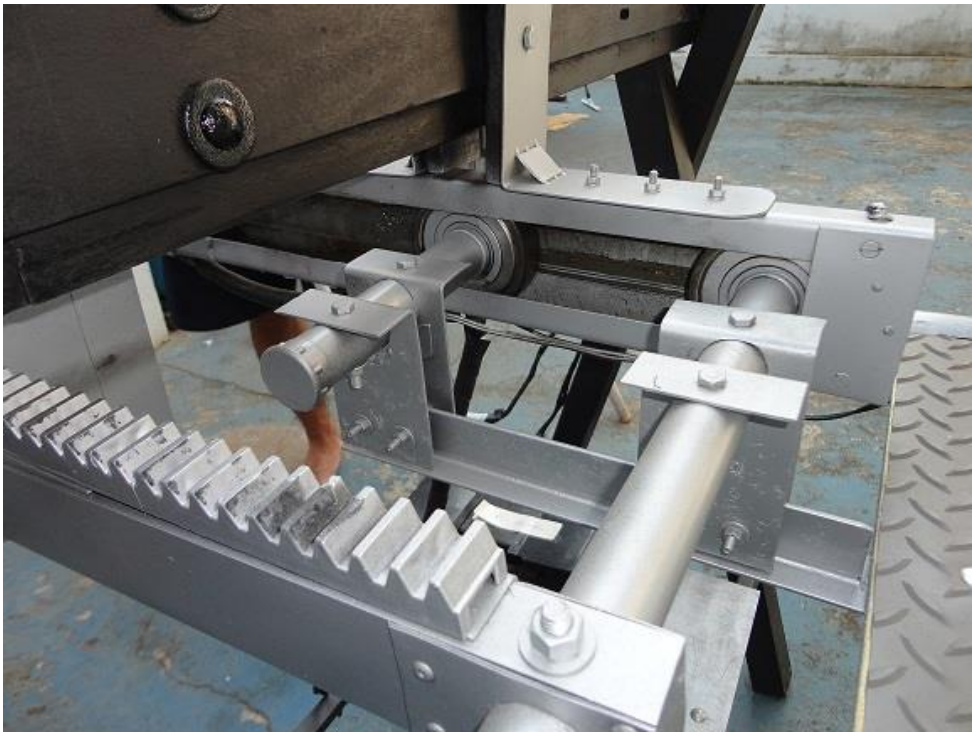
A Figura 22 apresenta o modelo de uma bateria utilizada em veículos, que foi a mesma utilizada no protótipo.

Figura 17 - Vista da Bateria 12 VOLTS.(Fonte de Alimentação)

Fonte: Autores 2014

A Figura 23 ilustra o sistema de rolamentos em conjunto com a viga de perfil U onde é realizado o deslocamento mecânico do protótipo.

Figura 18 - Vista do Conjunto Eixo-Rolamento



Fonte: Autores 2014

O detalhamento completo do projeto encontra-se no apêndice C, D, E, F e G.

O Degrau Retrátil é um projeto de um produto inovador e prático que busca alternativas que facilite a acessibilidade das pessoas na Van. Através dos resultados da análise do mercado, ainda pouco explorado, comprovou-se sua aceitação e grande potencial de comercialização.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tem-se como plano futuro o aperfeiçoamento do produto e a busca por tecnologias que proporcionem melhor desempenho, visando o crescimento no mercado através da satisfação de seus clientes.

Assim, se iniciará o desenvolvimento de novas tecnologias, no qual virão a complementar cada vez mais a incessante busca de inovações, sempre proporcionando ao cliente satisfação e agilidade em seu dia-a-dia. Desta forma, a melhoria contínua, exemplifica-se com algumas melhorias futuras para o protótipo:

- Acionamento automático da porta da van, sendo acionado simultaneamente com o degrau, através de um controle remoto.

- A formação de parcerias junto a montadoras de Vans, tornando o dispositivo mais atrativo financeiramente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEER, F.; JOHNSTON, E. R. Resistência dos Materiais, ed Macron Books, 1997;

http://www.detran.sp.gov.br/wps/portal/detran/odetran/estatisticasdotransito/sa-conteudo/5e8c1ee0-9ff1-410c-af1e-d09e22d981d2?n=5e8c1ee0-9ff1-410c-af1e-d09e22d981d2&useDefaultText=0&useDefaultDesc=0, Acesso em 27 de agosto às 21 horas;

http://www.denatran.gov.br/frota.htm Acesso em 27 de agosto de 2014 às 20 horas;

http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/manual_teg__dez_2010_1305208264.pdf. Acesso em 22 de agosto de 2014 às 23 horas e 38 minutos;

http://www.sjc.sp.gov.br; Acesso em 15 de setembro de 2014 às 22 horas.

http://www.dicio.com.br; Acesso em 29 de setembro de 2014 as 14 horas.

Novo Dicionário Eletrônico Aurélio, versão 7.0, 5ª. Edição do Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. Regis Ltda, 2010. Seção “Professor – O Aurélio na escola

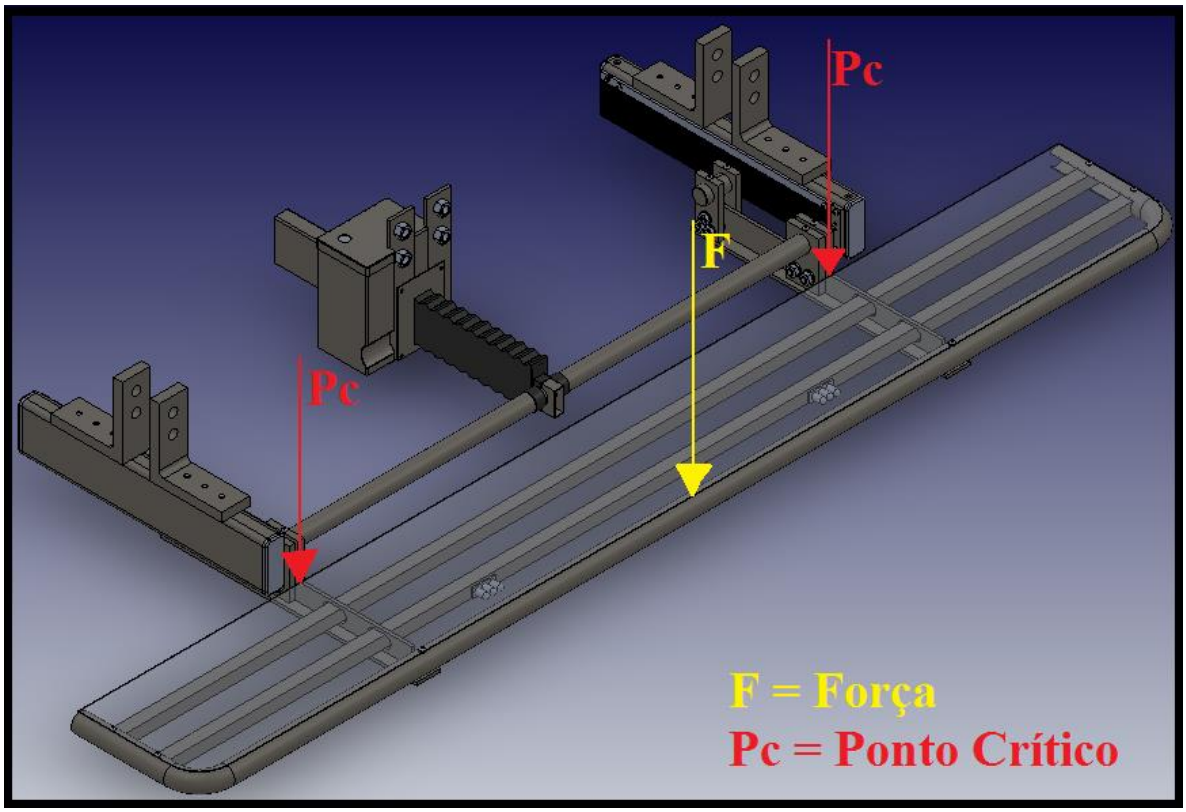
APÊNDICE A – Memorial de Cálculo:

Sustentação do degrau:

Para a os cálculos de sustentação do degrau retrátil, foi estipulado uma carga de 400 kg que representará o peso de três pessoas com 133,33Kg cada uma.

Para início dos cálculos, foi identificado, conforme Figura A1, o ponto crítico do projeto, ou seja, o ponto no braço de sustentação que devido a maior distancia com relação à força aplicada, sofrerá maior carga e, consequentemente, virá a falhar antes dos demais.

Figura A1 - Identificação do ponto crítico

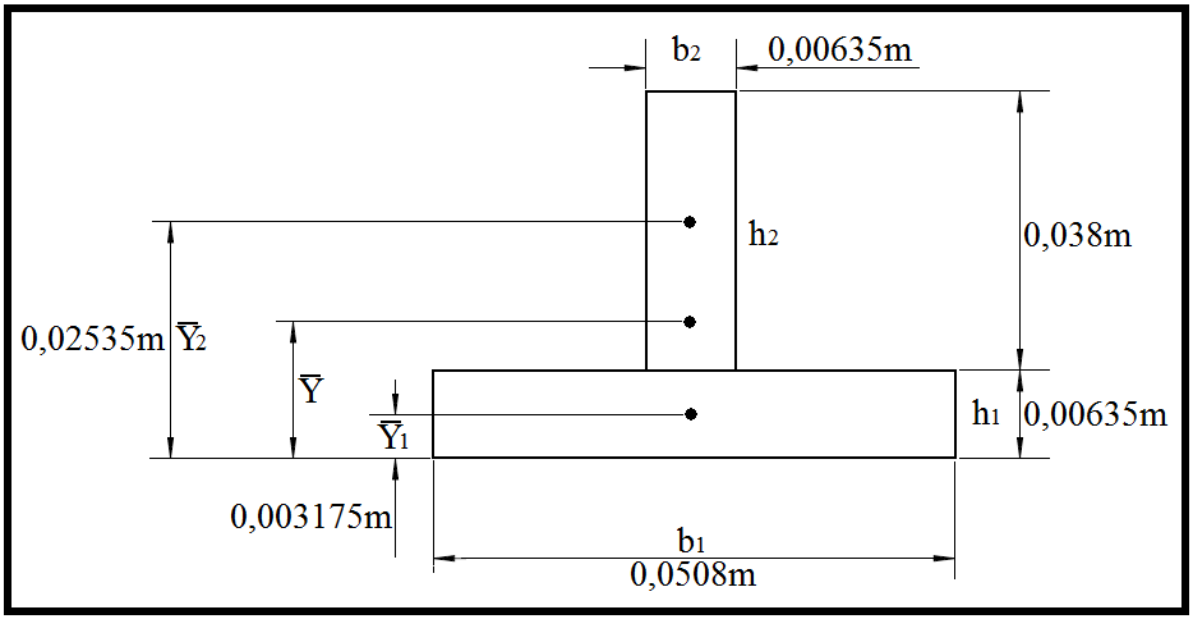


Fonte: Autores 2014

O primeiro passo, para o inicio dos cálculos de resistência mecânica é encontrar o centroide do perfil onde se encontra o ponto crítico do protótipo.

A Figura A2 ilustra as dimensões da seção transversal onde se encontra o pronto crítico.

Figura A2 - (Dimensões da seção transversal do ponto crítico)



Fonte: Autores 2014

$$\bar{Y} = \frac{A1\,\bar{Y}1 + A2\,\bar{Y}2}{A1 + A2}$$

$$\bar{Y} = \frac{(0{,}0508\,.0{,}00635).0{,}003175 + (0{,}0508\,.0{,}00635).0{,}02535}{(0{,}0508\,.0{,}00635) + (0{,}038\,.0{,}00635)}$$

$$\bar{Y} = \frac{7{,}141147.10^{-6}}{563{,}88.10^{-6}} \qquad \bar{Y} = 12{,}664.10^{-3}\text{m}$$

$$\bar{X} = \frac{0{,}0508}{2} \qquad \bar{X} = 25{,}4.10^{-3}\text{m}$$

$$\bar{Y}1 = 3{,}175.10^{-3}\text{m} \qquad \bar{Y}2 = 25{,}35.10^{-3}\text{m}$$

Após obter o centróide da peça, é possível calcular os momentos de inércia Iy e Ix da seção, como o dispositivo não sofre esforços horizontais, não será necessário calcular o momento de inércia em função do eixo Y, portanto apenas Ix será calculado.

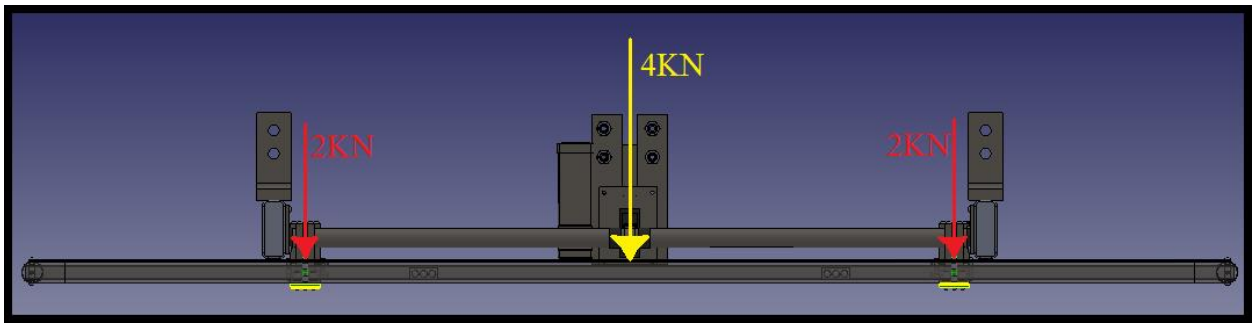
$$Ix = \left[\frac{b1\,.\,(h1)^3}{12} + b1\,.h1\,.(\bar{Y} - \bar{Y}1)^2\right] + \left[\frac{b2\,.\,(h2)^3}{12} + b2\,.h2\,.(\bar{Y} - \bar{Y}2)^2\right]$$

$$Ix = \left[\frac{(50{,}8\,.(6{,}35)^3).10^{-3}}{12} + (50{,}8\,.6{,}35\,.(12{,}664 - 3{,}175)^2).10^{-3}\right] + \left[\frac{(6{,}35\,.(38)^3).10^{-3}}{12} + (6{,}35\,.38\,.(12{,}664 - 25{,}35)^2).10^{-3}\right]$$

$$Ix = [30{,}0071.10^{-9}] + [67{,}870.10^{-9}] \quad \Rightarrow \quad Ix = 98.10^{-9}\text{m}^2$$

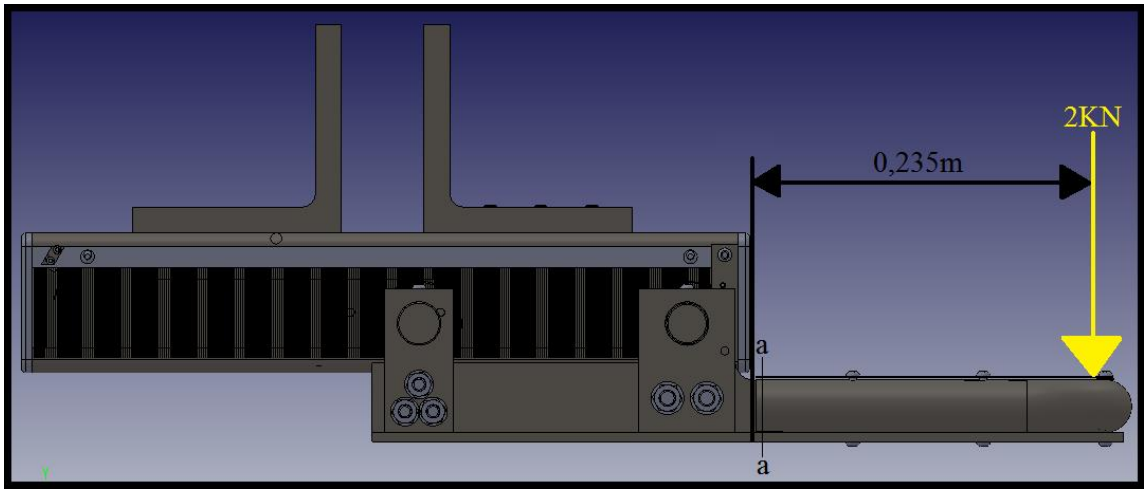
Encontrados o centróide e o momento de inércia, aplica-se a força no porto crítico conforme Figura A3 e Figura A4.

Figura A3 - Aplicação das forças no degrau



Fonte: Autores 2014

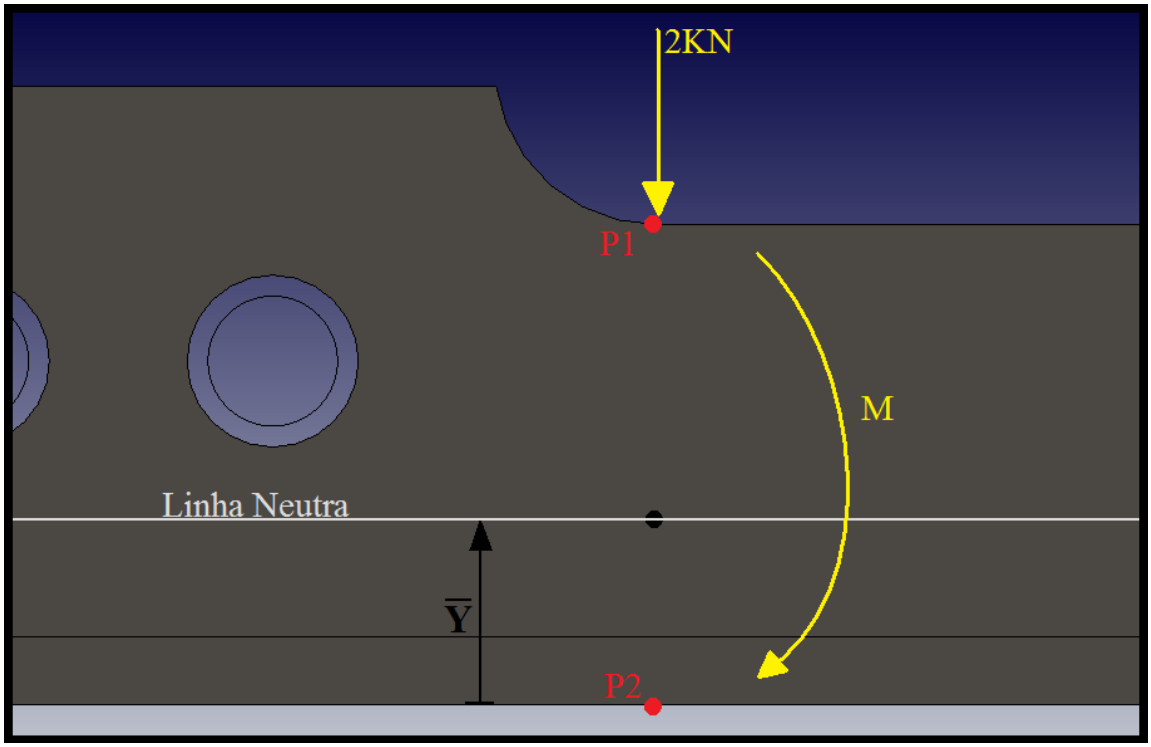
Figura 19 - Transferência da força para o ponto analisado



Fonte: Autores 2014

A tensão aplicada será maior nas extremidades que estão representadas por P1 e P2, Figura A5, como o ponto P1 está localizado a uma distancia maior da linha neutra com relação ao ponto P2, o mesmo sofrerá o maior esforço, e neste caso será o ponto crítico.

Figura A5 - Detalhamento da aplicação das forças na seção a a.



Fonte: Autores 2014

$$\sigma = \frac{M.d}{I}$$

$$\sigma p1 = \frac{470.(0{,}04435 - 0{,}012664)}{98.10^{-9}} = 151{,}96.\ 10^{6}$$

$\sigma p1$= 152 MPa

Logo, comparando a tensão de escoamento do aço que é de 400 MPa com a tensão sofrida pelo ponto P1, encontra-se o fator de segurança.

FS= $\frac{400.10^{6}}{152.10^{6}}$ FS=2,63

Dimensionamento do Rolamento:

O Co do rolamento deve ser superior a 80% da força aplicada sobre ele, para que o mesmo suporte os esforços.

Co > 1,8 . Fr

Co > 1,8 . 2000

Co > 3600

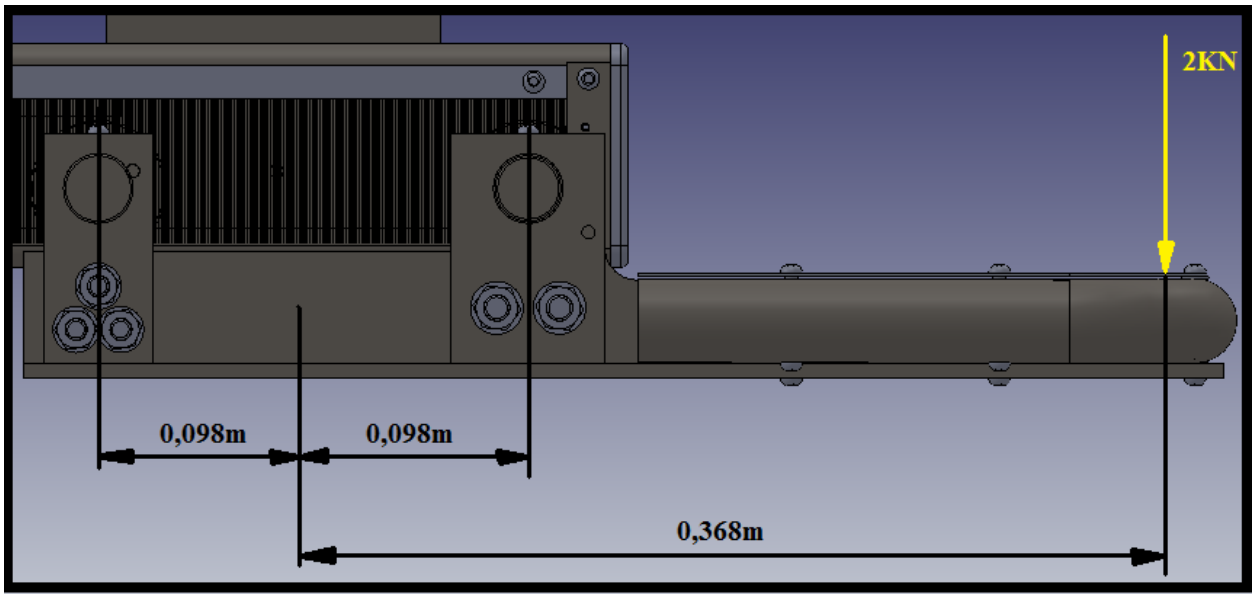
O rolamento utilizado possui um Co = 4500, ou seja, mesmo suporta a carga aplicada com um fator de segurança de 1,25

$$FS = \frac{4500}{3600} = 1,25$$

Dimensionamento dos Parafusos do Ponto Crítico:

> *"Para o dimensionamento dos parafusos, é necessário, aplicar a força sob todos eles, a Figura A6 ilustra as distâncias entre os parafusos e a força aplicada".*
>
> *Beer (Resistência dos materiais).*

Figura A6 - Distâncias entre os parafusos e a força aplicada.



Fonte: Autores 2014

Dividir a força aplicada pela quantidade de parafusos que sustentam a peça do ponto crítico.

$\frac{2KN}{5\ parafusos}$ = 400N para cada parafuso.

ΣM=0

5 . F. 98.10^{-3} = 2000 . 368,44.10^{-3}

Logo a força cortante atuante nos parafusos é igual a F= 1503,84N + $\frac{2000}{5}$

F=1.903,84N

Aplicando a força cortante na formula obtêm-se as tensões atuantes nos parafusos.

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Para os parafusos dianteiros:

$\tau = \frac{1903,84}{\pi.\frac{15,88^2}{4}}$ = 9,61MPa

Para os parafusos traseiros:

$\tau = \frac{1903,84}{\pi.\frac{11,11^2}{4}}$ = 19,64MPa

Foi adotado para os parafusos 0,577 da tensão de escoamento do aço 1020, sendo assim, a tensão de escoamento para o parafuso é igual a 230,8 MPa = 0,577.400 MPa

Logo os fatores de seguranças para os parafusos são:

Parafusos Traseiros

FS = $\frac{230,8}{19,64}$ = 11,75

Parafusos Dianteiros

FS = $\frac{230,8}{9,61}$ = 24,02

O que comprova a resistência do sistema para a carga estimada.

Cálculos do Motor:

Tempo acionamento do degrau:

$$v = n.\frac{\pi}{60}.\frac{d(mm)}{1000}$$

$$v = 45.\frac{\pi}{60}.\frac{45}{1000} = \quad v = 0,1060\ m/s$$

Deslocamento necessário para o curso completo do acionamento é igual a 0,325m.

Logo:

Tcurso = $\frac{0,325}{0,1060}$ = 2,22 segundos Tcurso= 2,22 segundos

Cálculo da carga máxima movida pelo motor.

$F = \frac{P}{v}$ = F = $\frac{8.9}{0,1060}$ = 83, 94 kgf ou 839,4N

Logo fica evidenciado que o motor é capaz de transladar uma carga de até 83,94 Kgf.

APÈNCICE B – Cálculo da Resistência a Fadiga

Para descobrir o número de ciclos ao qual o degrau pode ser submetido sem falhar, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$S = A \cdot N \wedge b$$

Primeiramente deve-se encontrar do valor da tensão atuante no degrau(S), necessita-se encontrar as tensões média (σm) e de amplitude (σA) e aplicá-las na equação de Goodman:

$\sigma m = (152MPa + 0)/2$ $\qquad$ $\sigma m = 76MPa$

$\sigma A = (152MPa - 0)/2$ $\qquad$ $\sigma A = 76MPa$

Equação de Goodman:

$$(\sigma A / Sn) + (\sigma B / Srt) = 1$$

$$(76/Sn) + (76/440) = 1$$
$$76/Sn = 1 - 0{,}1727$$
$$76/Sn = 0{,}8273$$
$$Sn = 76/0{,}8273$$
$$Sn = 91{,}87MPa$$

Em seguida, para os cálculos de A e de B será necessário encontrar o Limite de Fadiga (Sn) do aço, que de maneira geral pode ser dado por $Sn = Srt/2$ para $(Srt < 1400MPa)$ ou $Sn = 700MPa$ para $(Srt > 1400MPa)$.

$$Srt = 440MPa < 1400MPa, então, Sn = 440/2 \rightarrow Sn = 220MPa$$

O limite de fadiga (Sn) é o limite ao qual o material apresenta resistência a infinitos ciclos sem falhar, como o seu valor é obtido através de ensaios sob condições ideais em laboratório, o mesmo deve ser corrigido através da aplicação de coeficientes a fim de aproximá-lo ao máximo do limite de fadiga real. Para o degrau são relevantes apenas os coeficientes de fator de confiabilidade, pois deve possuir a menor probabilidade de falha possível e fator de acabamento por se tratar de material usinado.

$$Snreal = Cconf \cdot C\sup \cdot Sn$$

$C\sup\ material\ u\sin ado = (A \cdot Srt\text{^}b)$ onde, $A = 4{,}51$, $b = -0{,}265$ e $Srt = 440MPa$

$$C\sup = 4{,}51 \cdot (440 \cdot 10\text{^}6)\text{^}(-0{,}265)$$

$$C\sup = 0{,}9218$$

$$Cconf\ \ confiabilidade\ de\ 99{,}99\% = 0{,}659$$

$$Snreal = 0{,}659 \cdot 0{,}9218 \cdot 220$$

$$Snreal = 133{,}643MPa$$

Logo se obtêm:

$$A = (0{,}9 \cdot Srt)^2 / Snreal \qquad b = -1/3 \cdot \log((0{,}9 \cdot Srt) / Snreal)$$

$$A = (0{,}9 \cdot 440)^2 / 133{,}643 \qquad b = -1/3 \cdot \log((0{,}9 \cdot 440) / 133{,}643)$$

$$A = 1.173{,}41MPa \qquad b = -0.15725$$

$$S = A \cdot N\text{^}b$$

$$91{,}87 = 1173{,}41 \cdot N\text{^}(-0{,}15725)$$
$$91{,}87 / 1173{,}41 = N\text{^}(-0{,}15725)$$
$$N\text{^}0{,}15725 = 1173{,}41 / 91{,}87$$
$$N = (1173{,}41 / 91{,}87)\text{^}(1 / 0{,}15725)$$
$$N = 10{,}84 \cdot 10\text{^}6 Ciclos$$

Considerando que um embarque e um desembarque igual a 2 ciclos, e que uma van que faz transporte alternativo e trafega por 12 horas durante o dia com sua capacidade máxima de 15 passageiros em um percurso médio de aproximadamente 20 minutos realiza 1.080 ciclos por dia, sendo assim a mesma realizará por ano aproximadamente 394.200 ciclos, considerando estes números, o degrau retrátil pode durar 27,50 anos conforme mostrada abaixo.

1 Pessoa = 2 Ciclos

12 Horas = 720 Minutos

720 Minutos / 20 Minutos de percurso = 36 viagens/dia

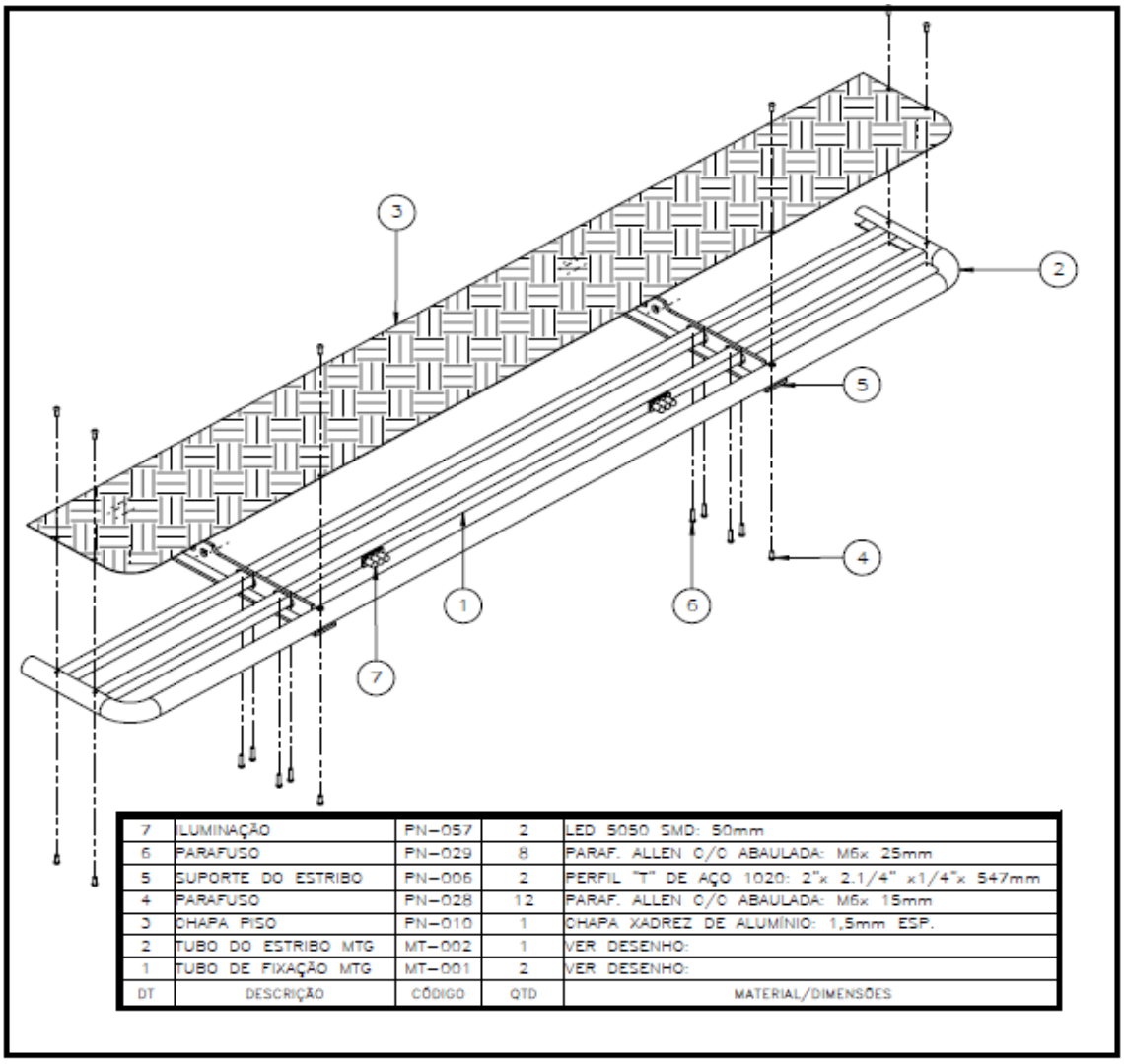
1 viagem = 30 ciclos

36 viagens/dia . 30 ciclos = 1.080 Ciclos/dia

1.080 Ciclos/dia . 365 dias = 394.200 Ciclos/ano

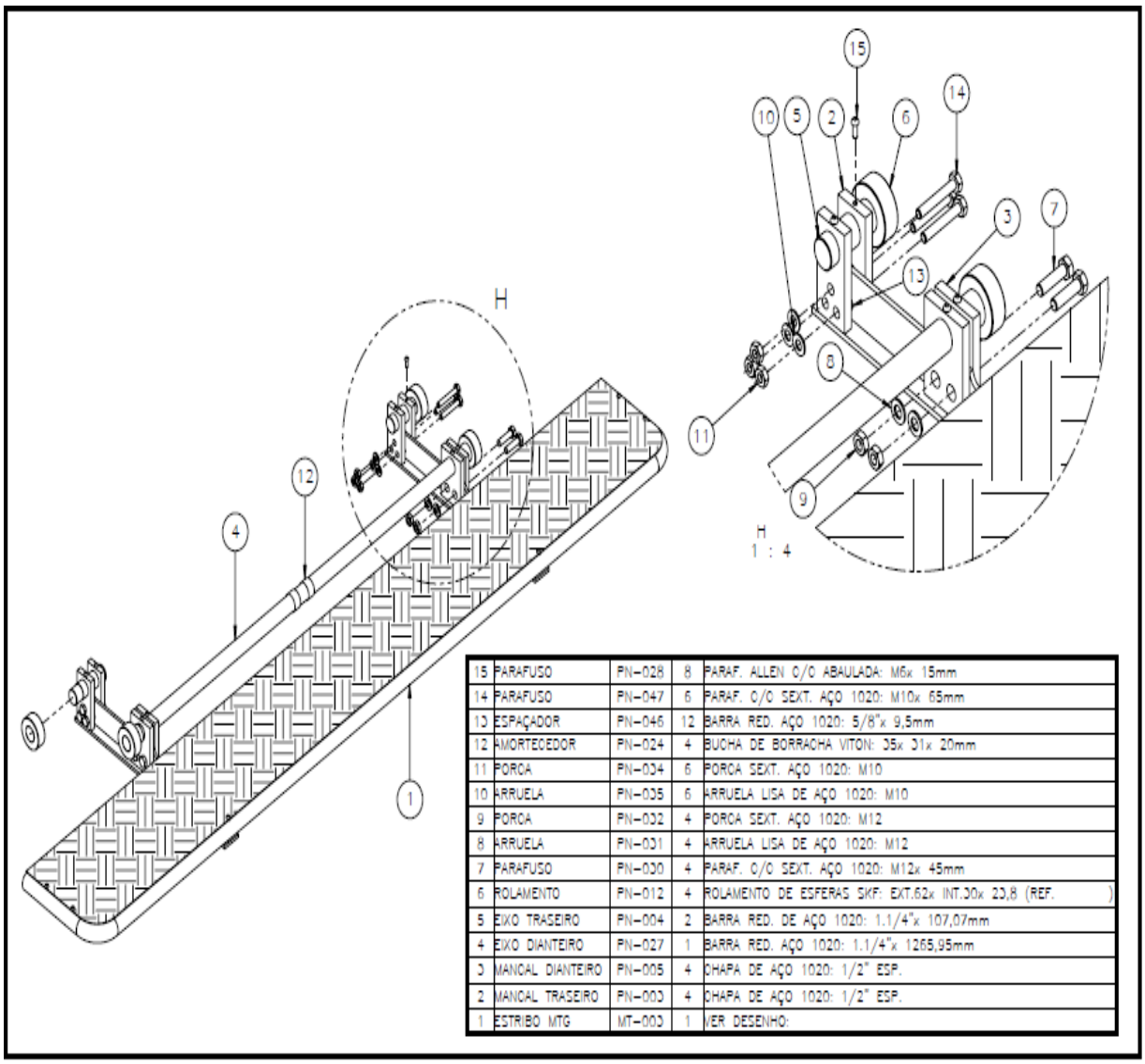
10,84.10^6 Ciclos / 394.200 Ciclos/ano = 27,50 anos

APÊNDICE C – Imagem da submontagem do Degrau:



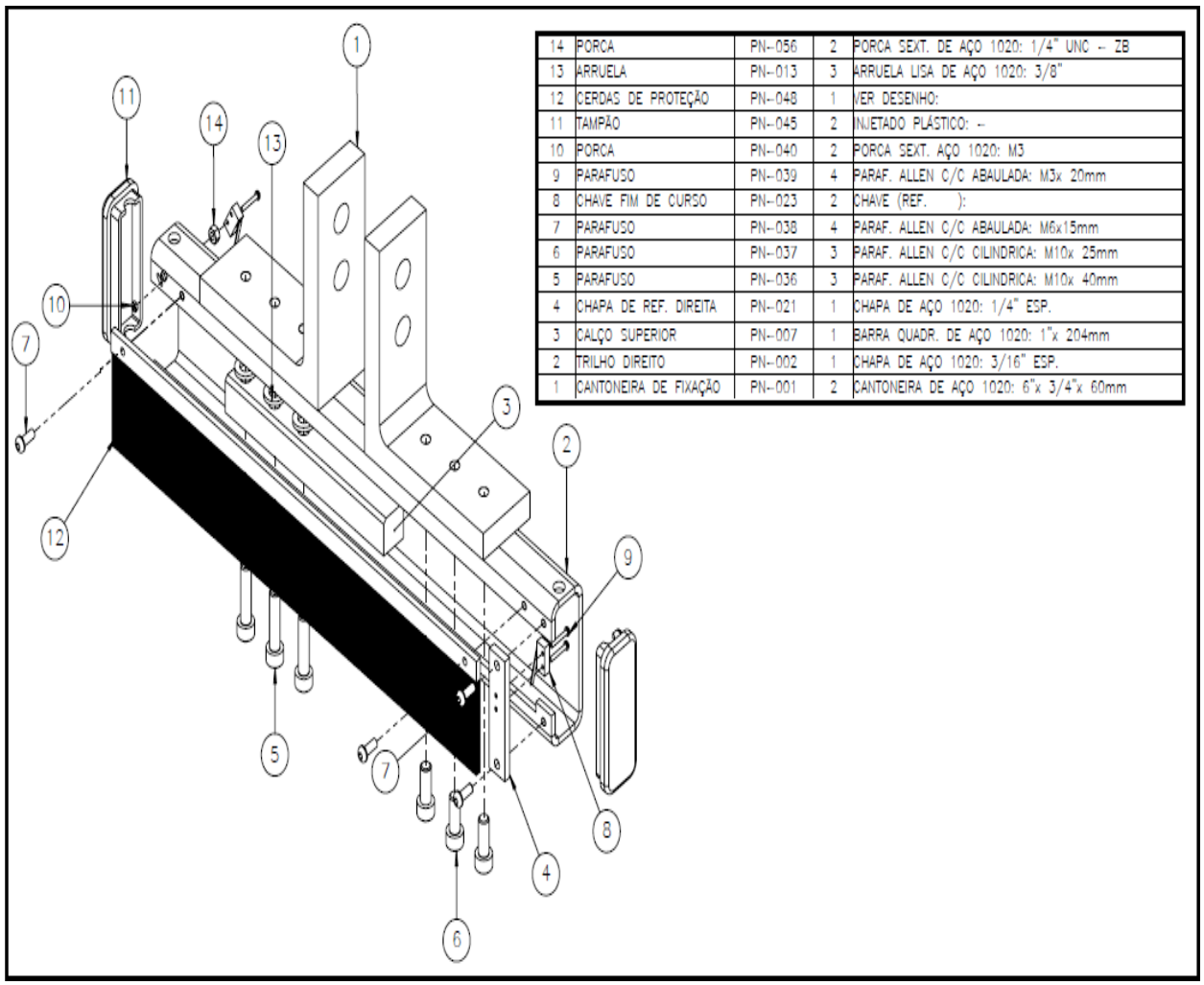
DT	DESCRIÇÃO	CÓDIGO	QTD	MATERIAL/DIMENSÕES
7	ILUMINAÇÃO	PN-057	2	LED 5050 SMD: 50mm
6	PARAFUSO	PN-029	8	PARAF. ALLEN C/C ABAULADA: M6x 25mm
5	SUPORTE DO ESTRIBO	PN-006	2	PERFIL "T" DE AÇO 1020: 2"x 2.1/4" x1/4"x 547mm
4	PARAFUSO	PN-028	12	PARAF. ALLEN C/C ABAULADA: M6x 15mm
3	CHAPA PISO	PN-010	1	CHAPA XADREZ DE ALUMÍNIO: 1,5mm ESP.
2	TUBO DO ESTRIBO MTG	MT-002	1	VER DESENHO:
1	TUBO DE FIXAÇÃO MTG	MT-001	2	VER DESENHO:

APÊNDICE D – Imagem estribo com rolamento:



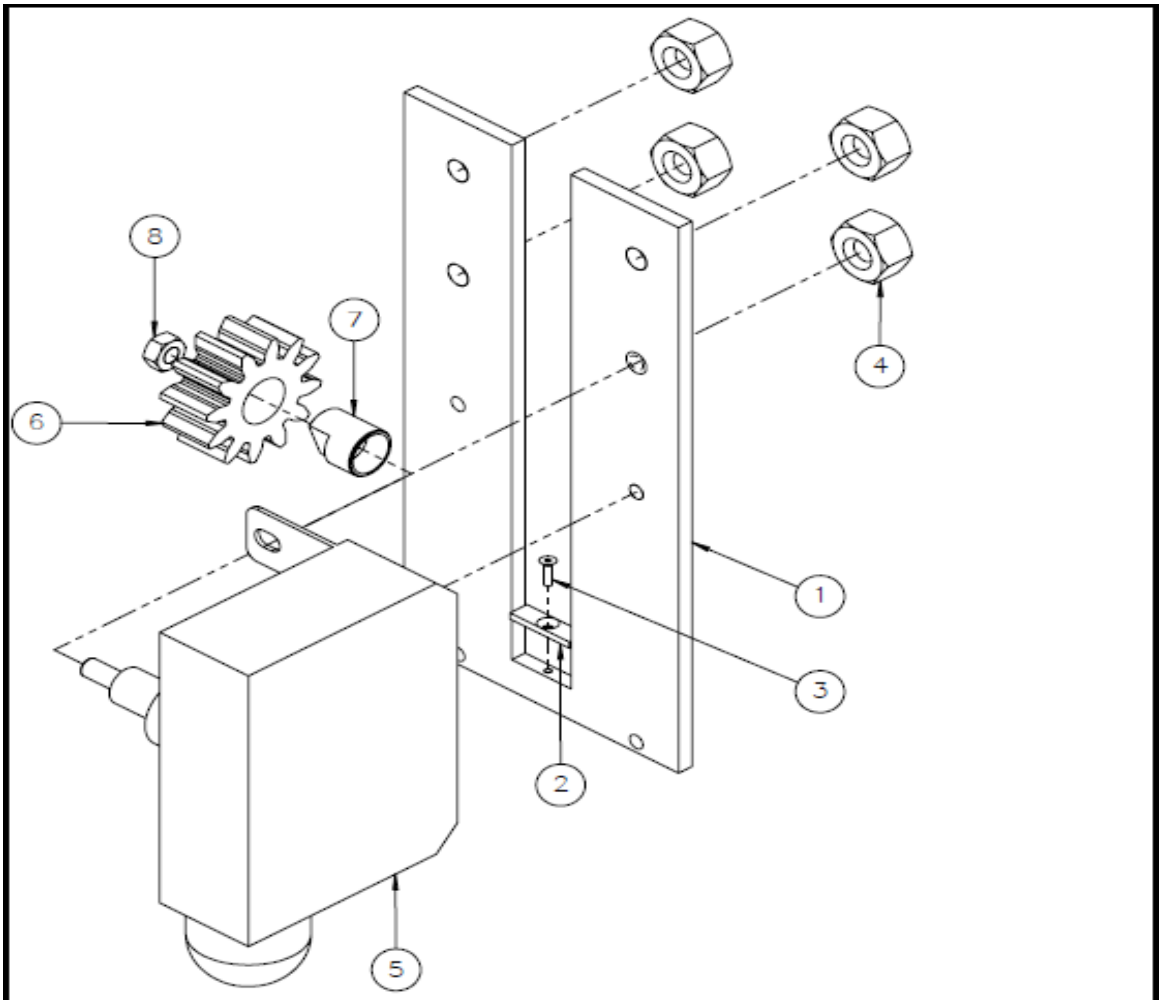
15	PARAFUSO	PN-028	8	PARAF. ALLEN C/C ABAULADA: M6x 15mm
14	PARAFUSO	PN-047	6	PARAF. C/C SEXT. AÇO 1020: M10x 65mm
13	ESPAÇADOR	PN-046	12	BARRA RED. AÇO 1020: 5/8"x 9,5mm
12	AMORTECEDOR	PN-024	4	BUCHA DE BORRACHA VITON: 35x 31x 20mm
11	PORCA	PN-034	6	PORCA SEXT. AÇO 1020: M10
10	ARRUELA	PN-035	6	ARRUELA LISA DE AÇO 1020: M10
9	PORCA	PN-032	4	PORCA SEXT. AÇO 1020: M12
8	ARRUELA	PN-031	4	ARRUELA LISA DE AÇO 1020: M12
7	PARAFUSO	PN-030	4	PARAF. C/C SEXT. AÇO 1020: M12x 45mm
6	ROLAMENTO	PN-012	4	ROLAMENTO DE ESFERAS SKF: EXT.62x INT.30x 23,8 (REF.)
5	EIXO TRASEIRO	PN-004	2	BARRA RED. DE AÇO 1020: 1.1/4"x 107,07mm
4	EIXO DIANTEIRO	PN-027	1	BARRA RED. AÇO 1020: 1.1/4"x 1265,95mm
3	MANCAL DIANTEIRO	PN-005	4	CHAPA DE AÇO 1020: 1/2" ESP.
2	MANCAL TRASEIRO	PN-003	4	CHAPA DE AÇO 1020: 1/2" ESP.
1	ESTRIBO MTG	MT-003	1	VER DESENHO:

APÊNDICE E- Imagem do Trilho:



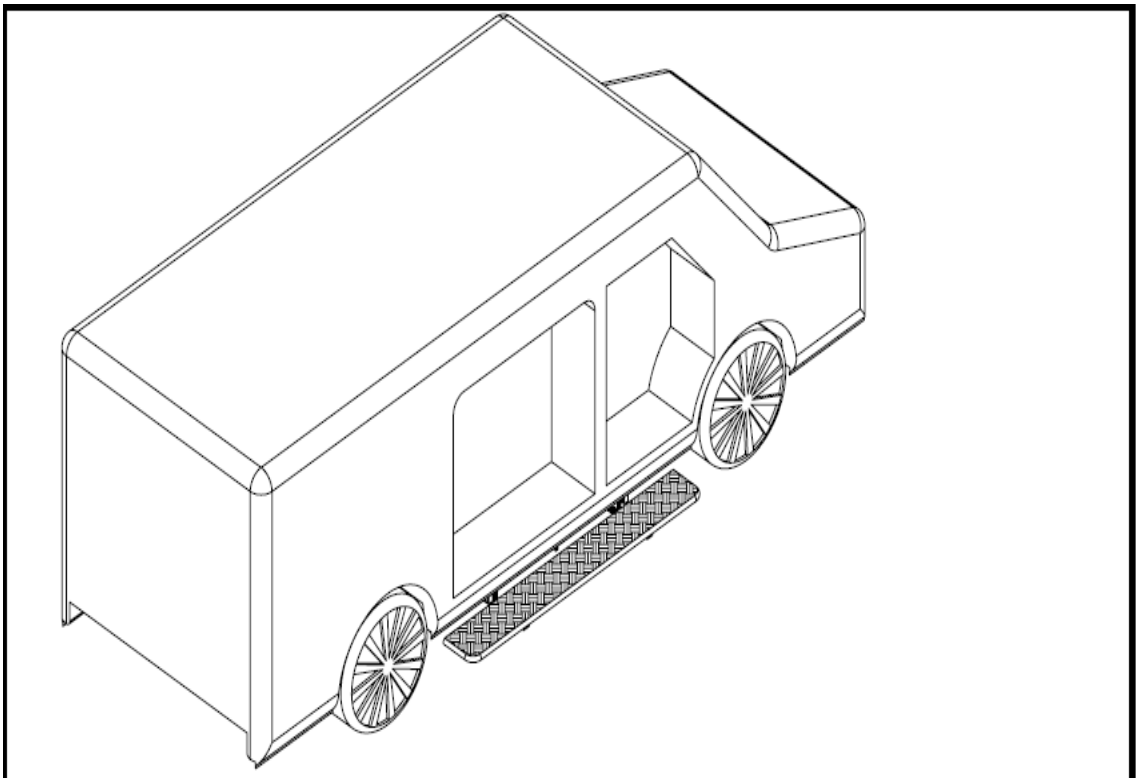
14	PORCA	PN--056	2	PORCA SEXT. DE AÇO 1020: 1/4" UNC – ZB
13	ARRUELA	PN--013	3	ARRUELA LISA DE AÇO 1020: 3/8"
12	CERDAS DE PROTEÇÃO	PN--048	1	VER DESENHO:
11	TAMPÃO	PN--045	2	INJETADO PLÁSTICO: –
10	PORCA	PN--040	2	PORCA SEXT. AÇO 1020: M3
9	PARAFUSO	PN--039	4	PARAF. ALLEN C/C ABAULADA: M3x 20mm
8	CHAVE FIM DE CURSO	PN--023	2	CHAVE (REF.):
7	PARAFUSO	PN--038	4	PARAF. ALLEN C/C ABAULADA: M6x15mm
6	PARAFUSO	PN--037	3	PARAF. ALLEN C/C CILINDRICA: M10x 25mm
5	PARAFUSO	PN--036	3	PARAF. ALLEN C/C CILINDRICA: M10x 40mm
4	CHAPA DE REF. DIREITA	PN--021	1	CHAPA DE AÇO 1020: 1/4" ESP.
3	CALÇO SUPERIOR	PN--007	1	BARRA QUADR. DE AÇO 1020: 1"x 204mm
2	TRILHO DIREITO	PN--002	1	CHAPA DE AÇO 1020: 3/16" ESP.
1	CANTONEIRA DE FIXAÇÃO	PN--001	2	CANTONEIRA DE AÇO 1020: 6"x 3/4"x 60mm

APÊNDICE F- Imagem suporte do motor:



8	PORCA	PN--043	1	PORCA SEXT. DE AÇO 1020: M8
7	BUCHA DE ADAPTAÇÃO	PN--042	1	BARRA RED. AÇO 1020: 7/8"x 22mm
6	ENGRENAGEM	PN--020	1	NYLON REF. M4 Z12: --
5	MOTOR	PN--025	1	MOTOR ELETRICO: (REF.)
4	PORCA	PN--016	4	PORCA SEXT. DE AÇO 1020: 5/8"UNC -- ZB
3	PARAFUSO	PN--041	1	PARAF. ALLEN C/C CHATA: M3x 10mm
2	CALÇO DE CONTATO	PN--015	1	CHAPA DE NYLON: 3,0mm ESP.
1	PLACA FIXAÇÃO DO MOTOR	PN--014	1	CHAPA DE AÇO 1020: 1/4" ESP.

APÊNDICE G- Imagem degrau ilustrado:



PARA TOLERÂNCIAS NÃO INDICADAS -- ABNT NBR 6371

PARA DIMENSÕES INFERIORES A 0,5mm, INDICAR DIRETAMENTE NAS COTAS

DIMENSÕES LINEARES EXCETO RAIOS E CHANFROS

QUAL.	DE 0,5 ATÉ 3	ATÉ 6	ATÉ 30	ATÉ 120	ATÉ 400	ATÉ 1000	ATÉ 2000
MÉDIA	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

DIM. ANGULARES (GRAUS e MINUTOS)

QUAL.	COMPRIMENTO DO LADO MENOR DO ANGULO EM REFERÊNCIA (mm)				
	ATÉ 10	ATÉ 50	ATÉ 120	ATÉ 400	ACIMA 400
MÉDIA	±1'	±30'	±20'	±10'	±5'

RAIOS DE CONCORDÂNCIA E CHANFROS

ATÉ 3	ATÉ 6	ATÉ 30	ATÉ 120
±0,2	±0,5	±1,0	±2,0