



ESTUDO DE PLATAFORMA ELEVATÓRIA VEICULAR PARA DEFICIENTES FÍSICOS

Pedro Mobilio de Lima

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador:

Prof. Armando Carlos de Pina Filho, D. Sc.

Rio de Janeiro
Agosto de 2015

ESTUDO DE PLATAFORMA ELEVATÓRIA VEICULAR PARA
DEFICIENTES FÍSICOS

Pedro Mobilio de Lima

PROJETO FINAL SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO MECÂNICO.

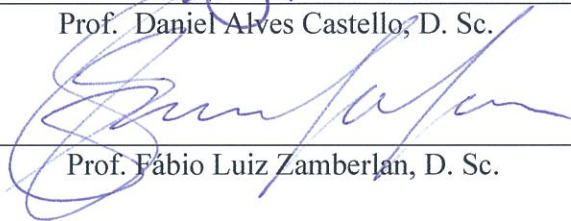
Aprovado por:



Prof. Armando Carlos de Pina Filho, D. Sc. (Orientador)



Prof. Daniel Alves Castello, D. Sc.



Prof. Fábio Luiz Zamberlan, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2015

Lima, Pedro Mobilio de

Estudo de Plataforma Elevatória Veicular para Deficientes Físicos/ Pedro Mobilio de Lima - Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2015.

X, 74, p.: il.; 29,7 cm

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho

Projeto de Graduação - UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Mecânica, 2015.

Referências Bibliográficas: p.68-70.

1. Plataforma Elevatória. 2. Acessibilidade. 3. Projeto Estrutural. I. Pina Filho, Armando Carlos de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Engenharia Mecânica. III. Estudo de Plataforma Elevatória Veicular para Deficientes Físicos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo suporte constante e pelos conselhos que sempre me guiaram em busca de um mundo melhor e mais justo.

Agradeço aos meus pais Silvio e Simone e avós Wilson, Regina e Zilma, pois sempre estiveram ao meu lado e nunca desistiram de mim mesmo com as dificuldades e problemas enfrentados nessa trajetória. Aos meus familiares ‘emprestados’, fica aqui também o meu agradecimento pelos sorrisos e conselhos.

Aos meus irmãos de intercâmbio, Vicente e Wagner, obrigado pela vida compartilhada e pela amizade durante todo esse período.

Devo agradecer também a minha namorada Carolina pelo suporte constante e por sempre buscar um sorriso em mim, independente do que aconteça.

Ao meu grande amigo da UFRJ, Matheus Vital, por estar ao meu lado desde o primeiro dia de aula e ser um grande companheiro de jornadas, obrigado.

Aos meus amigos de faculdade, Fred, Cascon, Gel, Luna, Dodô, Klaus, Nathália, Natalia, Thomas, Noelle e tantos outros, muito obrigado pelo apoio de sempre. Vocês são muito importantes para mim.

Agradeço aos meus grandes amigos de sempre, Pedro Henrique e Michelle, pelo companheirismo inegável.

Agradeço aos professores da UFRJ e da Polytech Marseille pelo ensino e dedicação durante esse período importantíssimo de minha formação.

Esse trabalho é dedicado a minha irmã, Mariana. Sem poder falar, ela me ensina a ser sempre uma pessoa batalhadora e me ensina a nunca desistir dos objetivos. Maroca, esse trabalho é para você.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

ESTUDO DE PLATAFORMA ELEVATÓRIA VEICULAR PARA DEFICIENTES FÍSICOS

Pedro Mobilio de Lima

Agosto/2015

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho

Curso: Engenharia Mecânica

A acessibilidade tornou-se bastante presente nos últimos anos, devido a políticas públicas e planos diretores que vêm sendo desenvolvidos em diversas cidades. Pode-se encontrar em edifícios e parques, dentre outros estabelecimentos públicos e privados. A importância dada à acessibilidade hoje em dia e à sua capacidade de garantir uma excelente qualidade de vida aos deficientes que necessitam de suporte são pontos fundamentais considerados nesse projeto. Esse trabalho apresenta-se como um estudo para a fabricação e montagem de uma plataforma elevatória que promova aos deficientes físicos maior autonomia em relação ao uso de veículos. Nesse estudo serão projetados os elementos estruturais (vigas e suportes) da plataforma, bem como serão selecionados os materiais e equipamentos para o funcionamento da mesma. Além disso, o sistema lógico de controle será desenvolvido, garantindo a segurança do usuário do projeto. Nas linhas finais do estudo serão feitas análises computacionais do conjunto e uma simulação de montagem do mesmo, visando uma maior abrangência desse tema no futuro e uma maior inclusão social e autonomia dos deficientes físicos. Todas as avaliações e cálculos realizados deram embasamento aos desenhos de fabricação das vigas estruturais, juntamente com os desenhos de conjunto do equipamento, adaptados a um modelo de carroceria específico do veículo escolhido. Os modelos de carroceria existentes também foram abordados durante esse estudo.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Mechanical Engineer.

STUDY FOR A LIFTING PLATFORM IN VEHICLES FOR DISABLED PEOPLE

Pedro Mobilio de Lima

August/2015

Advisor: Armando Carlos de Pina Filho

Course: Mechanical Engineering

Accessibility has become very present in recent years, due to public policies that have been developed and implemented in several cities. It can be found in buildings and parks, among other public and private establishments. The focus on accessibility today and its ability to ensure an excellent quality of life for disabled people who need support are key points considered in this project. This work presents itself as a study for the manufacture and assembly of a platform lift that promotes to the most disabled the use of vehicles without any support or care. In this study the structural elements will be designed (beams) for the platform, so as the materials and equipment for the operation. In addition, the logical control system will be developed ensuring the project's user security. In the final lines the whole computational analysis and simulation of assembly will be presented, aiming a spread of this issue in the future and greater social inclusion and empowerment of disabled people. All assessments and calculations made given the basis of the manufacturing drawings, together with the equipment set to be adapted to a specific body model chosen vehicle. The body model structures were also evaluated.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivo e Metodologia	1
1.3	Escopo do Projeto	2
1.4	Organização do Projeto.....	3
2	ACESSIBILIDADE.....	4
2.1	Histórico.....	4
2.2	Legislação	7
2.3	Descrição de Adaptações Variadas de Veículos no mercado.	11
3	PROJETO	14
3.1	Requisitos.....	14
3.2	Escolha dos Atuadores Lineares	19
3.2.1	Atuadores Lineares Elétricos.....	19
3.2.2	Atuadores Hidráulicos	20
3.2.3	Atuadores Pneumáticos:	21
3.2.4	Escolha do Atuador	21
3.2.5	Geração de Energia.....	23
3.3	Carroceria.....	24
3.4	Cálculos do Projeto.....	27
3.4.1	Bloco I	30
3.4.2	Bloco II.....	37
3.4.3	Bloco III.....	41
3.5	Adaptação da Plataforma ao Chassi.....	42
4	MODELAGEM COMPUTACIONAL.....	47
4.1	Plataforma Aberta	52
4.1.1	Bonded.....	52
4.1.2	Frictionless.	53
4.2	Plataforma Fechada.....	54
4.2.1	Bonded.....	54
4.2.2	Frictionless	55
4.3	Modelagem da Carroceria do Veículo	55
4.4	Conclusão das Análises Computacionais	60
5	CONTROLE DO EQUIPAMENTO	61

6	CONCLUSÕES	66
6.1	Conclusões Gerais.....	66
6.2	Sugestões	67
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
	APÊNDICE A.....	71
	APÊNDICE B.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Percentual de Deficientes no Brasil (CENSO, 2010).....	1
Figura 2 – Hefesto em sua cadeira de rodas (www.deficienteciente.com.br, 2015)	4
Figura 3 – Exemplo de Inclusão Social entre os deuses (www.deficienteciente.com.br, 2015).....	4
Figura 4 – Membro da família Real utilizando cadeira de rodas (deficienteciente.com.br, 2015).....	5
Figura 5 – Cadeira de Rodas de Palha (www.deficienteciente.com.br, 2015)	5
Figura 6 – Basquete nas Paraolimpíadas (www.cvi-rio.org.br, 2010)	6
Figura 7 – Símbolo do Ano Internacional da Pessoa com Deficiência (ONU, 1981).....	7
Figura 8 – Projetos de Acessibilidade (acessibilidadenapratica.com, 2015).....	10
Figura 9 – Acessibilidade em Estádios (www.amon.com.br, 2015)	10
Figura 10 – Exemplo de Acessibilidade em Veículos Urbanos, (turismoadaptado.wordpress, 2013)	10
Figura 11 – Exemplos de Adaptações em Veículos (Reatech, 2015).....	11
Figura 12 – Minivan Adaptada (Reatech, 2015)	12
Figura 13 – Transporte público com adaptação a Deficientes (Reatech, 2015).....	12
Figura 14 – Plataforma Veicular para Deficientes Físicos (Reatech, 2015)	12
Figura 15 – Exemplo de adaptações em Veículos Brasileiros (Reatech, 2015).....	13
Figura 16 – Dimensões do Módulo de Referência (ABNT 9050, 2004).....	14
Figura 17 – Dimensões para Cadeira de Rodas (ABNT 9050, 2004)	15
Figura 18 – Encosto para transporte de cadeira de rodas (Reatech, 2015).....	15
Figura 19 – Cadeira de Rodas Escolhida (www.rodaviva.com.br, 2015)	16
Figura 20 – Sinalização de Vagas para Deficientes (ABNT 9050, 2004).....	16
Figura 21 – Sinalização Vertical de Vagas para Deficientes (ABNT 9050, 2004).....	17
Figura 22 – Vagas para estacionamento em baias avançadas no passeio (ABNT 9050, 2004).....	17
Figura 23 – Adaptação Escolhida (kivi-mobilityfreedom.com, 2015).....	18
Figura 24 – Travamento de Cadeira à Plataforma (www.qstraint.com, 2014).....	18
Figura 25 – Dispositivos de Fixação da Cadeira (www.qstraint.com, 2014).....	19
Figura 26 – de Atuador Linear (www.linak.com.br, 2015).....	20
Figura 27 – Cilindros Hidráulicos (www.boschrexroth.com, 2015).....	20
Figura 28 – Atuador Pneumático (www.alfamatec.com.br, 2015).....	21
Figura 29 – Site LINAK (www.linak.com, 2015).....	22
Figura 30 – Veículo Esperado para o Projeto (Chevrolet, 2015)	24
Figura 31 – Exemplo de Teste de Impacto em Carrocerias (www.latinncap.com, 2015)	25
Figura 32 – Exemplo de Chapas em estrutura monobloco (Site Volvo, 2014).....	25
Figura 33 – Representação do Chassi Escada com a Carroceria (Family Car, 2015)....	26
Figura 34 – Chassi Escada em Construção de Caminhão (Volvo, 2013).....	27
Figura 35 – Configuração Aberta da Plataforma (Patente US 8,998,558 B2, 2010).....	27
Figura 36 – Configuração Fechada da Plataforma (Patente US 8,998,558 B2, 2010) ...	28

Figura 37 – Silverado Adaptada (Mobility SVM, 2014).....	28
Figura 38 – Representação da Viga ‘U’ (Section).....	30
Figura 39 – Esboço da Plataforma.....	30
Figura 40 – Propriedades da Seção de Solda (BUDYNAS, 2011).....	32
Figura 41 – Aplicação de Cargas na Viga 'U'.....	32
Figura 42 – Esboço da Base da Plataforma	35
Figura 43 – Propriedades do Cordão de Solda (BUDYNAS, 2011)	35
Figura 44 – Altura do Veículo.....	36
Figura 45 – Equipamentos fornecidos pela Igus (website Igus, 2015).....	36
Figura 46 – Características da Guia Escolhida (Igus, 2015)	37
Figura 47 – Exemplo de Flange Aparafusado (www.teadit.com,2015)	37
Figura 48 – Propriedades do Cordão de Solda (BUDYNAS,2011)	38
Figura 49 – Propriedades de Parafusos.....	40
Figura 50 – Resultados de Cargas no Parafuso	40
Figura 51 – Calhas porta-cabos (Igus, 2015).....	41
Figura 52 – Chassi Escada em Veículos (special-reports.pickuptrucks.com, 2015).....	42
Figura 53 – Dimensões do Veículo (quatorrodas.com.br, 2014).....	43
Figura 54 – Descrição do Perfil Empregado (FURTADO, 2013).....	43
Figura 55 – Vedação em Contatos (Mercedes Benz, 2015)	44
Figura 56 – Adição de Travessas ao chassi (Mercedes Benz, 2015).....	45
Figura 57 – Chassi escada Pick Up (www.khulsey.com, 2015).....	45
Figura 58 – Modelos Computacionais - Aberto e Fechado	47
Figura 59 – Detalhe do Modelo do Bloco 1 e Representação das Guias.....	47
Figura 60 – Detalhe da Fixação entre Viga de Elevação e Translação	48
Figura 61 – Condições do Modelo - Viga de Elevação Aberta e Fechada.....	48
Figura 62 – Aplicação de Cargas na Estrutura	49
Figura 63 – Resultados da Carga na Viga de Elevação	49
Figura 64 – Malha do Conjunto.....	50
Figura 65 – Aplicação de Cargas na Análise Estrutural – Plataforma Aberta	50
Figura 66 – Aplicação de Cargas na Análise Estrutural - Plataforma Fechada.....	51
Figura 67 – Resultados Análise Bonded - Plataforma Aberta.....	52
Figura 68 – Deslocamento da Estrutura - Bonded - Plataforma Aberta.....	52
Figura 69 – Resultados Plataforma Aberta – Frictionless	53
Figura 70 – Malha em Detalhe	53
Figura 71 – Resultados Análise Plataforma Fechada – Bonded.....	54
Figura 72 – Deslocamento da Plataforma Fechada – Bonded.....	54
Figura 73 – Resultado da Análise Plataforma Fechada – Frictionless	55
Figura 74 – Modelo de Carroceria.....	55
Figura 75 – Instalação do Suporte no Modelo de Carroceria	56
Figura 76 – Adaptação do Bloco ao Modelo	56
Figura 77 – Aplicação das Cargas ao Modelo	57
Figura 78 – Estrutura com o Suporte.....	57
Figura 79 – Estrutura sem o Suporte	58
Figura 80 – Reforços em Vigas (Mercedes Benz, 2015).....	58

Figura 81 – Propriedades dos Parafusos.....	59
Figura 82 – Cargas Aplicadas.....	59
Figura 83 – Esboço Chassi e Plataforma.....	60
Figura 84 – Tabela de Carga contra Amperagem (LINAK, 2015).....	62
Figura 85 – Gráfico Carga x Velocidade (LINAK, 2015).....	62
Figura 86 – Sequencia Lógica de Controle	63
Figura 87 – Descrição da Sequência Lógica do Controle	63
Figura 88 – Sensores de Proximidade (www.salfatis.com.br, 2015)	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensões do tipo de plataforma (ABNT NBR ISO 9366-01, 2009).....	14
Tabela 2 – Dimensões da Cadeira de Rodas (www.rodaviva.com.br, 2015).....	16
Tabela 3 – Características dos Atuadores LINAK (Catálogo LINAK, 2015).....	22
Tabela 4 – Especificação Técnica de Atuadores Linak (LINAK, 2015).....	23
Tabela 5 – Tabela de Propriedades do Aço A-36 (Gerdau, 2015).	29
Tabela 6 – Catálogo de Viga "U" (www.comercialgerdau.com.br, 2015).....	29
Tabela 7 – Dimensões do Perfil Utilizado.....	43
Tabela 8 – Resposta dos Sensores de Posição.....	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

No cenário global moderno, as entidades públicas e privadas vêm se esforçando cada vez mais na conscientização do apoio aos deficientes. A maior importância refere-se à necessidade de o deficiente ter autonomia completa em suas funções do dia-a-dia. O termo acessibilidade vem ganhando destaque e os projetos de lei implementam esse conceito na realidade da população. A cidade de Porto Alegre foi a primeira no país a aplicar um Plano de Acessibilidade, em 2011. Da mesma forma, a cidade de São Paulo pretende aprovar, ainda em 2015, um Plano Diretor que promova a acessibilidade universal em seus estabelecimentos e transportes. Através dessas políticas públicas e privadas os deficientes vêm conquistando mais espaço na sociedade em busca de um bem maior, a sua autonomia. A motivação para o presente projeto é promover maior inclusão aos deficientes, que tanto necessitam de melhor estrutura nas cidades do Brasil e mundo afora. Somente no Brasil, de acordo com o censo realizado em 2010, 23,9% da população tem algum tipo de deficiência (Figura 1).



Figura 1 – Percentual de Deficientes no Brasil (CENSO, 2010)

1.2 Objetivo e Metodologia

Do ponto de vista geral, o objetivo desse projeto é o dimensionamento de uma plataforma elevatória que permita o acesso do deficiente físico usuário de cadeira de

rodas ao veículo. Pretende-se projetar a estrutura da plataforma elevatória e sua sustentação, o mecanismo de abertura de porta e todos os dispositivos de segurança necessários para que o conforto e praticidade do usuário sejam garantidos. O mecanismo se resume à translação e descida de uma plataforma para cadeira de rodas. Todas as premissas e os dispositivos foram avaliados de acordo com as normas brasileiras vigentes e com os órgãos responsáveis por adaptações em veículos de passeio, de forma que o deficiente físico tenha total autonomia para sua entrada e saída do mesmo. Para o projeto analítico da plataforma, estrutura e seus componentes foram utilizados os critérios de normas nacionais e, para análises, foram utilizados o programa ANSYS (Análise em Elementos Finitos); o *SolidWorks* (Documentação Gráfica do Projeto); os programas *Section* e *Mathcad*. Na seção de controle de equipamento, o software utilizado foi o *ZelioSoft*.

1.3 Escopo do Projeto

O escopo do projeto consiste nas seguintes etapas:

Avaliação das normas: Existem inúmeras normas relacionadas ao tema desse projeto final que serão citadas no decorrer do projeto. O trabalho visa atender às normas nacionais.

Pesquisa de produtos: As plataformas elevatórias no mercado serão avaliadas de maneira descritiva e informativa.

Requisitos do projeto: Após avaliação das normas, os limitantes do projeto serão citados e servirão de referência para os cálculos.

Escolha dos Materiais: Serão definidos os equipamentos que serão comprados e os que serão projetados.

Análises matemáticas e computacionais: A memória de cálculo envolvida na plataforma será avaliada e validada.

Aplicações: Nesta etapa será indicado o tipo de carroceria adequada para este projeto e o conceito de sua instalação.

Sistema de Controle: Nesta etapa será projetada a sequência lógica de funcionamento da plataforma.

Desenhos técnicos e guia de montagem: Os desenhos relacionados às peças utilizadas serão compostos ao projeto, assim como a descrição de sua montagem.

1.4 Organização do Projeto

Para esse projeto algumas etapas foram seguidas: Primeiramente, o histórico da acessibilidade e inclusão social foi mencionado. Em seguida, as leis vigentes sobre acessibilidade e modificação em veículos passaram por análise e avaliação. Durante esse projeto ocorreu em São Paulo uma feira sobre acessibilidade, que permitiu o conhecimento de várias inovações e modelos de adaptações de veículos. Após avaliação do mercado, foram escolhidos os materiais utilizados e a carroceria necessária para aporte do modelo. Em seguida, os cálculos de estrutura do modelo foram realizados, sendo validados com simulação computacional de um modelo semelhante. Além disso, foi realizada uma avaliação da montagem da plataforma em uma carroceria modelada. Por fim, a avaliação do controle da estrutura foi idealizada e uma sequência de montagem foi elaborada.

Logo, o projeto foi organizado da seguinte forma: na seção 1, aborda-se o conceito do projeto e suas etapas. Na seção 2, enfatiza-se a acessibilidade e descrevem-se os equipamentos semelhantes no mercado. A seção 3 trata do projeto do equipamento, e a seção 4 aborda a modelagem computacional da estrutura. Na seção 5 avalia-se o controle do equipamento. Por fim, na seção 6, apresentam-se a conclusão e os projetos futuros.

2 ACESSIBILIDADE

2.1 Histórico

Desde seus primeiros dias na terra, o homem teve necessidade de movimentar doentes ou necessitados. Nos primórdios, esse apoio era dado pelos homens mais fortes, e a acessibilidade se baseava em galhos de árvore arrastados pelo chão. Segundo SASSAKI (2002), a primeira ilustração conhecida de cadeira de rodas está presente em um vaso grego do século IV A.C.. Nele, Hefesto (Deus da Metalurgia) estava sentado em uma cadeira de rodas propulsionada por cisnes (Figura 2).



Figura 2 – Hefesto em sua cadeira de rodas (www.deficienteciente.com.br, 2015)

Curiosamente, existe outra ilustração em um bocal de um vaso grego que exprime o conceito de inclusão social entre Hefesto e os demais deuses, muitos séculos antes de Cristo (Figura 3).



Figura 3 – Exemplo de Inclusão Social entre os deuses (www.deficienteciente.com.br, 2015)

Muitos anos mais tarde, em 1595, o rei Felipe II da Espanha fora representado em sua cadeira de rodas, que já contava com mecanismos de inclinação e repouso dos pés (Figura 4).



Figura 4 – Membro da família Real utilizando cadeira de rodas (deficienteciente.com.br, 2015)

Com o passar dos anos, as famílias reais encomendavam cadeiras para seus familiares com necessidades especiais, pois a produção em série não era eficiente. Entre os séculos XIX e XX, as cadeiras passaram a ser construídas com madeira, com assentos de palha e apoios ajustáveis para braços e pés (Figura 5).



Figura 5 – Cadeira de Rodas de Palha (www.deficienteciente.com.br, 2015)

Um grande passo para o desenvolvimento moderno de cadeira de rodas foi o início das competições entre cadeirantes, em 1952. Quatorze anos depois, em Tóquio, eram realizados os primeiros Jogos Paraolímpicos. Um dos principais esportes das paraolimpíadas é o basquete (Figura 6).



Figura 6 – Basquete nas Paraolimpíadas (www.cvi-rio.org.br, 2010)

Com o avanço industrial e o surgimento de matérias primas moldáveis, as cadeiras de rodas evoluíram de forma significativa, e hoje em dia existem diversos modelos de acordo com a necessidade do usuário.

Mesmo com os avanços no desenvolvimento das cadeiras de rodas, a acessibilidade é um conceito bastante recente, amplo e complexo. As primeiras discussões sobre isso no planeta se deram em 1973, quando os Estados Unidos criaram a Lei de Reabilitação, que deu início às adaptações em escolas e locais de trabalho. A motivação para a criação dessa lei deu-se pelos soldados que retornaram da Guerra do Vietnã com sequelas físicas e necessitavam de uma reinclusão social. Já na década de 80, foi criada mais uma lei civil (ADA – *Americans with Disabilities Act*), que promovia a acessibilidade no trabalho, edifícios e transportes públicos.

A Organização das Nações Unidas (ONU) estipulou que 1981 seria o Ano Internacional da Pessoa com Deficiência (Figura 7) e, em 1993, publicou as normas sobre a igualdade de oportunidades para as pessoas com deficiência, reafirmando o conceito de Acessibilidade.



Figura 7 – Símbolo do Ano Internacional da Pessoa com Deficiência (ONU, 1981)

No Brasil, a primeira norma técnica sobre acessibilidade surgiu em 1994 e foi revisada em 2004, com o título de acessibilidade em edificações e equipamentos urbanos. A norma ABNT 9050/2004 é atualmente a norma mais completa referente aos critérios de construções e adequações dos projetos já existentes. Sem a motivação dos veteranos de guerra, o país e os arquitetos pouco se preocuparam com relação aos deficientes. Desde 2010, os projetos vêm sendo elaborados com base na norma de acessibilidade e os antigos devem ser adaptados.

2.2 Legislação

Essas são as normas vigentes e que foram utilizadas nesse projeto:

- **ABNT NBR 9050** - Acessibilidade a Edificações: Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos;
- **ABNT NBR 14970-1** - Acessibilidade em Veículos Automotores- Requisitos de Dirigibilidade;
- **ABNT NBR 14970-2** - Acessibilidade em Veículos Automotores- Diretrizes para avaliação clínica de condutor;
- **ABNT NBR 14970-3** - Acessibilidade em Veículos Automotores- Diretrizes para avaliação da dirigibilidade do condutor com mobilidade reduzida em veículo automotor apropriado;
- **ABNT NBR 15320** - Acessibilidade à pessoa com deficiência no transporte rodoviário;

- **ABNT NBR ISO 9386-1-1** - Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida – Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional;
- **ABNT NBR 14022** - Acessibilidade em veículos de características urbanas para o transporte coletivo de passageiro;
- **ABNT NBR 15646** - Acessibilidade – Plataforma elevatória veicular e rampa de acesso veicular para acessibilidade em veículos com características urbanas para o transporte coletivo de passageiros – Requisitos de desempenho, projeto, instalação e manutenção;
- **ABNT NBR ISSO 9386-1** - Plataformas de Elevação Motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida- Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional.

Além dessas normas brasileiras da ABNT, ainda deve-se considerar a Lei nacional de acessibilidade e as portarias dos reguladores dos veículos em circulação no âmbito nacional. O texto a seguir descreve uma avaliação das portarias do CONTRAN – Denatran (Departamento Nacional de Trânsito), o Certificado de Segurança Veicular e algumas normas do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

A acessibilidade se tornou um tema bastante abordado nas últimas décadas. Pode-se facilmente reparar que diversos estabelecimentos têm realizado modificações para que o acesso a deficientes seja facilitado. O Brasil regularizou a lei de acessibilidade em 2004, no Decreto-lei 5296 de 2 de dezembro de 2004, que abrange as leis **10.048** e **10.098**, estabelecidas no ano 2000.

Com esse decreto lei, todas as obras ou projetos arquitetônicos e urbanísticos somente seriam aprovados se seguissem as determinações desse decreto, o qual também faz referência a Norma Técnica ABNT 9050 (Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, espaços e Equipamentos Urbanos), que também foi avaliada nesse projeto, junto com outras normas mostradas acima vinculadas ao CONTRAN e INMETRO.

Da mesma forma, esse decreto-lei regulamenta o atendimento prioritário aos deficientes em qualquer estabelecimento no país e, a partir de sua promulgação, os estados e municípios deveriam criar instrumentos para que as regras desse Decreto–Lei fossem implantadas. O próprio decreto em suas linhas gerais define acessibilidade da

seguinte forma no artigo 8º: *“I - Acessibilidade: condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, sistemas e meios de comunicação e informação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida”*. Em resumo, esse decreto-lei garante que, a partir da sua implementação, o deficiente possa gozar de um ambiente público ou qualquer que seja com devida autonomia e livres direitos legais.

No capítulo V desse mesmo decreto, são explicitadas as regras de acessibilidade em transportes públicos de qualquer tipo e cabe à instância pública responsável pelo transporte a obrigação de alteração do mesmo, garantindo a acessibilidade necessária. Consta nesse capítulo também o Art. 34, que regulamenta: *“Os sistemas de transporte são considerados acessíveis quando todos os seus elementos são concebidos, implantados e adaptados segundo o conceito de desenho universal, garantindo o uso pleno com segurança por todas as pessoas”*.

Nos primeiros parágrafos do artigo 38, da seção II, tem-se:

“§ 1o As normas técnicas para fabricação dos veículos e dos equipamentos de transporte coletivo rodoviário, de forma a torná-los acessíveis, serão elaboradas pelas instituições e entidades que compõem o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, e estarão disponíveis no prazo de até doze meses a contar da data da publicação deste Decreto. As alterações deverão ser feitas pelas empresas concessionárias e permissionárias de transporte coletivo rodoviário de forma gradativa, conforme o prazo previsto nos contratos de concessão e permissão deste serviço”.

“§ 2o Caberá ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, quando da elaboração das normas técnicas para a adaptação dos veículos, especificar dentre esses veículos que estão em operação quais serão adaptados, em função das restrições previstas no art. 98 da Lei no 9.503, de 1997”.

Da mesma forma, existe um trecho do Código de Trânsito Brasileiro (Lei 9503/97) que regulamenta :

“Art. 98. *Nenhum proprietário ou responsável poderá, sem prévia autorização da autoridade competente, fazer ou ordenar que sejam feitas no veículo modificações de suas características de fábrica”*.

“Parágrafo único. Os veículos e motores novos ou usados que sofrerem alterações ou conversões são obrigados a atender aos mesmos limites e exigências de emissão de poluentes e ruído previstos pelos órgãos ambientais competentes e pelo CONTRAN, cabendo à entidade executora das modificações e ao proprietário do veículo a responsabilidade pelo cumprimento das exigências”.

Após a promulgação desse decreto-lei, pode-se observar em diversos estabelecimentos alterações voltadas para o acesso aos deficientes (Figuras 8 a 10). Pode-se concluir que a legislação brasileira regulamenta de maneira adequada e ampla o direito aos deficientes.



Figura 8 – Projetos de Acessibilidade (acessibilidadenapratica.com, 2015)

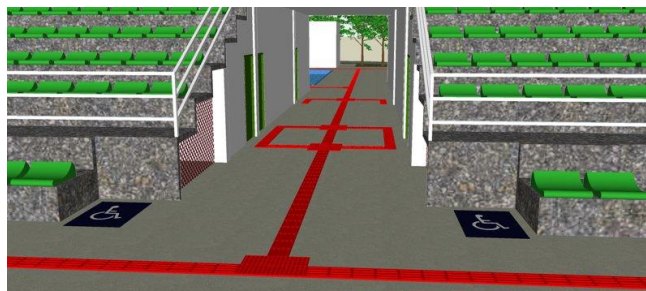


Figura 9 – Acessibilidade em Estádios (www.amon.com.br, 2015)



Figura 10 – Exemplo de Acessibilidade em Veículos Urbanos, (turismoadaptado.wordpress, 2013)

2.3 Descrição de Adaptações Variadas de Veículos no mercado.

Existem no mercado diversos tipos de adaptação para veículos, de acordo com a deficiência do condutor. O DETRAN-RJ promove aulas de direção gratuitas para os deficientes com automóveis previamente adaptados.

Entre os dias 9 e 12 de abril de 2015, a décima quarta edição da feira *Reatech* aconteceu na cidade de São Paulo. Esta feira discute o presente e o futuro da acessibilidade e apresenta as tecnologias atuais voltadas para esse público. Além disso, divulga, por meio de palestras, programas de inclusão social e suporte aos deficientes. A feira conta com a presença de diversas montadoras de automóveis e empresas que promovem adaptações de veículos e que serão descritas nas próximas linhas. A maior parte das adaptações observadas na feira destina-se aos deficientes que necessitam de assistência para locomoção. Em contrapartida, esse projeto de graduação destina-se aos deficientes que podem se locomover sem assistência e que estão aptos a dirigir de acordo com as leis nacionais vigentes. As adaptações nas Figuras 11 a 15 mostram diferentes projetos de rampas adaptáveis para acesso dos deficientes a veículos de transporte. A Figura 11 trata de uma van utilizada pela prefeitura de Taubaté - SP para promover a locomoção dos deficientes. O serviço é gratuito para os deficientes que residem na cidade.



Figura 11 – Exemplos de Adaptações em Veículos (Reatech, 2015)

A Figura 12 mostra um veículo fabricado pela montadora FIAT específico para o transporte de deficientes. É interessante notar que esse projeto sai da linha de montagem da própria montadora, e não precisa passar por uma empresa de adaptação de veículos antes de ser entregue ao usuário. Já a Figura 13 representa o uso das adaptações em transporte públicos da prefeitura de São Paulo.



Figura 12 – Minivan Adaptada (Reatech, 2015)



Figura 13 – Transporte público com adaptação a Deficientes (Reatech, 2015)

A Figura 14 mostra uma plataforma compacta de acesso a veículos. Essa é a plataforma que mais se assemelha aos conceitos desse projeto, pois foi estruturada em monocoluna e sustenta o peso total da estrutura e usuário.

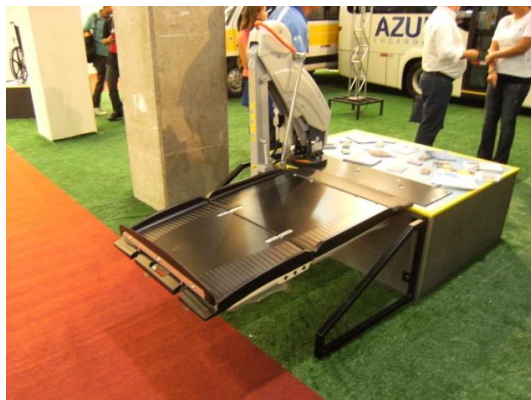


Figura 14 – Plataforma Veicular para Deficientes Físicos (Reatech, 2015)

Existem também empresas especializadas na adaptação de veículos, como a CAVENAGHI. Essa empresa recebe a demanda do cliente, estuda a estrutura do veículo e adapta o veículo sob medida a seus clientes (Figura 15).



Figura 15 – Exemplo de adaptações em Veículos Brasileiros (Reatech, 2015)

3 PROJETO

3.1 Requisitos

Nessa seção serão listados os requisitos necessários para o projeto e seu dimensionamento adequado.

Plataforma de acesso: De acordo com a norma 9050 da ABNT, em sua seção 4.2.2, define-se o Módulo de Referência (MR) como sendo o espaço ocupado por uma pessoa utilizando cadeira de rodas. A projeção do MR é considerada 800 mm por 1200 mm, de acordo com a Figura 16.

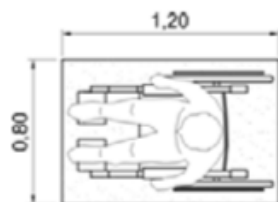


Figura 16 – Dimensões do Módulo de Referência (ABNT 9050, 2004)

Entretanto, na norma ABNT NBR ISO 9366-01, na tabela 1 está normalizada a dimensão da plataforma, bastante semelhante ao módulo de referência. Esse projeto se refere a somente um usuário, preferencialmente sentado. Sendo assim, nossa plataforma terá 800 mm de largura e 1200 mm de comprimento, de acordo com o módulo de referência (MR).

Tabela 1 – Dimensões do tipo de plataforma (ABNT NBR ISO 9366-01, 2009)

Dimensões em milímetros	
Uso principal	Dimensões planas mínimas (largura x comprimento)
Quando as portas estão localizadas a 90° entre si (acompanhante ao lado da cadeira de rodas)	1 100 x 1 400
Acompanhante em pé atrás do usuário em cadeira de rodas	800 x 1 600
Usuário só, tanto em pé como em cadeira de rodas	800 x 1 250
Usuário só e em pé (não adequado para uso com cadeira de rodas)	650 x 650
Usuário só e em pé (com percurso de até 500 mm)	325 x 350

A norma também regulamenta que, na lateral da plataforma, deve-se ter: Dispositivos de Operação; Dispositivo de Parada de emergência; Operação de Alarme de emergência.

Além disso, em uma de suas seções, a norma recomenda um guarda-pé em toda a largura de entrada do pavimento, também garantindo a segurança do usuário.

Tamanho da cadeira de rodas (Verificação da Ergonomia): A ABNT NBR 9050 também define um tamanho padrão para cadeiras de rodas dobráveis, representado na Figura 17.

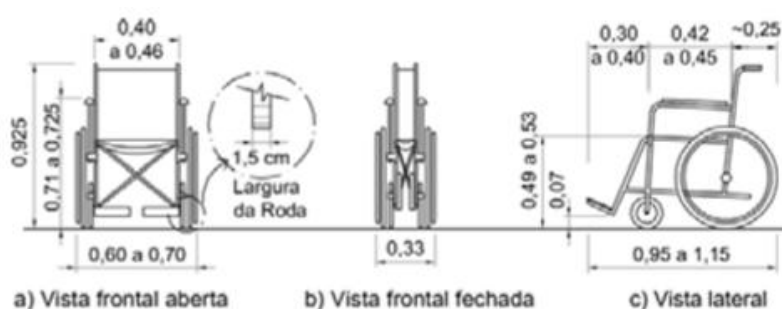


Figura 17 – Dimensões para Cadeira de Rodas (ABNT 9050, 2004)

Entretanto, para transporte em veículos, a cadeira deve contar com encosto de cabeça para garantir a segurança do usuário durante o transporte (Figura 18).



Figura 18 – Encosto para transporte de cadeira de rodas (Reatech, 2015)

Dessa forma, o equipamento escolhido deverá ser viável e seguro em relação à cadeira normatizada. Entretanto, como se deve abranger uma grande cadeia de tamanhos de cadeiras, serão usadas como premissa as dimensões do modelo ‘*FREEDOM MILENNIUM C – LINHA SAÚDE*’ (Figura 19). Esta cadeira tem praticamente o mesmo tamanho, comparada à cadeira de rodas normatizada. No entanto, ela possui encosto e assento semelhante a um banco de um veículo, gerando maior conforto ao usuário em viagens de longas distâncias. Suas dimensões foram avaliadas para adequação do passageiro e a cadeira à plataforma (Tabela 2).



Figura 19 – Cadeira de Rodas Escolhida (www.rodaviva.com.br, 2015)

Tabela 2 – Dimensões da Cadeira de Rodas (www.rodaviva.com.br, 2015)

Especificações Técnicas: Freedom Millenium C	
ALTURA DA CADEIRA (cm)	90
ALTURA DO ASSENTO (cm)	50
ALTURA APOIO BRAÇOS (cm)	17 a 25
ALTURA ENCOSTO (cm)	40
COMPRIMENTO C/ APOIO PÉ (cm)	114
COMPRIMENTO S/ APOIO PÉ (cm)	85
COMPRIMENTO ASSENTO (cm)	45
COMPRIMENTO DO BRAÇO (cm)	45
LARGURA ABERTA (cm)	64
LARGURA FECHADA (cm)	64
LARGURA ASSENTO (cm)	44/45
LARGURA ENCOSTO (cm)	44/45
LARGURA APOIO BRAÇO (cm)	6
PESO CADEIRA (kg)	71
PESO CADA BATERIA (kg)	15,5
PESO TOTAL (kg)	102
CHASSIS	monobloco

Espaço de Abertura de Portas: De acordo com a norma 9050 da ABNT, as vagas destinadas para pessoas deficientes devem ter, além da sinalização, um espaço adicional de circulação com no mínimo 1,20 m de largura, espaço esse que pode ser compartilhado por duas vagas, de acordo com as Figuras 20 e 21.

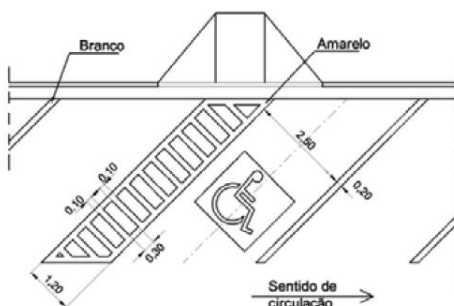


Figura 20 – Sinalização de Vagas para Deficientes (ABNT 9050, 2004)

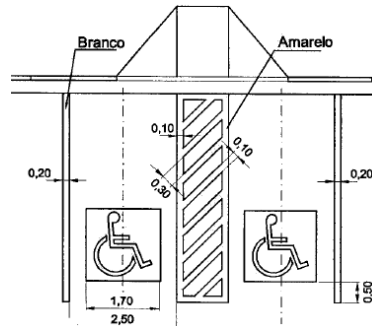


Figura 21 – Sinalização Vertical de Vagas para Deficientes (ABNT 9050, 2004)

De outra forma, a baía pode ser aumentada em relação à calçada, permitindo assim que o deficiente físico tenha os mesmos 1,20 m livres para circulação e entrada no veículo (Figura 22).

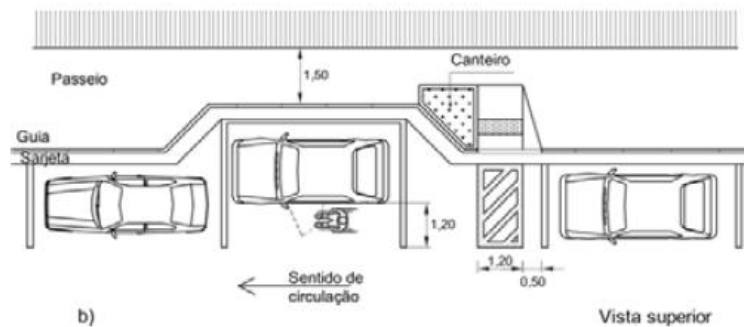


Figura 22 – Vagas para estacionamento em baias avançadas no passeio (ABNT 9050, 2004)

Dessa forma, deve-se projetar a abertura da porta (considerando a espessura da porta) para no máximo 1,10 m.

Adaptação Veicular Escolhida: O intuito desse projeto é realizar somente a plataforma elevatória. Entretanto, será usada uma adaptação do tipo aro com alavanca (Figura 23). O aro representa o comando de aceleração e a alavanca representa o freio. Esse automóvel deve possuir transmissão automática.



Figura 23 – Adaptação Escolhida (kivi-mobilityfreedom.com, 2015)

Mecanismo de Avanço / Retração / Subida / Descida da Plataforma: Para esse mecanismo serão utilizados os atuadores elétricos. A justificativa da escolha desses atuadores está na Seção 3.2.

Itens de segurança: Para garantir a segurança do condutor ou do usuário da plataforma durante o trajeto com o veículo, deve-se garantir que a cadeira de rodas seja fixada e travada à plataforma. Para isso será usado um dispositivo da marca QSTRAINT (Figuras 24 e 25), que fixa a cadeira ao piso da plataforma e garante sua estabilidade. Além disso, deve-se garantir o cinto de três pontas ao condutor (Figura 28).



Figura 24 – Travamento de Cadeira à Plataforma (www.qstraint.com, 2014)



Figura 25 – Dispositivos de Fixação da Cadeira (www.qstraint.com, 2014)

3.2 Escolha dos Atuadores Lineares

A primeira decisão que se deve tomar refere-se ao mecanismo de atuação da plataforma. Pode-se utilizar atuadores lineares hidráulicos, elétricos ou pneumáticos. Nessa seção será definido qual tipo de atuador linear será utilizado no sistema.

Para execução da elevação e translação da plataforma, devem-se comparar os principais geradores de força de atuadores lineares (hidráulicos, elétricos ou pneumáticos). Feita essa comparação, serão escolhidos os componentes adequados.

3.2.1 Atuadores Lineares Elétricos

Os atuadores lineares elétricos são dispositivos usados para conversão do movimento de rotação de um motor de baixa voltagem em corrente contínua em movimento linear (Figura 26). Dessa forma, são aplicados em diversos tipos de movimentos lineares simplesmente pressionando um botão. Sua instalação é simples e isso faz com que eles possam se adaptar em necessidades específicas. Suas vantagens são: promovem perfeita solução para movimentos simples, seguros e precisos sem a necessidade de uma unidade hidráulica ou pneumática. Além disso, são limpos, não tóxicos e eficientes energeticamente, já que são controlados por motores elétricos ou baterias. Possuem resposta rápida para pequenos cursos e fácil reversão.

Entretanto, possuem algumas desvantagens, entre elas: exigência de proteção mecânica na instalação e resposta lenta para grandes cursos. Além disso, conta com menor velocidade e potência comparados aos atuadores hidráulicos.

Fundamental actuator construction

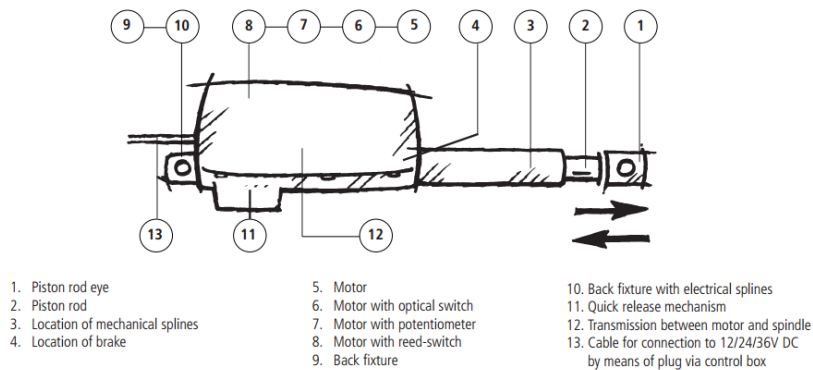


Figura 26 – de Atuador Linear (www.linak.com.br, 2015)

3.2.2 Atuadores Hidráulicos

Os Atuadores Hidráulicos (Figura 27) também são atuadores lineares que convertem energia hidráulica em mecânica, executando diversos tipos de movimento. São compostos por um tubo e haste de aço, altamente polidos e cromados. A haste do cilindro necessita de vedação e de cuidados em sua superfície, garantindo sua limpeza e evitando vazamentos.

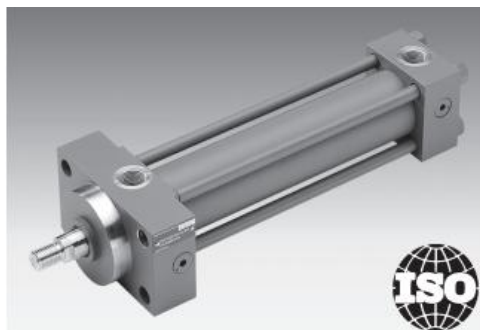


Figura 27 – Cilindros Hidráulicos (www.boschrexroth.com, 2015)

Suas vantagens são: força máxima constante ao longo do curso; possui gama altíssima de utilização (guindastes, prensas industriais, etc.). O fluido lubrificante e refrigerante (óleo) é incompressível e dessa maneira não há variação de volume quando se varia a pressão. Esse tipo de atuador linear está associado a equipamentos de maior porte, pois possuem maior força e velocidade.

Como desvantagens, tem-se a baixa razão de potência. Além disso, há risco de incêndios e explosões, já que altas pressões estão envolvidas em seu funcionamento. Sua manutenção é frequente, assim como os problemas de vedação. Como o óleo é

bastante utilizado, caso ocorra um vazamento, danos irreparáveis ao sistema podem surgir.

3.2.3 Atuadores Pneumáticos:

São elementos mecânicos que transformam a energia cinética gerada pelo ar ou gás pressurizado em expansão, gerando trabalho por movimento linear ou angular. São usados em sistemas com altas velocidades em seus movimentos, mas com pouco controle no posicionamento final. Como o ar é compressível, o controle da posição necessita de alta precisão. São recomendados para transferência de pequenas e médias cargas.



Figura 28 – Atuador Pneumático (www.alfamatec.com.br, 2015)

Os atuadores pneumáticos (Figura 28) têm um custo baixo de operação, com uma manutenção bastante simples. Não demandam instalações especiais e nem carecem de grandes espaços úteis para montagem.

3.2.4 Escolha do Atuador

Para esse projeto será escolhido o atuador elétrico, pois o interesse é reduzir a necessidade da manutenção do equipamento e garantir a limpeza do veículo durante o uso do mesmo. Além disso, não será necessário instalar uma unidade hidráulica ou pneumática. Entre diversas empresas fornecedoras de atuadores elétricos, a LINAK se destaca por promover o uso de atuadores elétricos para acessibilidade, como mostra a Figura 29, extraída do site da empresa.

AUTOMAÇÃO VEICULAR PARA DEFICIENTES FÍSICOS



Negócios com a LINAK

Nós não queremos ser apenas fornecedores para nossos clientes..

[Saiba mais >](#)

Assine News

Fique em dia com as notícias da LINAK..

[Assine News >](#)

Figura 29 – Site LINAK (www.linak.com, 2015)

No guia do fabricante (LINAK), são sugeridos diversos tipos de atuadores para aplicações de mobilidade aos deficientes. Os atuadores disponíveis e suas características estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 - Características dos Atuadores LINAK (Catálogo LINAK, 2015)

ATUADOR	CARGA	VELOCIDADE	CURSO	VOLTAGEM
LA37	15 kN	3.5 mm/s	100 – 600 mm	12 V ou 24 V
LA36	10 kN	160 mm/s	100 – 999 mm	12 V, 24 V ou 36 V
LA35	6 kN Empurrar	N/I	600 mm	12 V ou 24 V
LA30	6 kN	65 mm/s	50 – 600 mm	N/I
LA25	2.5 kN	12 mm/s	20 – 300 mm	12 V ou 24 V

Para definir o modelo a ser utilizado, é preciso avaliar as informações normatizadas para o atuador mais adequado ao projeto de subida da plataforma. A norma que se refere a esse projeto é a ABNT NBR ISO 9386-1, que faz referência somente à atuação hidráulica. Mesmo assim serão usados os mesmos conceitos técnicos para esse projeto, devido a sua semelhança. Essa mesma norma descreve os valores de carga nominal (250 Kg), o percurso máximo de movimentação da plataforma (2 m), o coeficiente de segurança mínimo de projeto (1.6) e a velocidade máxima do dispositivo durante seu funcionamento (0,15 m/s). A plataforma deve minimizar todos os riscos em diversas situações de perigo, como queda, choque físico, elétrico, etc. De acordo com a norma, os componentes da plataforma devem exigir inspeção periódica Outra exigência é que a área para um possível reparo seja de fácil acesso.

As guias devem ser metálicas e batentes mecânicos devem ser instalados quando existe a possibilidade da plataforma ser conduzida além dos extremos do percurso. De maneira similar, o freio de segurança acoplado à plataforma é requerido pela norma,

para que a plataforma não tenha um aumento de velocidade em caso de falha no componente. O freio deve sustentar a plataforma, suportando sua carga nominal, dentro de uma distância de 150 mm a partir do ponto onde se inicia a atuação. Um comando manual de operação, em caso de emergência, deve também ser avaliado.

O presente projeto envolve o uso de um atuador para a translação da plataforma e mais um para a subida/descida da plataforma, compatibilizando dois atuadores. Utilizando os dados da Tabela 3 foi definido o atuador LA36 com duas roscas M30 em cada extremidade para fixação das vigas. Esses atuadores não sofrerão somente cargas na direção do seu eixo e deverão estar vinculados a vigas que irão suportar a carga em outras direções. Os atuadores serão responsáveis somente pelos movimentos lineares. As vigas de elevação e translação serão responsáveis pela sustentação da estrutura e pela resistência a momentos gerados pelo peso do usuário.

3.2.5 Geração de Energia

Com o intuito de garantir o funcionamento da plataforma, deve-se especificar o motor ou o mecanismo de geração de energia para essa plataforma.

Considerando os atuadores escolhidos, é necessário listar suas características (Tabela 4) para que se possa especificar a geração de energia da plataforma.

Tabela 4 – Especificação Técnica de Atuadores Linak (LINAK, 2015)

Technical specifications

LA36 with 12V motor

Order number	Push max. (N)	Pull max. (N)	*Self-lock min. (N) Push	*Self-lock min. (N) Pull	Pitch (mm/spindle rev.)	Typical speed (mm/s) Load		Standard stroke lengths (mm) in steps of 50 mm	Typical amp. (A) 12 V	
						No	Full		No load	Full load
36080xxxxxxxxxxxxx	10000	10000	13000	13000	8	11	7	100 - 999*	4.5	22
36120xxxxxxxxxxxxx	2600	2600	3400	3400	12	40.7	30.6	100 - 999	4.5	21
36120xxxxxxxxxxxxx	4500	4500	5800	5800	12	23.1	17.8	100 - 999*	4.5	20.7
36120xxxxxxxxxxxxx	6800	6800	8800	8800	12	15.5	11.9	100 - 999*	4.5	21
36200xxxxxxxxxxxxx	1700	1700	2200	2200	20	68	52	100 - 999	4.5	22
36200xxxxxxxxxxxxx	500**	500**	1000	1000	20	160	135	100 - 999	4.5	20

Como os movimentos de translação e subida/descida são independentes, será estimado um motor que possa fornecer até 25 ampères. O carro a ser utilizado para a instalação (ou adaptação) da plataforma é uma Chevrolet S10. As explicações para o uso desse veículo estarão na seção 3.2.6, após o dimensionamento da plataforma. No site da Chevrolet, fabricante da S10, há a informação de que o carro conta com uma bateria de 70 Ah com uma tensão de 12 V, além de um alternador de 100 V. Como o

equipamento só será usado com o veículo parado (sem alto consumo de bateria), o sistema da plataforma será conectado à bateria do veículo.

3.3 Carroceria

Conforme dito anteriormente, o veículo utilizado para adaptação da plataforma será uma Chevrolet S10, de cabine dupla, mostrado na Figura 30.



Figura 30 – Veículo Esperado para o Projeto (Chevrolet, 2015)

A escolha desse veículo (vendido no Brasil) envolve o seu detalhe de construção do chassi. Antes de justificar a escolha do chassi adequado para o projeto, serão definidos os tipos de chassis empregados na indústria atual. Segundo Castro (2008), o projeto da carroceria de um veículo é um dado bastante sigiloso de cada montadora. As simulações virtuais também são protegidas face aos concorrentes. A forma da carroceria determina-se pela associação de vários requisitos de projeto, a fim de se garantir o conforto dos usuários e um bom rendimento do veículo. Ao se concluir a etapa de projeto, constrói-se um protótipo que é submetido a condições críticas de uso. Os resultados obtidos são avaliados para que se possam realizar mudanças no projeto inicial ou não. Assim que o projeto está adequado às normas vigentes e ao controle de qualidade da fábrica, os veículos passam para a fabricação em série. O projeto de uma carroceria leve e adequada é uma das preocupações mais importantes no projeto de um veículo.

Atualmente, grande parte dos veículos ao redor do mundo é fabricada com chassi do tipo monobloco, quando as chapas de aço são conformadas e soldadas unindo o veículo ao seu motor, transmissão e demais componentes. Esse tipo de estrutura garante uma alta absorção do impacto em caso de acidentes (Figura 31).



Figura 31 – Exemplo de Teste de Impacto em Carrocerias (www.latinncap.com, 2015)

De acordo com Castro (2008), a concepção de chassi monobloco requer uma alta rigidez, pois, caso haja uma deformação excessiva na estrutura, ela poderá impedir a abertura e o fechamento de portas adequadamente. Segundo Halderman (1996), aproximadamente 300 chapas conformadas são soldadas para formar o corpo do veículo (Figura 32).

Segundo Furtado (2013), a concepção do chassi monobloco envolve altos custos de fabricação em diferentes processos, como máquinas de estampagem e ferramental específico. As colunas laterais garantem uma boa proteção ao impacto, já que são as mais resistentes.

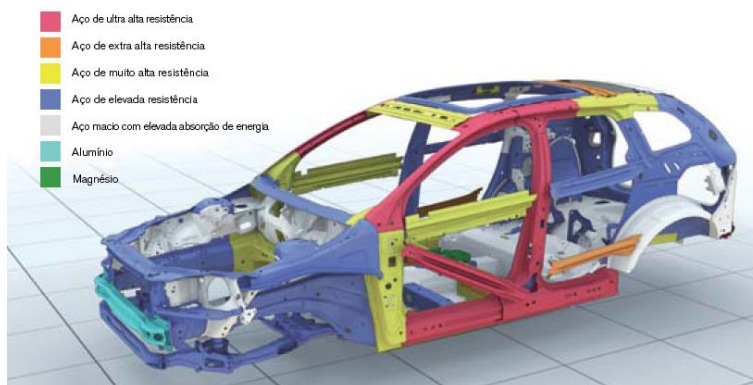


Figura 32 – Exemplo de Chapas em estrutura monobloco (Site Volvo, 2014)

No escopo do presente projeto, há a necessidade de se cortar a coluna central do veículo para que se possa conseguir a translação da porta do mesmo. Se isso fosse feito em um veículo monobloco, o teto da estrutura de monobloco perderia a resistência e o carro entraria em regime severo de flexão. Logo, a avaliação de uma carroceria de

monobloco para a plataforma projetada aqui será sugerida apenas na seção de projetos futuros.

Para adaptação da plataforma será usado então o chassi do tipo escada (Figura 33), o mesmo usado para a fabricação da S10. Segundo Castro (2008), o chassi do tipo escada é separado da carroceria e, no chassi, são montados os principais elementos mecânicos. Além disso, com esse tipo de construção se torna simples e diversificada a possibilidade de montagem e controle dos grupos. Uma desvantagem é que a carroceria fica acima do chassi, aumentando a altura do veículo. Para isso, a plataforma deve ser mais resistente pela maior abertura da mesma. Além disso, a estrutura do carro tem maior rigidez comparada ao veículo construído por monobloco. O chassi é composto por vigas longitudinais que acompanham todo o comprimento do veículo, ligadas entre si por uma série de vigas transversais.

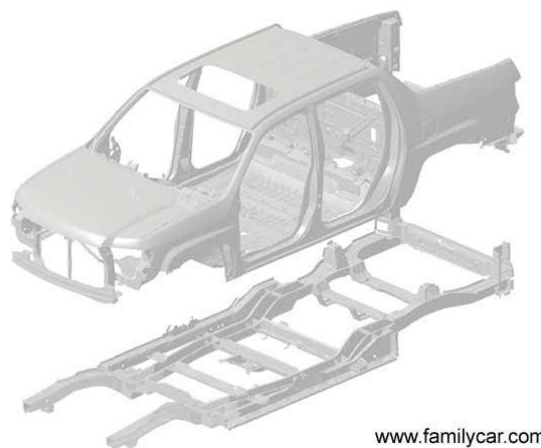


Figura 33 – Representação do Chassi Escada com a Carroceria (Family Car, 2015)

Nesse arranjo de fabricação, segundo Daniel (2013), a estrutura representa uma boa resistência à flexão (por ser bastante rígida) e baixa capacidade de deformação. Esse tipo de construção é bastante utilizado em pick-ups, caminhões (Figura 34) e ônibus, pelo tamanho de sua estrutura e rigidez.



Figura 34 – Chassi Escada em Construção de Caminhão (Volvo, 2013)

Esse tipo de chassi escada permite também alterações na carroceria do veículo e, em caso de dano, ele é facilmente reparado, já que as chapas da carroceria não sustentam o peso estrutural dos componentes do veículo (motor, transmissão, suspensão, etc.).

Usando essa premissa estrutural, a coluna da carroceria do veículo será cortada e soldada juntamente com as portas dianteira e traseira. Isso permitirá total liberdade para a abertura da plataforma.

3.4 Cálculos do Projeto

Os conceitos do projeto foram baseados em uma patente Norte Americana (US8998558 B2, 2014). A avaliação desse documento auxiliou o projeto durante sua execução. A primeira referência da patente é a configuração aberta da plataforma, de acordo com a Figura 35. Os números que estão indicados nas imagens são números de referência da patente e não possuem correlação com esse projeto final.

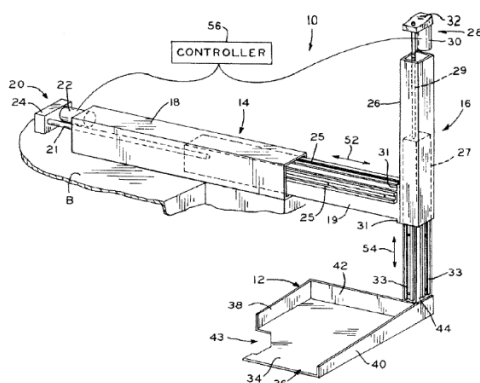


Figura 35 – Configuração Aberta da Plataforma (Patente US 8,998,558 B2, 2010)

Em seguida, a patente detalha a configuração fechada da plataforma (Figura 36).

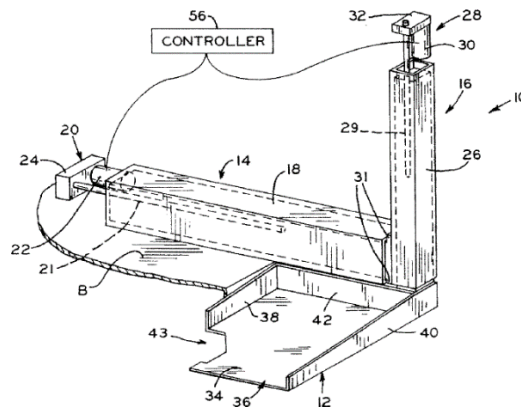


Figura 36 – Configuração Fechada da Plataforma (Patente US 8,998,558 B2, 2010)

Essa patente já é vendida nos Estados Unidos pela empresa detentora. Durante a pesquisa de modelos no mercado, constatou-se que diversos veículos semelhantes ao utilizado são vendidos em lojas especializadas de veículos para deficientes. O modelo de plataforma que inspirou esse projeto de graduação foi aquele utilizado na Silverado, da General Motors (Figura 37).



Figura 37 – Silverado Adaptada (Mobility SVM, 2014)

Para esse projeto, a plataforma foi dividida em três blocos: o primeiro bloco será a plataforma com a coluna de elevação; o segundo bloco será a camisa da coluna de elevação, juntamente com o atuador linear elétrico para subida / descida da plataforma; o terceiro bloco contará com a viga de translação, sua camisa de translação e o atuador elétrico de translação. Os cálculos serão descritos no Apêndice A. Além disso, serão informadas na seção 5 as informações sobre o controle da plataforma.

O primeiro passo será a escolha do material utilizado. Optou-se pelo aço ASTM A36 (Tabela 5).

Tabela 5 – Tabela de Propriedades do Aço A-36 (Gerdau, 2015).

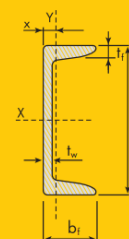
ASTM A-36													
COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)							PROPRIEDADES MECÂNICAS						
							Alongamento (%)		Dobramento				
Especif.	Faixa de Espessura (mm)	C Max.	Mn Max.	Si Max.	P Max.	S Max.	Outros	Limite escoam. (MPa)	Limite Resist. (MPa)	Base 50mm	Base 200mm	Espessura (mm)	Diâm.
A-36	5.0 < e ≤ 19.1	0.25						≥ 250	400 a 550	21	18	5.0 < e ≤ 19.5	0.5 e
	19.1 < e ≤ 38.1	0.25	0.80				19.5 < e ≤ 25.4					1.0 e	
	38.1 < e ≤ 63.5	0.26	1.20	0.15	0.040	0.050	25.4 < e ≤ 38.1					1.5 e	
	63.5 < e ≤ 101.6	0.27	0.85	a			38.1 < e ≤ 50.8					2.5 e	
	101.6 < e ≤ 152.4	0.29	1.20	0.40			e > 50.8					3.0 e	

Serão usadas quatro vigas em ‘U’ com bitola de 3” com as dimensões escolhidas na Tabela 6 e as propriedades na Figura 38. Barras de aço retangulares serão soldadas na aba das vigas para que o piso de malha de aço seja montado. O piso será uma chapa recalçada de aço do mesmo material, garantindo que água não acumule na plataforma e também que a montagem seja simplificada.

A barra usada será de 5/16” de largura por 5/8” de altura. O dimensionamento dessa estrutura será definido nas próximas seções.

Tabela 6 – Catálogo de Viga "U" (www.comercialgerdau.com.br, 2015)

PERFIL U GERDAU													
Bitola	Peso Nominal	ALMA		ABA		EIXO X			EIXO Y			x	
		d	t _w	b _f	t _f	area	I	W	r	I	W		r
pol.	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
3"	6.10	76.20	4.32	35.81	6.93	7.78	68.90	18.10	2.98	8.20	3.32	1.03	1.11
	7.44		6.55	35.05	6.93	9.48	77.20	20.30	2.85	10.30	3.82	1.04	1.11
4"	8.04	101.60	4.67	40.23	7.52	10.10	159.50	31.40	3.97	13.10	4.61	1.14	1.16
	9.30		6.27	41.83	7.52	11.90	174.40	34.30	3.84	15.50	5.10	1.14	1.15
6"	12.20	152.40	5.08	48.77	8.71	15.50	546.00	71.70	5.94	28.80	8.16	1.36	1.30
	15.60		7.98	51.66	8.71	19.90	632.00	82.90	5.63	36.00	9.24	1.34	1.27
8"	17.10	203.20	5.59	57.40	9.50	21.68	1344.30	132.70	7.87	54.10	12.94	1.42	1.47
	20.50		7.70	59.51	9.50	25.93	1490.00	147.50	7.59	62.40	14.09	1.42	1.42
10"	22.77	254.00	6.10	66.04	11.10	29.00	2800.00	221.00	9.84	95.00	19.00	1.81	1.61
	29.76		9.63	69.57	11.10	37.90	3290.00	259.00	9.31	117.00	21.60	1.76	1.54



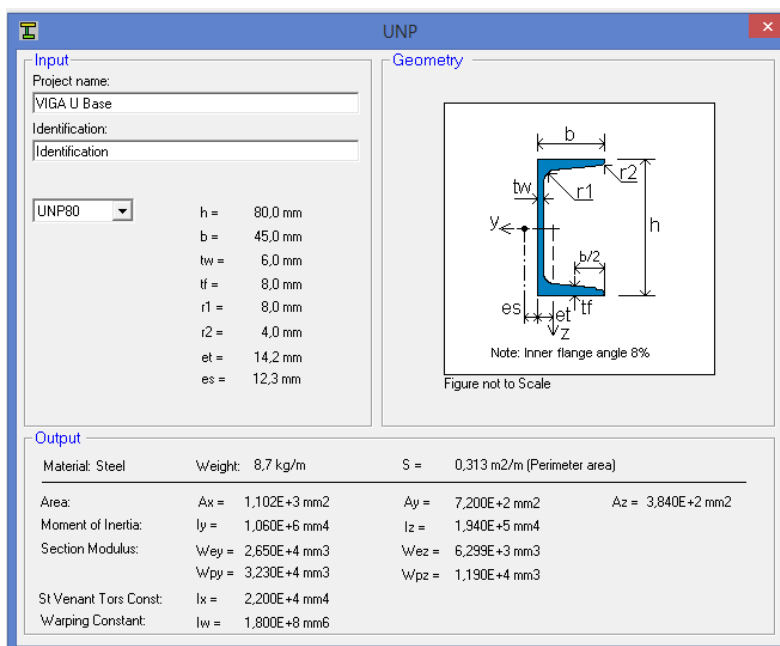


Figura 38 – Representação da Viga ‘U’ (Section)

3.4.1 Bloco I

De acordo com o módulo de referência, o piso da plataforma deve ter as dimensões de 1,20 m por 0,80 m. Além disso, devem-se adicionar proteções à plataforma para evitar que a cadeira deslize. Para isso, três chapas de 2,65 mm de espessura e 1 m de comprimento devem ser instaladas para devida segurança do usuário. A NBR ISO 9386-1-1 estipula a carga mínima nominal da plataforma, que deve suportar 250 Kg, considerando seu peso próprio juntamente com o usuário. Além disso, a norma especifica que o coeficiente de segurança para o equipamento deve ser maior ou igual a **1.6**. Os cálculos de projeto serão baseados nesses valores normatizados.

Para a base, já foi informado o uso da viga ‘U’ deitada com vigas retangulares para apoio do piso, de acordo com a Figura 39.

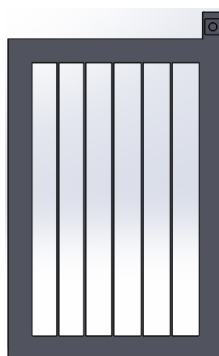


Figura 39 – Esboço da Plataforma

A seguir, será avaliada a resistência das cinco vigas retangulares que estão na viga ‘U’. Considera-se a viga bi-engastada, estimando-se a carga do usuário da cadeira de rodas como uma carga pontual, aplicada em quatro pontos da viga (representando as quatro rodas da cadeira). De Budynas (2011), a flecha da viga no ponto de aplicação da força é igual a:

$$Flecha = \frac{Força * a^3 * b^3}{3 * E * I * l^3}$$

Sendo:

a = Distância maior entre o engaste e a aplicação da carga [mm];

b = Distância menor entre o engaste e a aplicação da carga [mm];

E = Módulo de Elasticidade [GPa];

I = Momento de Inércia da Seção Retangular = $(b \cdot h^3) / 12$ [mm^4];

l = Comprimento da Viga [mm].

Logo, o valor da flecha no ponto de aplicação da carga é **0,6 mm**.

Além disso, deve-se avaliar a flecha máxima da viga fora do ponto de aplicação da carga que, também de acordo com Budynas (2011), vale:

$$Flecha_{max} = \frac{2}{3} * \frac{Força * a^3 * b^2}{3 * E * I * l^2} * \left(\frac{1}{1 + 2 * \frac{a}{l}} \right)^2$$

Aplicando os valores, tem-se que a flecha máxima da viga vale **1,2 mm**:

Devem-se verificar as soldas das vigas retangulares à viga em ‘U’. As soldas dessas cinco vigas sofrerão flexão durante a utilização da plataforma pelo usuário.

De acordo com Budynas (2011), a tensão de flexão vale:

$$\sigma = - \frac{Mmax * y}{I}$$

Sendo:

$Mmax$ = Momento de Flexão Máximo [Nm];

y = Distância máxima a partir da linha neutra [m];

I = Momento de Inércia da Seção de Solda [m^4] (Figura 40).

A Figura 40 informa os valores do momento de inércia da seção de solda, assim como seu centro de gravidade.

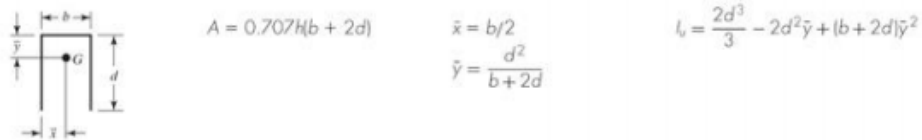


Figura 40 – Propriedades da Seção de Solda (BUDYNAS, 2011)

Para esse tipo de solda em ‘U’ com um filete de espessura total de 6 mm, a tensão de cisalhamento aplicada na solda tem o valor final de 161 MPa. Segundo Shigley, para um eletrodo E60xx, a resistência à tração ao escoamento vale 345 MPa. Logo, esse valor está dentro do aceitável para essa estrutura.

As cargas da viga ‘U’ também devem ser avaliadas. Devido ao peso do cadeirante na cadeira, a viga sofre momento de torção e flexão.

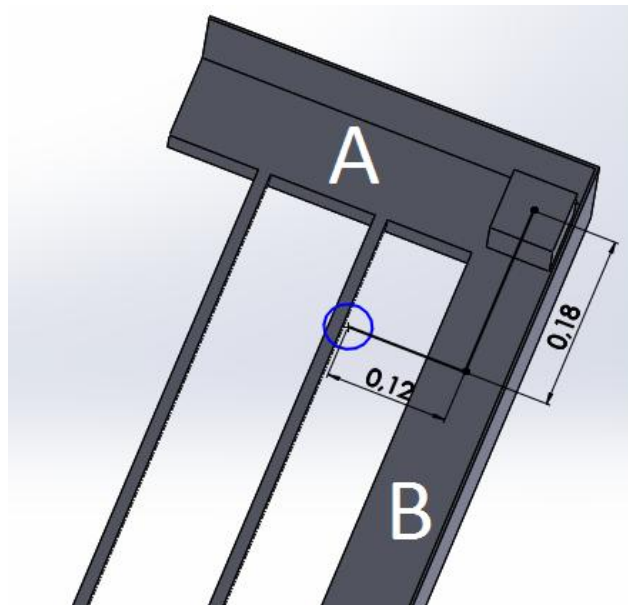


Figura 41 – Aplicação de Cargas na Viga 'U'

Conforme a configuração da Figura 41, a viga ‘A’ sofre o maior momento de torção e a viga ‘B’ o maior momento de flexão. Esses serão os piores casos e a construção será analisada a partir deles. Para a torção da viga ‘A’, aplicam-se as duas cargas concentradas da cadeira. Assim, faz-se o cálculo para uma carga aplicada e

depois se somam os valores dos ângulos de torção. Logo, o valor do momento em 'A' é de 110 Nm.

A seguir, verifica-se a torção da viga com essa carga aplicada. Do Crandall (1978), o ângulo de torção da viga (Φ) é dado pela seguinte fórmula:

$$\Phi = \frac{M * L}{G * I}$$

Sendo:

M = Momento de Torção da Viga [Nm];

L = Comprimento da Viga [m];

G = Módulo de Cisalhamento da Viga [GPa];

I = Momento de Inércia da Seção [m^4], retirado do programa Section.

Usando essa equação, tem-se que o ângulo de torção vale 0,6°.

Multiplicando esse ângulo por dois, tem-se que o ângulo máximo de torção da viga vale 1,2°.

Para o momento de flexão na viga 'B' o valor é de 73.5 Nm.

É possível também verificar a flecha da viga 'B' com a aplicação do peso.

Estima-se a viga 'B' como engastada e, de acordo com Budynas (2011), o valor da flecha vale:

$$Flecha_B = \frac{F * a^2}{6 * E * I} (a - 3l)$$

Aplicando os valores do projeto, obtém-se a flecha de 2,3 mm.

Segundo a mesma referência para a torção da viga, a tensão máxima suportada por uma viga em flexão (σ) vale:

$$\sigma = - \frac{M_{max} * y}{I}$$

E para essa variável, usa-se como exemplo o cálculo de momento máximo em viga bi-apoiada, que vale:

$$M_{max} = -\frac{Mb * b}{L}$$

Sendo:

B = Maior distância entre o extremo da viga e a aplicação da carga [m];

L = Comprimento da viga [m];

y = Distância Máxima da Linha Neutra na Seção Transversal [m];

I = Momento de Inércia da Seção (de acordo com Section) [m^4].

Utilizando essa equação com os valores do projeto, chega-se à tensão de **6 MPa** (Compressão).

Como o Coeficiente de Segurança do projeto vale **1.6**:

$$\text{Sigma}_{CS} = -10.68\text{MPa}$$

A tensão de serviço (10MPa – Compressão) está abaixo da tensão de limite de escoamento do aço ASTM A36 (250 MPa). Sendo assim a base da plataforma não irá falhar por flexão nem por torção, garantindo a segurança do usuário, mesmo em caso de sobrecarga.

Na próxima etapa de projeto será dimensionada a viga de elevação da plataforma. Na Figura 42 é representada uma prévia estrutural. Essa viga e a conexão dela com a plataforma (que será soldada) terão que suportar os momentos gerados pela utilização da mesma. Esses momentos serão calculados a seguir.

Será dimensionada a seguir a viga quadrada de elevação mostrada na Figura 42. Essa viga deverá ser vazada para que o cilindro do atuador elétrico linear realize o movimento de subida e descida. Devido ao peso do usuário da plataforma, a viga sofrerá flexão no eixo de seu comprimento. Essa flexão se dará pelo momento gerado pelo peso do usuário na plataforma.



Figura 42 – Esboço da Base da Plataforma

Serão calculados os momentos nos eixos 'y' e 'x'. O maior valor de momento será utilizado para dimensionamento da viga e também da solda para fixação. Além disso, com a estrutura especificada em aço ASTM A 36, tem-se que a carga nominal que a plataforma deve suportar é de 250 Kg. Esse peso irá atuar como momento no centro da estrutura. Como ele aplicará momento nos eixos 'x' e 'y', será usado como base o pior caso, no eixo 'y'. O momento de flexão na viga de elevação em destaque vale 1000 Nm.

Será adotada uma viga quadrada de espessura 5 mm e largura 50 mm, com flexão da seção da viga de elevação igual a 81 Mpa. Usam-se esses valores para a viga de elevação. A seguir, calcula-se a solda que unirá a viga à plataforma, da mesma forma que calculado para solda anterior.

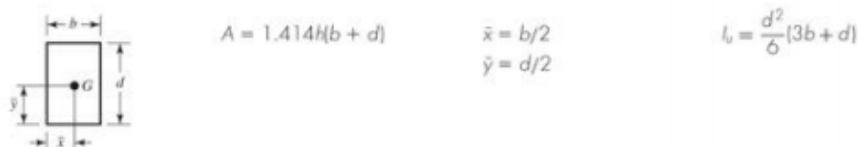


Figura 43 – Propriedades do Cordão de Solda (BUDYNAS, 2011)

Com os valores extraídos da Figura 43, chega-se ao valor de tensão cisalhante na solda devido às cargas. Será usado então o mesmo valor de filete da solda anterior, 6 mm. O eletrodo utilizado será também o E60xx, baseado em seus critérios de tensão. De acordo com o padrão de cálculo, a tensão de flexão vale 50 MPa, abaixo do valor da

tensão de escoamento do aço (250 MPa). A viga de elevação então sustentará o peso do usuário sem danos estruturais ao conjunto.

A Figura 44 mostra a altura do veículo em relação ao solo. Dessa forma, a coluna de elevação será fabricada com 45 cm, para garantir uma elevação com segurança e, também, para que se consiga adaptar os equipamentos necessários (guias, cabeamento elétrico) no espaço disponível.

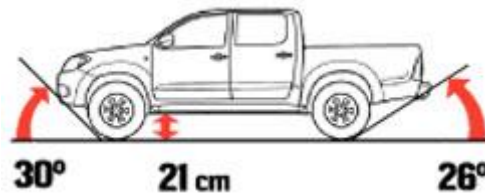


Figura 44 – Altura do Veículo

Por fim, deve-se selecionar a guia que acoplará a viga de elevação na viga pertencente ao segundo bloco.

Nas superfícies com maior tensão de flexão da viga quadrada será instalado um sistema de guia. O trilho será aparafusado na viga já dimensionada e o bloco deslizante será aparafusado na viga envolvente. Vale lembrar que a carga de elevação da plataforma será garantida pelo atuador elétrico linear.

A empresa escolhida para fornecer as guias é a Igus, que possui diversos tipos de equipamentos mecânicos (Figura 45). Dentre eles, serão usadas as guias lineares DryLin®.

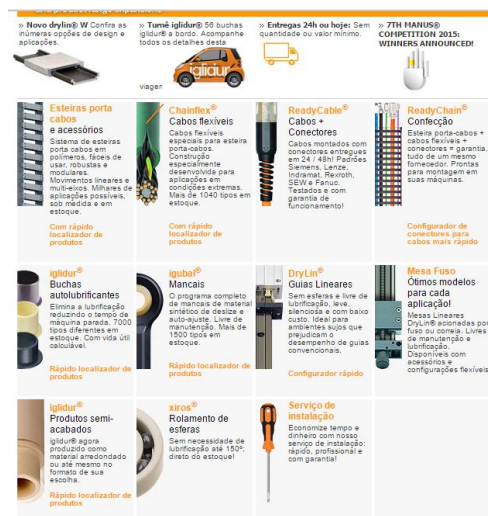


Figura 45 – Equipamentos fornecidos pela Igus (website Igus, 2015)

Por se adequar às necessidades do projeto, como tamanho reduzido e curso médio, escolheu-se a guia do tipo T – Guia Linear Miniatura modelo TS-04-09 como trilho e TW-04-09 como corpo deslizante. O catálogo bem definido do fabricante facilita a representação da guia no desenho de projeto (Figura 46).

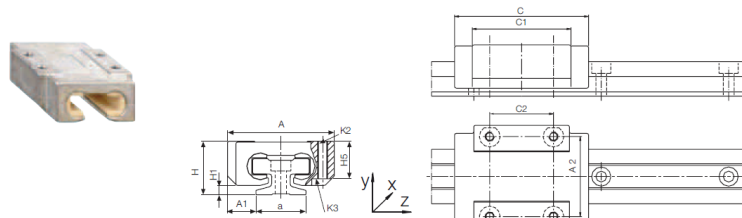


Figura 46 – Características da Guia Escolhida (Iigus, 2015)

3.4.2 Bloco II

Para este bloco será utilizada a viga de elevação já dimensionada anteriormente. A seguir, será dimensionado o contato entre a viga envolvente de elevação e a viga de translação da plataforma. É preciso conectar esses dois elementos com uma espécie de flange, muito utilizado para conexões de válvulas (Figura 47).

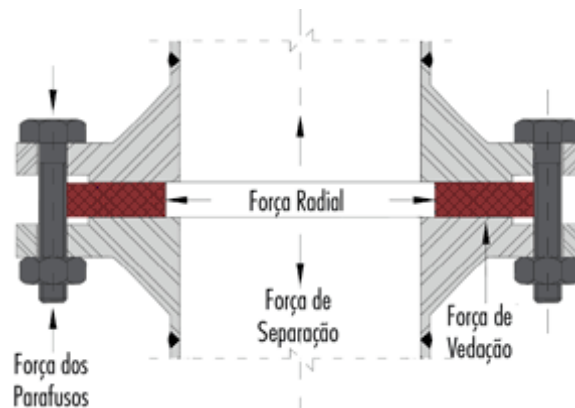


Figura 47 – Exemplo de Flange Aparafusado (www.teadit.com,2015)

O flange irá garantir que, após a montagem, os componentes não se separarão. Para as torções e cisalhamento provenientes do peso da plataforma serão utilizados pinos, que também serão dimensionados nessa seção.

Inicialmente deve-se soldar uma chapa de 150 mm de comprimento por 100 mm de largura com 10 mm de espessura na viga envolvente. Assim, o primeiro passo é checar as cargas na solda ali planejada. Essa solda sofrerá torção e cisalhamento devido à utilização da plataforma.

Para o cálculo de torção da solda usa-se o mesmo valor de momento já calculado quando a viga de elevação foi dimensionada. Logo, o momento de flexão na viga envolvente vale 755 Nm.

Para essa solda entre as vigas e a placa, tem-se a tensão de cisalhamento, que se originará do cortante oriundo do peso da plataforma mais a porta do veículo. Dessa forma, estimam-se os 250 Kg de carga nominal da plataforma. Tem-se, assim, uma massa total de 350 Kg.

Os valores para torção da solda da placa nas vigas serão calculados a seguir, com as propriedades informadas na Figura 48:

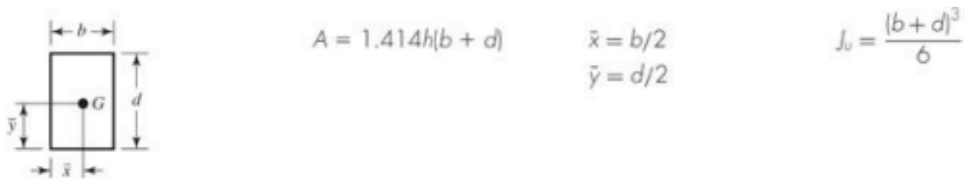


Figura 48 – Propriedades do Cordão de Solda (BUDYNAS,2011)

Para o cisalhamento, estima-se um cordão de solda de 150 mm por 100 mm, com a mesma espessura de filete usada anteriormente, ou seja, 6 mm. Logo, a sua tensão primária de cisalhamento vale 5,2 MPa.

O valor da tensão está adequado para o uso, já que está abaixo da tensão de escoamento do aço (250 MPa).

A seguir, serão dimensionados os pinos que sustentarão a mesma carga entre a viga envolvente da viga de elevação e a viga de translação. O dimensionamento do pino é semelhante ao dimensionamento de um eixo.

Para esse eixo, a princípio, usa-se o critério de máximas tensões cisalhantes (M.T.C.), para carregamento estático. O limite de escoamento vale 250 MPa. Aplica-se uma carga originada pelo peso da plataforma e seus componentes, gerando um momento fletor no eixo.

De acordo com esse critério, o diâmetro do eixo deve ser:

$$d = \left\{ \frac{32 * CS}{\pi * S_y} * (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}} \right\}^{1/3}$$

Sendo:

CS = Coeficiente de Segurança;

S_y = A tensão de escoamento do Material do Eixo [MPa];

M = Momento de Flexão [Nm] e;

T = Momento de Torção [Nm].

Logo, utilizando os valores de projeto, encontra-se um valor de 13 mm para o diâmetro do pino.

Para validar esse valor de diâmetro, utiliza-se mais um critério de dimensionamento de eixos, o critério de deformações lineares. O eixo será dimensionado como engastado com uma força em sua extremidade.

Nessas condições:

$$d = \left\{ \frac{64}{\pi * 3} * \left(\frac{F * L^3}{E * y} \right)^{\frac{1}{2}} \right\}^{1/3}$$

Onde:

F = Força Aplicada;

y = Deflexão máxima no eixo.

Propondo-se uma deflexão máxima de 1 mm do eixo, chega-se ao valor de 9 mm. Sendo assim, estimam-se dois pinos de 16 mm de diâmetro cada, um em cada extremidade da placa de contato.

Para definição dos parafusos, usam-se os critérios de dimensionamento com o auxílio de uma tabela Excel (Figuras 49 e 50), preparada com esses cálculos. Foi testado um parafuso M12 x 1,5 mm, de rosca métrica fina de classe 10.9. O valor de carga de tração no parafuso será de 500 Kg. Esse valor é suficiente, pois os pinos e o atuador suportarão o carregamento da plataforma.

Dados de entrada:		
Diâmetro nominal do Parafuso - Dn	12	mm
Passo da rosca - p	1,75	mm
Ângulo do filete do parafuso (Rosca Métrica)	30	Graus
Tensão de Prova do Parafuso- σ_{prova} Classe 10.9	830	mm
Comprimento da Junção - L	20	
Módulo de elasticidade do Parafuso - Eb	207000	MPa
Módulo de elasticidade da Junção - Em	207000	MPa
Carga externa por parafuso - F (toneladas)	0,5	t
Fator de atrito entre placas μ_{placas} (ver nota 4)	0,2	

Figura 49 – Propriedades de Parafusos

Dados de saída:		
Diâmetro da raiz da rosca - Dr	9,85	mm
Diâmetro efetivo - Dm	10,86	mm
α (ângulo do filete da rosca)	0,524	rad
λ (ângulo do passo da rosca)	0,051	rad
Rigidez do parafuso - Kb	872132	MPa.mm
Rigidez da montagem - Km	3012816	MPa.mm
Carga de prova - Fprova	6,45	t
Tensão no parafuso - σ_p	636,94	MPa
Carga compressiva residual na junção - Fc	4,45	t
K (Coeficiente para determinação do torque de montagem)	0,16	
Pré carga (por parafuso) - Fi	4,84	t
$D_r = D_n - 1,226.p$ $D_m = D_n - 0,649.p$ $\lambda = \arctan(p / \pi.D_m)$ $K_b = (\pi \cdot ((D_r + D_m) / 2)^2 / 4) \cdot E_b / L$ $K_m = 0,577 \cdot \pi \cdot E_m \cdot D_n / 2 \cdot \ln(5 \cdot (0,577L + 0,5 \cdot D_n) / (0,577L + 2,5 \cdot D_n))$ $F_{prova} = (\pi \cdot (D_r)^2 / 4) \cdot \sigma_{prova}$ $\sigma_b = F_b / (\pi \cdot (D)^2)$ OK! O parafuso suportou a carga externa $F_c = (K_m F / (K_b + K_m)) - F_i$ $K = (D_m / (2 \cdot D_n)) \cdot ((\tan(\lambda) + \mu_{rosca} \cdot (\cos(\alpha))^{-2}) / (1 - \mu_{rosca} \cdot \tan(\lambda) \cdot (\cos(\alpha))^{-2})) + 0,625 \cdot \mu_{cabeça}$ $F_i = f_p \sigma F_{prova}$ Nota: adotamos Fi no mínimo 1,1 x carga externa F.		
Carga no Parafuso - Fb	4,95	t
Fator de segurança relativo a tensão de prova	1,3	
Fator de segurança relativo a σ_e do parafuso	1,5	
Torque de Montagem	92	N.m
$F_b = (K_b F / (K_b + K_m)) + F_i$ $FS = \sigma_{prova} / \sigma_b$ $FS = \sigma_e / \sigma_b$ $T = K \cdot F_n \cdot D_n$		
Força de atrito na junção, por parafuso. (Resistência ao deslizamento) (Fat = Fc . μ_{placas})	0,89	t

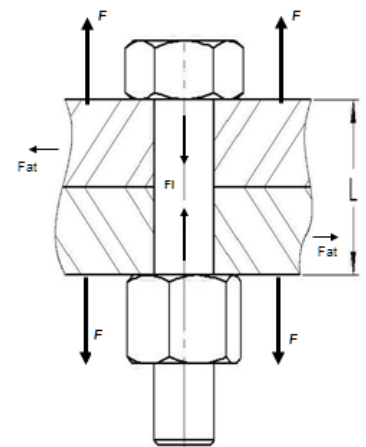


Figura 50 – Resultados de Cargas no Parafuso

Sendo assim, o torque de montagem vale 92 Nm.

Finaliza-se assim o dimensionamento do bloco II.

3.4.3 Bloco III

O próximo passo será dimensionar a viga de translação. Será utilizada também uma viga quadrada com seção quadrada de 70 mm, com os mesmos 5 mm de espessura. Essa viga sofrerá um momento de flexão devido ao peso da plataforma. A viga de translação terá um metro de comprimento. O dimensionamento será feito para o pior caso possível, que se refere ao içamento da plataforma. Pelo uso do fator de segurança, estima-se 400 Kg para o peso que essa peça deve suportar. A flecha nesse caso se dá pela seguinte equação:

$$y_{max} = \frac{F * L^3}{3 * E * y}$$

Para essa flexão, tem-se uma flecha de 8 mm, valor baixo que não causará danos à estrutura.

Para o acoplamento da estrutura à plataforma serão utilizados os mesmos tipos de parafusos já definidos anteriormente, facilitando assim a montagem do equipamento. Serão quatro parafusos M24 que fixarão a plataforma na estrutura do veículo. Para essa montagem é necessário avaliar a carroceira do veículo antes da escolha dos locais dos parafusos, priorizando as áreas mais resistentes do chassi ou da carroceria.

Além desses equipamentos instalados e projetados, deve-se incluir na viga de translação calhas porta-cabos para articulações (Figura 51). Elas garantem que o cabeamento elétrico fique protegido e possa transladar junto com a plataforma. A Igus (fornecedora das guias) também será utilizada para fornecer as calhas porta-cabos. O modelo escolhido foi o ‘E4.1 Series E4.21’.

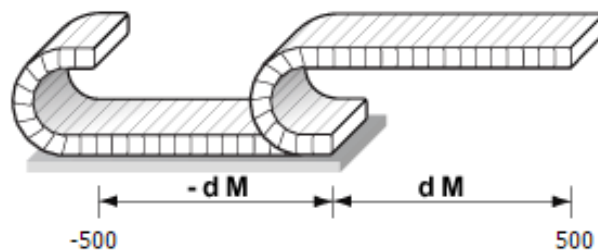


Figura 51 – Calhas porta-cabos (Igus, 2015)

3.5 Adaptação da Plataforma ao Chassi

Após a avaliação da estrutura da plataforma, será dimensionada a fixação da plataforma ao veículo. Como já havia sido apresentado na seção 3.3, a carroceria do veículo que será utilizada é a carroceria do tipo chassi escada. Conforme também já descrito na seção 3.3, o projeto de uma carroceria se faz bastante sigiloso, pois representa o projeto estrutural base do veículo. O chassi escada em veículos do tipo pick up possuem formas variadas de acordo com a estrutura de carroceria. Enquanto o chassi escada de caminhões é linear, o de veículos menores necessita ter variações em seu comprimento, como mostra a Figura 52:

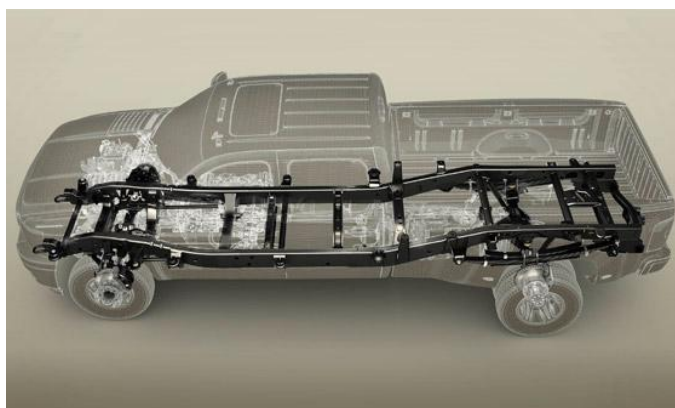


Figura 52 – Chassi Escada em Veículos (special-reports.pickuptrucks.com, 2015)

No entanto, percebe-se que a seção que será utilizada para adaptação da plataforma é linear, pois deve se adequar o assoalho do veículo a estrutura. As seções elevadas do chassi são empregadas para adaptação das rodas, transmissão e etc.

Furtado (2013) avalia a estrutura de um caminhão de médio porte. Sua seção de chassi é formada por longarinas com perfil ‘C’ que formam um bloco semelhante a Figura 52. De acordo com as dimensões do veículo (Figura 53), será recriado um chassi semelhante aos modelos avaliados e serão modeladas as cargas aplicadas pela plataforma. Como o chassi do veículo é dimensionado para a carroceria e seus componentes, faz-se necessário instalar um reforço transversal ao comprimento do carro onde se possa aparafusar a viga base da plataforma sem comprometer a estrutura do automóvel.

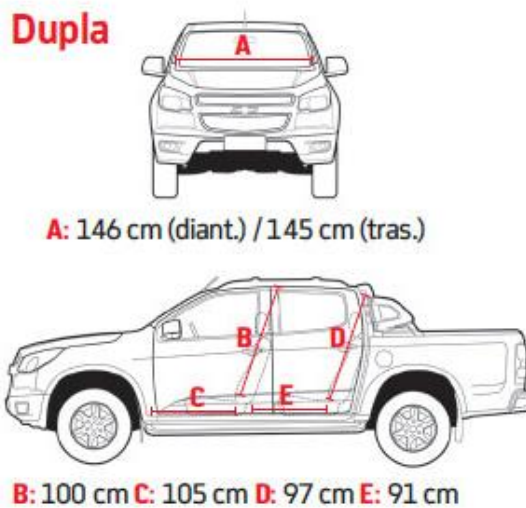


Figura 53 – Dimensões do Veículo (quatorrodas.com.br, 2014)

O chassi será dimensionado com um comprimento de 2000 mm por 100 mm de largura, aproximadamente a mesma dimensão do assoalho do veículo escolhido.

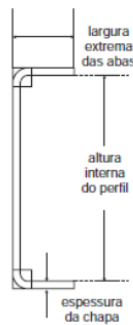


Figura 54 – Descrição do Perfil Empregado (FURTADO, 2013)

Furtado (2013) apresenta a Figura 54 da seção da viga do caminhão avaliado e informa que o valor usado para altura interna do perfil é de 173 mm, com uma largura extrema das abas de 65 mm e uma espessura de chapa de 8 mm. Como o veículo escolhido é menor comparado a um caminhão, usaremos os valores da tabela 7.

Tabela 7 – Dimensões do Perfil Utilizado

Item	Dimensão Escolhida
Altura Interna do Perfil	100 mm
Largura Extrema das Abas	40 mm
Espessura da Chapa	7 mm

Dessa forma, não podemos garantir que o chassi será idêntico nos veículos onde essa plataforma se aplica. Sendo assim, o modelo de chassi escada será avaliado de forma que as adaptações possam ser empregadas em qualquer veículo que possua o tipo de chassi escolhido. Iremos adicionar um suporte no chassi que será acoplado à plataforma, que será avaliado na seção 4.

A divisão de caminhões da Mercedes Benz apresenta um catálogo de alterações em seus chassis. Em geral os caminhões são comprados somente com o chassi e o cliente modifica a carroceria da forma que lhe convém.

Vamos avaliar algumas recomendações antes de seguir com o suporte escolhido.

Como se pretende furar o assoalho do veículo e fixar a plataforma ao suporte no chassi, precisa-se atentar para a vedação das conexões aparafusadas, de acordo com a Figura 55.

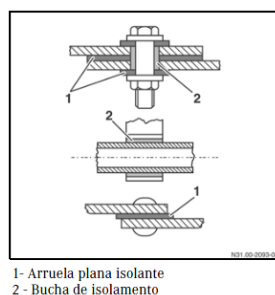


Figura 55 – Vedação em Contatos (Mercedes Benz, 2015)

Outra recomendação pertinente refere-se à furação na longarina do chassi. Segundo o catálogo da Mercedes não se pode realizar furações nas abas inferiores e superiores da longarina. Essa informação reforça a necessidade de se projetar um suporte que será acoplado ao chassi fazendo com que a plataforma seja fixada ao conjunto. As furações só podem ser realizadas na alma principal da longarina

As recomendações oriundas do catálogo usam os furos indicados na alma da longarina para as adaptações ou remanejamentos da estrutura de chassi do veículo, por exemplo, com a adição de travessas, como mostra a Figura 56.

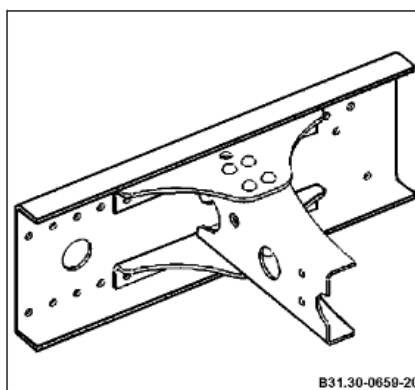


Figura 56 – Adição de Travessas ao chassi (Mercedes Benz, 2015)

Recomenda-se também nesse mesmo catálogo que o material utilizado para a confecção de novas travessas deve ser de espessura e qualidade equivalente ao material empregado para a espessura do chassi.

Entretanto, ao avaliarmos chassis de diversos veículos de passeio de grande porte (compactos comparados aos chassis dos caminhões), percebe-se que travessas do com seção ‘C’ deitadas também são empregadas para reforço estrutural do veículo, de acordo com a Figura 57.

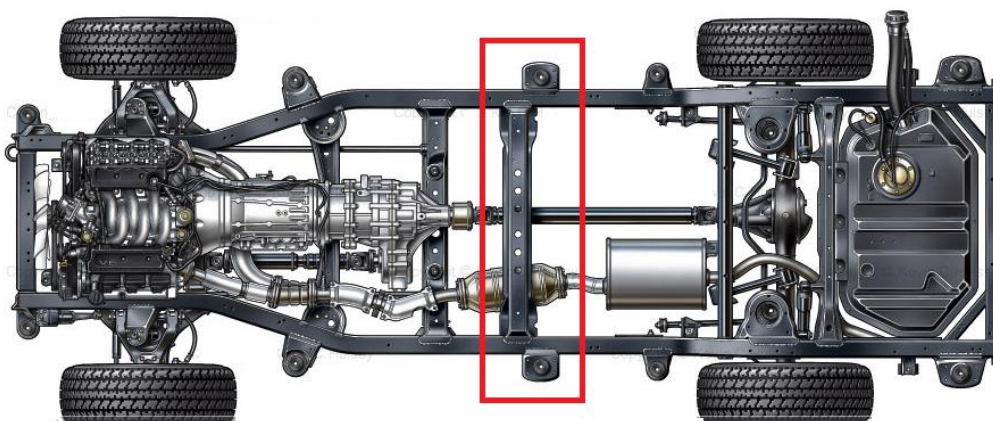


Figura 57 – Chassi escada Pick Up (www.khulsey.com, 2015)

Dessa forma, será dimensionado esse tipo de adaptação para o projeto. Aplica-se através de solda ao nosso modelo uma viga semelhante a do chassi. Nesse contexto a plataforma será aparafusada a esse suporte. Conforme já havíamos calculado para cargas semelhantes o perfil de solda empregado, usar-se-á os mesmos 6 mm de garganta com o perfil envolvental para a solda da viga ao chassi e do ressalto a viga de

translação. A intenção dessa análise é dimensionar o suporte que será instalado no chassi do veículo. Esse suporte terá um tamanho padrão, que poderá ser cortado ou não dependendo do tamanho do chassi. O pacote de instalação da plataforma também contará com essa viga suporte.

4 MODELAGEM COMPUTACIONAL

Para a modelagem da estrutura foi utilizado o programa *Ansys*. O desenho do modelo da estrutura foi realizado no *SolidWorks*, onde foi criado um conjunto representativo que pudesse ter as mesmas condições de serviço da plataforma. Duas configurações foram avaliadas (Figura 58): a primeira, com a estrutura completamente aberta e, a segunda com a viga de elevação retraída. Este último é o pior caso para modelagem e para a estrutura.

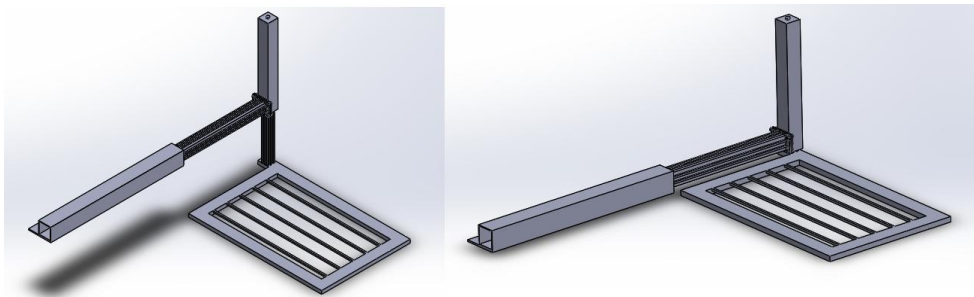


Figura 58 – Modelos Computacionais - Aberto e Fechado

A primeira consideração que foi realizada foi substituir as guias das vigas de elevação e translação por blocos com as mesmas dimensões (Figura 59). Essa consideração simplifica as regiões de contato durante a modelagem computacional.

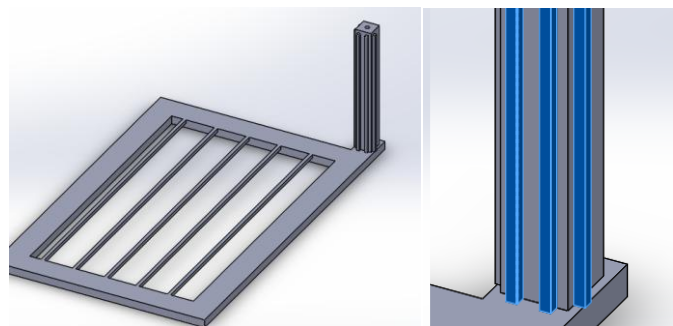


Figura 59 – Detalhe do Modelo do Bloco 1 e Representação das Guias

O contato entre a viga de elevação e a viga de translação foi modelado com duas placas de 10 mm (semelhante às contas de projeto) fixadas por quatro parafusos de 12 mm (extremidades das chapas) e dois pinos de 16 mm (Figura 60).

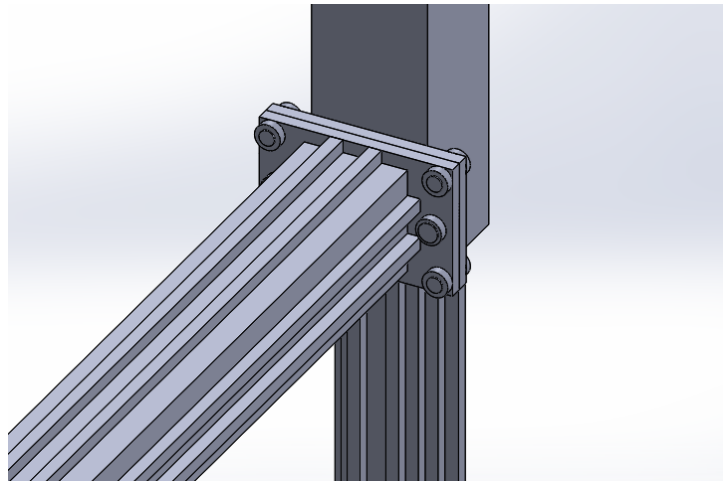


Figura 60 – Detalhe da Fixação entre Viga de Elevação e Translação

A próxima consideração importante do modelo computacional foi a simulação do atuador na estrutura, sendo modelado como um cilindro. Como seriam modeladas duas condições de serviço, cada cilindro foi simulado com um tamanho específico, o primeiro representando a estrutura aberta e o segundo a estrutura retraída (Figura 61).

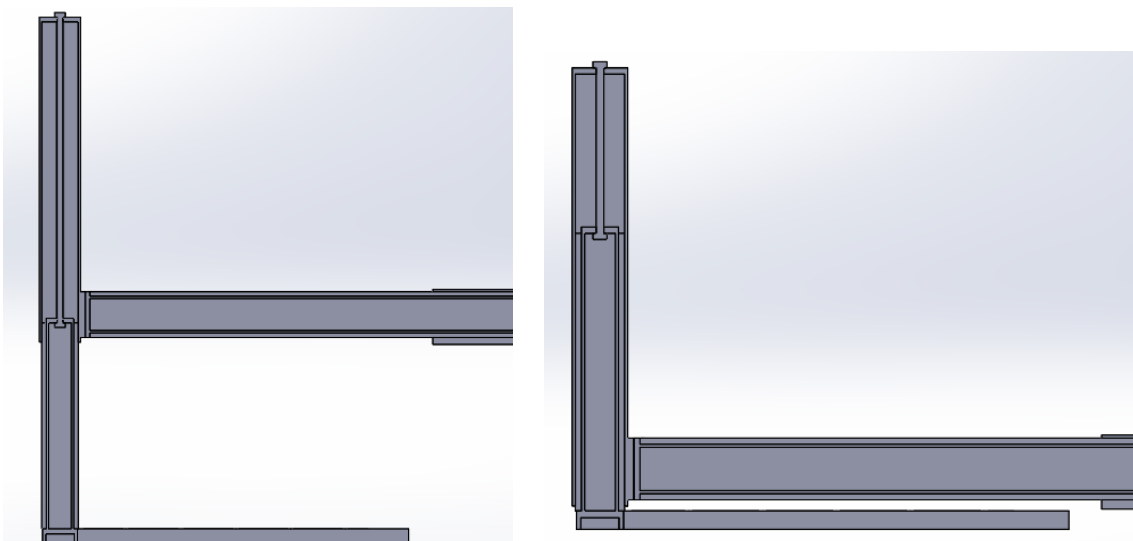


Figura 61 – Condições do Modelo - Viga de Elevação Aberta e Fechada

Além dessas considerações, deve-se levar em conta a aplicação das cargas na estrutura do modelo. O carregamento da cadeira de rodas se distribui em quatro pontos, os quais representam as quatro rodas presentes na cadeira. Para simular esse carregamento será adicionada uma chapa de aço ao modelo, que irá representar a malha de aço adicionada à plataforma, como descrito na seção 3.3. A área de contato definida foi considerada avaliando a espessura de uma roda comum de cadeira de rodas. O carregamento de 250 Kg (transmitido em pressão) foi distribuído pelas quatro áreas de

carregamento. Além disso, uma premissa inicial do modelo foi o engaste da viga base da plataforma, pois ela estará fixada na estrutura do veículo em questão.

A análise preliminar da estrutura envolve somente a avaliação da viga de translação com a carga aplicada no modo de viga estendida, da seguinte forma (Figura 62):

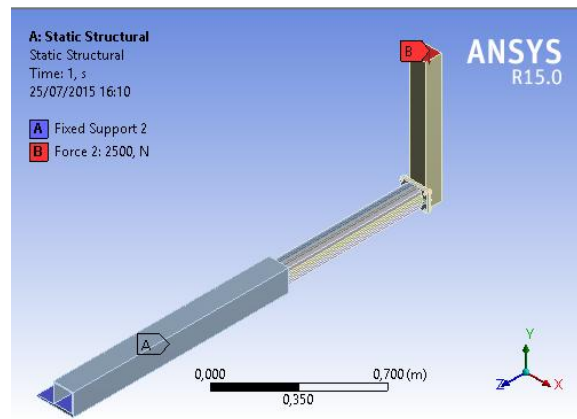


Figura 62 – Aplicação de Cargas na Estrutura

Nessa configuração, os resultados foram de 73 MPa (Figura 63) para tensão máxima, valor dentro do coeficiente de segurança esperado e normatizado (1.6). Nesse caso a malha não fora refinada, pois o resultado é válido em relação ao coeficiente de segurança.

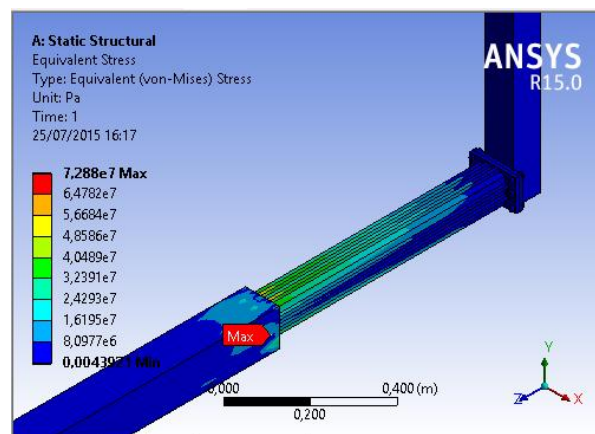


Figura 63 – Resultados da Carga na Viga de Elevação

A malha utilizada foi gerada pelo Ansys (Figura 64) e, caso necessário poderia ser refinada em pontos de maior concentração de tensão.

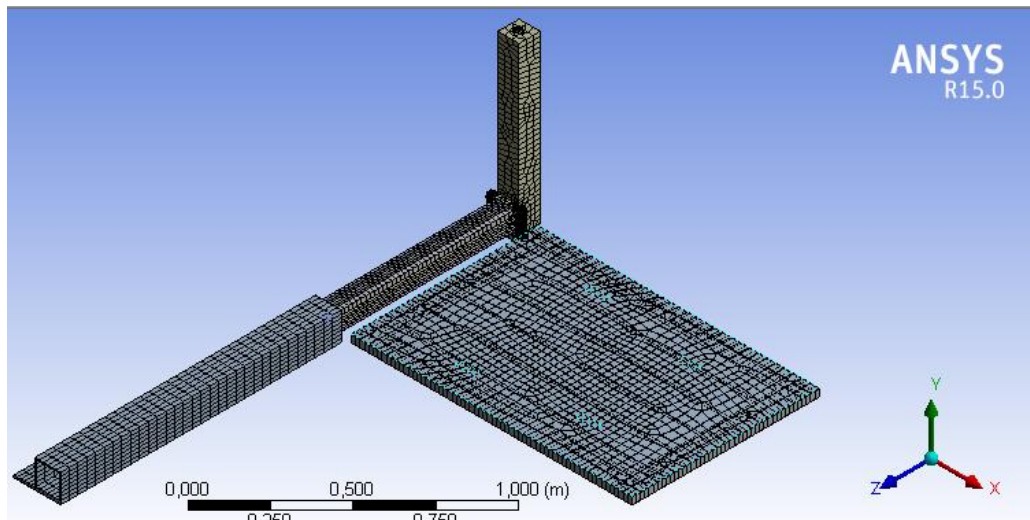


Figura 64 – Malha do Conjunto

Para o modelo tridimensional com elementos de barra na análise, divide-se o carregamento da plataforma do seguinte modo: considera-se 80% da carga concentrada nas rodas traseiras e 20% nas rodas dianteiras. Esse carregamento será executado em todas as análises (Figuras 65 e 66). Além disso, a base da fundação da plataforma foi avaliada como uma estrutura engastada (Elemento 'C' nas Figuras 65 e 66). Todas as análises seguintes se basearam nesse carregamento. Os pontos 'B', 'D', 'E' e 'F' nas Figuras 65 e 66 representam as cargas aplicadas ao piso da plataforma.

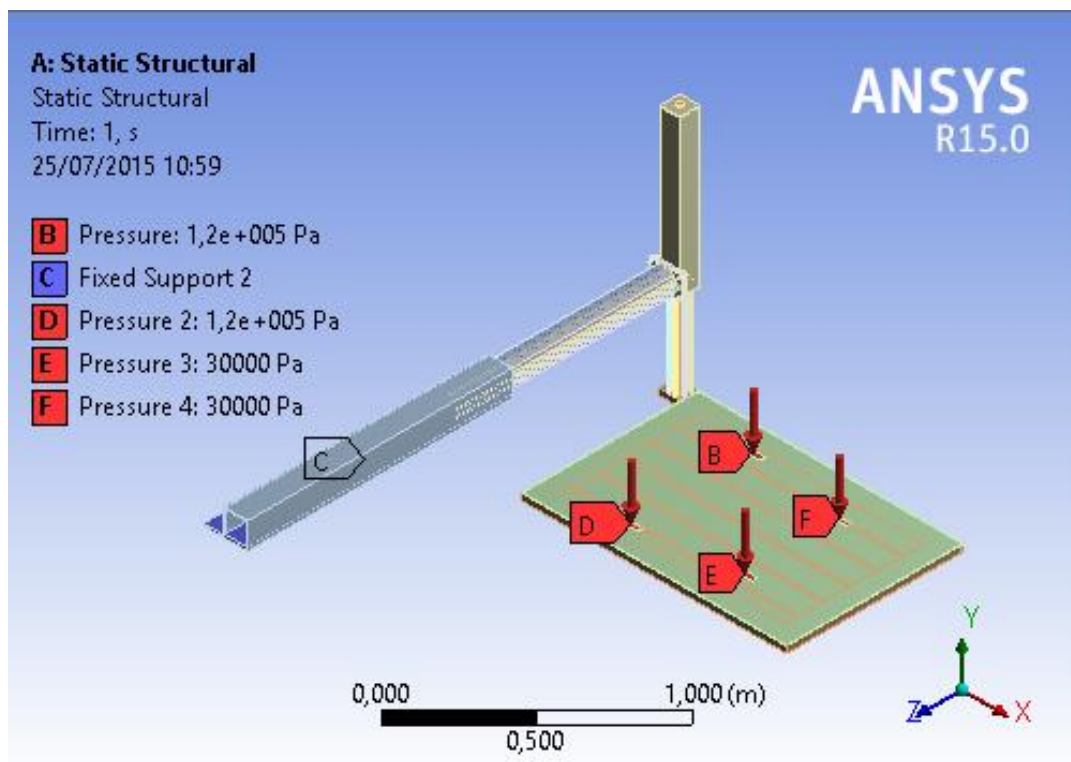


Figura 65 – Aplicação de Cargas na Análise Estrutural – Plataforma Aberta

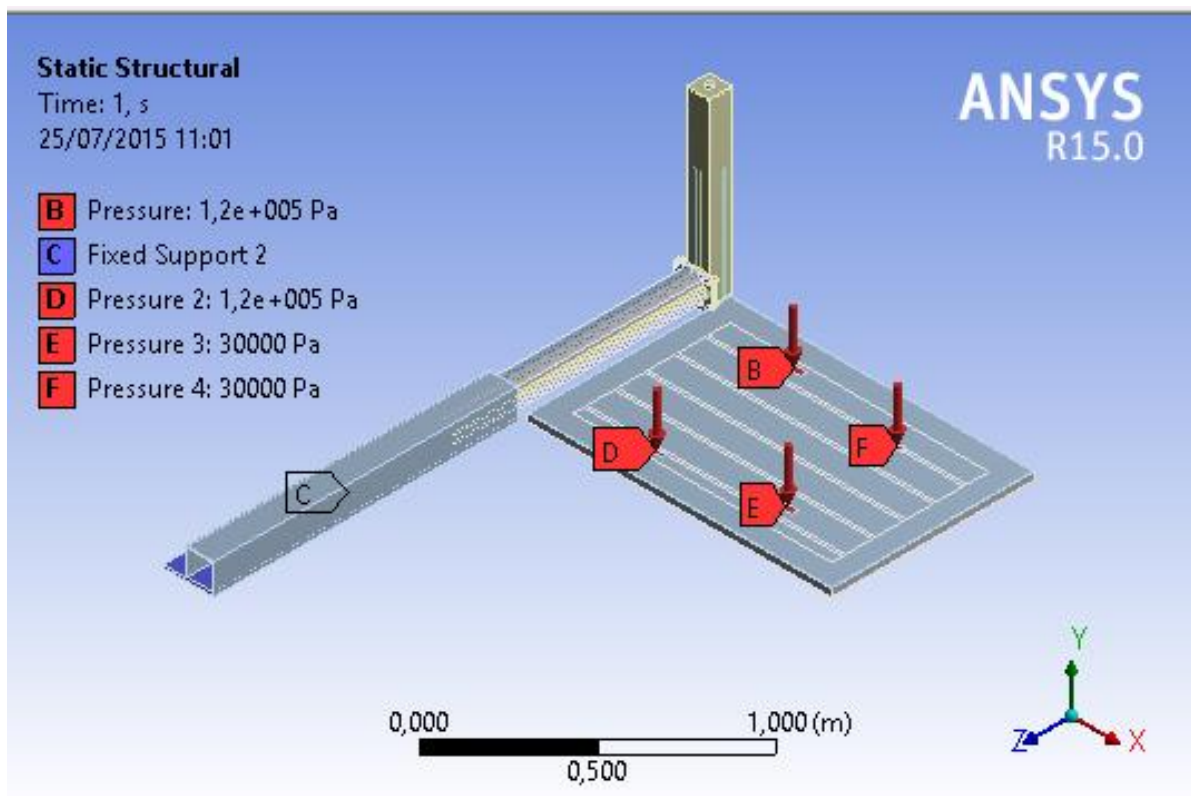


Figura 66 – Aplicação de Cargas na Análise Estrutural - Plataforma Fechada

Outro ponto importantíssimo para essa análise foi a avaliação do contato entre as guias e as vigas de elevação/translação. Dentre os tipos de contatos de estruturas, utilizaram-se dois para as avaliações, o *Bonded* e o *Frictionless*. O programa Ansys possui diversos tipos de contatos, a serem definidos pelo usuário. Mesmo avaliando esses dois tipos de contato, a situação real ocorre com o contato do tipo *Frictionless*, pois as guias não estão soldadas à plataforma e sofrem atrito em relação a viga envolvente.

O primeiro deles é o contato inicial, automaticamente admitido pelo *Ansys*. Ao registrar o contato entre duas regiões, nenhum deslizamento ou separação entre as faces ou arestas é permitido. A região é avaliada como colada. O contato *Bonded* gera uma solução linear já que o contato entre as faces não será alterado.

O seguinte utilizado é o *Frictionless*. Nesse tipo de contato, lacunas podem se formar entre as peças, dependendo da carga. Essa solução agora será não linear. Um coeficiente de atrito zero é assumido, fazendo com que a superfície corra livremente.

Na avaliação da plataforma, serão realizadas, a princípio, quatro análises, duas com a plataforma completamente aberta para os dois tipos de contato e mais duas com a

plataforma parcialmente fechada (viga de elevação recolhida) da mesma forma. Este último caso foi admitido como o pior entre os dois e, caso seja necessário, sua malha será refinada.

4.1 Plataforma Aberta

4.1.1 Bonded

Avaliando-se os resultados da análise computacional, temos:

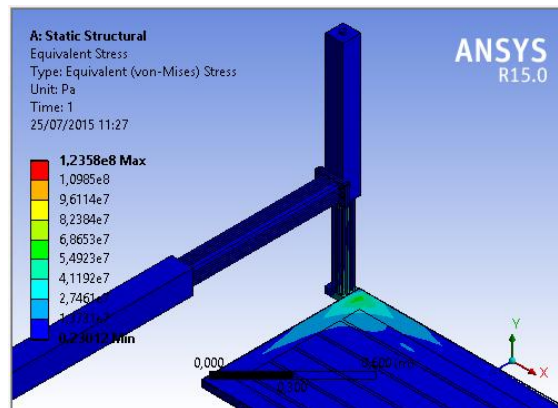


Figura 67 – Resultados Análise Bonded - Plataforma Aberta

A tensão máxima avaliada na estrutura foi de 123 MPa (Figura 67), dentro do coeficiente de segurança estabelecido nas normas avaliadas (**1.6**).

Para a deformação, foi encontrado um valor de 23 mm, deformação essa que será aplicada somente nos movimentos de subida/descida da plataforma, como mostra a Figura 68. O valor de deslocamento é baixo em relação à dimensão da plataforma. Durante o movimento de entrada no veículo, a plataforma apoia-se no assoalho previamente preparado e anula esse deslocamento.

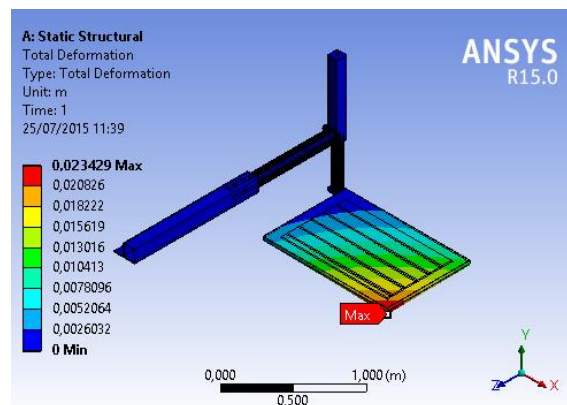


Figura 68 – Deslocamento da Estrutura - Bonded - Plataforma Aberta

4.1.2 Frictionless.

Avaliando-se os resultados encontrados na simulação, temos:

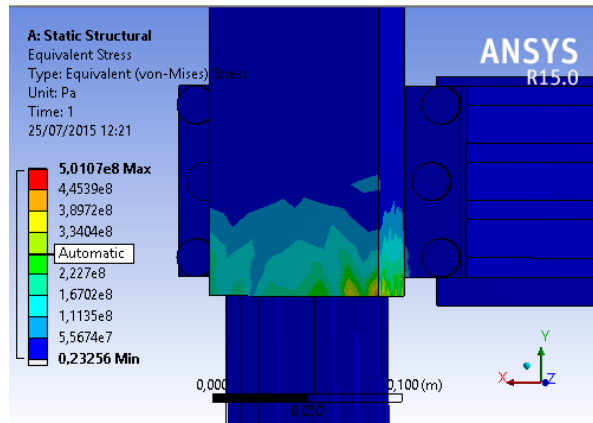


Figura 69 – Resultados Plataforma Aberta – Frictionless

Nesse caso a tensão ficou com um alto valor em alguns pontos (Figura 69). No entanto, isto ocorreu pelo não refinamento localizado da malha.

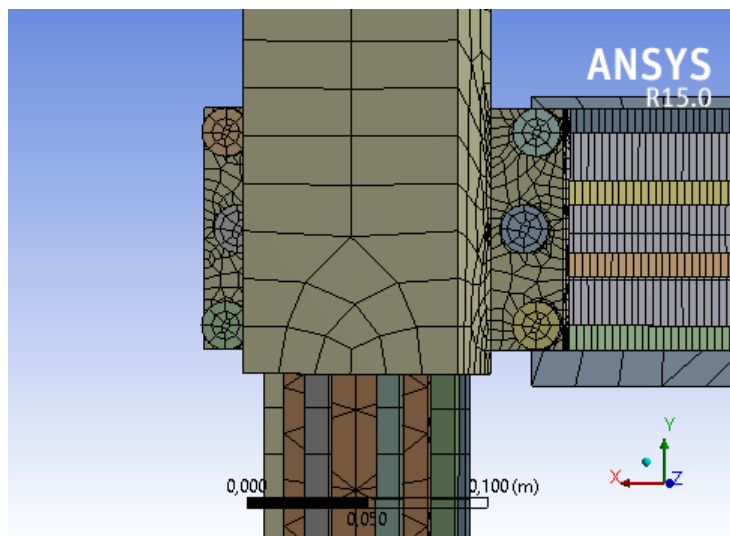


Figura 70 – Malha em Detalhe

A importante conclusão dessa análise foi a avaliação do escorregamento da plataforma. Foi possível perceber que as cargas são transmitidas para a viga de elevação, reafirmando a premissa inicial de que o atuador somente sofrerá as cargas verticais (Figura 70).

Essa malha não será refinada, pois o contato esperado da estrutura é o *bonded*, já que o atuador linear sustentará o peso vertical da plataforma.

4.2 Plataforma Fechada

4.2.1 Bonded

Para essa análise, encontraram-se valores semelhantes aos da análise anterior. Nesse caso, como esperado, a viga envolvente de elevação não sofreu reações, pois as guias estavam coladas a ela. Todas as cargas foram transmitidas para a plataforma (Figura 71).

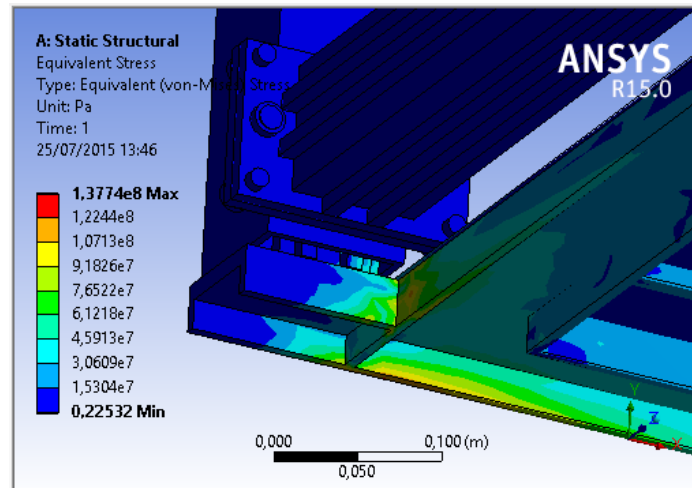


Figura 71 – Resultados Análise Plataforma Fechada – Bonded

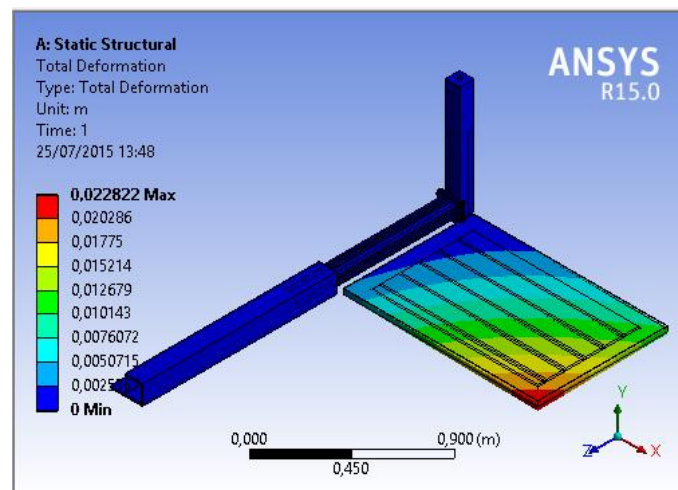


Figura 72 – Deslocamento da Plataforma Fechada – Bonded

Os resultados foram de fato semelhantes aos valores com a plataforma aberta para o tipo *bonded* de contato, com deslocamento similar às análises anteriores (Figura 72).

4.2.2 Frictionless

Para este caso a viga recebe menos carga, comparado com a seção 4.1, pelo fato da viga de elevação estar completamente recolhida. A deformação final também esteve entre 20 mm e 30 mm. A Figura 73 apresenta o carregamento distribuído na estrutura da plataforma.

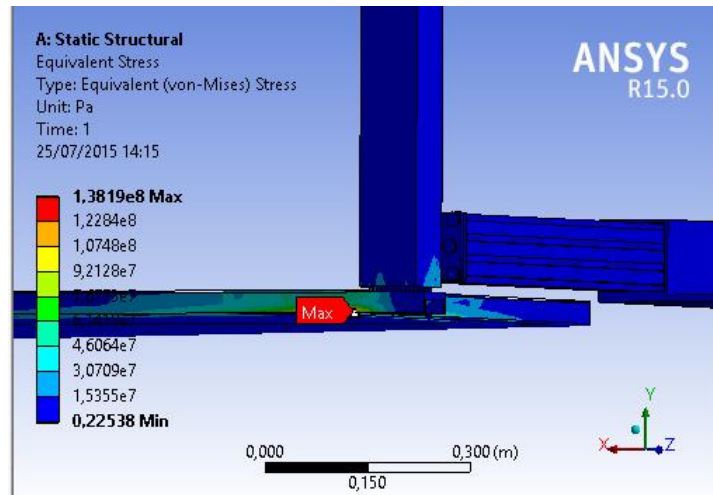


Figura 73 – Resultado da Análise Plataforma Fechada – Frictionless

4.3 Modelagem da Carroceria do Veículo

O intuito dessa modelagem é validar a instalação de um suporte para fixação da plataforma a carroceria do veículo. Conforme havia sido dito na seção 3.5, será avaliada um modelo de carroceria com dimensões semelhantes às dimensões do veículo, de acordo com a Figura 74.

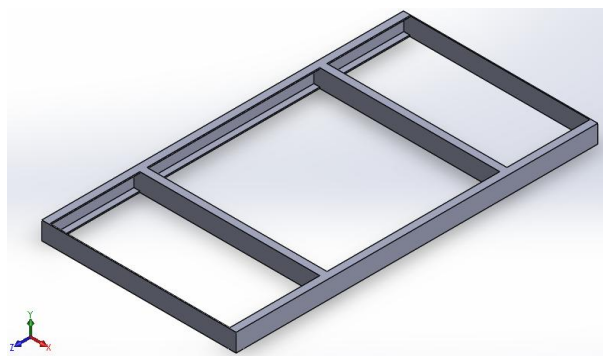


Figura 74 – Modelo de Carroceria

A partir desse modelo de carroceria, instalar-se-á um suporte com perfil ‘C’ deitado no chassi, para que possam ser feitas as devidas análises, de acordo com a Figura 75.

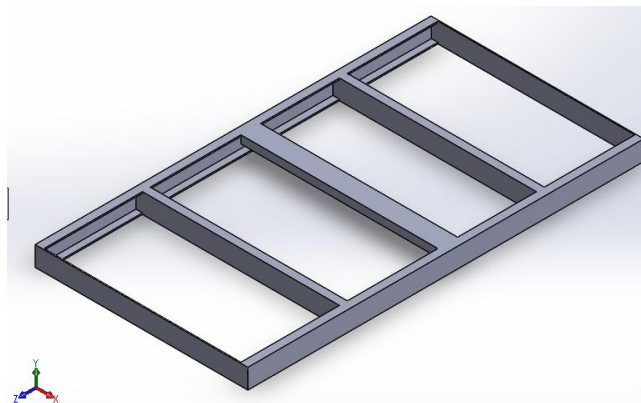


Figura 75 – Instalação do Suporte no Modelo de Carroceria

Para que a plataforma se adeque ao veículo, foi instalado na base da fundação da plataforma um ressalto, em forma de bloco, que também será utilizado para que sejam feitos os furos para instalação ao suporte.

Dito isto, instala-se um bloco na estrutura de acordo com a Figura 76.

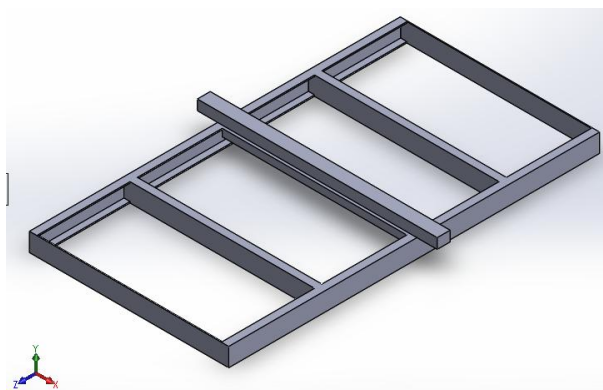


Figura 76 – Adaptação do Bloco ao Modelo

No modelo empregado, serão aplicadas as cargas nesse bloco para que seja avaliado o comportamento da estrutura modelada. Serão feitas avaliações do chassi sem suporte e com suporte.

Para definição das cargas, aplica-se uma carga de 1000 Kg, representando a carroceria e os componentes do veículo.

A plataforma tem um peso de aproximadamente 120 Kg. Aliado ao peso do usuário com a cadeira de rodas chega-se a um total de aproximadamente 300 Kg. Utilizando o valor de coeficiente de segurança definido por norma (1.6), aplica-se o peso de 500 Kg para a estrutura. Além disso, foram fixadas as quatro extremidades da estrutura, conforme Figura 77.

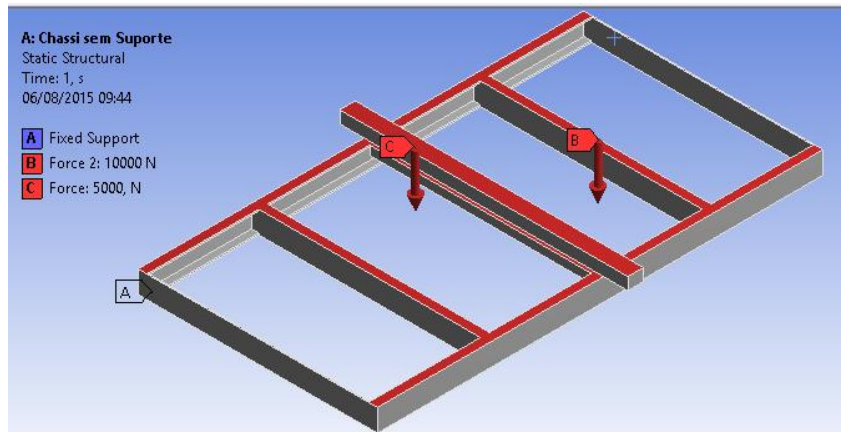


Figura 77 – Aplicação das Cargas ao Modelo

Os valores de tensão encontrados foram semelhantes, na faixa dos 85 MPa. O que pode ser percebido nas Figuras 78 e 79 (em escala exagerada de deformação) é que, sem o suporte, o regime de flexão das vigas e das abas é bastante severo comparado ao modelo com suporte.

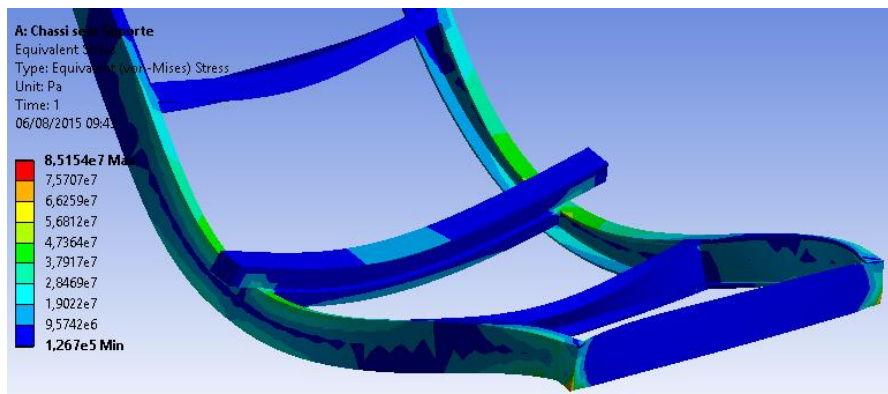


Figura 78 – Estrutura com o Suporte

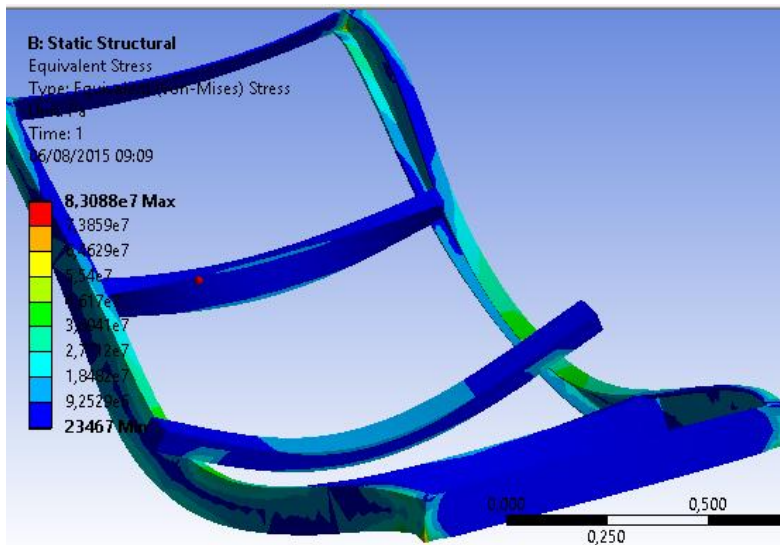


Figura 79 – Estrutura sem o Suporte

Esse resultado afirma a hipótese da instalação do suporte para apoio a viga. No modelo com suporte, a deformação da aba do perfil do chassi é bastante suave. A deformação total em ambos os casos teve valor na faixa de 1 mm. Uma deformação mais exagerada não é esperada, pois um valor alto de deformação pode gerar desalinhamento na montagem da estrutura.

Por outro lado, o chassi de um veículo é projetado para a carroceria e seus componentes. A soldagem desse suporte é uma interferência na estrutura do chassi. Para isso serão instalados reforços de acordo com o catálogo da Mercedes Benz. Esses reforços devem ser fixados com parafusos somente na alma do perfil e devem ter uma dimensão menor do que o perfil da longarina, como mostra Figura 80.

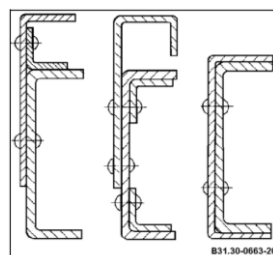


Figura 80 – Reforços em Vigas (Mercedes Benz, 2015)

Usando a tabela de cálculo de parafusos optamos por utilizar quatro parafusos M20, para garantir a fixação da estrutura no suporte soldado ao chassi, de acordo com as Figuras 81 e 82.

Dados de entrada:		
Diâmetro nominal do Parafuso - Dn	20	mm
Passo da rosca - p	3,5	mm
Ângulo do filete do parafuso (Rosca Métrica)	30	Graus
Tensão de Prova do Parafuso- σ_{prova} (ver nota 5)	830	mm
Comprimento da Junção - L	50	
Módulo de elasticidade do Parafuso - Eb	207000	MPa
Módulo de elasticidade da Junção - Em (ver nota 1)	207000	MPa
Fator de precarga - fpc (ver nota 3)	0,75	
Carga externa por parafuso - F (toneladas)	1,0	t
Fator de atrito entre placas μ_{placas} (ver nota 4)	0,23	

Figura 81 – Propriedades dos Parafusos

Dados de saída:		
Diâmetro da raiz da rosca - Dr	15,71	mm
Diâmetro efetivo - Dm	17,73	mm
α (ângulo do filete da rosca)	0,524	rad
λ (ângulo do passo da rosca)	0,063	rad
Rigidez do parafuso - Kb	908617	MPa.mm
Rigidez da montagem - Km	4161815	MPa.mm
Carga de prova - Fprova	16,39	t
Tensão no parafuso - σ_c	631,57	MPa
Carga compressiva residual na junção - Fc	11,47	t
K (Coeficiente para determinação do torque de montagem)	0,17	
Pré carga (por parafuso) - Fi	12,29	t
Carga no Parafuso - Fb	12,47	t
Fator de segurança relativo a tensão de prova	1,3	
Fator de segurança relativo a σ_c do parafuso	1,5	
Torque de Montagem	398	N.m
Força de atrito na junção, por parafuso. (Resistência ao deslizamento) (Fat = Fc . μ_{placas})	2,64	t

$$D_r = D_n - 1,226.p$$

$$D_m = D_n - 0,649.p$$

$$\lambda = \arctan(p / \pi.D_m)$$

$$K_b = (\pi \cdot ((D_r + D_m)/2)^2 / 4) \cdot E_b / L$$

$$K_m = 0,577 \cdot \pi \cdot E_m \cdot D_n / 2 \cdot \ln(5 \cdot (0,577L + 0,5 \cdot D_n) / (0,577L + 2,5 \cdot D_n))$$

$$F_{prova} = (\pi \cdot (D_r^2) / 4) \cdot \sigma_{prova}$$

$$\sigma_b = F_b \cdot 4 / \pi \cdot (D_r)^2 \quad \text{OK! O parafuso suportou a carga externa}$$

$$F_c = (K_m F / (K_b + K_m)) - F_i$$

$$K = (D_m / (2 \cdot D_n)) \cdot ((\tan(\lambda) + \mu_{rosca} \cdot (\cos(\alpha))^2) / (1 - \mu_{rosca} \cdot \tan(\lambda) \cdot (\cos(\alpha))^2)) + 0,625 \cdot \mu_{cabeça}$$

$$F_i = f_{pc} F_{prova} \quad \text{Nota: adotamos } F_i \text{ no mínimo } 1,1 \times \text{ carga externa } F.$$

$$F_b = (K_b F / (K_b + K_m)) + F_i$$

$$FS = \sigma_{prova} / \sigma_b$$

$$FS = \sigma_c / \sigma_b$$

$$T = K \cdot F_n \cdot D_n$$

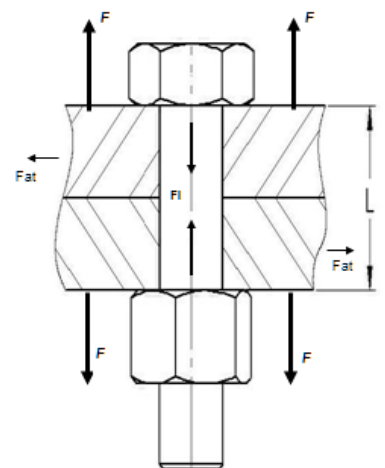


Figura 82 – Cargas Aplicadas

4.4 Conclusão das Análises Computacionais

Através do uso de ferramentas computacionais com análise de elementos finitos, foi possível concluir que a plataforma resistirá às cargas aplicadas, que serão transmitidas a todas às vigas projetadas e calculadas. As diferenças entre os tipos de contatos também embasaram as análises de conjunto. A análise do acoplamento da plataforma ao chassi do veículo também incluiu importantes informações nas avaliações do projeto. Da mesma forma, antes da instalação, deve-se avaliar o chassi do veículo para que se possa aplicar a estrutura e o suporte de forma adequada. Após todas essas análises um esboço do conjunto será apresentado na Figura 83.

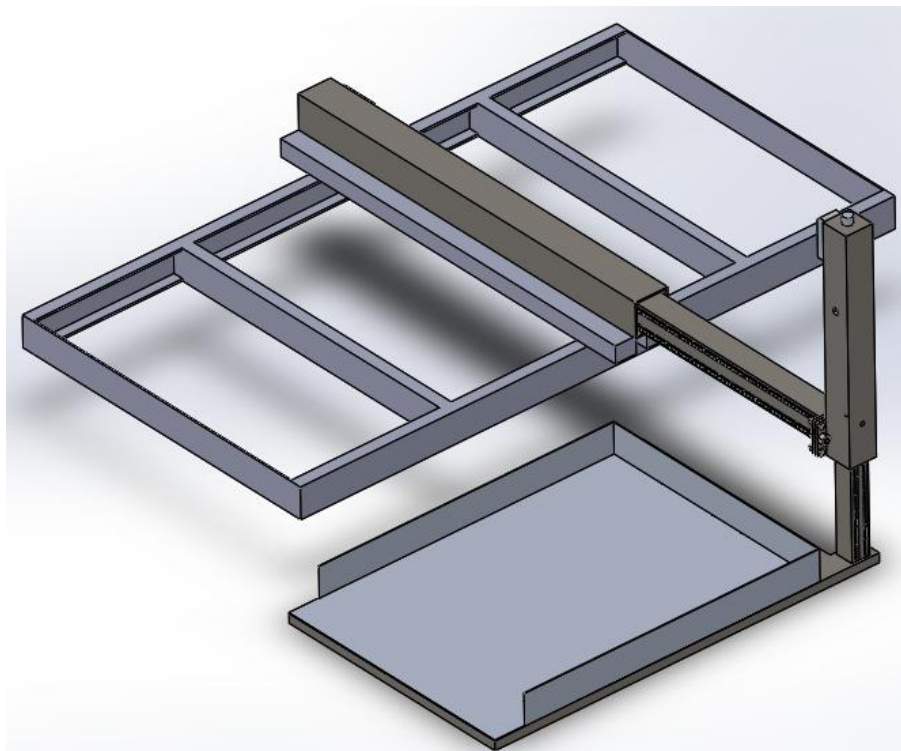


Figura 83 – Esboço Chassi e Plataforma

5 CONTROLE DO EQUIPAMENTO

O controle do equipamento necessita ser o mais simples possível para o usuário. Segundo a ABNT NBR 15646, a plataforma deve possuir botões fixos de fácil acesso e manuseio pelo motorista ou usuário. Para isso deve-se considerar a entrada e a saída do deficiente físico do veículo. Nessas condições, dois aparelhos acionadores são necessários: um interno fixo e outro remoto, o qual fará com que o deficiente consiga acionar a plataforma ao estar do lado de fora do veículo.

Cada controle deve ter quatro botões: um para a abertura do mecanismo, o segundo para o fechamento da estrutura, o terceiro será um botão de emergência caso aconteça algum problema durante a operação, e o quarto será para o travamento da cadeira de rodas na plataforma. O botão de emergência cortará o fornecimento de energia e a movimentação da plataforma poderá ser manual.

Em relação à operação dos atuadores LINAK, estes possuem o funcionamento da seguinte forma: o consumo em ampères varia de acordo com a carga. Ao especificar o uso da bateria do veículo para a geração de energia da plataforma, foi considerada a carga máxima de trabalho durante a operação (10 kN), carga essa que jamais será atingida. O máximo valor de carga esperado para a estrutura da plataforma é de 3 kN.

Dessa forma, devem-se designar os limites de amperagem de operação. No catálogo do atuador que será utilizado (LINAK LA36), são informadas as faixas de amperagem e velocidade em relação à carga. Por questões de limitação de velocidade da plataforma, usa-se o modelo '*G Gear*'. Essa nomenclatura se refere ao percurso por rotação do motor do atuador. Avaliando a curva, pode-se limitar o sistema a 4 kN, garantindo uma amperagem de aproximadamente 18 ampères (Figura 84).

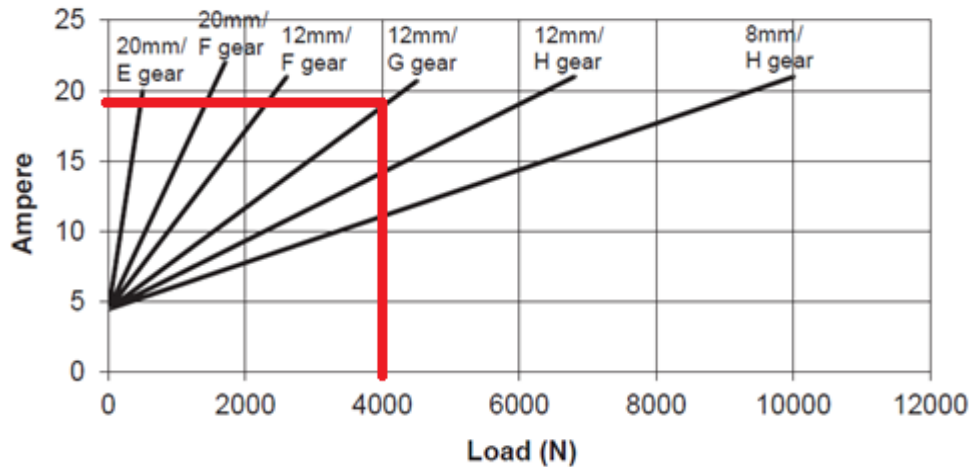


Figura 84 – Tabela de Carga contra Amperagem (LINAK, 2015)

Garantindo essa carga máxima de trabalho, chega-se à velocidade máxima do dispositivo, que vale aproximadamente 20 mm/s (Figura 85).

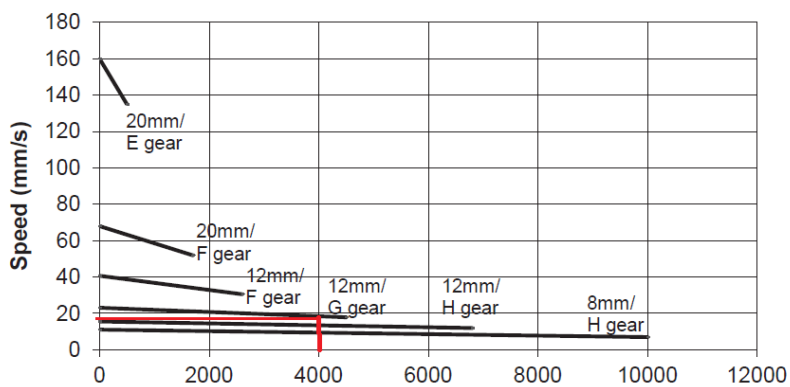


Figura 85 – Gráfico Carga x Velocidade (LINAK, 2015)

Com isso, estimando uma translação de 800 mm e uma descida de 300 mm, o tempo total de abertura/fechamento da plataforma será de aproximadamente um minuto, garantindo a segurança e o conforto do usuário.

Para o sistema de controle do equipamento, foi utilizada a programação lógica de Controladores Lógicos Programáveis (CLP) ou *Ladder*, bastante utilizada para controles de equipamentos automatizados. O CLP funciona de forma sequencial, realizando um ciclo de varredura em algumas etapas. Essas etapas foram descritas no programa *ZelioSoft*, específico para esse tipo de programação e serão descritas nas Figuras 86 e 87.

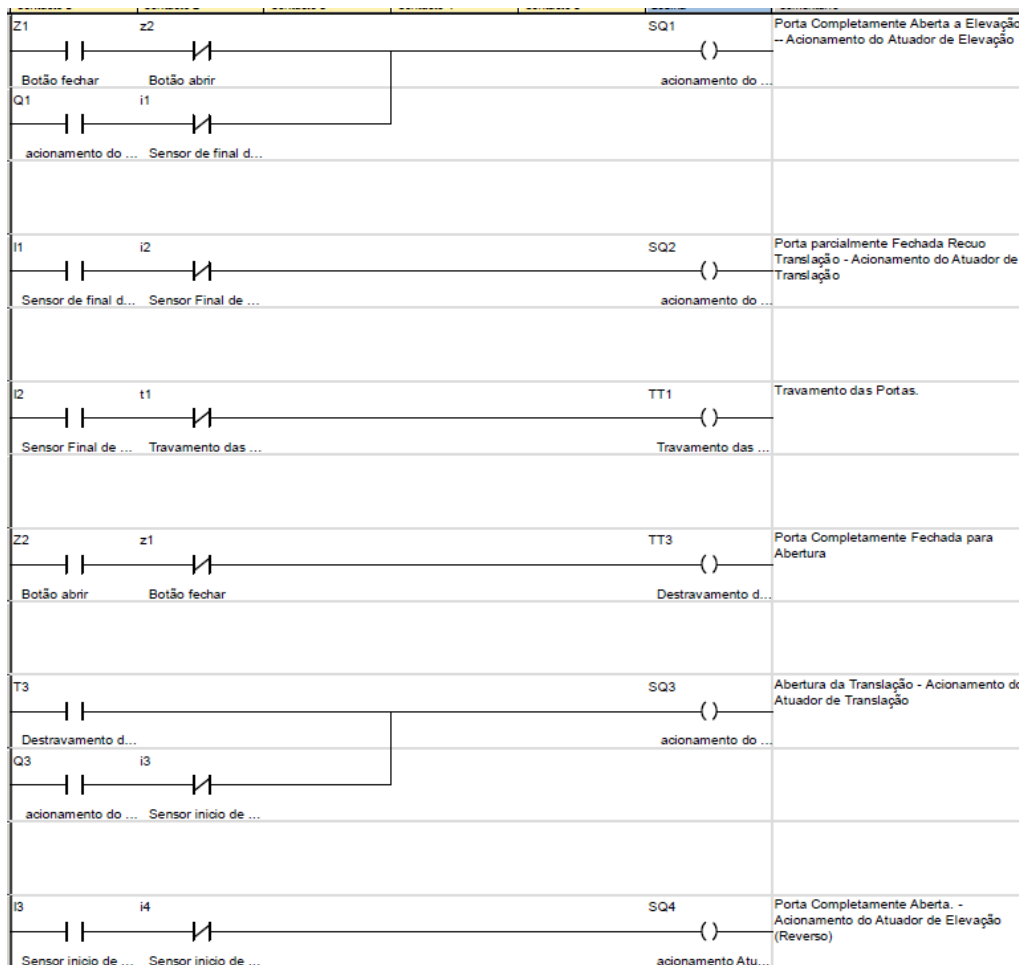


Figura 86 – Sequencia Lógica de Controle

Entradas físicas

Nº	Símbolo	Função	Bloqueio	Parâmetros	Localização (L/C)	Comentário
I1		Entradas DIG	---	Sem parâmetros	(2/2) (4/1)	Sensor de final de curso Elevação
I2		Entradas DIG	---	Sem parâmetros	(4/2) (6/1)	Sensor Final de Curso Translação
I3		Entradas DIG	---	Sem parâmetros	(11/2) (13/1)	Sensor início de Curso de Translação
I4		Entradas DIG	---	Sem parâmetros	(13/2)	Sensor início de Curso Elevação - CHAO

Teclas do módulo

Nº	Símbolo	Função	Localização (L/C)	Comentário
Z1		Teclas Zx	(1/1) (8/2)	Botão fechar
Z2		Teclas Zx	(1/2) (8/1)	Botão abrir

Saídas físicas

Nº	Símbolo	Função	Remanência	Localização (L/C)	Comentário
Q1		Saídas DIG	Não	(1/6) (2/1)	acionamento do atuador de elevação
Q2		Saídas DIG	Não	(4/6)	acionamento do atuador de translação
Q3		Saídas DIG	Não	(10/6) (11/1)	acionamento do atuador de Translação - REVERSO
Q4		Saídas DIG	Não	(13/6)	acionamento Atuador de Elevação (Reverso)

Funções parametrizáveis

Nº	Símbolo	Função	Bloqueio	Remanência	Parâmetros	Localização (L/C)	Comentário
T1		Temporizadores	Não	Não	Ver detalhes mais adiante	(6/2) (6/6)	Travamento da...
T3		Temporizadores	Não	Não	Ver detalhes mais adiante	(8/6) (10/1)	Destravament...

Figura 87 – Descrição da Sequência Lógica do Controle

Através desses diagramas consegue-se separar as etapas de abertura e fechamento das portas. Para isso devem-se instalar ainda quatro sensores de posição na plataforma, garantindo que o posicionamento estará sendo monitorado, evitando assim problemas no uso da plataforma. Os sensores terão as seguintes funções:

Sensor I1: Detectará o final do curso de elevação;

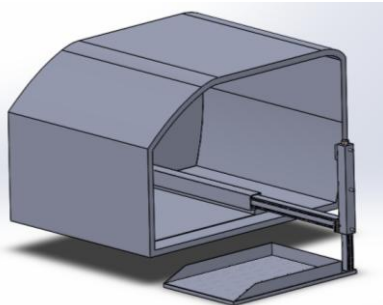
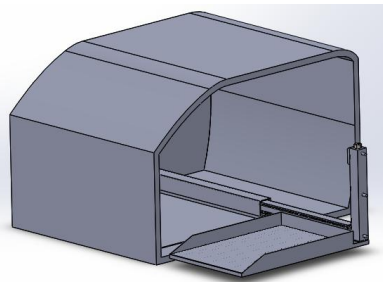
Sensor I2: Detectará o final do curso de translação (Plataforma completamente fechada);

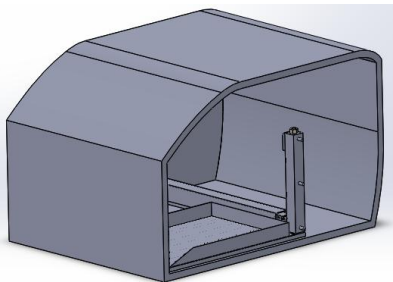
Sensor I3: Detectará o máximo curso de translação;

Sensor I4: Detectará o contato da plataforma com o chão ou calçada (Plataforma completamente aberta).

As posições da plataforma e as respostas dos sensores estão identificadas e descritas na Tabela 8.

Tabela 8 – Resposta dos Sensores de Posição

Condição da Plataforma	Condição dos Sensores										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="884 1202 1075 1258">SENSOR</th> <th data-bbox="1075 1202 1278 1258">CONDIÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="884 1258 1075 1314">I1</td> <td data-bbox="1075 1258 1278 1314">OFF</td> </tr> <tr> <td data-bbox="884 1314 1075 1370">I2</td> <td data-bbox="1075 1314 1278 1370">OFF</td> </tr> <tr> <td data-bbox="884 1370 1075 1426">I3</td> <td data-bbox="1075 1370 1278 1426">ON</td> </tr> <tr> <td data-bbox="884 1426 1075 1482">I4</td> <td data-bbox="1075 1426 1278 1482">ON</td> </tr> </tbody> </table>	SENSOR	CONDIÇÃO	I1	OFF	I2	OFF	I3	ON	I4	ON
SENSOR	CONDIÇÃO										
I1	OFF										
I2	OFF										
I3	ON										
I4	ON										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="884 1568 1075 1624">SENSOR</th> <th data-bbox="1075 1568 1278 1624">CONDIÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="884 1624 1075 1680">I1</td> <td data-bbox="1075 1624 1278 1680">ON</td> </tr> <tr> <td data-bbox="884 1680 1075 1736">I2</td> <td data-bbox="1075 1680 1278 1736">OFF</td> </tr> <tr> <td data-bbox="884 1736 1075 1792">I3</td> <td data-bbox="1075 1736 1278 1792">ON</td> </tr> <tr> <td data-bbox="884 1792 1075 1848">I4</td> <td data-bbox="1075 1792 1278 1848">OFF</td> </tr> </tbody> </table>	SENSOR	CONDIÇÃO	I1	ON	I2	OFF	I3	ON	I4	OFF
SENSOR	CONDIÇÃO										
I1	ON										
I2	OFF										
I3	ON										
I4	OFF										

	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="885 235 1077 286">SENSOR</th> <th data-bbox="1077 235 1276 286">CONDIÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="885 286 1077 347">I1</td> <td data-bbox="1077 286 1276 347">ON</td> </tr> <tr> <td data-bbox="885 347 1077 407">I2</td> <td data-bbox="1077 347 1276 407">ON</td> </tr> <tr> <td data-bbox="885 407 1077 468">I3</td> <td data-bbox="1077 407 1276 468">OFF</td> </tr> <tr> <td data-bbox="885 468 1077 528">I4</td> <td data-bbox="1077 468 1276 528">OFF</td> </tr> </tbody> </table>	SENSOR	CONDIÇÃO	I1	ON	I2	ON	I3	OFF	I4	OFF
SENSOR	CONDIÇÃO										
I1	ON										
I2	ON										
I3	OFF										
I4	OFF										

Os sensores de posição devem ser localizados nas extremidades das vigas. Existem diversos tipos de sensores no mercado com essa finalidade. Serão utilizados sensores de proximidade que irão monitorar o curso final e o curso inicial das vigas, garantindo a segurança do usuário e também do equipamento. Também se deseja monitorar o contato da plataforma ao piso com esse tipo de sensor. O modelo que se deseja usar é da *Autonics* (Figura 88).



Figura 88 – Sensores de Proximidade (www.salfatis.com.br, 2015)

6 CONCLUSÕES

6.1 Conclusões Gerais

O projeto apresenta a seguinte sequência: Começa abordando o conceito do projeto relativo as normas. Em seguida, enfatiza-se a acessibilidade e os equipamentos relevantes que são voltados ao mesmo público. Como continuação, avaliam-se os equipamentos necessários à plataforma e o seu projeto estrutural. Então, faz-se uma análise computacional de um modelo semelhante. Por fim avalia-se o controle lógico dos equipamentos da plataforma.

No decorrer desse projeto foram analisados os produtos existentes no mercado juntamente com as normas vigentes. A primeira escolha foi relacionada ao chassi do veículo. Para que a concepção fosse viável nesse momento, foi escolhido o chassi escada. Além disso, a escolha do atuador linear elétrico também permitiu que a plataforma tivesse um funcionamento ideal sem envolver unidades hidráulicas ou pneumáticas. A proposta do sistema de controle também garante que os movimentos não ocorram de forma inadequada e garantam a segurança do usuário.

A busca pela acessibilidade ainda se apresenta de forma restrita, devido aos custos de alterações de projetos e o baixo incentivo de políticas públicas nesse âmbito. O intuito é que mais indivíduos entendam as dificuldades enfrentadas pelos deficientes e que possam a cada dia melhorar suas condições de vida. O principal intuito desse projeto e dessa área de pesquisa é garantir a autonomia do usuário. Todos os parâmetros possíveis foram avaliados para que se garantisse isso com esse estudo. O cenário é promissor, visto que, a cada ano, mais projetos se adaptam aos deficientes e futuros planos diretores buscam uma maior igualdade social. O objetivo primordial é criar uma sociedade indiferente às diferenças e com igualdade de estrutura urbana.

Além de buscar a completa autonomia do deficiente (ponto principal desse projeto), esse projeto tratou da criação de uma plataforma elevatória em um veículo de passeio. No entanto, a avaliação da carroceria em monobloco para essa plataforma se faz obrigatória, para que se possa difundir o projeto de maneira mais abrangente. Essa plataforma já é amplamente vendida nos Estados Unidos da América em veículos de

grande porte, devido a gama de veículos bem maiores comparados aos veículos brasileiros.

A principal contribuição desse projeto é a versatilidade da plataforma. Esse modelo pode ser utilizado em veículos ou em locais públicos, onde o deficiente tem que vencer baixas alturas (menos que 1 m). Esta plataforma se mostrou bastante compacta, e seu conceito pode ser aplicado em inúmeras atividades.

Esse veículo adaptado nos Estados Unidos está na faixa dos cinquenta mil dólares. O veículo sem adaptação custa em torno de trinta mil dólares.

Conclui-se através desse estudo que essa plataforma pode ser adaptada a veículos com o chassi do tipo escada e com duas fileiras de bancos, devido ao espaço ocupado pela plataforma no habitáculo do veículo. Para que a plataforma seja adaptada a um veículo com carroceria monobloco, deve-se avaliar a rigidez da estrutura para a instalação da plataforma.

6.2 Sugestões

O sistema da plataforma poderia ser aprimorado com o uso de materiais mais resistentes e compactos, diminuindo o peso da estrutura e facilitando sua instalação, contudo isso poderia significar um aumento de custo na fabricação, o que deveria ser analisado. Outra opção interessante seria analisar a estrutura monobloco para que se possa instalá-la. Esse tipo de estrutura não possui tamanha resistência em relação aos chassis. No entanto, devem-se avaliar reforços necessários para essa adaptação. A avaliação da carroceria torna-se fundamental para que a plataforma seja adequadamente instalada e utilizada.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 9050 - Acessibilidade a Edificações: Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos, 2005.

ABNT NBR 14970-1 - Acessibilidade em Veículos Automotores- Requisitos de Dirigibilidade, 2003.

ABNT NBR 14970-2 - Acessibilidade em Veículos Automotores- Diretrizes para avaliação clínica de condutor, 2003.

ABNT NBR 14970-3 - Acessibilidade em Veículos Automotores- Diretrizes para avaliação da dirigibilidade do condutor com mobilidade reduzida em veículo automotor apropriado, 2003.

ABNT NBR 15320 - Acessibilidade à pessoa com deficiência no transporte rodoviário; 2005.

ABNT NBR ISO 9386-1-1 - Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida – Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional; 2000.

ABNT NBR 14022 - Acessibilidade em veículos de características urbanas para o transporte coletivo de passageiro; 2011.

ABNT NBR 15646 - Acessibilidade – Plataforma elevatória veicular e rampa de acesso veicular para acessibilidade em veículos com características urbanas para o transporte coletivo de passageiros – Requisitos de desempenho, projeto, instalação e manutenção, 2011.

ABNT NBR ISO 9386-1 - Plataformas de Elevação Motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida- Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional, 2013.

AZEVEDO, D., 2014, **Análise Estrutural com Ansys Workbench**.

BAISE, Luiza Zamarian. **Apostila de Robótica**. Universidade Nove de Julho.

BUDYNAS, R. G., 2011, **Elementos de Máquinas de Shigley**, 8a ed. Porto Alegre, AMGH Editora Ltda.

CASTRO, M. S., 2008, **Metodologia para Melhoria da Rigidez Torcional de Componentes Estruturais Automotivos**, M.Sc., UFSC.

CRAIG, R. R., 2003, **Mecânica dos Materiais**, 2a ed. Rio de Janeiro, LTC.

CRANDALL, S. H, ARCHER, R. R, 1978, **Na Introduction to the Mechanics of Solids**, 2 ed. McGraw-Hill Book Company.

DECRETO LEI n° 5296, de 2 de dezembro de 2004 - Normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.

DIAS, Fabricio Bertholi. **Apostila de Atuadores Pneumáticos**. CEFET – ES.

FERREIRA, Dario Magno Batista. **Apostila de Noções de Hidráulica**, CEFET – BA.

FRANCIS, V., RAI, R. K., **Structural Analysis of Ladder Chassis Frame for Jeep Using Ansysm**, SSET, India.

FURTADO, D. C., 2013, **Análise Estrutural de Chassi de Veículos Automotivos**, UnB – Universidade de Brasília.

FROTA, Thais, **Cadeira de rodas e sua Evolução Histórica**, Disponível em: <http://www.vidamaislivre.com.br/colunas/post.php?id=479&/quando_e_onde_comecam_a_falar_em_acessibilidade>. Acesso em: 28 jun. 2015.

GARCIA, Vera, **Cadeira de rodas e sua Evolução Histórica**, Disponível em: <<http://www.deficienteciente.com.br/2012/01/cadeira-de-rodas-e-sua-evolucao-historica.html>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

HALDERMAN, J. D., 1996, **Automotive Chassis System**, 4 ed. Paperback.

JENKINS, E., 2010, **FSAE Chassis: Phase IV Report**, University of Delaware.

LINAK, **Catálogo de Atuadores Elétricos (Actuators for Mobility)**, 2015.

PINA FILHO, Armando Carlos de. **Apostila de Desenho Técnico para Engenharia Mecânica**, Escola Politécnica, UFRJ, 2011.

ROSA, D., **Material sobre Atuadores**. Disponível em: <ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM372/>. Acesso em: 15 jun. 2015.

SAMAHÁ, Fabrício; CARTAXO, Iran. **Monobloco e carroceria sobre chassi: vantagens e desvantagens.** Best Cars Web Site, 21 fev. 2009. Disponível em: <[http://bestcars.uol.com.br/ct2 /chassi-monobloco.htm](http://bestcars.uol.com.br/ct2/chassi-monobloco.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

SASSAKI, Romeu; **Inclusão de pessoas com deficiência,** Disponível em <<http://www.bengalalegal.com/nada-sobre-nos>>. Acesso em: 16 maio 2015.

TENENBAUM, R. A., 2006, **Dinâmica Aplicada,** 3a ed. São Paulo, Manole.

Apêndice A – Memória de Cálculo

Bloco I:

Flecha da viga interna da plataforma

$$\text{Flecha} := \frac{\frac{250}{5} \text{kgf} \cdot (720\text{mm})^3 \cdot (180\text{mm})^3}{3 \cdot 207\text{GPa} \cdot \frac{\frac{5}{16} \text{in} \cdot \left(\frac{5}{8} \text{in}\right)^3}{12} \cdot (1\text{m})^3} = 0.649\text{mm}$$

Flecha máxima da viga interna:

$$\text{Flecha}_{\text{max}} := \frac{2}{3} \cdot \frac{\frac{250}{5} \text{kgf} \cdot (720\text{mm})^3 \cdot (180\text{mm})^2}{207\text{GPa} \cdot \frac{\frac{5}{16} \text{in} \cdot \left(\frac{5}{8} \text{in}\right)^3}{12} \cdot (1\text{m})^2} \cdot \left[\left(\frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 720\text{mm}}{1\text{m}}} \right)^2 \right] = 1.212\text{mm}$$

Valor da Torção na Viga A:

$$M_a := \frac{250}{4} \text{kgf} \cdot 180\text{mm} = 110.325\text{N} \cdot \text{m}$$

Ângulo de torção da Viga A:

$$\phi := \frac{M_a \cdot 180\text{mm}}{75.8\text{GPa} \cdot (2.2 \cdot 10^4 \text{mm}^4)} = 0.682\text{deg}$$

Valor da Torção na Viga B:

$$M_b := \frac{250}{4} \text{kgf} \cdot 120\text{mm} = 73.55\text{N} \cdot \text{m}$$

Flecha da Viga B (Engastada):

$$\text{flecha}_U := \frac{500\text{kgf} \cdot (180\text{mm})^2}{6 \cdot 207\text{GPa} \cdot (1.904010^5 \cdot \text{mm}^4)} \cdot (180\text{mm} - 3 \cdot 120\text{mm}) \cdot -1 = 2.298\text{mm}$$

Tensão Máxima de Flexão da Viga:

$$\text{Sigma} := \frac{\frac{-Mb \cdot 720\text{mm}}{1\text{m}} \cdot 24\text{mm}}{1.904010^5 \cdot \text{mm}^4} = -6.675\text{MPa}$$

Momento de Flexão da Viga de Elevação:

$$M_m := 80\text{kgf} \cdot 600\text{mm} + 0.46\text{m} \cdot \frac{250}{5}\text{kgf} + 0.12\text{m} \cdot \frac{250}{5}\text{kgf} + \frac{250}{5}\text{kgf} \cdot 250\text{mm}^2 = 1 \times 10^3 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

Flexão da Viga de Elevação:

Momento de Inércia da Viga:

$$I_{vig} := \frac{a^4 - (a - 2f)^4}{12} = 3.075 \times 10^{-7} \text{m}^4$$

Tensão de Flexão da Viga:

$$\text{Sig} := \frac{M_m \cdot \frac{a}{2}}{I_{vig}} = 81.323\text{MPa}$$

Flexão da Solda de União:

$$\text{Sig}_m := \frac{M_m \cdot \frac{a}{2}}{I_v} = 50.014\text{MPa}$$

Bloco II:

Momento de Flexão na Viga Envolvedora:

$$M_m := 80\text{kgf} \cdot 600\text{mm} + 0.46\text{m} \cdot \frac{250}{5}\text{kgf} + 0.12\text{m} \cdot \frac{250}{5}\text{kgf} = 755.112\text{N} \cdot \text{m}$$

Solda Placa União:

$$asol := (1.414 \cdot 6mm(80mm + 100mm)) = 1.527 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \left| \right.$$

$$tens := \frac{350kgf}{asol} = 2.248MPa \quad \left| \right.$$

$$Sigsol := \frac{Mm \cdot 40mm}{\frac{(80mm + 100mm)^3}{6} \cdot 6mm} = 5.179MPa \quad \left| \right.$$

- Diâmetro dos Pinos:

Máximas Tensões Cisalhantes:

$$de := \left[\frac{32 \cdot 1.6}{3.14 \cdot 250MPa} \cdot \left[(350kgf \cdot 10mm)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\left(\frac{1}{3}\right)} = 13.082mm \quad \left| \right.$$

Critério de Deformações Lineares:

$$dd := \left[\frac{64 \cdot 350kgf \cdot (40mm)^3}{3 \cdot 3.14 \cdot 207GPa \cdot 1mm} \right]^{\frac{1}{4}} = 9.215mm \quad \left| \right.$$

Bloco III:

Flecha Viga Translação:

$$Ivige := \frac{(70mm)^4 - (70mm - 2f)^4}{12} = 9.208 \times 10^{-7} \text{ m}^4 \quad \left| \right.$$

$$yvt := \frac{500kgf \cdot (1m)^3}{3 \cdot 207GPa \cdot Ivige} = 8.575 \times 10^{-3} \text{ m} \quad \left| \right.$$

Apêndice B – Desenhos de Projeto

Os desenhos apresentados serão os seguintes:

MM01: Desenho de Conjunto

MM01 – 01 – Viga Envolvedora de Translação

MM01 – 02 – Viga de Translação

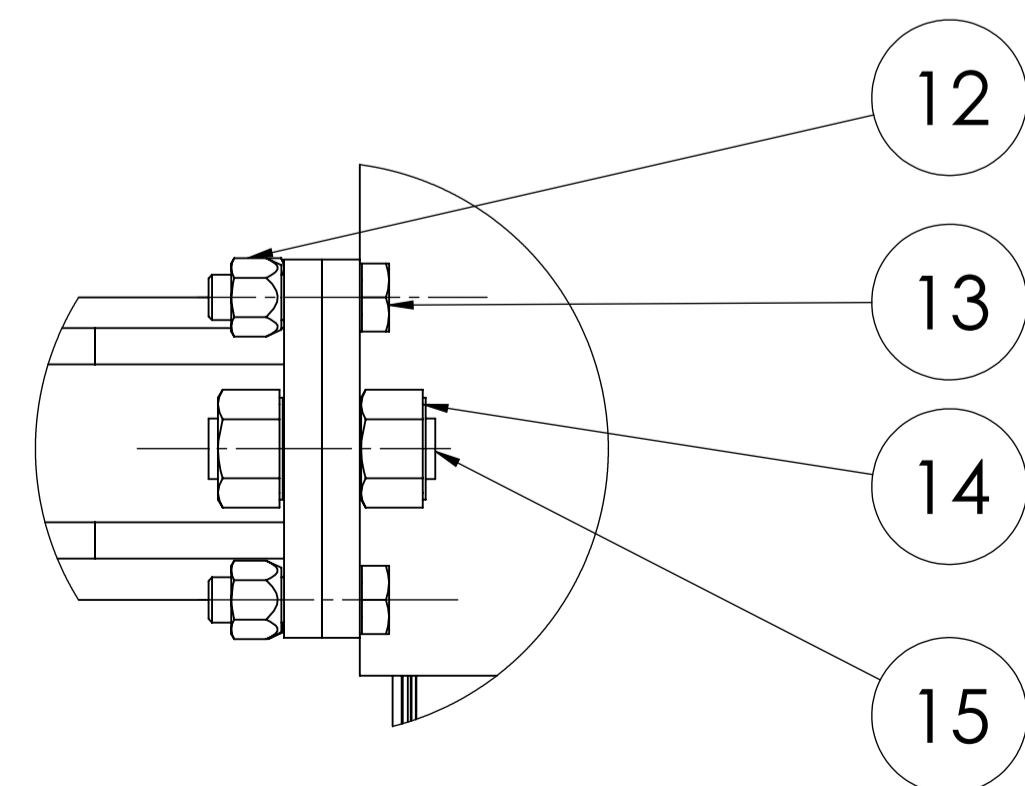
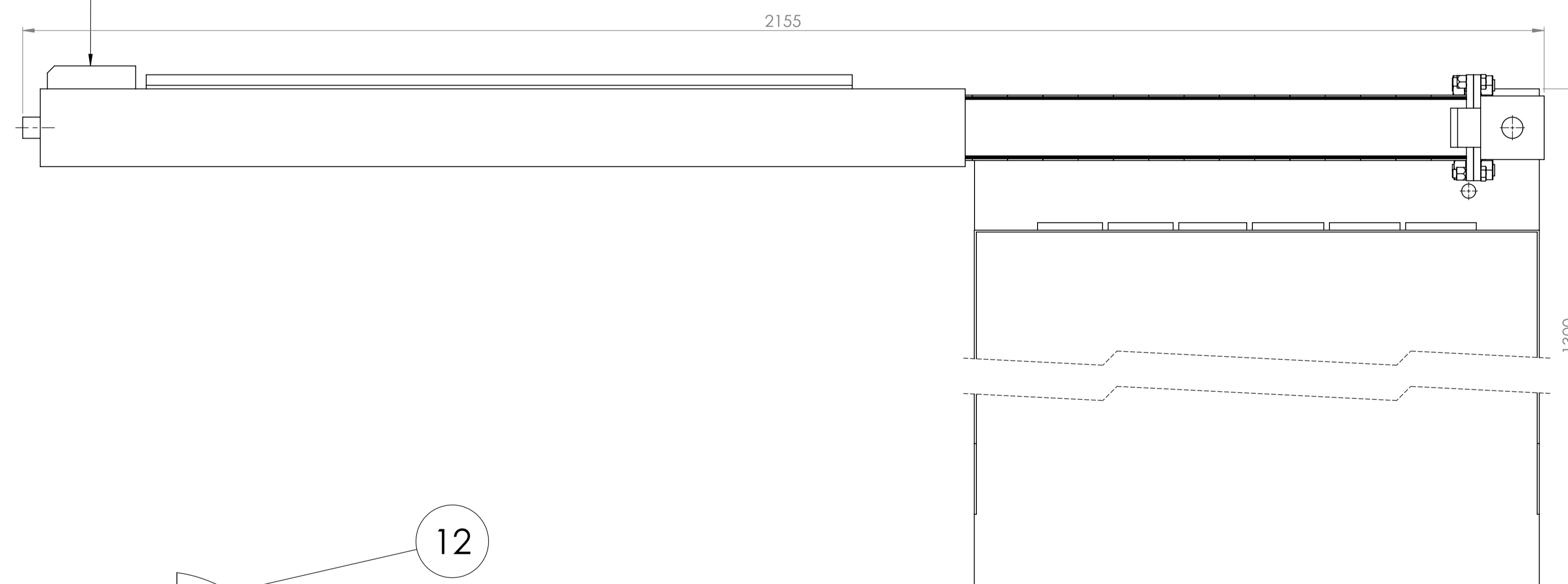
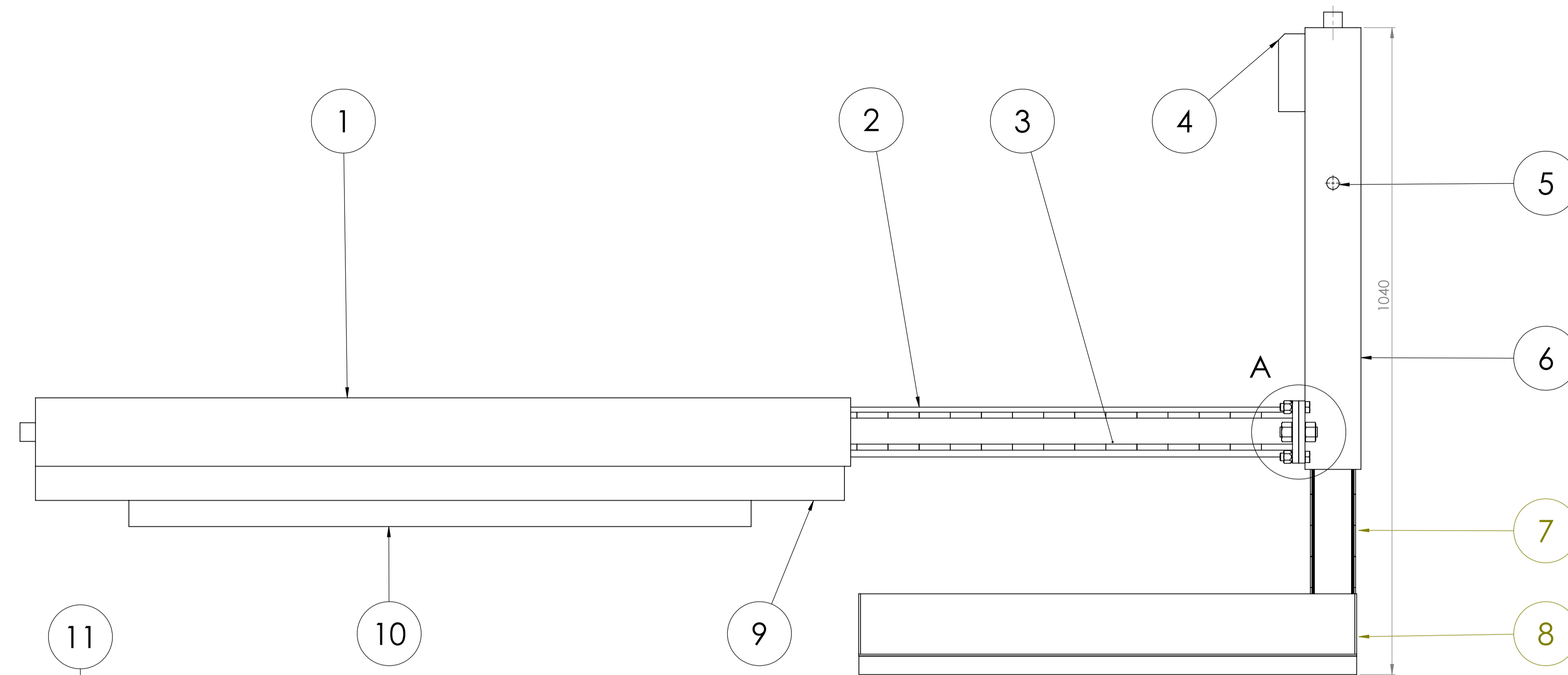
MM01 – 06 – Viga Envolvedora de Elevação

MM01 – 08 – Bloco I

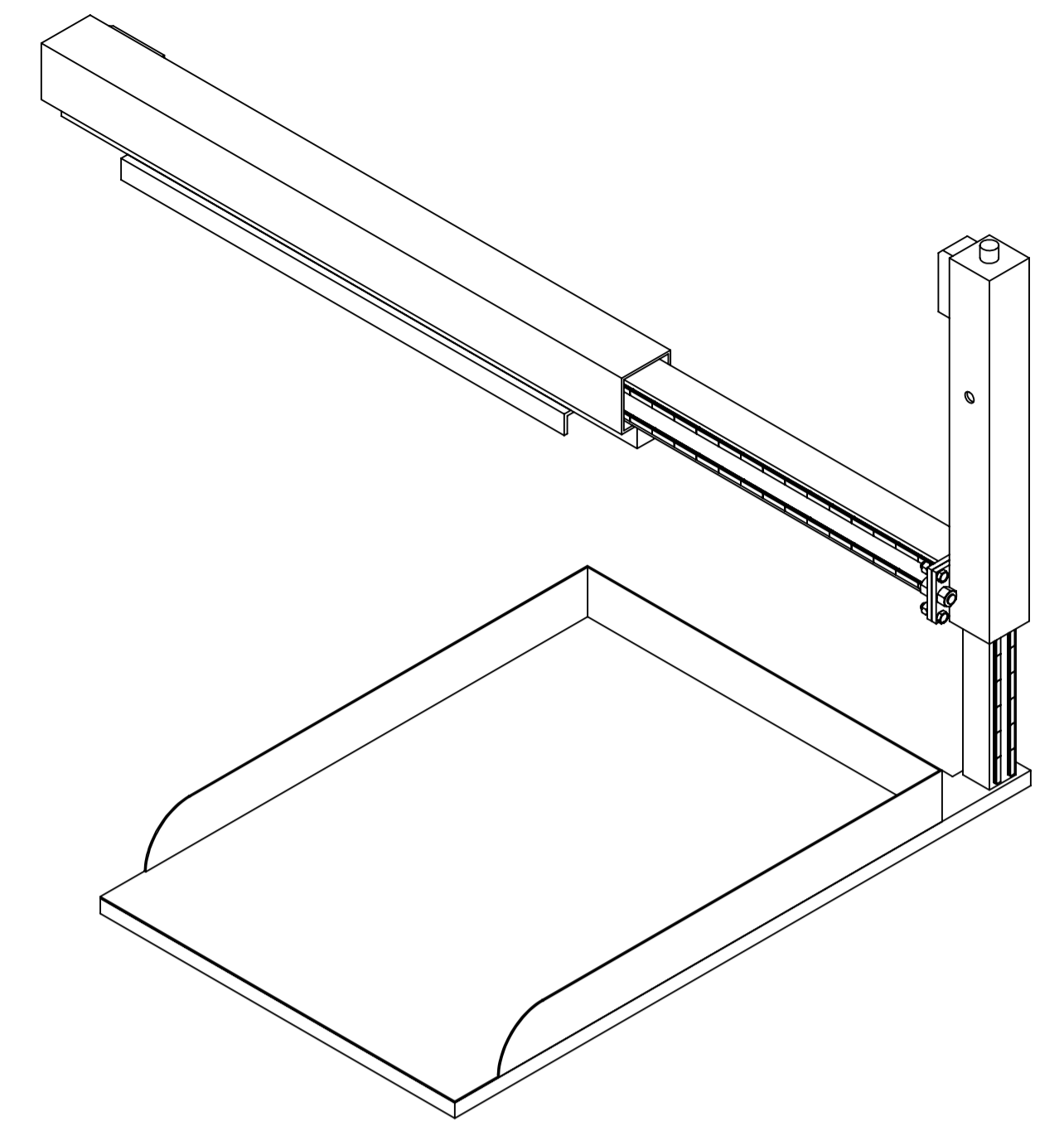
MM01-08-01 – Piso da Plataforma

MM01-08-02 – Base da Plataforma

MM01 – 15 – Pino Especial



DETALHE A
ESCALA 1 : 2



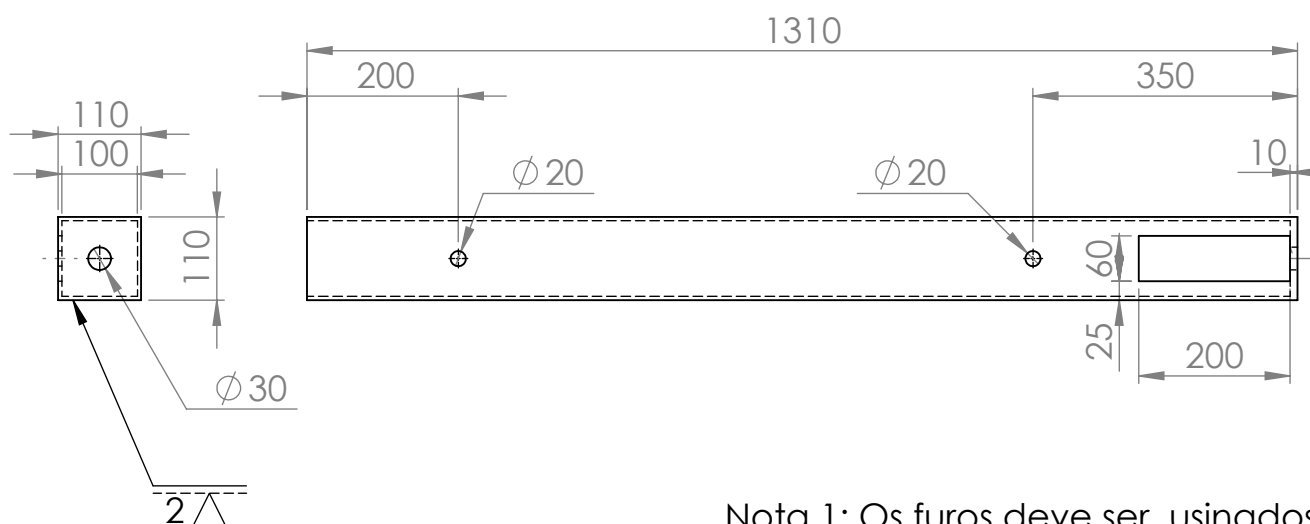
Escala: 1:10

15	Pino Especial	ASTM A36	2	0.3
14	Porca M16	AISI 304	4	0.3
13	Parafuso M12 Comp. 50mm	AISI 304	4	0.3
12	Porca M12	AISI 304	4	0.3
11	Atuador Linear LINAK LA36 (Translação)	Alumínio	1	3
10	Viga Base X Perfil C (100mm X 40 mm X 7mm Espessura)	ASTM A36	1	9
9	Ressalto Base (70mm x 55mm x 1300mm)	ASTM A36	1	30
8	Bloco 1 (Subconjunto)	ASTM A36	1	45
7	Guia Igus 0.45 metros e Patins Deslizante	Alumínio, Perfil Extrudado	4	2.5
6	Viga Envolvedora de Elevação	ASTM A36	1	14
5	Sensor de Posição SALVATIS	Alumínio	4	0.1
4	Atuador Linear LINAK LA36 (Elevação)	Alumínio	1	3
3	Guia IGUS X 1 metro e Patins Deslizante	Alumínio, Perfil Extrudado	4	5
2	Viga de Translação	ASTM A36	1	14
1	Viga Envolvedora de Translação	ASTM A36	1	42
ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL	QT.	PESO (kg)

Autor: Pedro Mobilio de Lima

Conjunto	Desenho: MM01	Agosto de 2015
Projeto Final de Graduação	UFRJ	1º Diedo
Prof.: Armando Carlos de Pina Filho	Escala: 1:5	Unidade: mm

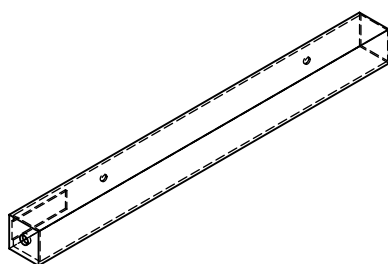
N10



Nota 1: Os furos deve ser usinados

Nota 2: A área vazada da viga (200 mm x 60 mm) deve ser feita com prensa.

Nota 3: A tampa do perfil deve ser soldada a viga quadrada.



Escala 1:20

Tolerância Geral : $\pm 0.1\text{mm}$

Autor: Pedro Mobilio de Lima

Viga Envolvedora de Transl.

Desenho: MM01-01

Agosto de 2015

Projeto Final de Graduação

UFRJ

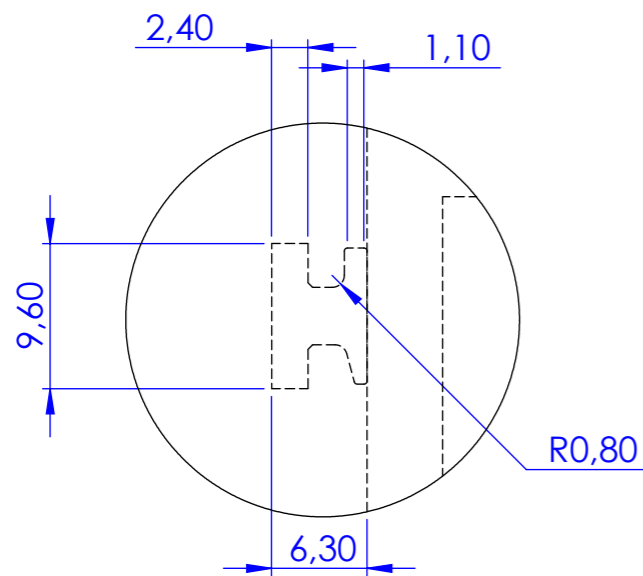
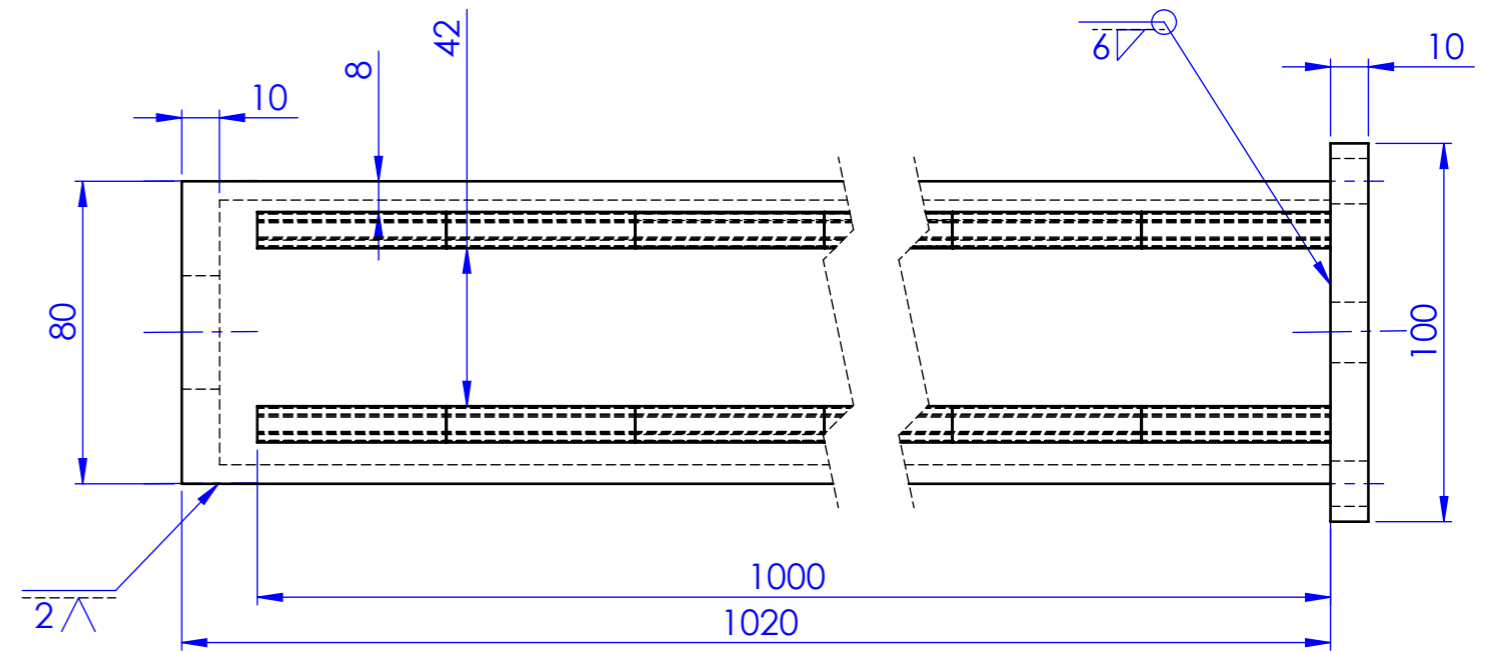
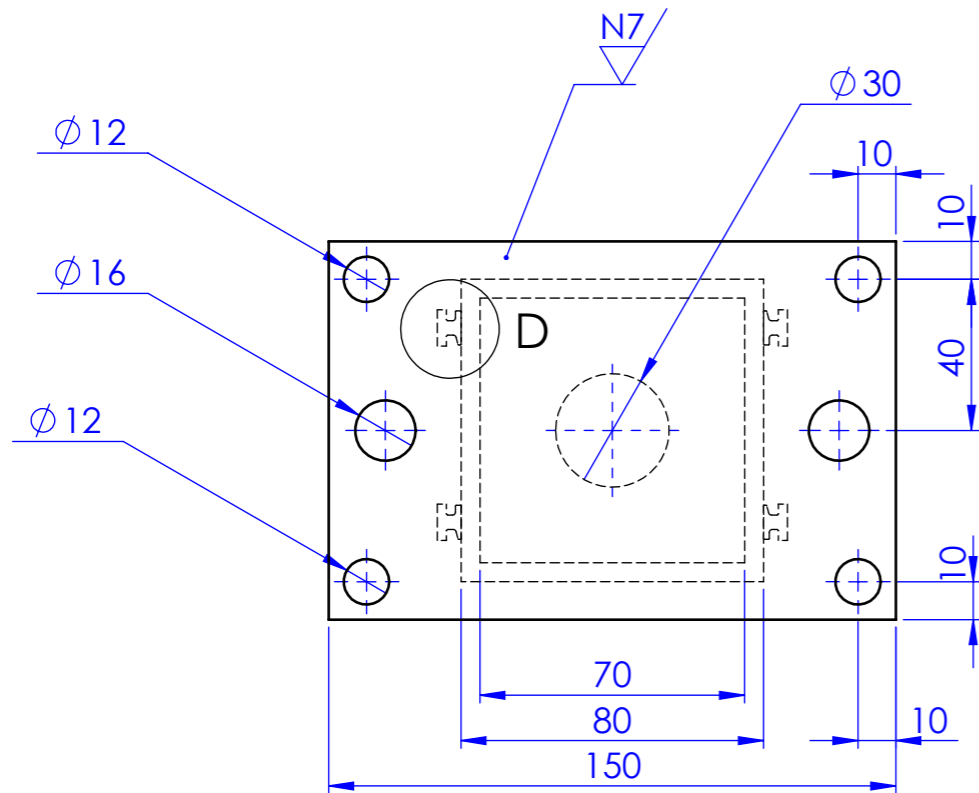
1º Diedro

Prof.: Armando Carlos de Pina Filho

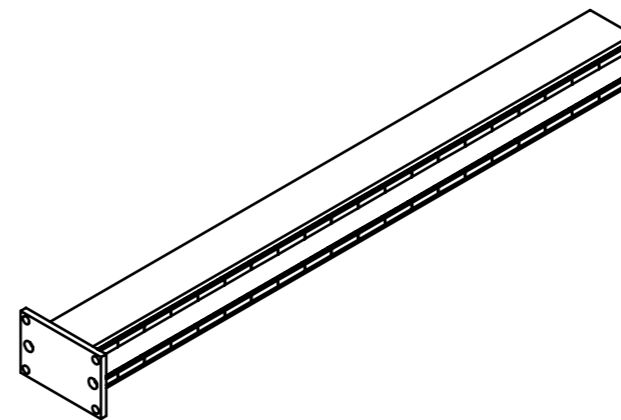
Escala: 1:10

Unidade: mm

N10



DETALHE D
ESCALA 2 : 1



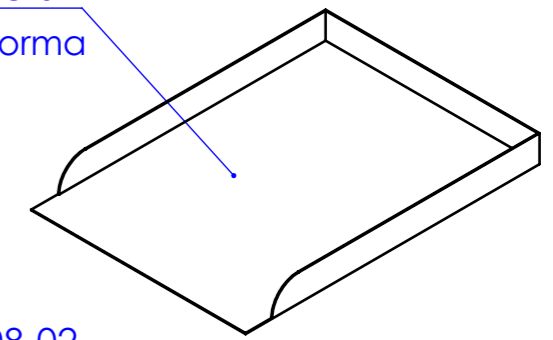
Escala: 1:10

- Nota 1: Os furos da placa e da viga devem ser usinados.
- Nota 2: A placa será fabricada por Fresamento.
- Nota 3: As guias devem ser aparafusadas as vigas, de acordo com recomendação do fabricante (Igu).

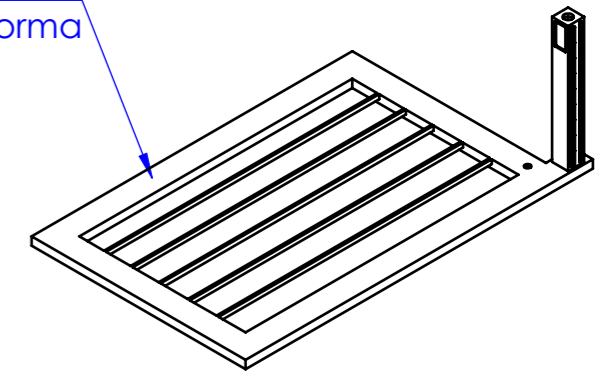
Tolerância Geral : $\pm 0.1\text{mm}$

Autor: Pedro Mobilio de Lima			
Viga de Translação	Desenho: MM01-02	Agosto de 2015	
Projeto Final de Graduação		UFRJ	1º Diedro
Prof.: Armando Carlos de Pina Filho	Escala: 1:2	Unidade: mm	

MM01-08-01
Piso Plataforma

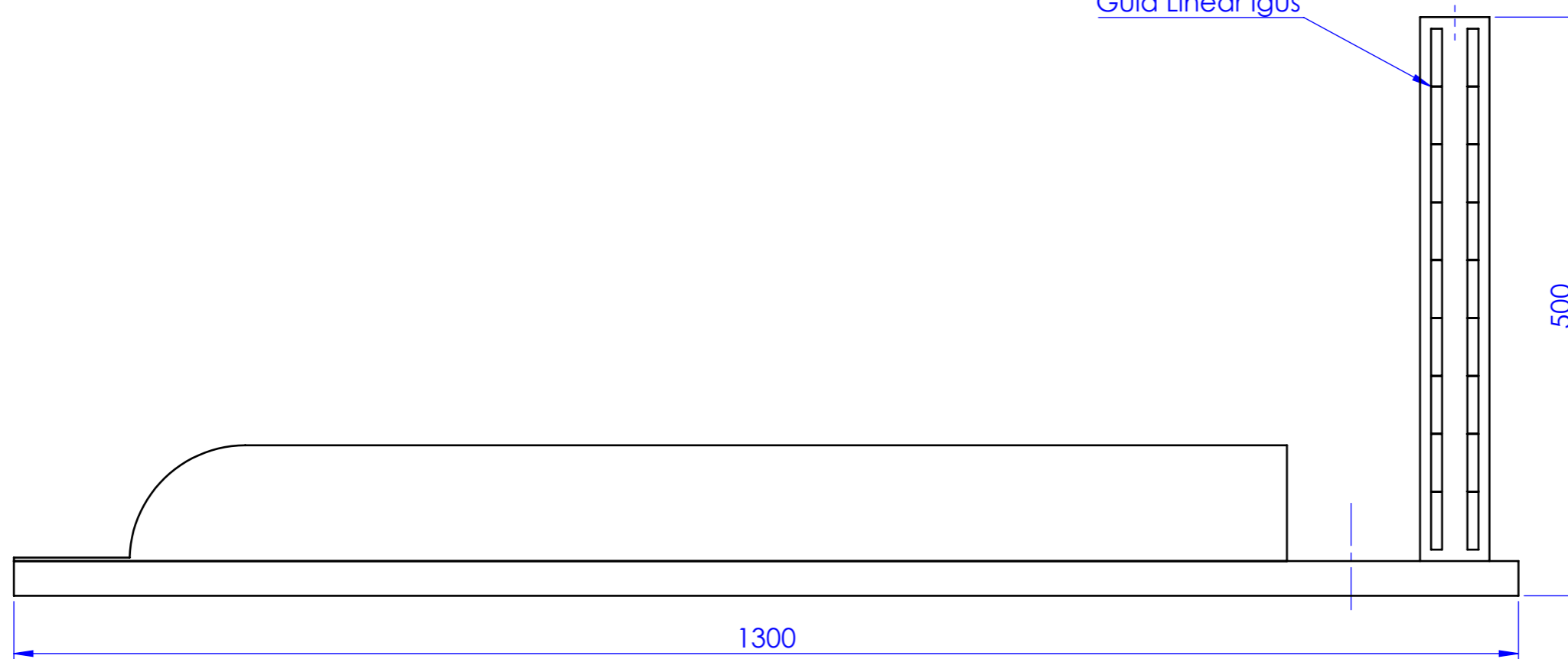


MM01-08-02
Base Plataforma



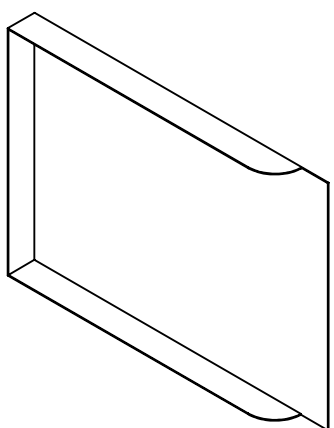
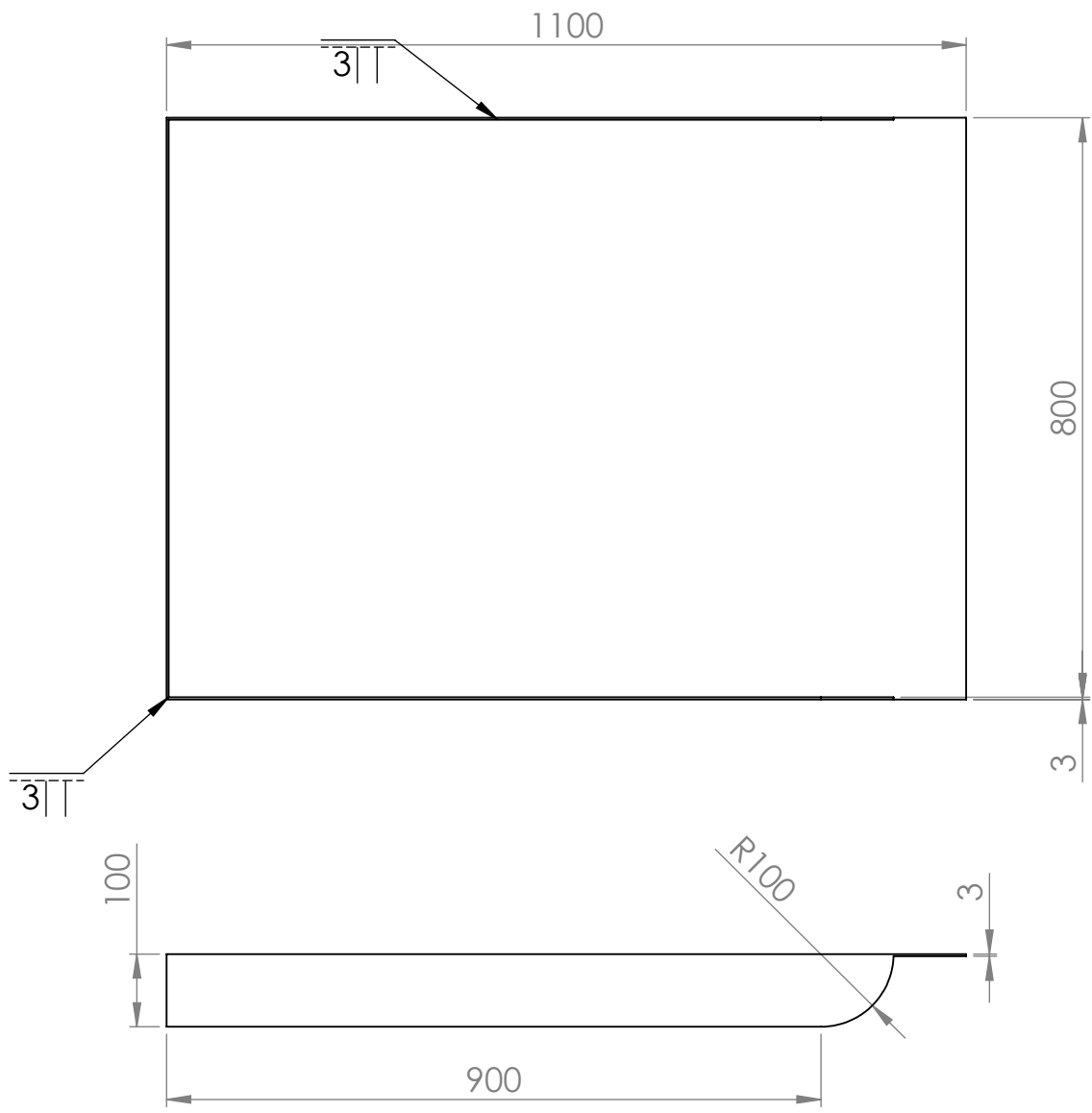
Escala 1:20

Guia Linear Iguis



Nota 1: As guias devem ser aparafusadas as vigas, de acordo com a recomendação do fabricante (Iguis).

Autor: Pedro Mobilio de Lima		
Bloco 1	Desenho: MM01-08	Agosto de 2015
Projeto Final de Graduação	UFRJ	1º Diedo
Prof.: Armando Carlos de Pina Filho	Escala: 1:10	Unidade: mm

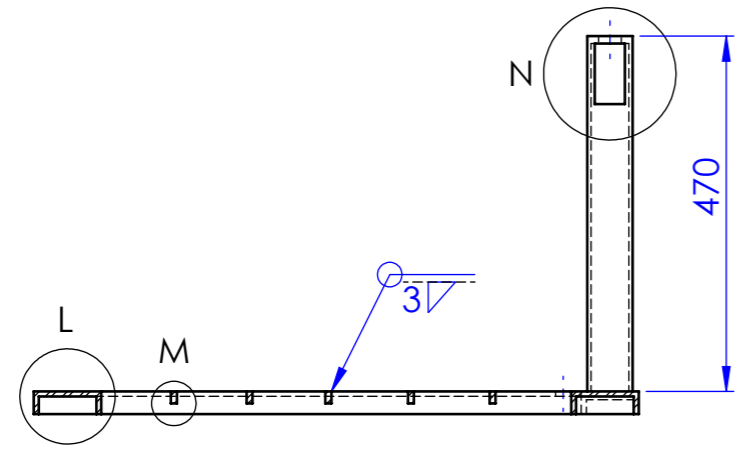
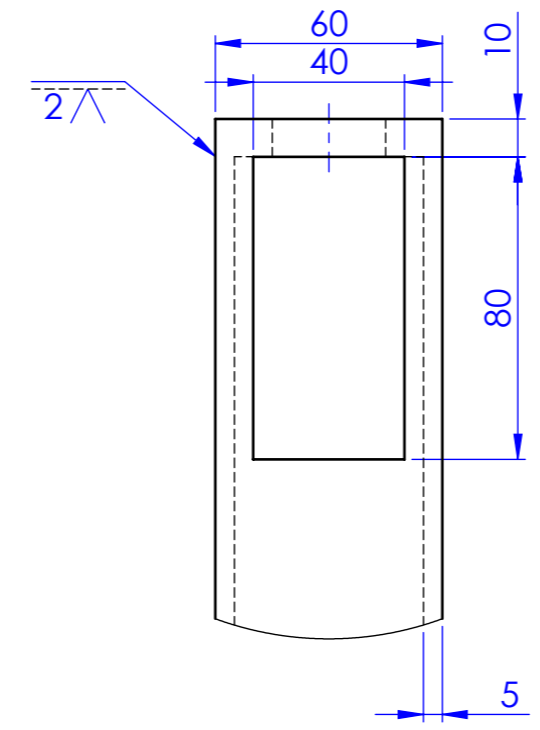
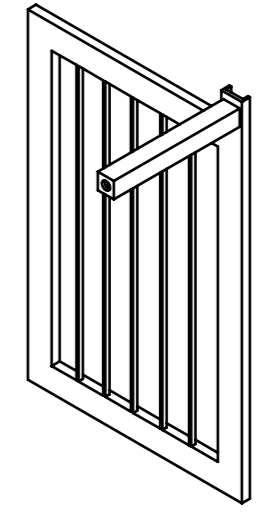
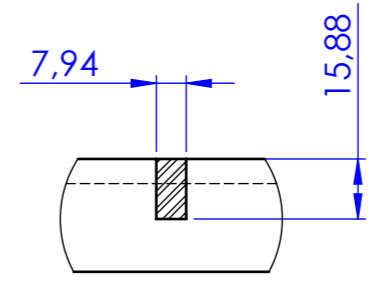
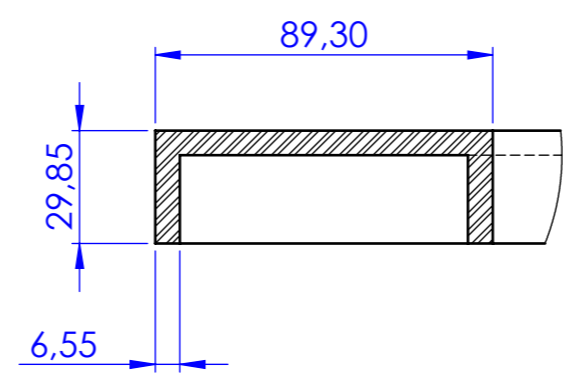
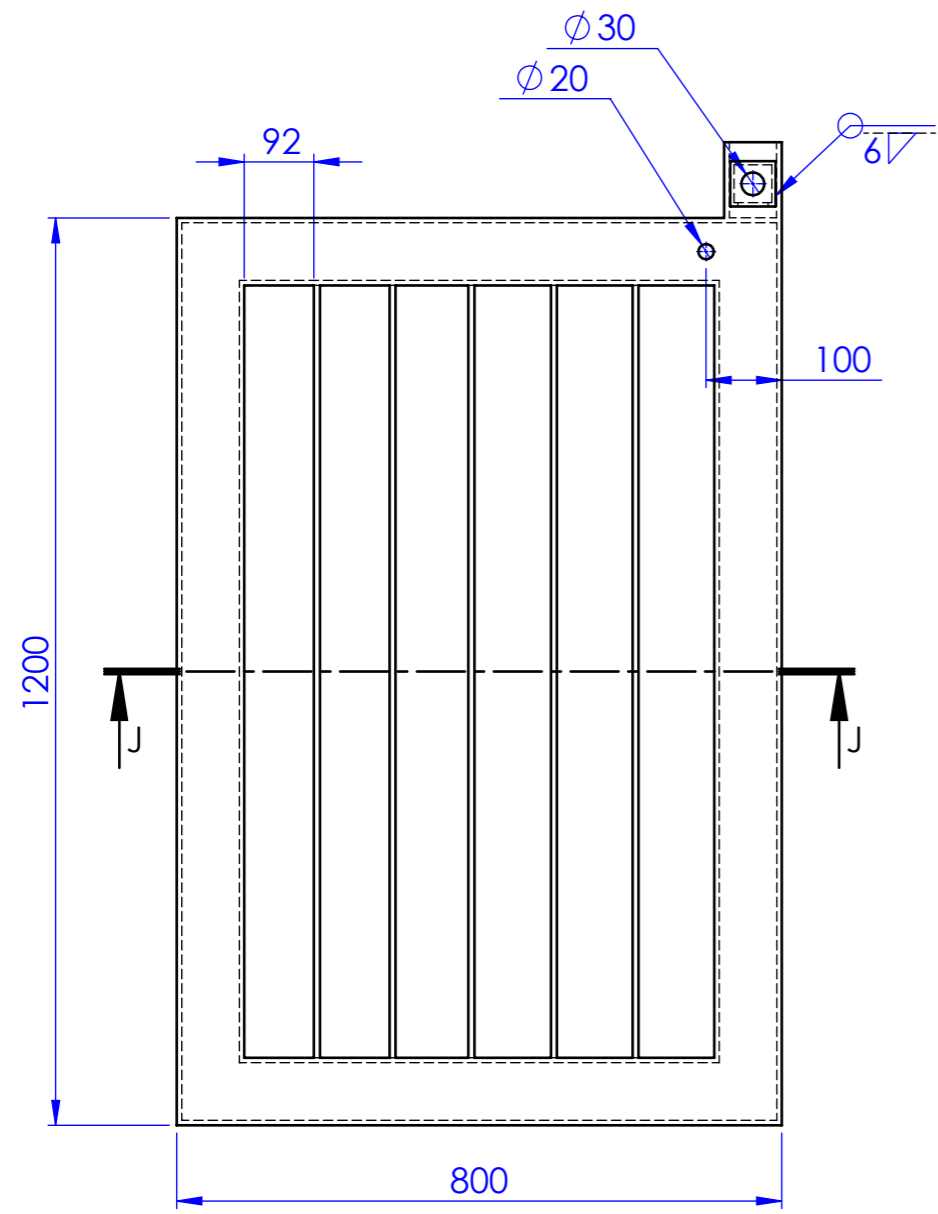


Nota 1: A chapa deve ser cortada e dobrada no formato do piso.
 Nota 2: Os cantos devem ser soldados.

Escala: 1:20

Tolerância Geral : ±0.1mm

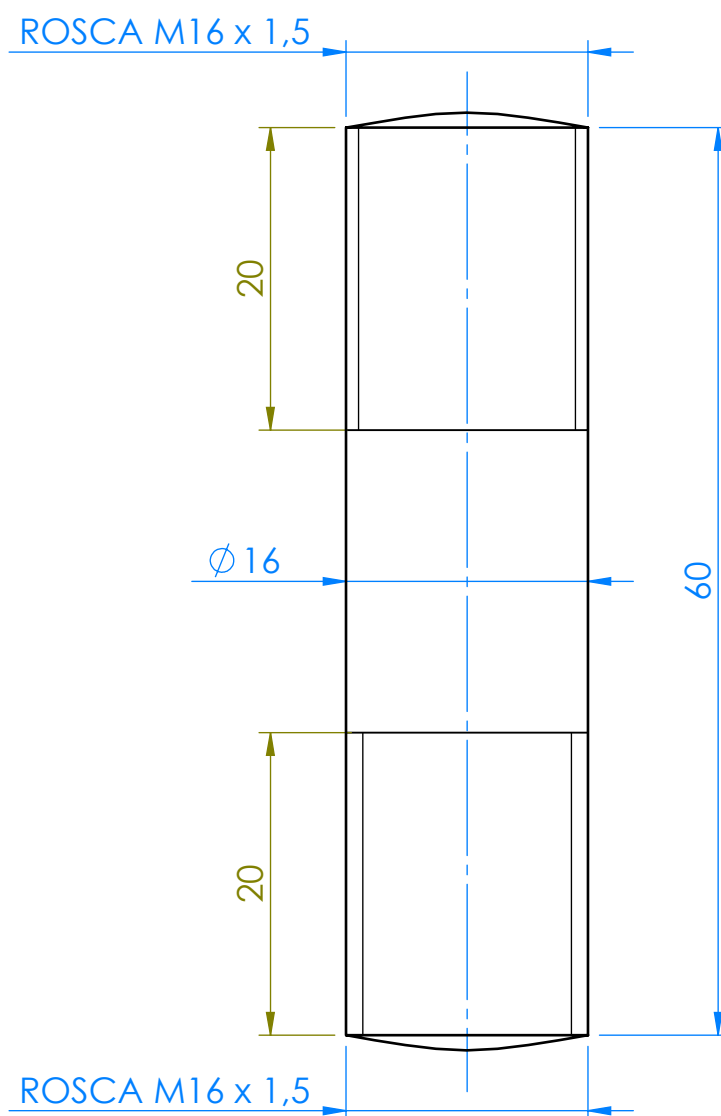
Autor: Pedro Mobilio de Lima		
Piso da Plataforma	Desenho: MM01-08-01	Agosto de 2015
Projeto Final de Graduação	UFRJ	1º Diedo
Prof.: Armando Carlos de Pina Filho	Escala: 1:10	Unidade: mm



- Nota 1: Os furos devem ser usinados.
- Nota 2: O furo de 20 mm na base da plataforma será utilizado para a instalação dos sensores de posição.
- Nota 3: A área vazada da viga (80mm x 60mm) deve ser soldada a viga quadrada.
- Nota 4: Os perfis 'U' devem ser soldados para formar a base retangular, também com filete de 6mm
- Nota 5: A tampa do perfil será soldada a viga quadrada.

Tolerância Geral : ± 0.1mm

Autor: Pedro Mobilio de Lima		
Base da Plataforma	Desenho: MM01-08-02	Agosto de 2015
Projeto Final de Graduação	UFRJ	1º Diedro
Prof.: Armando Carlos de Pina Filho	Escala: 1:10	Unidade: mm



Escala: 1:2

Nota 1: O pino e a rosca
devem ser fabricados
por torneamento.

Tolerância Geral : $\pm 0.1\text{mm}$

Autor: Pedro Mobilio de Lima

Pino Especial	Desenho: MM01-15	Agosto de 2015
Projeto Final de Graduação	UFRJ	1º Diedro
Prof.: Armando Carlos de Pina Filho	Escala: 2:1	Unidade: mm