



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Departamento de Engenharia Mecânica
DEM/POLI/UFRJ



CONCEPÇÃO E ANÁLISE DE PLATAFORMA MÓVEL TELEOPERADA E
TRILHO COM REGULAGEM DE ALTURA

Leonardo de Oliveira Dahmer

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. Vitor Ferreira Romano; Dott.Ric. Orientador

Prof. Fernando Alves Rochinha; DSc

Prof. Flávio de Marco Filho; DSc

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
AGOSTO DE 2013

Dahmer, Leonardo de Oliveira

Concepção e Análise de Plataforma Móvel
Teleoperada e Trilho com Regulagem de Altura/ Leonardo
de Oliveira Dahmer. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola
Politécnica, 2013.

vii, 92 p.:il; 29.7 cm.

Orientador: Vitor Ferreira Romano

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/
Curso de Engenharia Mecânica, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 65 – 66.

1. Plataforma Móvel 2. Trilho Modular I. Ferreira,
Vitor Romano. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,
UFRJ, Engenharia Mecânica III. Título

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

CONCEPÇÃO E ANÁLISE DE PLATAFORMA MÓVEL TELEOPERADA E TRILHO COM REGULAGEM DE ALTURA

Leonardo de Oliveira Dahmer

Agosto/2013

Orientador: Vitor Ferreira Romano

Curso: Engenharia Mecânica

O presente trabalho consiste na concepção e análise de um equipamento a ser utilizado como suporte de filmagem nos setores de cinema e televisão.

A parte introdutória tem como objetivo mostrar um breve histórico da evolução da geração de imagens, bem como apresentar os principais equipamentos utilizados em filmagens.

O segundo capítulo tratado desenvolvimento do modelo de uma plataforma móvel de filmagem teleoperada, de dimensões reduzidas capaz de movimentar um sistema composto de cabeça remota, câmera HD, lente, bateria, transmissor de imagem/áudio e unidade de comando.

Nos terceiro e quarto capítulos deste trabalho são apresentados o conceito e o dimensionamento da plataforma móvel e do trilho modular respectivamente.

Por fim, na conclusão tem-se a descrição do que foi desenvolvido e propostas de continuidade do projeto.

Palavras-chave: Plataforma Móvel Teleoperada, Trilho, Equipamento de filmagem

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

DESIGN AND ANALYSIS OF A REMOTE OPERATED MOBILE PLATFORM
AND A RAIL WITH HEIGHT ADJUSTMENT

Leonardo de Oliveira Dahmer

August, 2013

Advisor: Vitor Ferreira Romano

Course: Mechanical Engineering

This present work is concerned to conceptual design and analysis of a camera support equipment to be used in cinema and television production.

Initially are presented a brief history of image generation evolution and the main equipment used in a film set.

The second chapter is related to the modeling development of a mobile teleoperated platform able to move a system consisting of equipment such as remote head, HD camera, lens, battery, image/audio transmitter and a control unit.

In the third and fourth chapters are discussed the final concept and design phases of the mobile platform and modular rail, respectively.

To conclude, are presented a resumed description of the developed work and some suggestions to improve the project.

Keywords: Mobile Platform, Rail, Remote Operated Platform, Trolley

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Filmagem	1
1.1.1	História do Cinema.....	1
1.1.2	Evolução da Imagem	4
1.1.3	Equipamentos de Suporte para Filmagem.....	5
1.1.4	Tripé	5
1.1.5	Grua.....	6
1.1.6	Plataformas Móveis – Travelling e Slider.....	9
2	CONCEPÇÃO DO PROTÓTIPO	14
2.1	Equipamentos Principais	15
2.1.1	Câmera e Lente.....	15
2.1.2	Cabeça Remota.....	16
2.2	Equipamentos Complementares	17
2.2.1	Unidade de Comando	17
2.2.2	Bateria	19
2.3	Seleção de Componentes.....	19
2.3.1	Conjunto Câmera e Lente.....	20
2.3.2	Cabeça Remota.....	21
2.3.3	Transmissão de Dados.....	22
2.3.4	Motor.....	23
2.3.5	Bateria	27
2.3.6	Unidade de Comando	28
3	Plataforma Móvel.....	30
3.1	Material Metálico	32
3.2	Rodas.....	33
3.2.1	Rodas Guiadas.....	34
3.2.2	Roda Lisa.....	35
3.2.3	Roda Motora.....	35
3.2.4	Contra-Roda	36
3.3	Transmissão.....	37
4	TRILHO	39
4.1	Conceito	39
4.2	Análise Cinemática	43

4.3	Análise Estática	44
4.4	Análise de Tombamento.....	48
4.5	Análise de Tensões e Deformações.....	49
4.5.1	Parâmetros de Entrada.....	49
4.6	Montagem.....	60
5	CONCLUSÃO	62
5.1	Proposta de Continuidade de Projeto.....	63
6	BIBLIOGRAFIA.....	65
7	ANEXO I – EQUIPAMENTOS EMBARCADOS	67
8	ANEXO II – EQUIPAMENTOS SELECIONADOS.....	71
9	ANEXO III – Cálculos	75
10	ANEXO IV – DESENHOS DE FABRICAÇÃO	84

Lista de Figuras

FIGURA 1.1: OPERADOR DE CÂMERA FILMANDO [1]	1
FIGURA 1.2: ROLO DE FILME	2
FIGURA 1.3: COMPARATIVO DE RESOLUÇÃO DE IMAGENS[3]	5
FIGURA 1.4: TRIPÉ MATTEDI [4]	6
FIGURA 1.5: GRUA MATTEDI [4].....	7
FIGURA 1.6: GRUA ACOPLADA EM VEÍCULO.....	8
FIGURA 1.7: GRUA EM ESTÁDIO.....	8
FIGURA 1.8: VISTA INFERIOR <i>DOLLY</i> CASEIRO.....	10
FIGURA 1.9: VISTA DO <i>DOLLY</i> NO TRILHO	10
FIGURA 1.10: <i>TRAVELLING</i> MATTEDI	11
FIGURA 1.11: <i>SLIDER</i> RAILCAM	12
FIGURA 1.12: SLIDER G-KA [7].....	12
FIGURA 2.1: MONTAGEM TRILHO + PLATAFORMA MÓVEL.....	15
FIGURA 2.2: MOVIMENTOS DA CÂMERA [8].....	16
FIGURA 2.3: CABEÇA REMOTA [9].....	17
FIGURA 2.4: ESQUEMA DA UNIDADE DE COMANDO.....	18
FIGURA 2.5: CÂMERA SONY PMW 200 XDCAM HD422	20
FIGURA 2.6: LENTE E CONTROLE REMOTO	21
FIGURA 2.7: CABEÇA REMOTA MINISHOT [12].....	21
FIGURA 2.8: TRANSMISSOR E RECEPTOR MICROLITE HD	22
FIGURA 2.9: MODELO DE MOVIMENTO.....	23
FIGURA 2.10: GRÁFICO DE VELOCIDADE E ACELERAÇÃO	24
FIGURA 2.11: MONTAGEM TRILHO + PLATAFORMA	25
FIGURA 2.12: DINÂMICA DA RODA	26
FIGURA 2.13: ARDUINO [14]	28
FIGURA 2.14: ARDUINO MOTOR SHIELD [14]	29
FIGURA 2.15: XBEE [15].....	29
FIGURA 3.1: VEÍCULO CARENADO.....	30
FIGURA 3.2: AVALIAÇÃO DE MASSA DO <i>SOLIDWORKS</i>	31
FIGURA 3.3: PROPRIEDADES DO 6160 [14]	33
FIGURA 3.4: TROLLEY POSICIONADO NOS TRILHOS.....	34
FIGURA 3.5: RODA GUIADA.....	34
FIGURA 3.6: RODA GUIADA.....	35
FIGURA 3.7: CONTRA RODA	36
FIGURA 3.8: MOTOR, ACOPLAMENTO E EIXO.....	37
FIGURA 3.9: ACOPLAMENTO DE FOLE [15]	38
FIGURA 4.1: MECANISMO 4 BARRAS - PARALELOGRAMO [20]	39
FIGURA 4.2: COMPONENTE DE ACOPLAMENTO.....	40
FIGURA 4.3: DOIS TRILHOS ACOPLADOS.....	40
FIGURA 4.4: MODELO DO TRILHO	41
FIGURA 4.5: JUNTA.....	42
FIGURA 4.6: INDICAÇÃO DO ÂNGULO ALFA.....	43
FIGURA 4.7: TUBO TELESCÓPICO	44

FIGURA 4.8: MODELO DE TRELIÇA	45
FIGURA 4.9: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO 0 MM.....	46
FIGURA 4.10: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO 375MM	46
FIGURA 4.11: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO 750MM	47
FIGURA 4.12: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO 1150MM	47
FIGURA 4.13: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO 1500MM	48
FIGURA 4.145: DETALHES DA MALHA	50
FIGURA 4.156: MALHA DE ELEMENTOS FINITOS	51
FIGURA 4.16: RESTRIÇÕES – ANSYS	51
FIGURA 4.17: EXPLICAÇÃO DOS CASOS - PARTE 1	52
FIGURA 4.18: EXPLICAÇÃO DOS CASOS - PARTE 2	53
FIGURA 4.19: EXPLICAÇÃO DOS CASOS - PARTE 3	53
FIGURA 4.20: TENSÃO VON MISES - CASO 3	54
FIGURA 4.21: DESLOCAMENTO TOTAL - CASO 3.....	55
FIGURA 4.22: TENSÃO VON MISES - CASO 10	55
FIGURA 4.23: DESLOCAMENTO TOTAL - CASO 10.....	56
FIGURA 4.24: TENSÃO VON MISES - CASO 11	56
FIGURA 4.25: DESLOCAMENTO TOTAL - CASO 11.....	57
FIGURA 4.26: EXPOSIÇÃO DA TENSÃO MÁXIMA.....	58
FIGURA 4.27: EXPOSIÇÃO DA DEFORMAÇÃO MÁXIMA.....	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Filmagem

1.1.1 História do Cinema

Filmadora, câmera de vídeo, também conhecida simplesmente por câmera, é um dispositivo dotado de mecanismos que capturam imagens em tempo real. Diferentemente da câmera fotográfica, a câmera de vídeo é capaz de registrar movimentos, trazendo assim uma maior dinâmica ao resultado final da produção.

Os movimentos são registrados tirando-se sucessivamente centena de fotografias da cena com grande rapidez, usualmente 30 por segundo. Durante a exibição, a imagem aparenta mover-se, pois as fotos são exibidas mais rápido do que o olho humano é capaz de notar. Diferentes taxas de quadros por segundo são utilizadas de acordo com a tecnologia empregada e a finalidade da filmagem. Câmeras de alta frequência registram minuciosamente acontecimentos velozes, enquanto câmeras de baixa frequência podem ser usadas para a filmagem de nuvens ou do crescimento de vegetais.

No cinema, câmeras velozes são utilizadas para gravar vídeos cujas frequências são reduzidas na pós-produção, gerando o famoso efeito de câmera lenta, sem que a imagem se mova "aos trancos". [1]



FIGURA 1.1: OPERADOR DE CÂMERA FILMANDO [1]

O cinema como o conhecemos hoje foi se aperfeiçoando e evoluindo ao longo dos séculos, mas cabe aos irmãos Louis e Auguste Lumière a criação do cinematógrafo e que seriam o precursor das filmadoras como a conhecemos hoje e do cinema moderno. O cinematógrafo utilizava vários negativos de fotos perfurados que eram movimentados por uma manivela e assim davam movimento às imagens, através deste aparelho foi possível criar os primeiros filmes a serem exibidos para pequenos públicos. O cinematógrafo deu nome à nova arte que começava a surgir, o cinema que encantou o mundo com sua magia.



FIGURA1.2: ROLO DE FILME

No início o cinema era visto simplesmente como uma forma de arte, para no século XIX se tornar a maior indústria de comunicação de massa. A indústria do cinema revolucionou o mundo e os conceitos de arte e pode-se dizer que o cinema foi também o precursor da globalização, pois através do cinema culturas diferentes foram conhecidas e reconhecidas, pois o cinema venceu barreiras e fronteiras, encantando e levando as

peessoas a conhecerem mais sobre os outros povos e outras organizações sociais, cultura religiosa, etc.

O cinema causou um impacto na sociedade quando da sua criação e difusão, como meio de comunicação de massa registrando fatos e contando histórias, e expandiu-se rapidamente, primeiramente pela França, Estados Unidos e Europa e depois pelo restante do mundo ocidental. A primeira exibição pública paga aconteceu no dia 28 de dezembro de 1895, então pequenos filmes mudos realizados pelos irmãos Lumiere retratando situações do cotidiano. Somente 3 décadas após os filmes ganham som e algumas peças de teatro de sucesso na época são filmadas, com grandes atores do teatro estrelando os filmes. Logo vem o grande sucesso dos filmes de Charles Chaplin (1889-1977), e as comédias como “Carlitos repórter” fazem sucesso também na Rússia, Inglaterra e Itália.

No ano de 1903, com o primeiro filme de faroeste “O grande roubo do trem” tem início a indústria do cinema, que não parou mais de crescer e teve seu ápice em Hollywood, considerado a Meca do cinema, onde estão concentradas as maiores produtoras de cinema do mundo. Nesse período desde sua criação aos dias de hoje o cinema evoluiu muito, a sétima arte foi muda, ganhou som e cor, inovou em tecnologia e efeitos especiais que revolucionaram a criação cinematográfica do mundo, sem no entanto perder seu encanto, sua capacidade de comunicar, informar, fazer rir, chorar, emocionar e fazer as pessoas sonharem com bons filmes. [2]

1.1.2 Evolução da Imagem

Resolução de imagem descreve o nível de detalhe que uma imagem comporta. O termo se aplica igualmente a imagens digitais, imagens em filme e outros tipos de imagem. Resoluções mais altas significam mais detalhes na imagem.

A resolução de imagem pode ser medida de várias formas. Basicamente, a resolução quantifica quão próxima as linhas podem ficar umas das outras e ainda assim serem visivelmente determinadas. A resolução de lentes fotográficas e filmes são mais frequentemente citados como pares de linhas por mm. [3]

- DVDs têm, 480 (NTSC) ou 576 (PAL e SECAM) linhas.
- A HDTV tem 720 ou 1080 linhas.
- O filme fotográfico de 35 mm é escaneado para lançamento em Blu-ray ou HD DVD em 1080 ou 1920 linhas.
- O negativo do filme fotográfico de 35 mm utilizado no cinema pode apresentar uma resolução de 6000 linhas.
- O filme positivo de 35 mm usado na projeção cinematográfica tem cerca de 2000 linhas, resultantes da impressão análoga do negativo de um interpositivo, e possivelmente um internegativo, e de uma projeção positiva.
- Os filmes mais recentes são escaneados em 4000 linhas, o que é denominado *escaneamento 4K*, antecipando futuros avanços na projeção digital ou resoluções mais altas em monitores de tela plana.

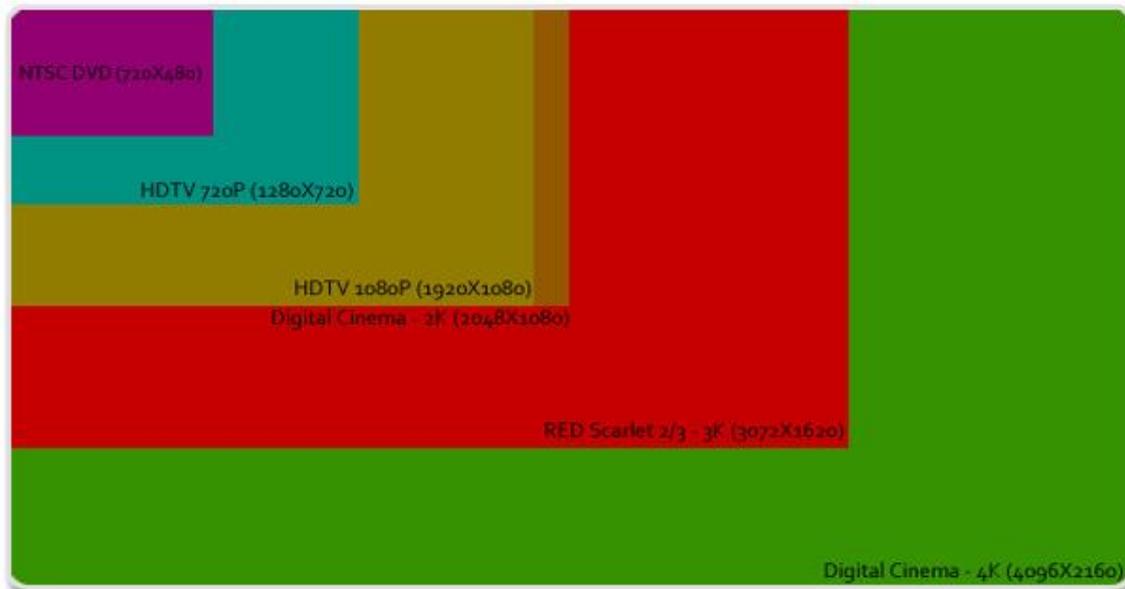


FIGURA 1.3: COMPARATIVO DE RESOLUÇÃO DE IMAGENS [3]

1.1.3 Equipamentos de Suporte para Filmagem

Este capítulo aborda equipamentos que auxiliam de alguma maneira a gravação de imagens.

1.1.4 Tripé

Embora algumas filmagens sejam feitas à mão, um tripé é um acessório indispensável para obter imagens estáveis. Algumas de suas vantagens estão listadas a seguir.

- Permitem obter imagens bem definidas e estáveis, evitando as ligeiras oscilações da câmara, próprias da filmagem manual;
- Garante movimentos de câmara suaves;
- Permite filmar de maneira cômoda e estável cenas complexas e prolongadas



FIGURA 1.4: TRIPÉ MATTEDI [4]

1.1.5 Grua

A grua para filmagem é um equipamento utilizado para se obter imagens aéreas, podendo erguer a câmera e o operador, ou nos modelos mais recentes uma cabeça remota, para realizar a gravação.

A movimentação da grua é muito ampla, pode ser para os lados e também movimentar o equipamento para cima e para baixo. Além do recurso de subir ou descer a câmera, o operador possui os comandos da própria câmera em um painel. Como hoje elas utilizam uma cabeça remota no lugar de um operador, tornou-se mais segura e mais enxuta, já que não precisa ser tão robusta a fim de aguentar o peso do conjunto da câmera mais o peso do operador.

Assim, pode-se também operar a câmera à distância. Hoje esse equipamento é utilizado em quase todos os programas de auditório e se tornou um equipamento

totalmente indispensável para obter imagens ou cenas mais elevadas. Com uma câmera na mão, o mesmo resultado não seria obtido.



FIGURA 1.5: GRUA MATTEDI [4]

Uma grua pode ser acoplada em carros, caminhões, trilhos, cabos de aço com resultados surpreendentes. Também é muito utilizada em situações de alta velocidade como acontece em corridas automobilísticas.



FIGURA 1.6: GRUA ACOPLADA EM VEÍCULO

A grua é também utilizada no esporte. O maior exemplo dentro do esporte é o futebol onde é possível vê-la em ação atrás dos gols nos estádios ou nas laterais do gramado. Às vezes, há 2 ou 3 guias de diferentes emissoras de TV.



FIGURA 1.7: GRUA EM ESTÁDIO

O equipamento em si é composto por uma lança, que fica apoiada em um suporte articulado, cabeça remota e em sua extremidade e uma câmera posicionada na cabeça remota.

Hoje no mercado existem guias com várias dimensões e em algumas delas a lança pode atingir vários metros de comprimento. Para facilidade no transporte, o projeto destas são geralmente modulares, sendo montadas e desmontadas no local de uso. Além disso, diferem em sua construção quanto à massa admissível do conjunto câmera e lente que podem suportar.

Na extremidade oposta à câmera, são colocados contrapesos para equilibrar a lança da grua. Estes são ajustados conforme o peso da câmera e o peso devido à lança. Após o balanceamento, torna-se fácil, suave e precisa a sua movimentação e posicionamento em qualquer altura. Normalmente as guias possuem mecanismos de freios ou travas no ponto de apoio da lança, através dos quais é possível fixá-las em determinada posição. [5]

Pode-se classificar a grua de filmagem como uma grua normal, no entanto a carga será sempre constante, igual ao peso da câmera, o que difere é a grande mobilidade da grua de filmagem.

1.1.6 Plataformas Móveis – Travelling e Slider

Travelling é o movimento no qual a câmera é deslocada em alguma direção. Portanto este conceito se aplica à necessidade de fazer tomadas em movimento onde a câmera irá percorrer determinado caminho. Este tipo de tomada é muito difícil de ser feito pelo homem, dada a dificuldade de se ter firmeza nos braços para evitar que a câmera vibre, prejudicando a qualidade da imagem. Para solucionar este problema, utilizam-se os *Dollies*, que são um tipo de veículo onde a câmera é acoplada. Os *Dollies* que não se utilizam de trilhos, normalmente se movimentam com pequenas rodas, de preferência emborrachadas, para evitar um movimento ruidoso e com muita vibração. Os *Dollies* que utilizam trilhos, normalmente são equipados com pequenas rodinhas ou

equipamentos de forma a equilibrar o carro nos trilhos sem permitir que este saia desgovernado. A figura a seguir mostra como foi feito a parte de baixo de um *Dolly* caseiro e suas rodas.



FIGURA 1.8: VISTA INFERIOR *DOLLY* CASEIRO



FIGURA 1.9: VISTA DO *DOLLY* NO TRILHO

O *Dolly* que desliza sobre trilhos possui uma grande vantagem em relação ao outro tipo de *Dolly*. A trajetória do seu movimento é mais controlada e a vibração é minimizada, tornando a filmagem mais fácil e com mais qualidade. Existem diversos tipos de *Dolly*, para as diversas aplicações e necessidades na atividade cinematográfica. Em alguns casos, o equipamento deve ser grande e robusto o suficiente para aguentar um operador junto à câmera, enquanto em outras ocasiões a câmera pode ser operada remotamente, diminuindo assim os esforços no equipamento. Normalmente o termo *Slider* é utilizado para pequenos equipamentos deslizantes que se utilizam de uma mesa ou um tripé como suporte para a câmera, dispensando o operador humano.

O movimento do *Dolly* pode ser feito de diversas maneiras. O carro pode ser empurrado por um operador humano, pode ser puxado por algum cabo ou o mais complexo que seria um movimento motorizado. Este tipo de movimento permite uma precisão maior no percurso, mais uma vez substituindo a imprecisão do ser humano. No exemplo abaixo podemos ver um *Dolly* profissional onde é necessário um operador para mover o equipamento e um operado remotamente. [6]



FIGURA 1.10: TRAVELLING MATTEDI



FIGURA 1.11: SLIDER RAILCAM



FIGURA 1.12: SLIDER G-KA [7]

Um exemplo de *Dolly* profissional seria o *Travelling TRV-1000* da Mattedi (Figura 1.10) que é um equipamento muito eficiente e robusto. Ele é preparado para receber tripés ou bases giratórias junto à câmera, suportando a uma capacidade de até 200 kg.

O equipamento que será discutido neste trabalho será portanto um tipo de *Dolly*. A proposta do equipamento é ser remotamente operado, o que dispensa portanto a

presença de um operador. Por este motivo, o *Dolly* será muito menor e compacto, pois não precisa resistir a grandes esforços e não precisa de uma área grande em sua plataforma. O equipamento irá utilizar um pequeno motor para a movimentação. As vantagens de se utilizar um motor já foram discutidas e portanto foram avaliadas como importantes para o tipo de filmagem que o equipamento se propõe a fazer.

2 CONCEPÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo foi concebido para ser teleoperado, ou seja, toda a movimentação depende exclusivamente de comandos gerados pelo operador do equipamento, o qual está localizado em uma base de comando distante do ambiente de interação. Outra característica é a não utilização de cabos de alimentação e transmissão de sinais, para que o conjunto não seja submetido a cargas devido à ação dinâmica do cabo.

Já o trilho foi projetado baseado em algumas premissas, discutidas a seguir. Visando a flexibilidade do conjunto, foi proposto que o trilho tenha regulagem de altura de 120 mm até 1100 mm e que seja um equipamento de fácil transporte. Portanto, o trilho precisa ser leve, neste caso foi escolhido o alumínio para solucionar tal questão, e foi desenhado em módulos, para ser montado e desmontado facilmente sem auxílio de ferramentas.

O protótipo é constituído das seguintes partes principais:

- Plataforma móvel
- Cabeça remota
- Módulo de trilho
- Câmera e lente
- Bateria
- Unidade de comando
- Transmissor de imagem e som
- Receptor de sinais de comando



FIGURA 2.1: MONTAGEM TRILHO + PLATAFORMA MÓVEL.

2.1 Equipamentos Principais

2.1.1 Câmera e Lente

A câmera é o principal equipamento no processo de filmagem. Apesar disso, a qualidade da imagem depende também de outros fatores, como lente, e condições ambiente. Abaixo segue descrição de alguns dos parâmetros:

- Foco: caracteriza a definição da imagem. Explicado pelas equações da óptica, é próprio de cada lente. A combinação da posição de um conjunto de lentes, chamada zoom, proporciona a aproximação ou distanciamento da imagem. Zooms analógicos (lentes) conseguem atingir uma ampliação de até cerca de doze vezes, com uma melhor qualidade do que zooms digitais, que podem

alcançar mais de cem vezes. O eixo óptico das lentes se encontra no centro de curvatura de cada uma das lentes e deve estar bem alinhado para garantir um bom resultado.

- Iris: trata-se do controle da luminosidade através da abertura na câmera.
- Campo focal: é a região captada pela câmera. Campos visuais mais amplos são obtidos com as lentes retraídas do que estendidas para aproximação.

Para obter imagens mais precisas a movimentação das câmeras deve ser feita de forma suave. Por esse motivo alguns tipos de equipamentos são utilizados, pois possuem mais firmeza e precisão do que mãos humanas. Um destes equipamentos é a cabeça remota, que será utilizada neste projeto e detalhada no tópico a seguir.

2.1.2 Cabeça Remota

A cabeça remota é o equipamento em que a câmera é fixada e que possui a capacidade de se movimentar. Sua atuação gera os movimentos ilustrados abaixo:

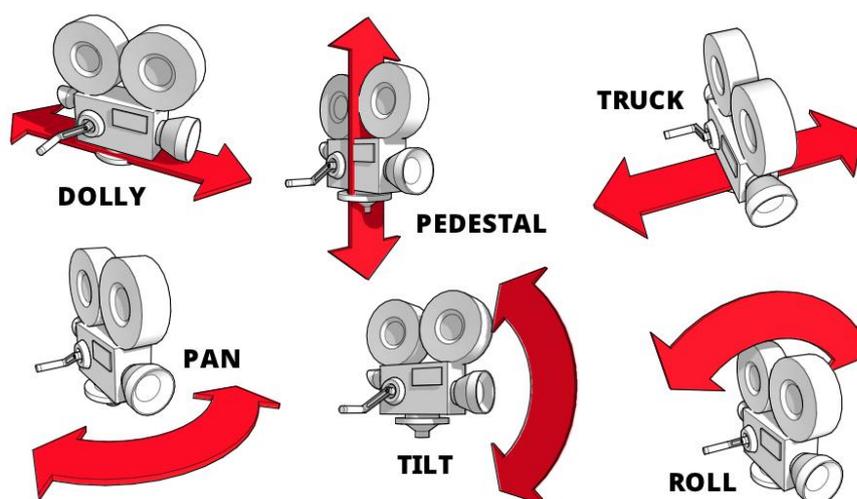


FIGURA 2.2: MOVIMENTOS DA CÂMERA [8]

Apesar de poder realizar vários movimentos as cabeças remotas mais comuns se limitam ao movimento de *Pan&Tilt*, já que a maior parte das tomadas pode ser feita utilizando uma combinação destes movimentos.

A operação deste equipamento é dada por um controle remoto, podendo ser com ou sem fio, assim o operador não necessita estar tão próximo ao equipamento. Os vários modelos de cabeça remota se distinguem por tamanho, capacidade de movimentos, peso do conjunto que ela suporta, velocidade de atuação e o tipo de controle que utiliza. A figura abaixo mostra uma cabeça remota com movimentos de *Pan&Tilt*, que pode ser usada tanto nas duas posições demonstradas.



FIGURA 2.3: CABEÇA REMOTA [9]

2.2 Equipamentos Complementares

2.2.1 Unidade de Comando

A unidade de comando será um circuito eletrônico com os seguintes componentes, um micro controlador, um driver, reguladores de voltagem, receptor de

micro-ondas, o qual irá receber informações de controle emitidas pela base de operações.

Esses componentes formarão uma placa de circuito impresso responsável pelo recebimento e interpretação dos comandos, pelo envio destas informações para a cabeça remota, câmera e motor e também pela distribuição elétrica para os equipamentos embarcados.

Como estes elementos possuem massa muito menor que os outros equipamentos embarcados a massa desta unidade será desprezada, porém, um tamanho físico padrão será considerado para que o espaço necessário para sua instalação, as conexões e os cabos que serão utilizados seja separado.

Abaixo segue uma representação do esquema simplificado da unidade de comando.[10]

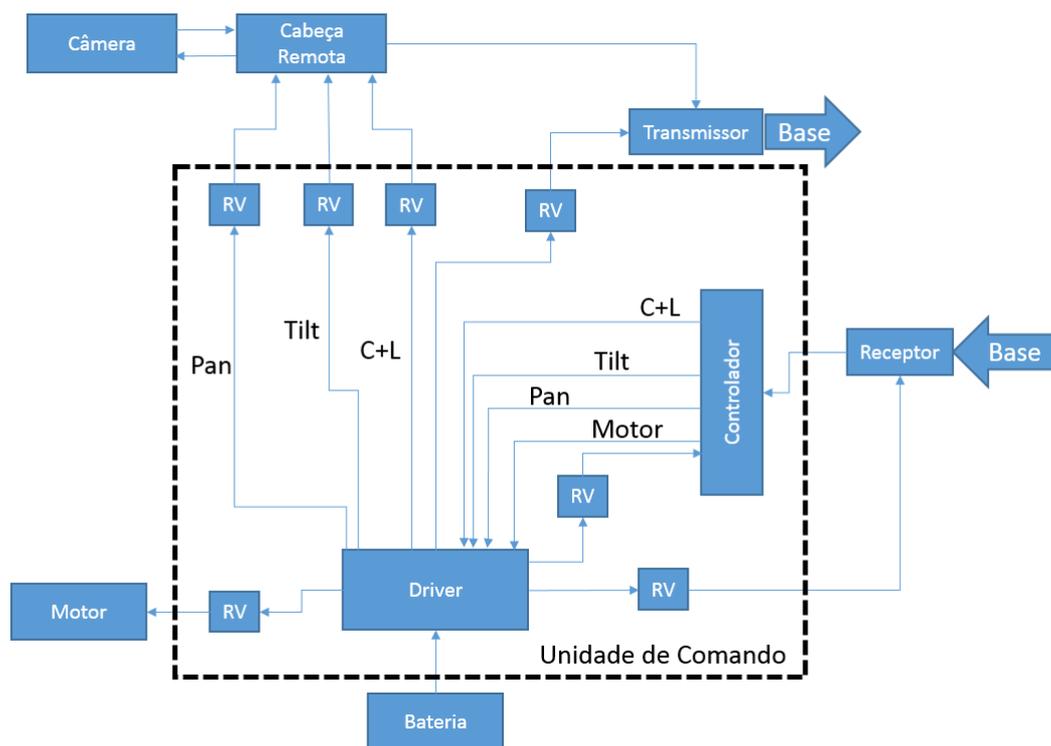


FIGURA 2.4: ESQUEMA DA UNIDADE DE COMANDO.

LEGENDA:

C+L: Câmera + Lente

RV: Regulador de Voltagem

2.2.2 Bateria

A bateria é um conjunto de acumuladores elétricos: dispositivos com a capacidade de transformar energia química em elétrica e vice-versa. Sua função é armazenar, sob forma de energia química, a energia elétrica que lhe tenha sido entregue, e fornecê-la em determinadas situações.

No momento em que o acumulador é carregado eletricamente, ocorre a transformação de energia elétrica em energia química e por ocasião da descarga essa transformação é inversa. [11].

De todos os tipos de baterias a de Lítio-Íon é, sem dúvida, a melhor. Suas vantagens são diversas e variadas e é justamente por isso que elas são empregadas em larga escala nos novos eletrônicos.

O Lítio é o mais leve de todos os metais usados em baterias, tem o maior potencial eletroquímico e fornece a maior densidade de energia por peso. Baterias recarregáveis que usam anodos de metal de lítio são capazes de fornecer tanto alta tensão quanto excelente capacidade, resultando em uma alta densidade de energia.

Esta é uma bateria de baixa manutenção, uma vantagem que a maioria das outras químicas não têm. Não existe efeito memória com isso nenhum ciclo programado é exigido para prolongar a vida da bateria.

2.3 Seleção de Componentes

Após consulta a profissionais atuantes no mercado cinematográfico foi realizada uma seleção de equipamentos e abordagens condizentes com as informações coletadas.

Dados técnicos mais detalhados de cada componente estão no Anexo I.

2.3.1 Conjunto Câmera e Lente

A resolução Full HD foi vista como parâmetro imprescindível na escolha dos componentes. Como o conjunto plataforma e Trilhos tem o objetivo de possuir certa mobilidade, equipamentos compactos e leves foram escolhidos, mas sem descontar essa limitação na qualidade da imagem. Portanto um conjunto câmera e lente de ponta foram escolhidos.

Como câmera foi selecionada a PMW-200 XDCAM HD422 que possui resolução Full HD e possui lente Fujinon 14x Zoom acoplada. Abaixo dados básicos:

- Com dimensões de envelope de 172 x 164 x 419 mm
- Massa de aproximadamente 2,7 kg



FIGURA 2.5: CÂMERA SONY PMW 200 XDCAM HD422

Apesar de esta câmera possuir controle remoto por infravermelho, como outros modelos da Sony, foi empregada como parâmetro de entrada do projeto uma câmera que

não fosse capaz de utilizar tal recurso. Essa escolha foi feita visando tornar o projeto mais abrangente possível.



FIGURA 2.6:LENTE E CONTROLE REMOTO

2.3.2 Cabeça Remota



FIGURA 2.7: CABEÇA REMOTA MINISHOT [12]

A cabeça remota selecionada foi um modelo da Egripment. A minishot, com movimentos de *Pan&Tilt* com capacidade para suportar um conjunto de câmera e lente

de 5 kg. Essa escolha foi dada devido ao fabricante estar devidamente consolidado no mercado e o equipamento servir exatamente nas premissas do projeto no que diz respeito a consumo de energia, tamanho, movimentos aceitáveis e capacidade.

2.3.3 Transmissão de Dados

Nesse projeto será utilizado um transmissor de dados com capacidade de transmissão em HD. O receptor, que ficará situado na base de operações, é selecionado a partir da compatibilidade entre eles.

O modelo do transmissor selecionado é o microLite HD Transmitter de dimensões 35 (A) x 78 (L) x 62 (C) mm e massa de 100 gramas.

E como receptor será utilizado o microLiteHD Receiver com envelope de 38 (A) x 94 (L) x 127 (C) mm e massa 640g. A imagem abaixo ilustra os dois componentes.



FIGURA 2.8:TRANSMISSOR E RECEPTOR MICROLITE HD

2.3.4 Motor

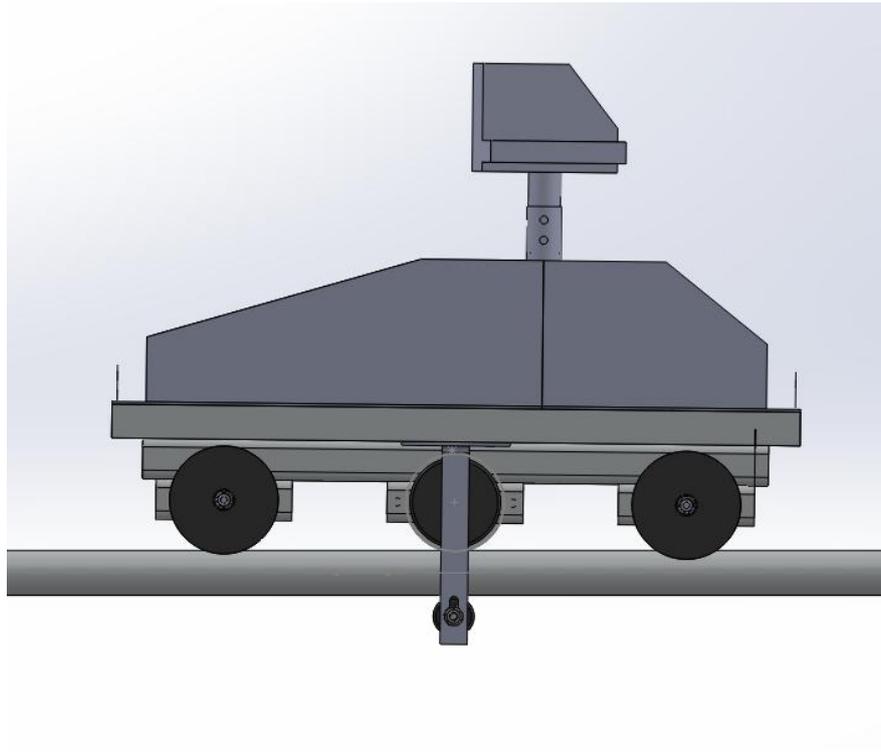


FIGURA 2.9: MODELO DE MOVIMENTO

Como este modelo de plataforma móvel foi projetado com intuito de ser utilizado em estúdio visando facilitar a tomada de alguns ângulos não existe necessidade de uma grande aceleração. Pelo contrário, quanto mais suave for à aceleração melhor para a captação de imagens.

Seguindo neste caminho a velocidade máxima escolhida é de 0,1 m/s e uma aceleração de 0,05 m/s². Esses parâmetros serão utilizados para o cálculo da potência máxima necessária a ser fornecida pelo motor.

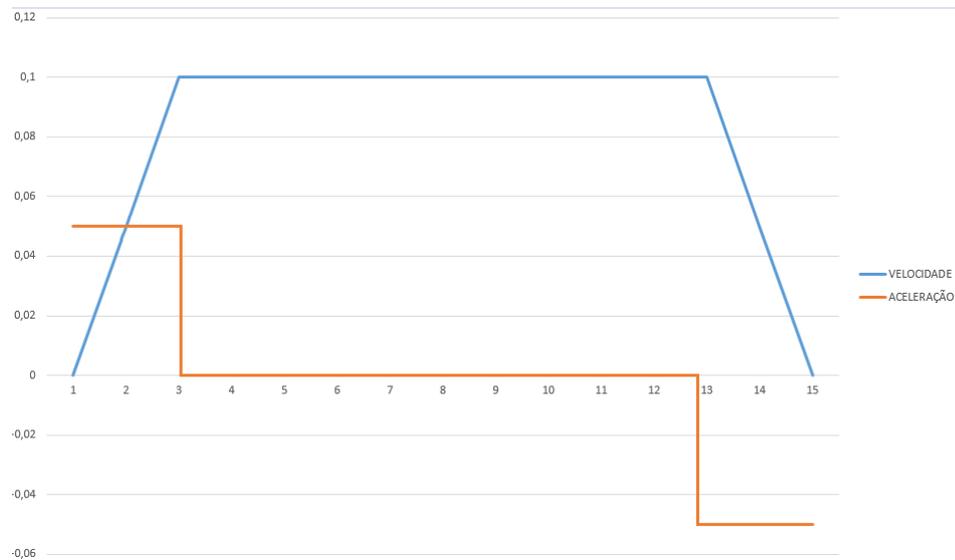


FIGURA 2.10: GRÁFICO DE VELOCIDADE E ACELERAÇÃO

Para o cálculo ser efetuado ainda é necessário a massa do conjunto e o atrito, que serão discutidos logo abaixo.

Após o conjunto montado a sua massa é de 15 Kg, dado mostrado na figura 3.2 retirada do *SolidWorks*, apesar disso a massa utilizada para os cálculos foi de 20 Kg. Esse limite foi imposto para que fossem possível futuras atualizações de equipamentos ou funcionalidades sem precisar refazer o projeto da plataforma.

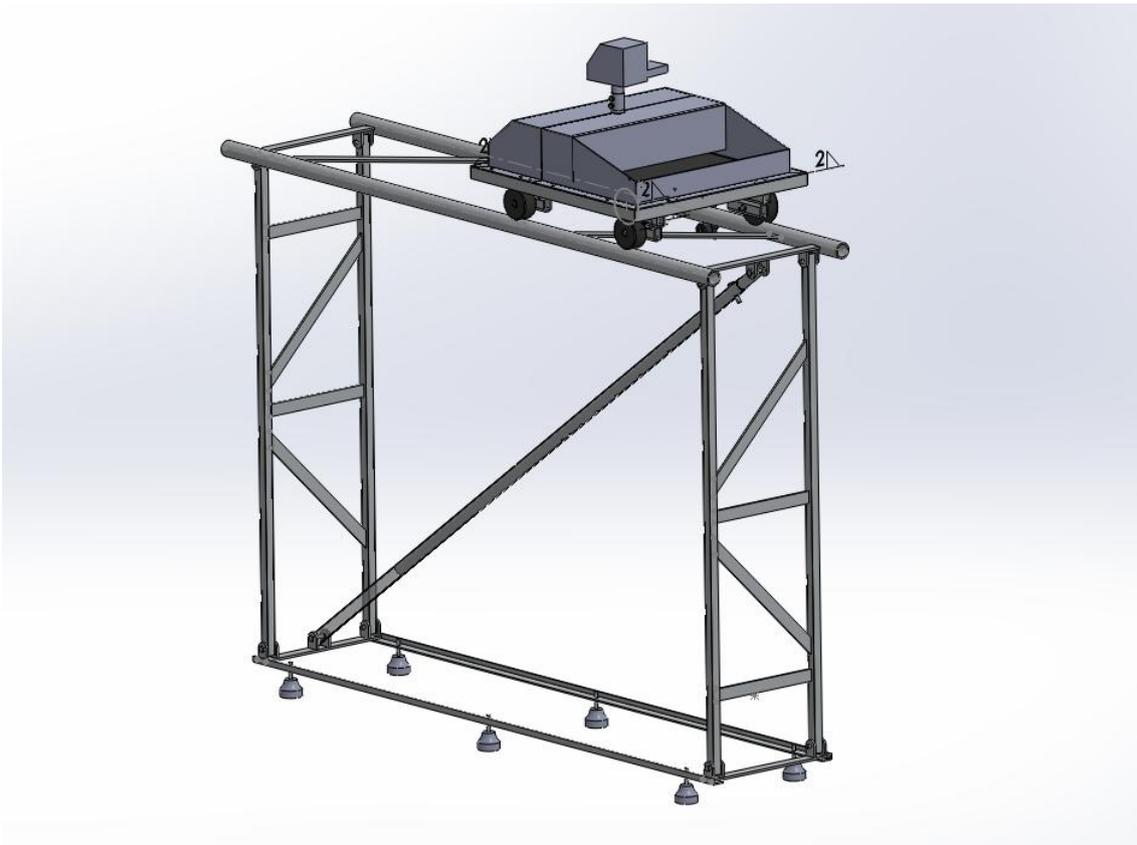


FIGURA 2.11: MONTAGEM TRILHO + PLATAFORMA

O atrito estimado leva em consideração a relação entre os materiais utilizados e a condição de uso. O valor tomado [13] é de 0,29 e é relativo ao atrito cinético seco entre o PEAD e o alumínio retificado, que é o material do trilho em que o *trolley* estará apoiado.



FIGURA 2.12: DINÂMICA DA RODA

Nesse esquema, a força de atrito deve ser maior que a força motora, para que não haja deslizamento. O cálculo foi realizado no *mathcad* e está disponível no ANEXO III.

O motor foi selecionado de forma que possuísse uma boa eficiência no torque e rotação necessária para o movimento imposto. Outro ponto que foi levado em consideração na escolha do motor foi à fonte elétrica necessária e o tamanho. Foi selecionado 12 volts, para ter a mesma voltagem dos outros componentes e evitar a utilização de um transformador. E o requisito do tamanho se dá pela localização do motor, que é posicionado entre o trilho e a plataforma do carrinho, que possui dimensões máximas definidas pelo projeto.

O motor selecionado, do catálogo da BOSCH, mediante aos critérios apresentados foi o de 5,5 Watts e de rotação máxima de 28rpm, suficiente para a velocidade desejada, seus dados estão listados no Anexo II.

2.3.5 Bateria

Com todos os componentes selecionados é possível então fazer o dimensionamento correto da bateria. Será utilizado uma bateria de Íon Lítio, pois essa possui uma elevada razão peso carga e um tempo de recarga relativamente baixo.

Outro dado que se carece é o tempo de autonomia que precisará. A bateria da câmera tem carga suficiente para funcionar durante 2 horas, então a autonomia do conjunto será limitada por ela. Ao parar o conjunto para trocar a bateria da câmera poderia trocar também à bateria do conjunto.

Agora com todos os dados para realizar esse cálculo, será utilizado a tabela abaixo para ajudar nesse dimensionamento.

TABELA 2.1: CÁLCULO DA BATERIA

1	Equipamento	Modo de uso	Corrente	Tempo de atividade por Hora	Corrente Média
2a	Motor	Intermitente	16 A	2/3 hora	10,7 A
2b	Transmissor de Imagem	Pleno	1,3 A	1	1,3 A
2c	Cabeça Remota	Intermitente	1,2 A	5/6 hora	1 A
3	Corrente Média Total				13 A
4	Tempo de autonomia em Horas				2 horas
5	Corrente Média Total * Tempo de autonomia =				26 AmpH

As baterias de Íon-Lítio são vendidas em módulos que devem ser ligadas em série ou em paralelo dependendo da aplicação. Como esses módulos possuem voltagem média de 3v e os equipamentos selecionados são de 12v, serão utilizado 4 baterias em série para nos atingir a voltagem requerida. Cada peça tem massa de 620g portanto essa bateria será um adicional de 2,48Kg à plataforma. Detalhes do componente no Anexo II.

2.3.6 Unidade de Comando

Para a unidade de comando será utilizado como parte principal uma placa ARDUINO, que possui um microcontrolador programável, e tem como facilidade módulos já desenvolvidos que podem ser conectados ao ARDUINO a fim de executar tarefas específicas.

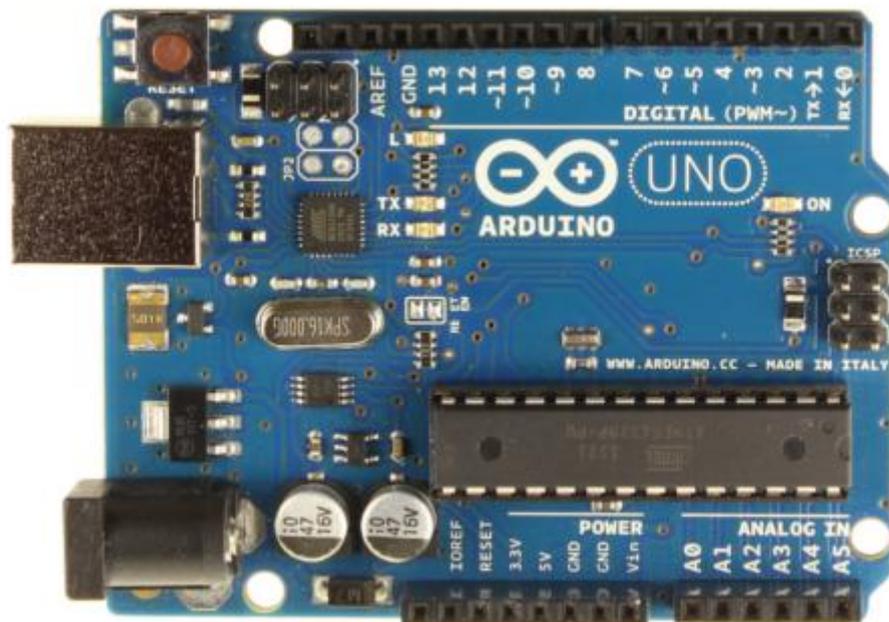


FIGURA 2.13: ARDUINO [14]

Conectado ao componente principal estará um módulo para controlar os motores. O microcontrolador enviará os sinais necessários para este módulo funcionar corretamente.

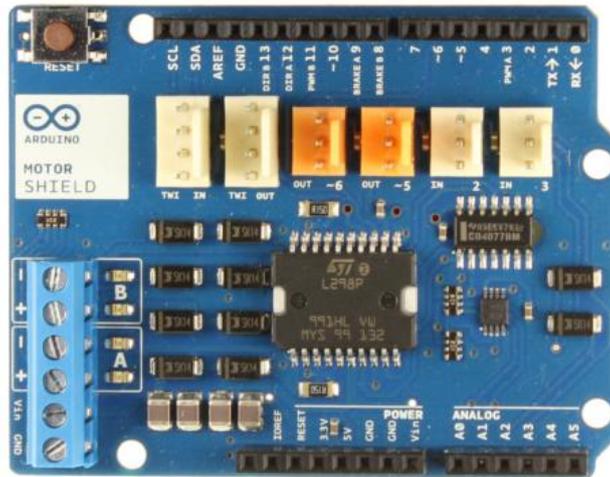


FIGURA 2.14: ARDUINO MOTOR SHIELD [14]

E para que a conexão com a base de comandos seja feita sem fios será utilizado um módulo conhecido por XBEE, que trará a possibilidade de conexão por rádio frequência.

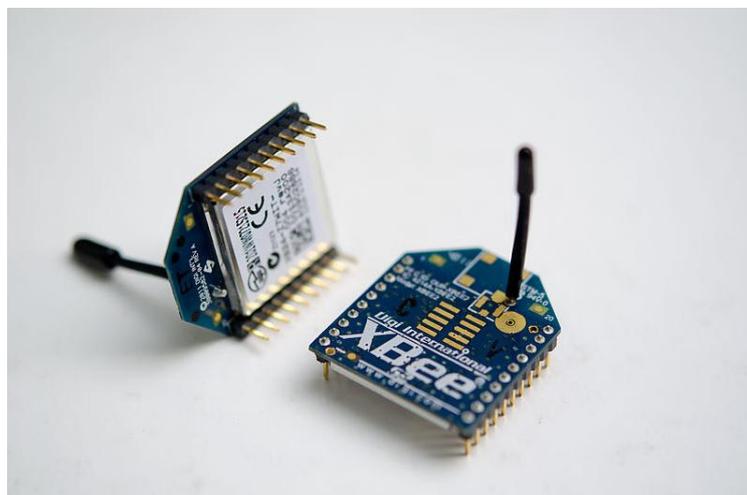


FIGURA 2.15: XBEE [15]

3 Plataforma Móvel

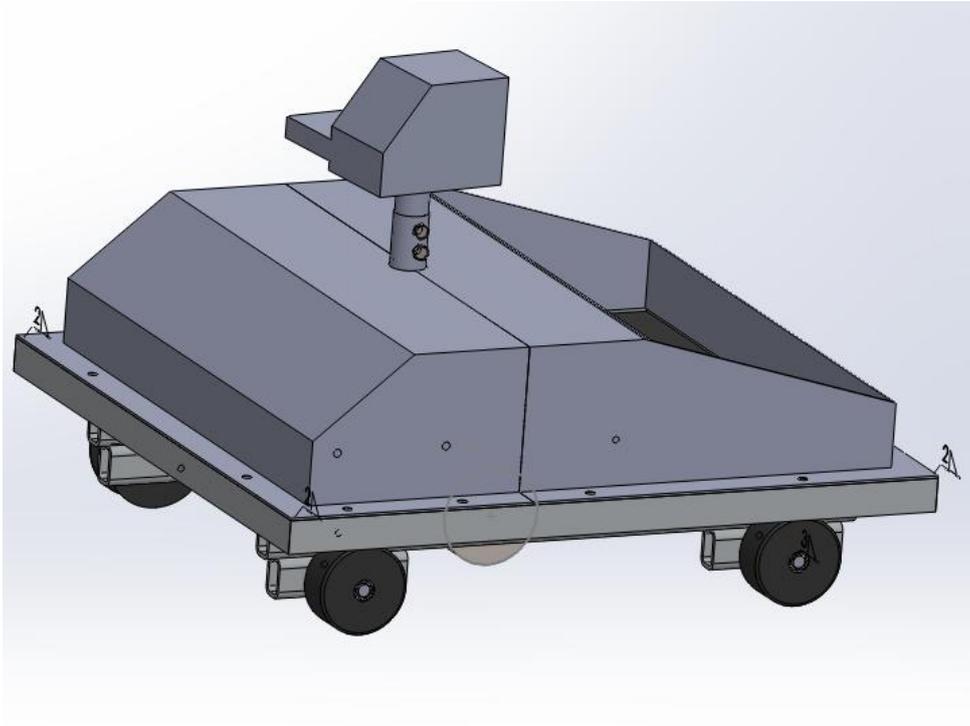


FIGURA 3.1: VEÍCULO CARENADO

O modelo foi pensado para ser utilizado em estúdio, mas pode ser utilizado em ambientes externos, pois possui carenagem que protege seus componentes mais sensíveis. A parte que não possui proteção é destinada a bateria e ao transmissor de imagem, a primeira para que uma eventual troca seja feita rapidamente e o segundo foi localizado desta maneira para que possua uma melhor condição de comunicação com a base de comandos.

Todos os cálculos foram feitos para que o modelo não ultrapassasse 20Kg, mas como indicado na avaliação de massa proveniente do *Solidworks*, o modelo não passa de 15 Kg, considerando todos os componentes embarcados, inclusive a câmera selecionada e a bateria.

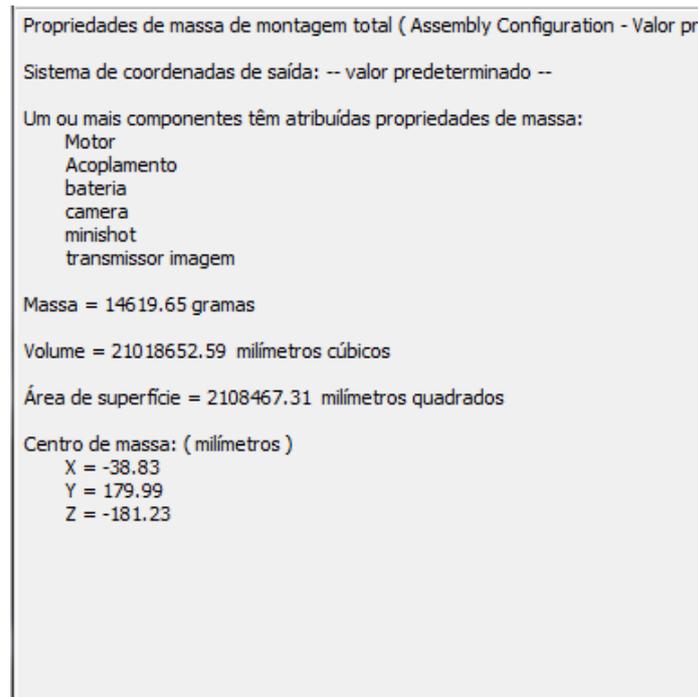


FIGURA 3.2: AVALIAÇÃO DE MASSA DO SOLIDWORKS

Nessas condições ainda é possível pensar em aumentar a autonomia tanto da câmera quanto do resto dos componentes e ainda abre a possibilidade de se escolher uma cabeça remota mais robusta ou que tenha mais algum movimento, diferente do *Pan&Tilt* que esta possui.

As modificações que podem ser sugeridas só tem como limitação a massa, e assim o projeto garante que vários casos sejam atendidos, até mesmo a seleção de uma câmera 3D, normalmente mais pesada e requer um transmissor de imagem compatível, que por si só tem maior complexidade com o usado neste projeto.

3.1 Material Metálico

Para selecionar o material das partes metálicas os seguintes critérios foram utilizados. Como o projetando deve possuir portabilidade é preciso um material que possua uma densidade relativamente baixa. Por questões de vida útil do produto é necessário ser resistente à corrosão e ter durabilidade. Claro que além de possuir tais características este material deve ser comercializável de maneira a não atrapalhar o projeto devido à dificuldade de encontrá-lo.

Com esses requisitos uma possível escolha é o alumínio, este é amplamente comercializado e possui as características procuradas, são estas:[16]

- Boa Resistência Mecânica;
- Densidade do Alumínio equivale a 1/3 do peso do aço;
- Boa resistência à corrosão;
- Excelente aceitação ao processo de soldagem (TIG/MIG) [17]
- Boa conformabilidade;
- Média usinabilidade;

Dentre as possíveis opções possíveis para o alumínio foi escolhido o 6160 – T6, pois possui um limite de escoamento melhor para se trabalhar que o 5052 e não há a necessidade de utilizar o 7075, que possui aplicações na aeronáutica e militar.

Os perfis e dimensionais do projeto foram retirados do catálogo online da SHOCKMETAIS[18], empresa com aplicação em vários estados, inclusive Rio de Janeiro, e sistema de qualidade certificado pela norma ISO 9001:2008.

Propriedades Físicas

Liga 6XXX - T6

Peso específico (g/cm ³)	2.71
Módulo de Elasticidade Mpa	70000
Módulo de Rigidez Mpa	26500
Temperatura de Fusão (°C)	555 - 650
Calor Específico (0-100°C), (cal./g°C)	0.21
Coefficiente de Expansão Linear (L/°C)	24x10 ⁻⁶
Condutibilidade Térmica (25°C) (Cal./cm°C)	0.44
Condutibilidade Elétrica (IACS)%	46

Propriedades Mecânicas

Limite de escoamento	255 Mpa
Limite de resistência a tração	290 Mpa
Alongamento	8%
Dureza	100 - 120 HB

FIGURA 3.3: PROPRIEDADES DO 6160 [14]

Este material será amplamente utilizado para o trilho, que em sua maioria é confeccionado por partes metálicas e possui pontos de aplicação de soldas.

3.2 Rodas

O trolley projetado possui 3 modelos de rodas, que além de servirem como apoio e facilitadoras do movimento cada uma possui sua função específica, que será detalhada a seguir.

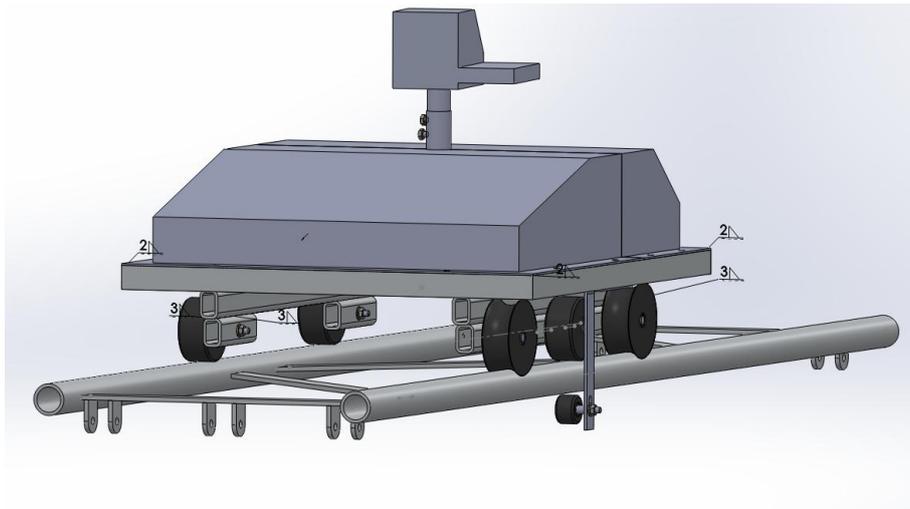


FIGURA 3.4: TROLLEY POSICIONADO NOS TRILHOS.

3.2.1 Rodas Guiadas

Como o próprio nome simboliza essas rodas serão as guias do *trolley*. Desenhada de maneira a envolver parte do trilho, estas rodas suportam forças laterais a fim de fazer com que o carrinho permaneça em seu movimento retilíneo.

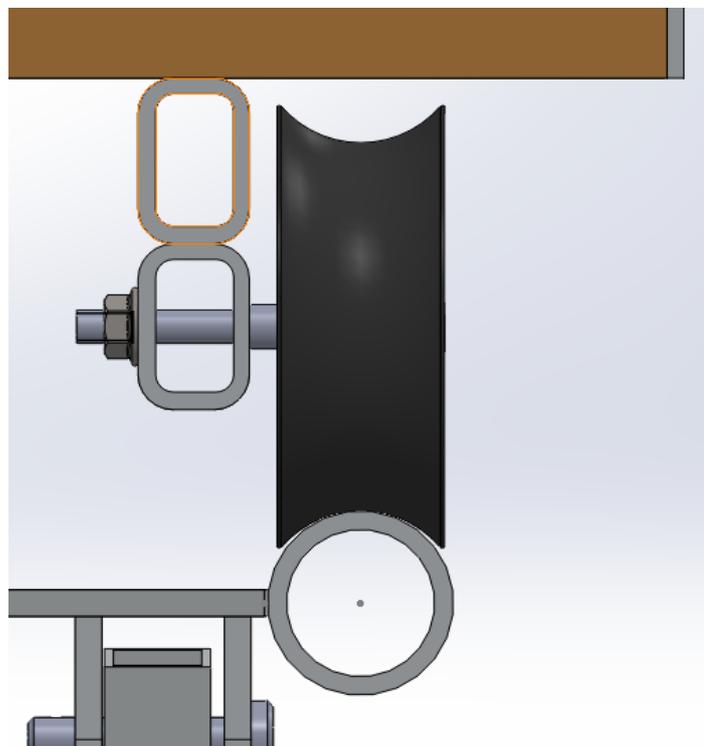


FIGURA 3.5: RODA GUIADA

3.2.2 Roda Lisa

Esta roda está localizada do outro lado da roda guiada e seu objetivo é absorver pequenos desalinhamentos entre os trilhos. Apesar de o trilho possuir seus próprios meios de garantir seu paralelismo, é mais confortável adicionar esta funcionalidade a esta roda.

Isso é possível porque ela é lisa e portanto pode ter como superfície de apoio no trilho qualquer parte de sua extensão, com isso é aceitável um desvio de 10mm entre o paralelismo dos trilhos.

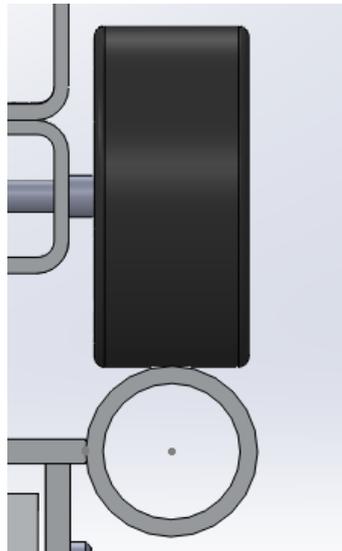


FIGURA 3.6: RODA GUIADA

3.2.3 Roda Motora

A roda motora é conectada ao eixo do motor e assim transmite o movimento ao veículo. Esta roda não possui perfil guiado, já que possíveis desalinhamentos poderiam gerar uma componente de força lateral indesejável.

O material desta roda é o mesmo das outras, já que para garantir seu não deslizamento foi utilizada uma contra roda, explicada logo a seguir.

3.2.4 Contra-Roda

Por último existe a contra-roda. Esta roda está posicionada abaixo do trilho no mesmo lado da roda guiada e possui regulagem para tornar possível o encaixe do trolley no trilho e limitar deslocamentos verticais. Outra função desta roda é que quando aplica pressão no trilho faz com que a roda motora aumente a força normal sobre o trilho e com isso aumente a força de atrito, ajudando na condição de não deslizamento.

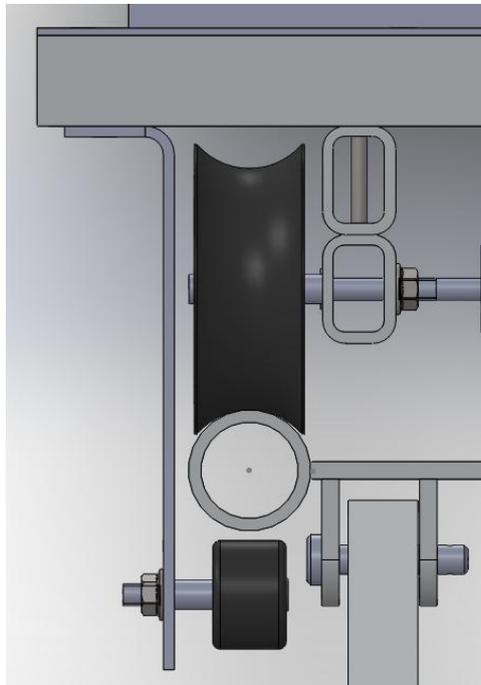


FIGURA 3.7: CONTRA RODA

Pela figura é possível notar o rasgo de ajuste da contra roda. Esse rasgo é que dá a mobilidade necessária para que seja possível o trolley entrar no trilho e também aumentar a força normal da roda motora.

3.3 Transmissão

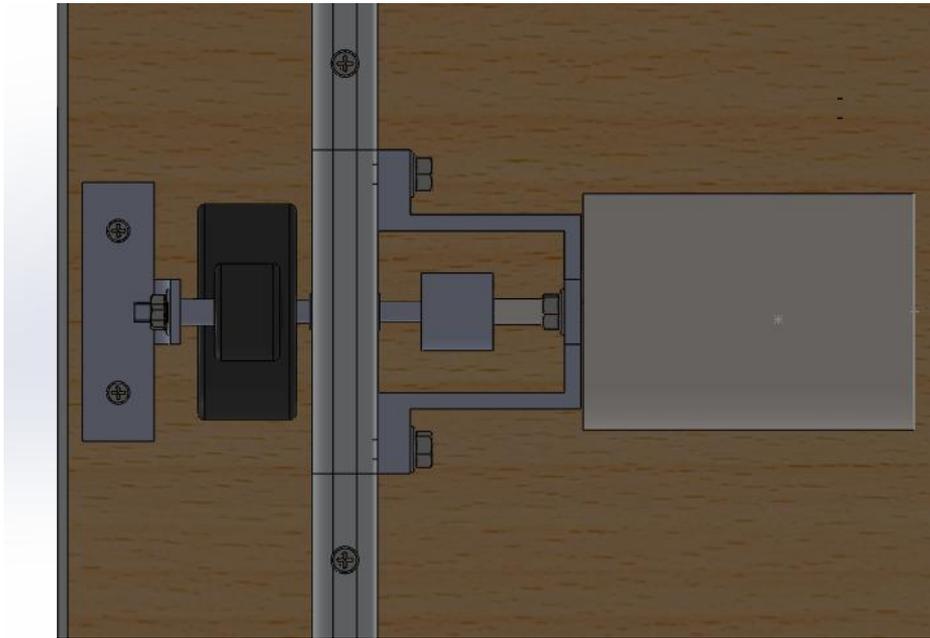


FIGURA 3.8: MOTOR, ACOPLAMENTO E EIXO

O motor fornece a potência mecânica necessária para movimentar o conjunto na velocidade requerida e é possível posicioná-lo alinhado com o eixo da roda motora, portanto, ficou decidido utilizar um acoplamento, para facilitar a transmissão do movimento.

O acoplamento escolhido é do tipo fole, que possui vantagens como:

- Dimensões reduzidas
- Baixo momento de inércia
- Compensação de desalinhamento radiais, axiais e angulares



FIGURA 3.9: ACOPLAMENTO DE FOLE [15]

Com o motor do trolley selecionando é possível extrair de suas especificações o torque gerado por seu eixo, para então ter condições de dimensionar o acoplamento. O torque máximo proveniente do motor é 0,85Nm e pelo catálogo da Imetex [19] tem-se que o primeiro modelo que suporta esta transferência é o KB1/20-22-24, cujo limite é de 2Nm. Sua rotação limite de 15000 rpm é mais do que suficiente para a aplicação em discussão.

Dados técnicos do KB1/20-22-24 estão localizados no Anexo II.

4 TRILHO

4.1 Conceito

O trilho foi pensado para ser usado em ambientes e objetivos diferentes, por isso, optou-se por uma regulagem de altura, podendo chegar de 0.2m até 1m de altura, e a facilidade de ser instalado e transportado.

Para a regulagem de altura foi utilizado o princípio do mecanismo de quatro barras na forma de um paralelogramo, para que o trilho fique sempre na posição horizontal.

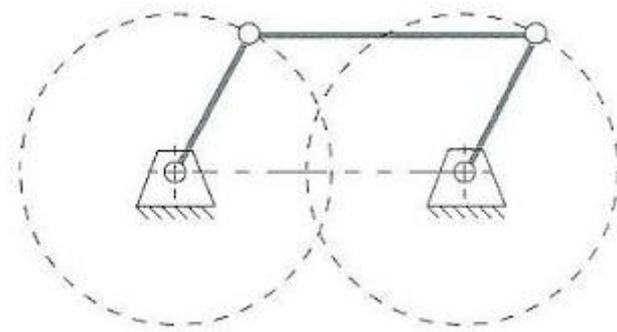


FIGURA 4.1: MECANISMO 4 BARRAS - PARALELOGRAMO [20]

Em relação à portabilidade o conjunto de trilhos é formado por trilhos de 1.5m de comprimento, que se acoplam para formar um caminho mais longo.

Visando um acoplamento sem necessidade de utilização de ferramentas foi elaborado um componente específico, que ainda tem como objetivo diminuir a propagação de vibrações entre os trilhos.

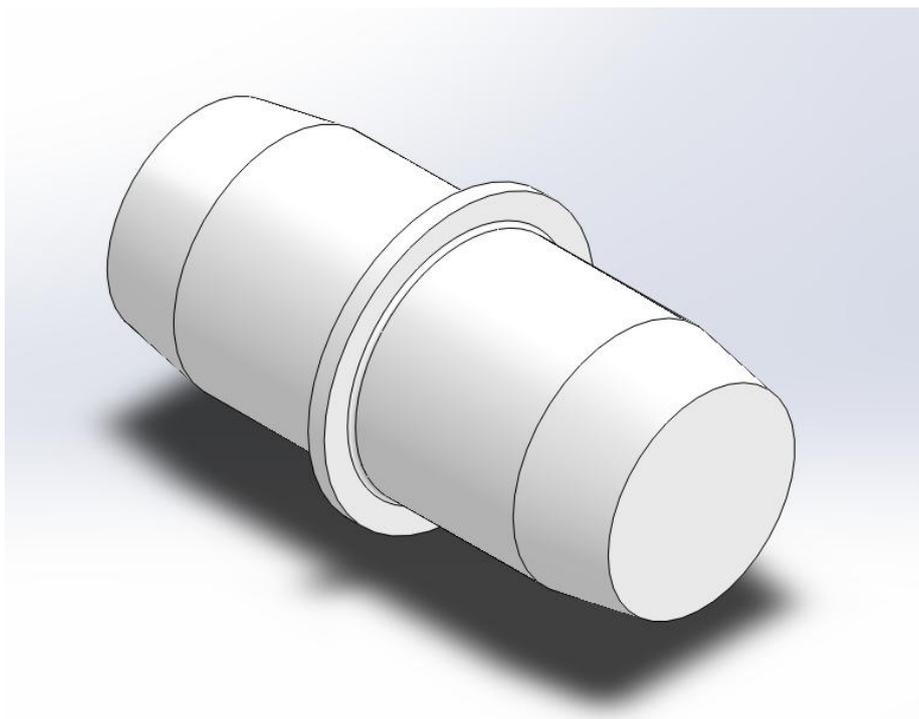


FIGURA 4.2: COMPONENTE DE ACOPLAMENTO.

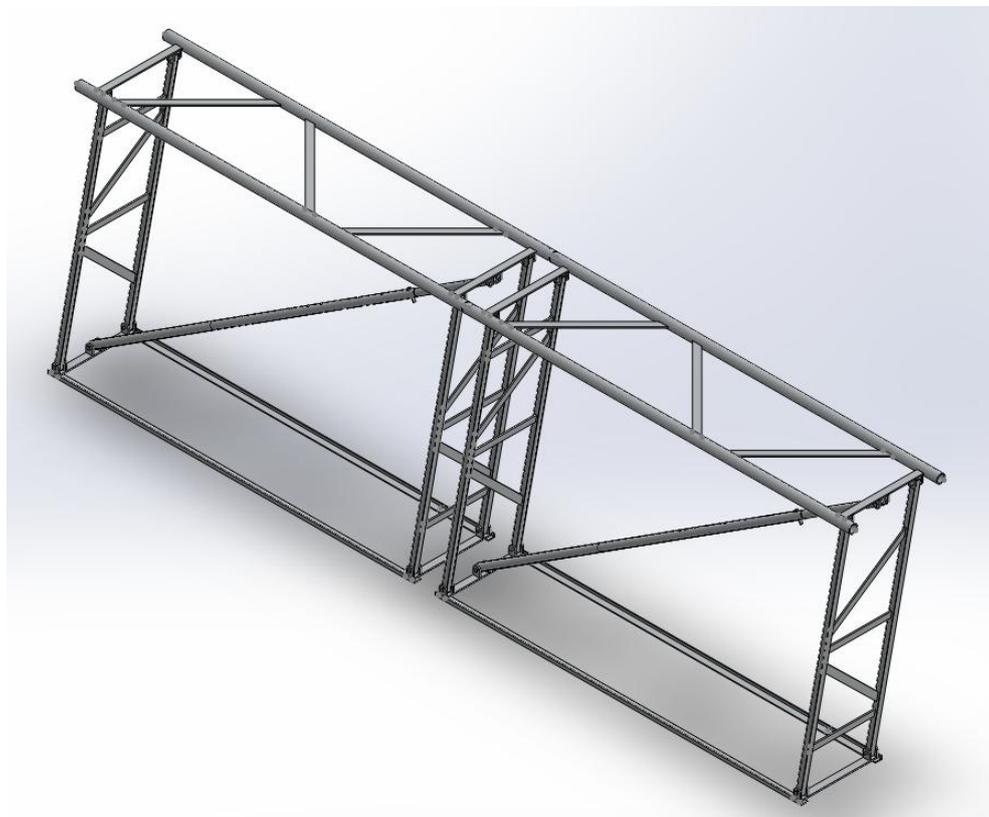


FIGURA 4.3: DOIS TRILHOS ACOPLADOS

Para adicionar a característica de praticidade e portabilidade proposta o modelo foi projetado em módulos de rápida montagem.

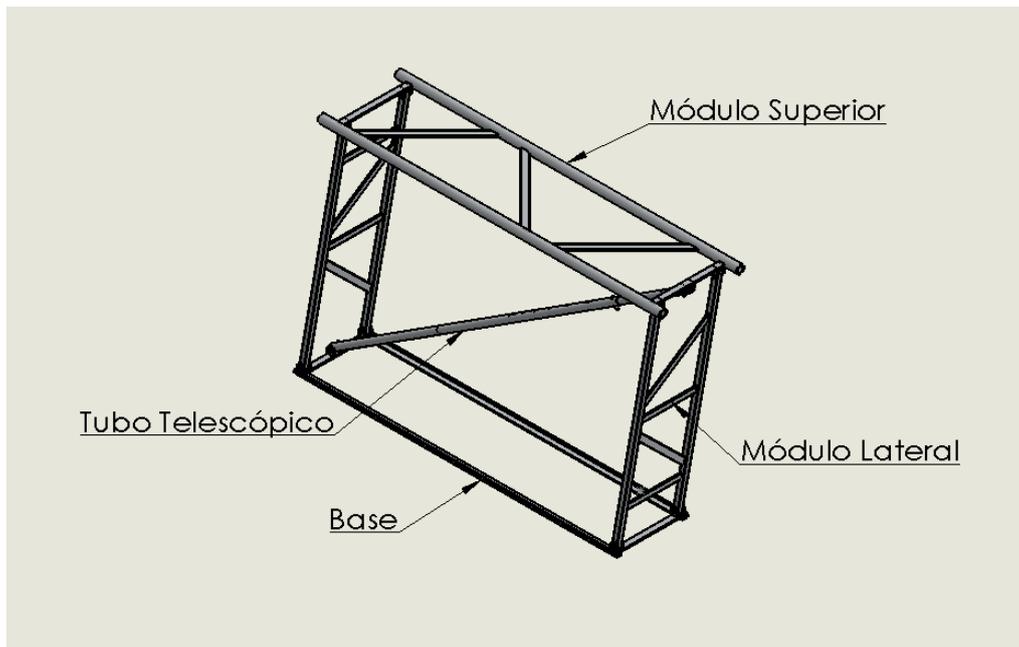


FIGURA 4.4: MODELO DO TRILHO

Como mostra a figura acima, existem os módulos laterais, superior, a base e ainda para fazer a fixação na altura desejada foi implementado um sistema com tubos telescópicos. Para fazer a união destes módulos será utilizado uma junta pinada, caracterizada pelo seu rápido desacoplamento.

Como os pinos de travamento do trilho e os módulos são confeccionados em materiais diferentes, diversos problemas poderiam surgir durante a movimentação do conjunto. A fim de evitar desgaste, travamento e a corrosão do pino, o mesmo foi revestido de UHMW (Ultra High Molecular Weight Polyethylene). Este revestimento é

fabricado pela usinagem de uma barra de UHMW no diâmetro do pino e com a espessura de 2mm acoplado no pino.

O UHMW foi selecionado para esta aplicação por sua alta resistência à tração e compressão, baixa densidade em comparação com metais, impermeabilidade, baixo coeficiente de atrito e sua baixa reatividade.

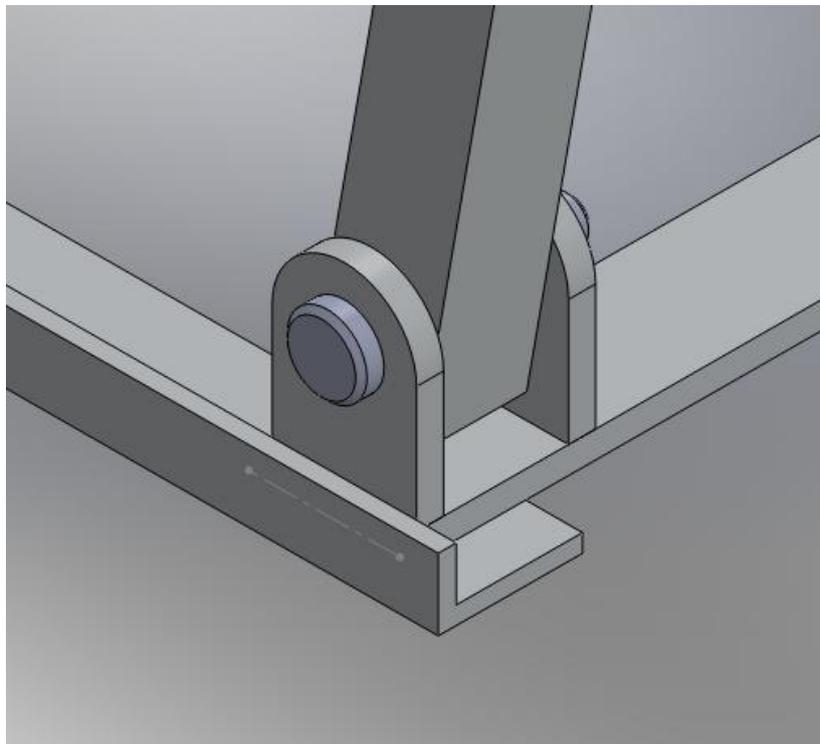


FIGURA 4.5: JUNTA

4.2 Análise Cinemática

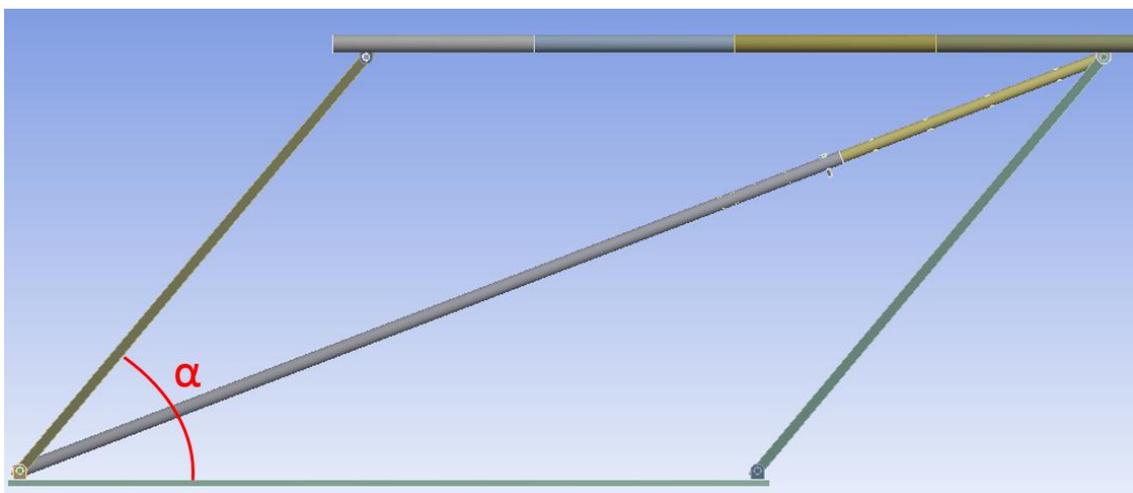


FIGURA 4.6: INDICAÇÃO DO ÂNGULO ALFA.

Para as análises a seguir será necessário o entendimento do ângulo alfa (α). Este ângulo é medido entre a base e o módulo lateral e foi limitado de 10° a 90° , sendo altura mínima e máxima respectivamente.

Com a variação do ângulo alfa o comprimento que o mecanismo telescópico terá que alcançar também muda, segue abaixo tabela referenciando todas as variações possíveis do ângulo e o comprimento do mecanismo.

TABELA 4.1: MECANISMO TELESCÓPICO

Ângulo (α)	Comprimento do mecanismo	% Abertura
10°	2.383 m	0.78
20°	2.357 m	0.77
30°	2.313 m	0.76
40°	2.252 m	0.74
50°	2.174 m	0.71
60°	2.08 m	0.68
70°	1.971 m	0.65
80°	1.848 m	0.61
90°	1.712 m	0.56

Como a tabela demonstra, o comprimento não ultrapassa 80% do total, dentro do limite aceitável para que o sistema de tubos telescópicos funcione sem problemas.

Devido ao contato entre os dois tubos há a possibilidade de um travamento, portanto será adicionado revestimento interno, de UHMW, no tubo guia. O revestimento reduz o atrito e a folga entre os tubos, melhorando sua movimentação e reduzindo possibilidade de travamento.

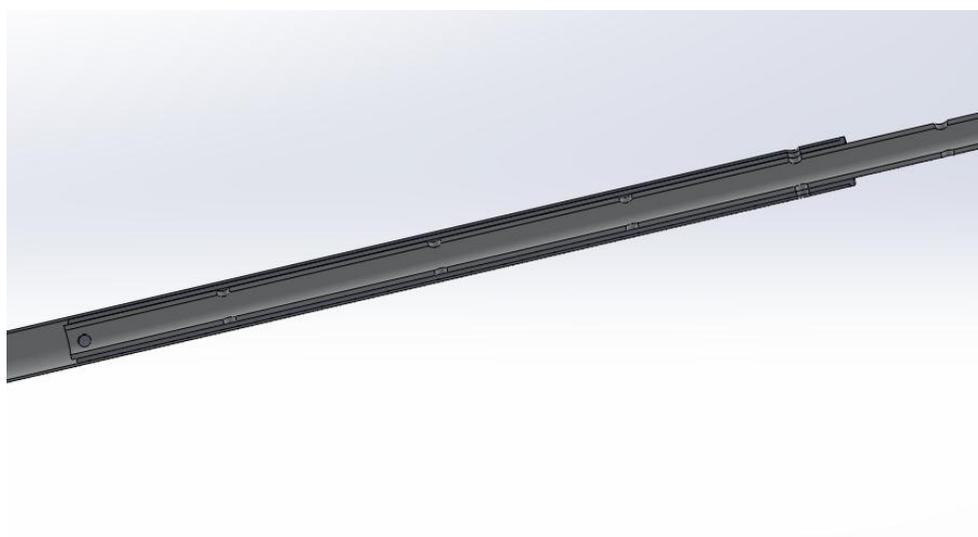


FIGURA 4.7: TUBO TELESCÓPICO

4.3 Análise Estática

Para começar o projeto, o trilho foi simplificado para o modelo de treliça, a fim de facilitar o primeiro cálculo e foi adotado como carregamento proveniente do conjunto do trolley uma força de 200N.

A ideia foi criar uma rotina de cálculo que analisa todas as variações aceitáveis de Alfa para posições definidas da plataforma móvel. As posições escolhidas foram no início do trilho e com incrementos de 350mm até a final do trilho, totalizando 5 posições. Os gráficos demonstrando as variações das forças estão localizados abaixo.

A rotina de cálculos foi feita no *Mathcad* e está no Anexo III.

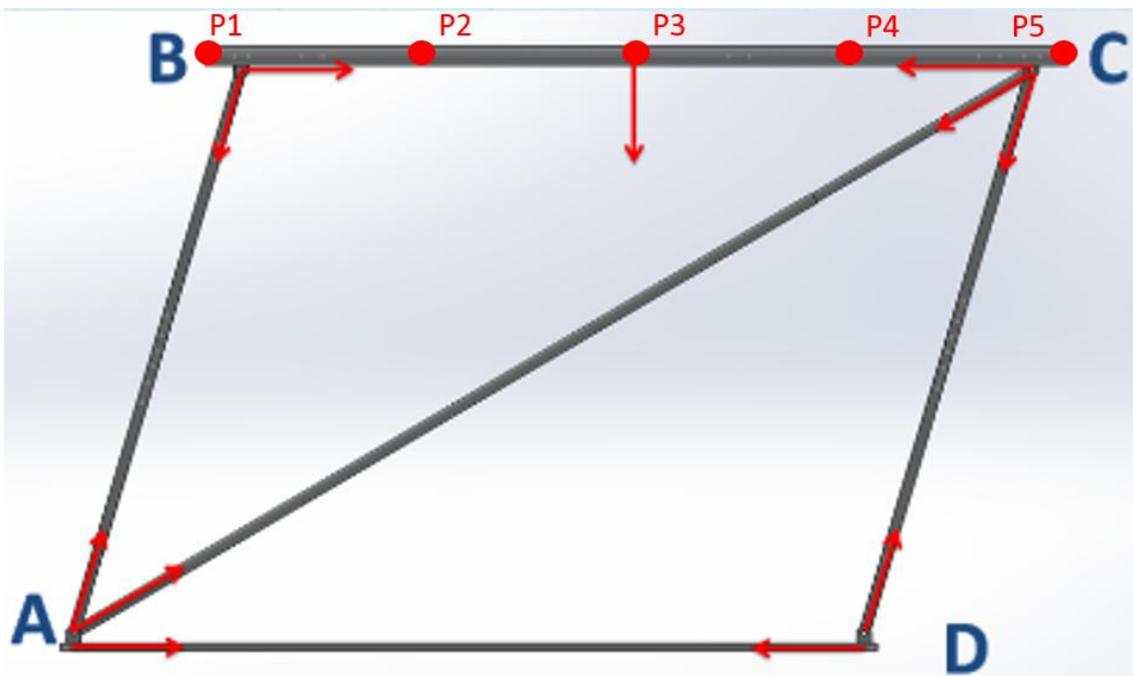


FIGURA 4.8: MODELO DE TRELIÇA

Após elaborar os cálculos e chegar a resultados, as fórmulas das forças foram parametrizadas em função de Alfa (α) para ter conhecimento do comportamento destas forças em diferentes posições, variando entre a máxima e a mínima.

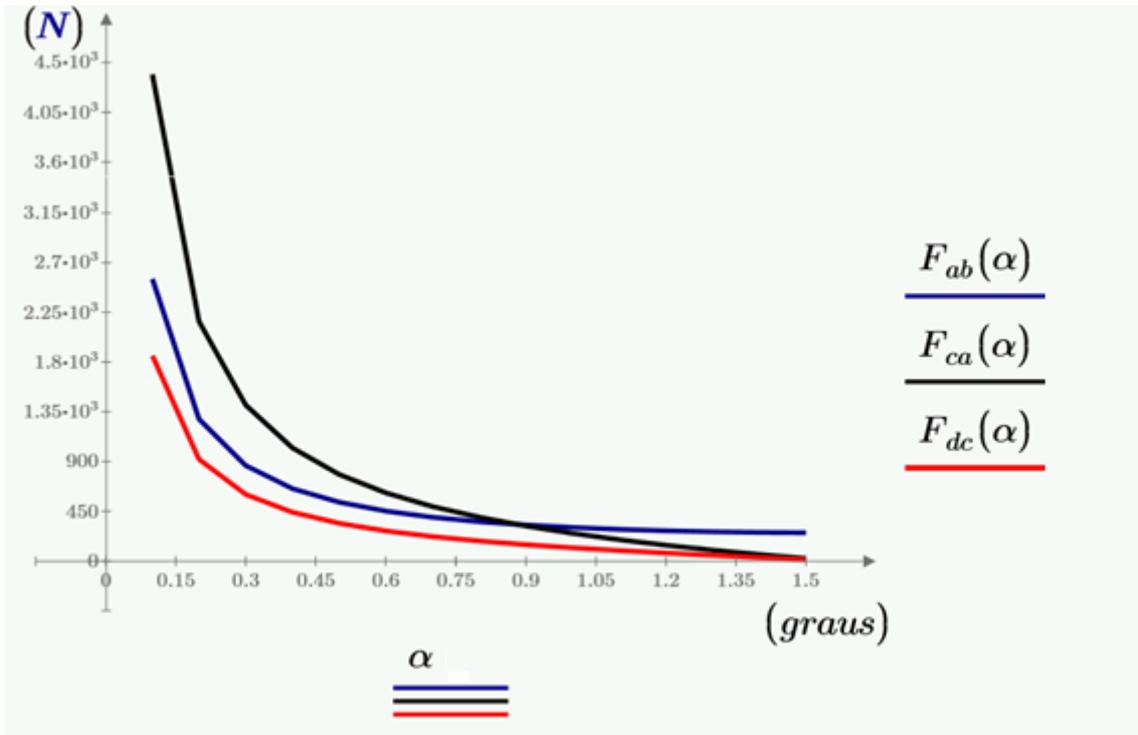


FIGURA 4.9: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO OMM

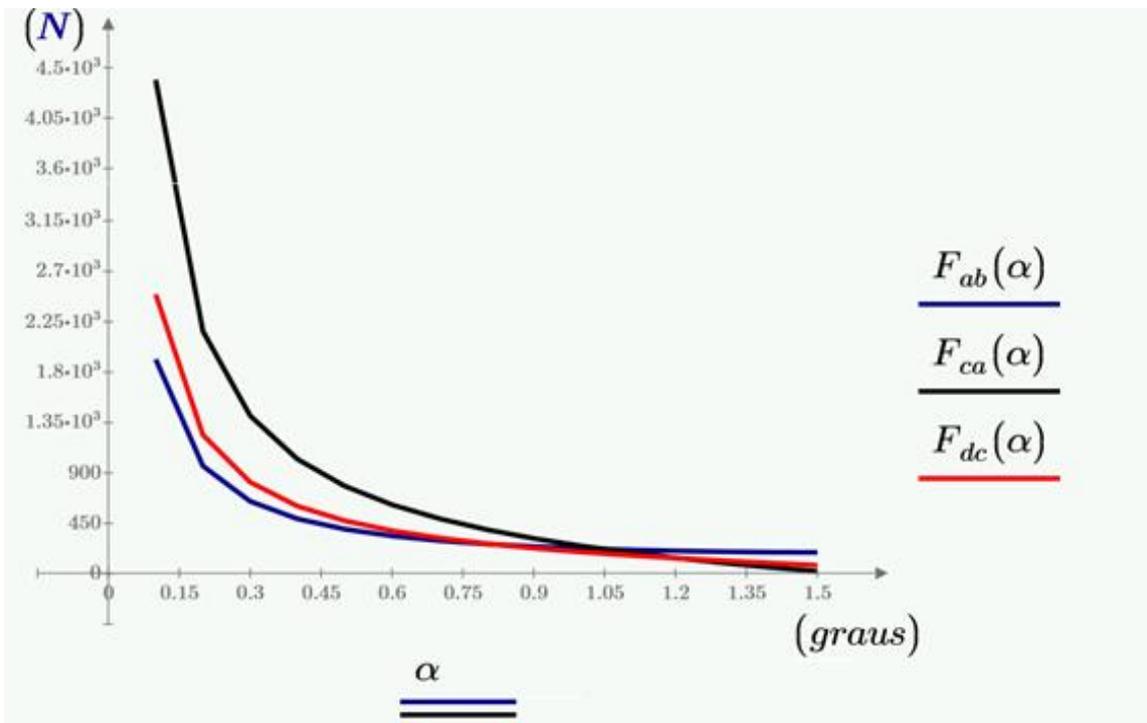


FIGURA 4.10: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO 375MM

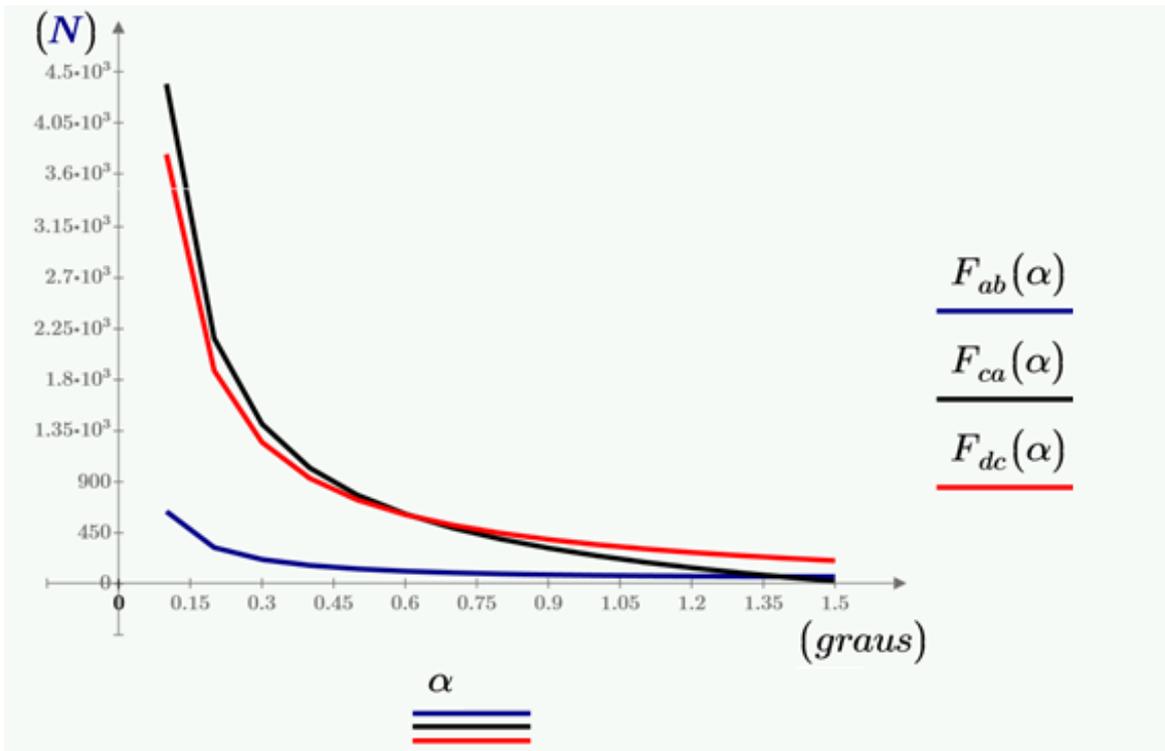


FIGURA 4.11: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO 750MM

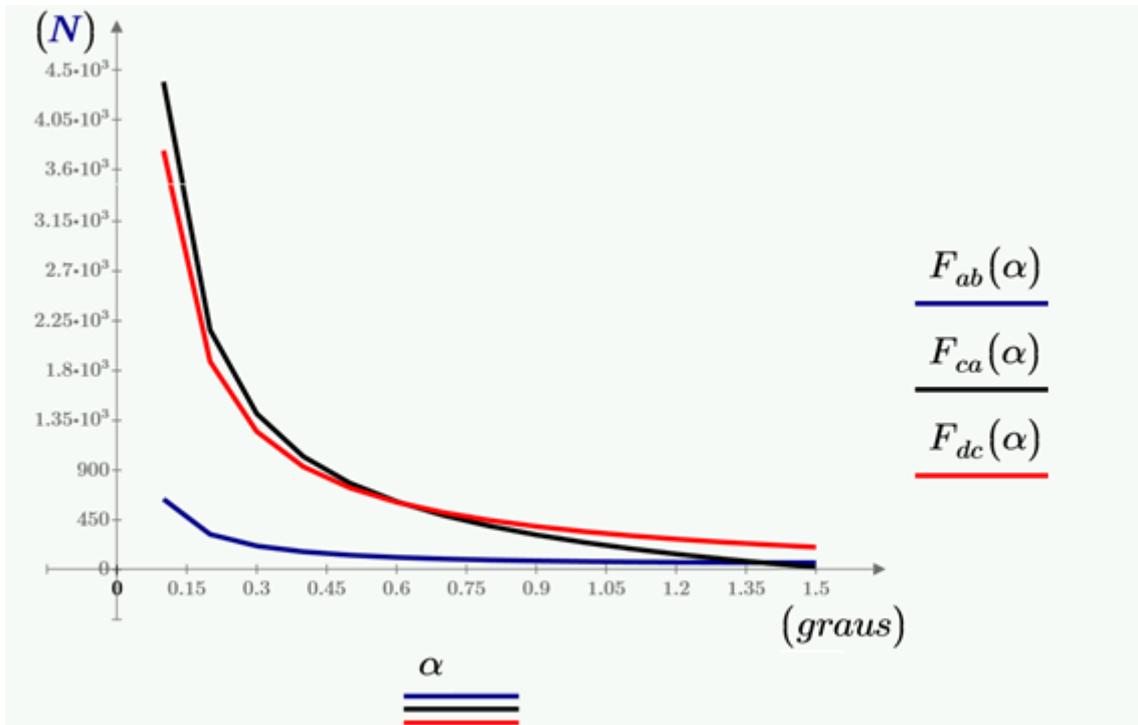


FIGURA 4.12: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO 1150MM

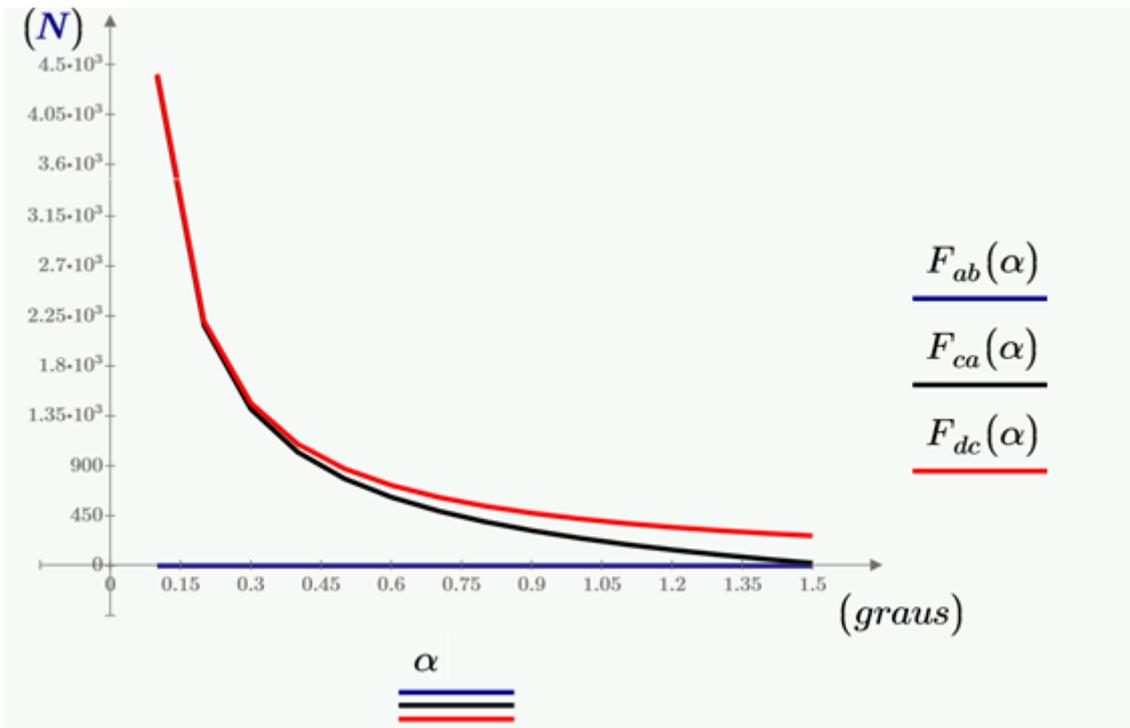


FIGURA 4.13: GRÁFICO DAS FORÇAS – POSIÇÃO 1500MM

Estes gráficos demonstram que independentemente da posição da plataforma o pior caso é para o menor ângulo Alfa. Outra informação que é possível perceber é que a maior força ocorre no tubo telescópico e no caso da posição do carro for ao final do trilho essa força também ocorre no módulo lateral. Os maiores valores para cada componente foram tomados como base para o dimensionamento dos componentes do trilho, apesar disso o ângulo mínimo de trabalho foi limitado em 10°.

4.4 Análise de Tombamento

Devido à capacidade de regulação de altura do trilho, sua massa e sua estrutura existe uma propensão ao tombamento do mesmo quando está com a altura baixa, ou seja, α pequeno. Foi criada uma rotina de cálculo para analisar a situação citada.

O cálculo que está no Anexo III foi baseado em equilíbrio de forças e momentos atuantes na estrutura do trilho. As forças consideradas foram o peso do conjunto do trolley, o peso do trilho aplicado em seu centro de gravidade e a reação do peso aplicado em seus apoios ao solo. O resultado do cálculo demonstra que ao utilizar somente um trilho há necessidade de depositar sobre a outra extremidade da base um contrapeso de massa 13,5 Kg de modo a evitar o tombamento em todos os modos de uso do equipamento.

Como o projeto oferece a possibilidade de ligar mais trilhos à análise foi estendida a 2 e 3 trilhos. Com o uso de 2 trilhos a massa do contrapeso é reduzida para 2,5Kg e finalmente a partir de 3 trilhos o sistema é autossustentável em qualquer posição escolhida.

4.5 Análise de Tensões e Deformações

Após o modelo já dimensionado e seu desenho em 3D feito em *SolidWorks* pronto, o mesmo foi exportado para o software de análise de elementos finitos, Ansys. O objetivo desta análise foi verificar e validar o dimensionamento da estrutura do trilho em termos de tensões e deformações quando carregado pela massa do plataforma e seus componentes embarcados.

4.5.1 Parâmetros de Entrada

4.5.1.1 Malha

Para a realização do método de elementos finitos com um tempo de processamento adequado e com boa aproximação da solução, é necessário o desenvolvimento de malhas que se adaptem a cada problema específico, ou seja, que tenham elementos pequenos nas regiões em que se esperam taxas de variação elevadas na função solução e elementos grandes onde essa taxa de variação é baixa.

Perto dos furos e pinos há um aumento na densidade de elementos para que o resultado se aproxime da realidade.

Bounding Box	
Length X	59,055 in
Length Y	42,583 in
Length Z	14,701 in
Properties	
Volume	176,11 in ³
Mass	49,943 lbm
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	62
Active Bodies	62
Nodes	148988
Elements	38014
Mesh Metric	None

FIGURA 4.145: DETALHES DA MALHA

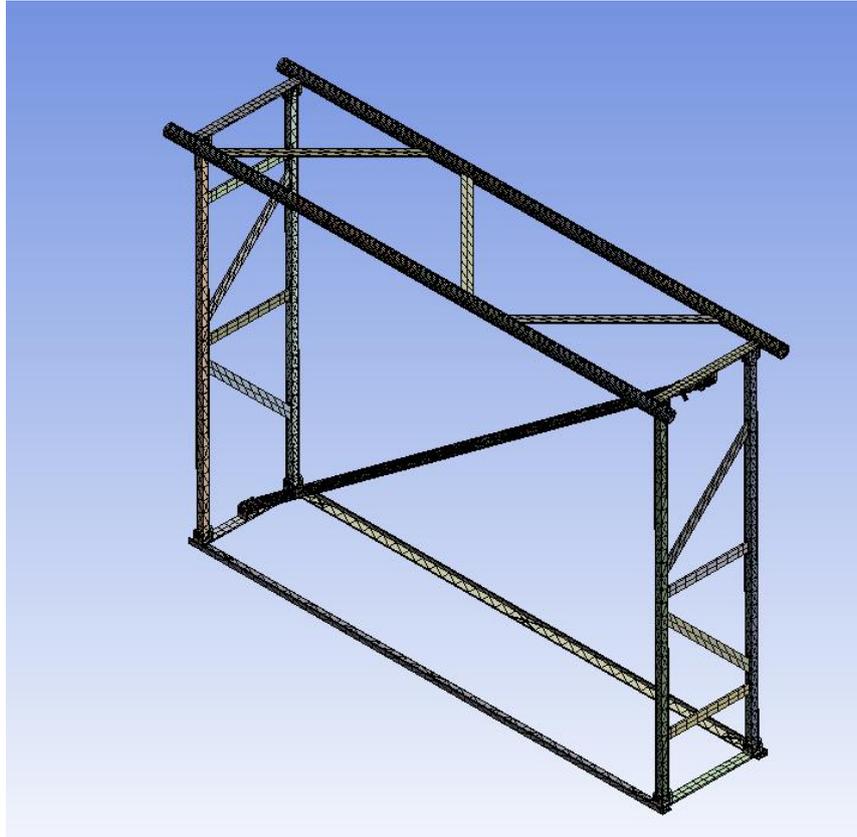


FIGURA 4.156: MALHA DE ELEMENTOS FINITOS

4.5.1.2 Restrição

Como a análise das sapatas não se faz necessário elas serão retiradas, mas os pontos de interface entre as sapatas e as cantoneiras serão tratados como pontos fixos capazes de resistir nas 3 direções. Esses pontos serão demonstrados na figura abaixo.

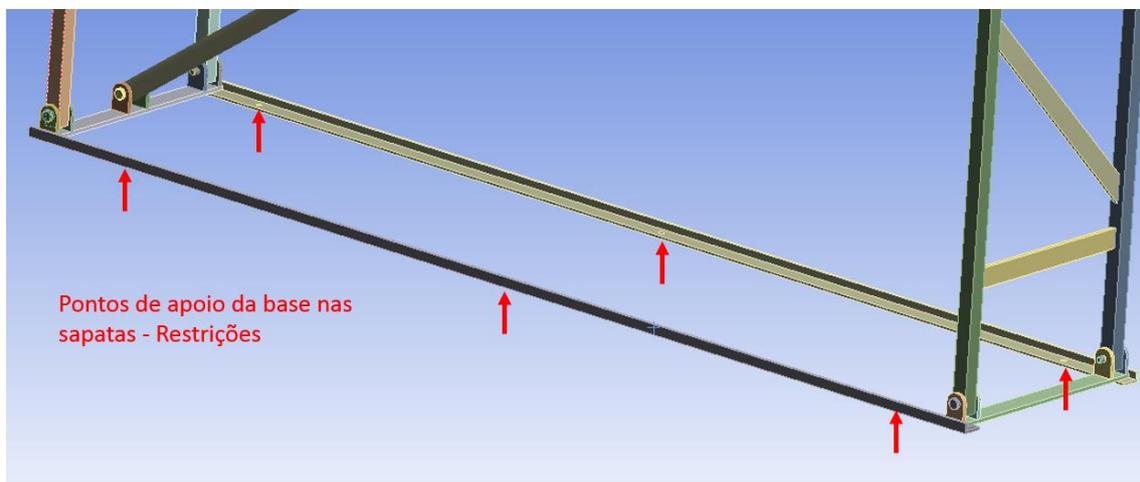


FIGURA 4.16: RESTRIÇÕES – ANSYS

4.5.1.3 Carregamentos

Foi considerado o peso combinado da plataforma com todos os componentes embarcados como sendo de 200N, o mesmo foi igualmente dividido entre os dois trilhos.

Esse carregamento foi posicionado em diferentes localizações, desde o início até o final do trilho com incrementos de 350 mm, totalizando 5 casos. Sendo que foram testados 3 alturas diferentes, ou seja, Alfa igual à 90° , 50° e 10° , caso 1, 2 e 3 respectivamente. Estes casos estão ilustrados nas figuras a seguir.

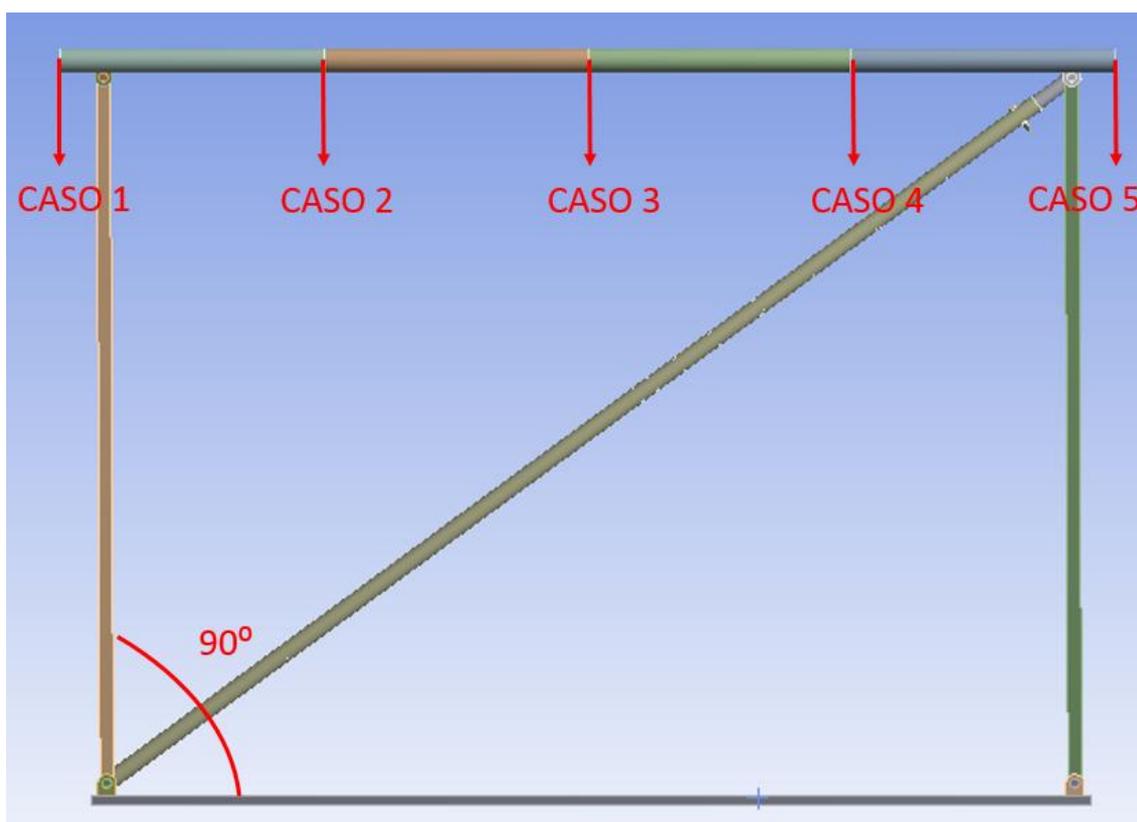


FIGURA 4.17: EXPLICAÇÃO DOS CASOS - PARTE 1

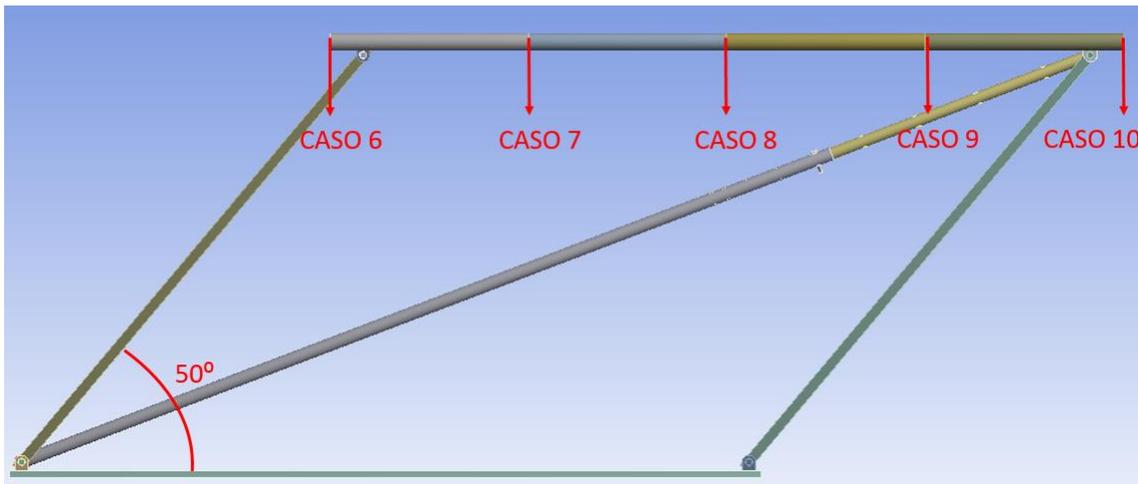


FIGURA 4.18: EXPLICAÇÃO DOS CASOS - PARTE 2

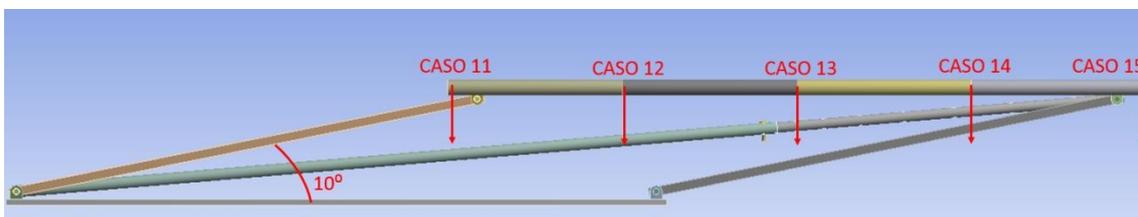


FIGURA 4.19: EXPLICAÇÃO DOS CASOS - PARTE 3

A resposta da análise dos 15 casos apresentados está na tabela abaixo. As linhas detalham a maior tensão Von Mises e a deformação do trilho e suas localizações de cada caso.

TABELA4.2: RESULTADOS DA ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS

CASOS	Tensão Von Mises	Localização	Deformação Total	Localização
Caso 1	28,83 MPa	Cantoneira-Base	0,11 mm	Tubo-Trilho
Caso 2	28,10 MPa	Suporte Trilho	0,45 mm	Tubo-Trilho
Caso 3	34,27 MPa	Suporte Trilho	0,67 mm	Tubo-Trilho
Caso 4	26,11 MPa	Suporte Trilho	0,45 mm	Tubo-Trilho
Caso 5	29,35 MPa	Cantoneira-Base	0,10 mm	Tubo-Trilho
Caso 6	37,54 MPa	Suporte Trilho	0,51 mm	Suporte Trilho
Caso 7	40,83 MPa	Suporte Trilho	0,79 mm	Tubo-Trilho
Caso 8	41,73 MPa	Suporte Trilho	1,00 mm	Tubo-Trilho
Caso 9	41,05 MPa	Suporte Trilho	0,85 mm	Tubo-Trilho
Caso 10	45,45 MPa	Suporte Trilho	0,66 mm	Suporte Trilho

Caso 11	209,22 MPa	Suporte Trilho	4,50 mm	Tubo-Trilho
Caso 12	145,95 MPa	Suporte Trilho	5,00 mm	Tubo-Trilho
Caso 13	146,09 MPa	Suporte Trilho	5,37 mm	Tubo-Trilho
Caso 14	158,35 MPa	Suporte Base	5,27 mm	Tubo-Trilho
Caso 15	166,80 MPa	Suporte Base	5,45 mm	Tubo-Trilho

Abaixo seguem as figuras para ilustrar a resposta do pior caso de cada valor de Alfa.

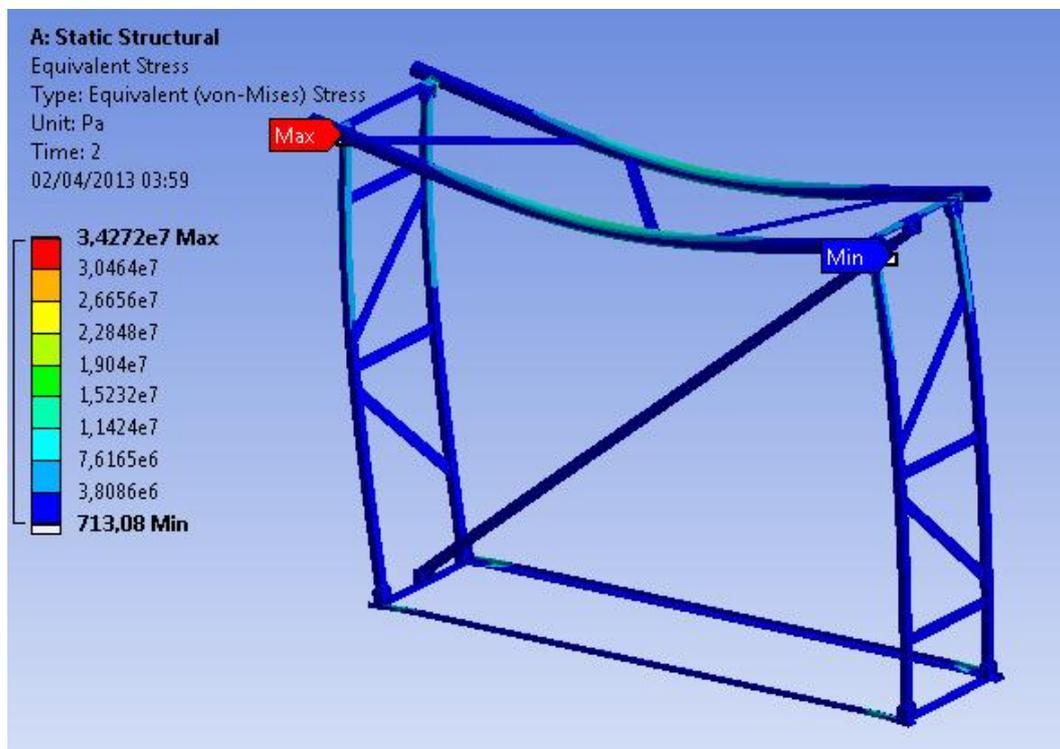


FIGURA 4.20: TENSÃO VON MISES - CASO 3

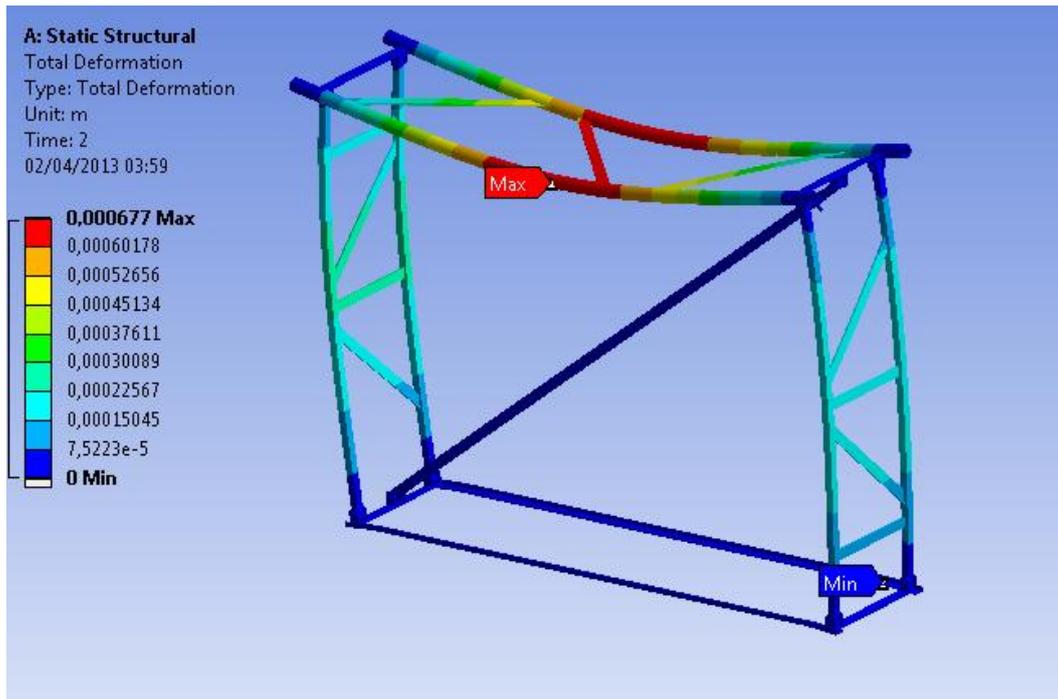


FIGURA 4.21: DESLOCAMENTO TOTAL - CASO 3

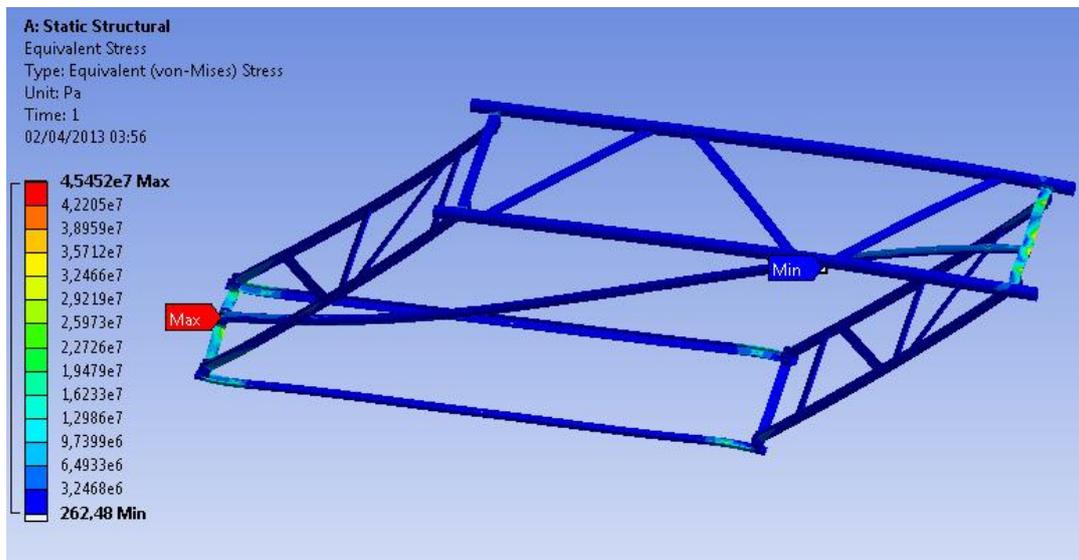


FIGURA 4.22: TENSÃO VON MISES - CASO 10

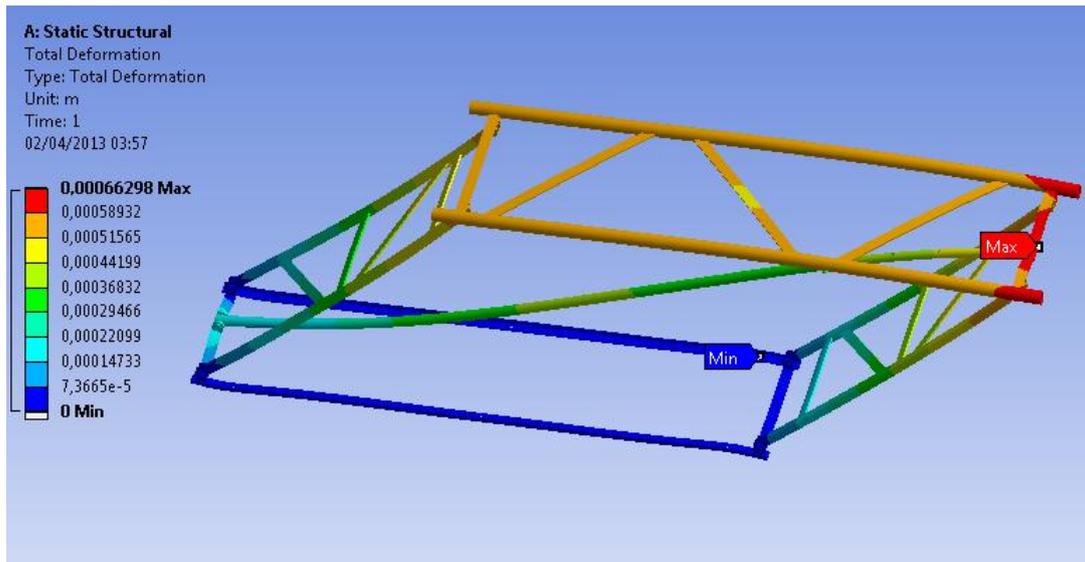


FIGURA 4.23: DESLOCAMENTO TOTAL - CASO 10

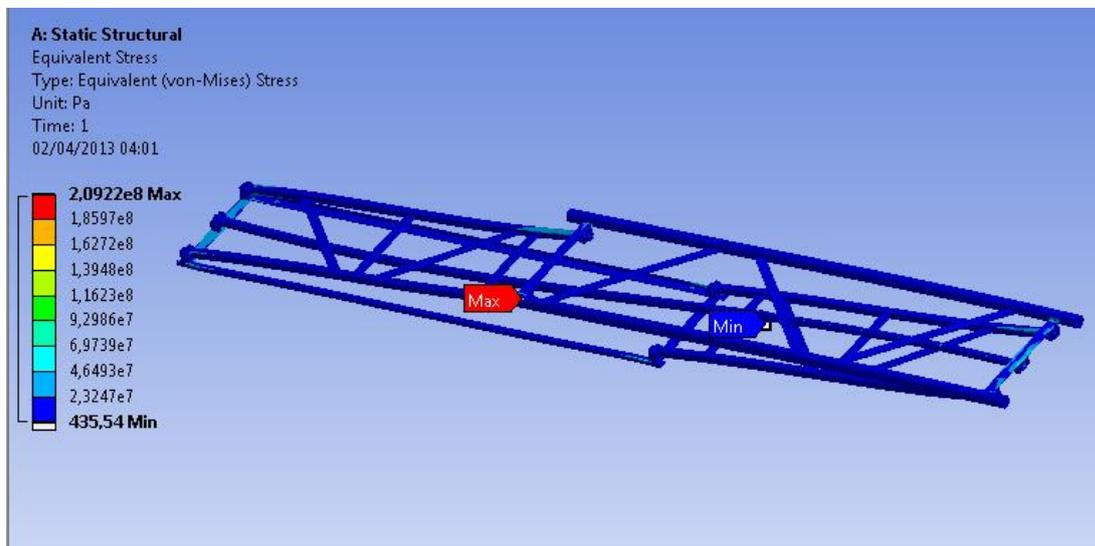


FIGURA 4.24: TENSÃO VON MISES - CASO 11

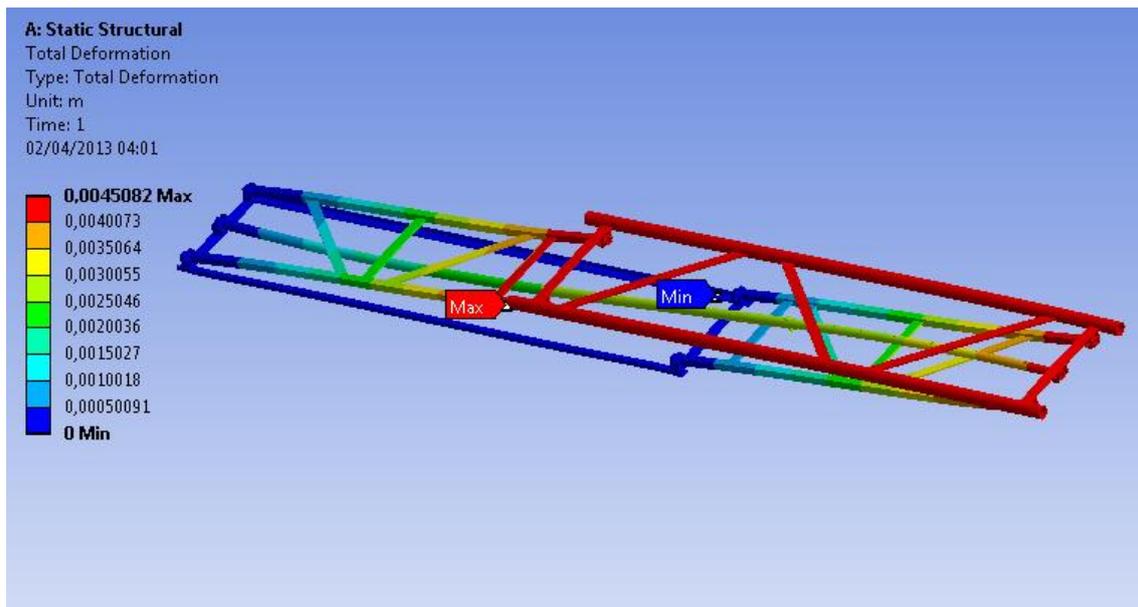


FIGURA 4.25: DESLOCAMENTO TOTAL - CASO 11

Analisando as respostas compiladas na tabela é possível perceber que o valor máximo da tensão ocorre no caso 11, sendo 209,22 Mpa, abaixo do admissível pelo material e é localizado na junção entre o trilho e seu suporte. A figura abaixo é a área que sofre tal esforço, selecionada a partir da figura 4.21.

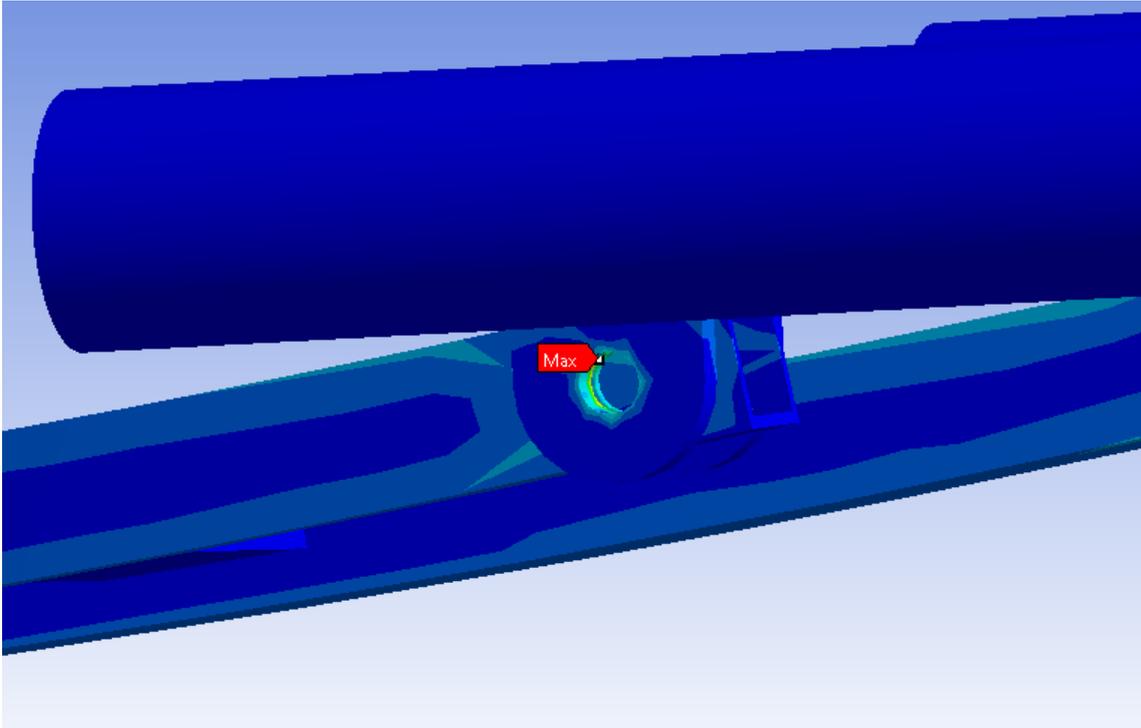


FIGURA 4.26: EXPOSIÇÃO DA TENSÃO MÁXIMA

Outro aspecto importante é o caso de maior deslocamento, visto no caso 15, sendo de 5,45 mm, e acontecendo no módulo superior do trilho.

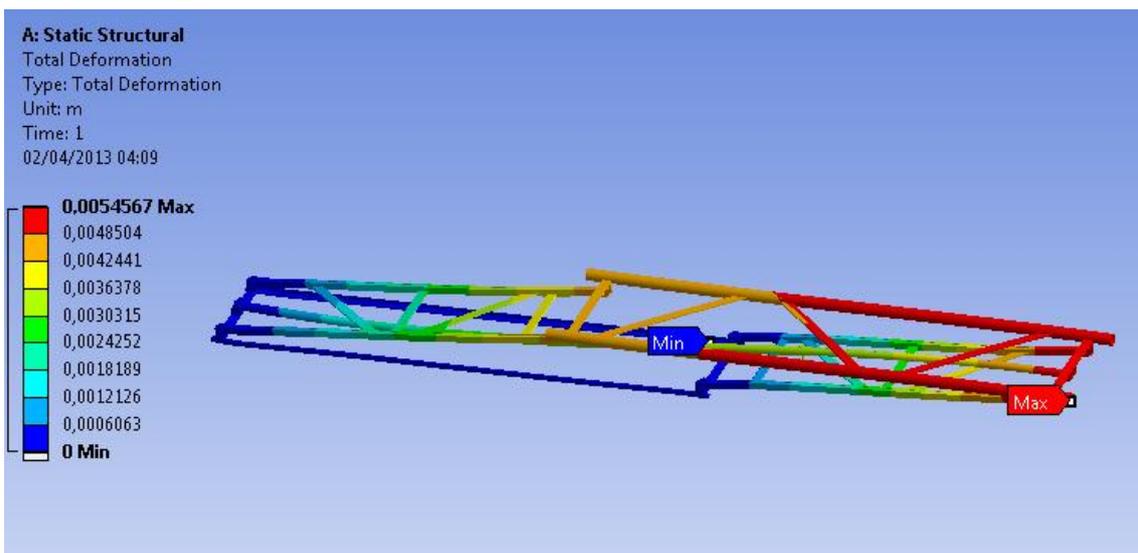


FIGURA 4.27: EXPOSIÇÃO DA DEFORMAÇÃO MÁXIMA

Este foi o pior resultado apresentado e que apesar de aceitável é esperado que na prática esse efeito seja minimizado. Já que a plataforma possui 5 pontos de apoio e assim as forças estarão melhor distribuídas. E ainda nessa posição o esforço poderá ser dividido por 2 trilhos.

4.6 Montagem

A montagem do Trilho é feita em poucos passos e sem necessidade de muitas ferramentas e/ou peças. A única ferramenta imprescindível é o nível de bolha, por outro lado será indispensável o uso de sacos de areia como contrapeso e calços de madeira. A seguir a ordem de montagem do trilho.

1. Posicionar a base do trilho no local desejado, atentando para um solo acidentado, se necessário apoiar as sapatas nos calços de madeira para estabelecer a melhor condição de interface. Usar o nível de bolha para checar sua posição.
2. Após a base já localizada e montada pegar um dos módulos laterais encaixando-o na base e utilize os pinos para prendê-lo. Repita o processo para o outro lado.
3. Pegar o tubo telescópico e fixe-o na base.
4. Pegar o módulo superior e o encaixe em uma das extremidades, faça o mesmo para o tubo telescópico e depois para a outra extremidade.
5. Ajustar a altura desejada pela regulagem do tubo telescópico. As possibilidades de regulagens são de 10°. Utilize o nível de bolha para fazer uma última checagem na horizontalidade do trilho, concertar qualquer desnível ajustando as sapatas.
6. Caso necessite juntar mais trilhos repita os passos de 1 a 5 e utilizar o componente de acoplamento para uni-los.
7. Se for utilizar somente um ou dois trilhos não se esqueça de posicionar o contra peso de 13,5Kg e 2,5Kg respectivamente na base do trilho. Com mais de dois trilhos não há necessidade deste passo.

8. Posicionar o trolley no trilho, ajuste a contra roda e aperte o parafuso referente à mesma.

5 CONCLUSÃO

Nesse trabalho de conclusão de curso foram apresentados a concepção, seleção de componentes e dimensionamento de um sistema de filmagem composto de uma plataforma (*trolley*) e trilhos modulares de alumínio com altura regulável para ser utilizado nos mais variados ambientes como estúdios ou até mesmo em cenários externos. No *trolley* foram embarcados os seguintes equipamentos: uma cabeça remota, uma câmera HD e um transmissor de imagem. O trilho feito de alumínio possui mecanismo para a regulagem de altura e apresenta conceito de módulo para que seu transporte e montagem com outros módulos de trilhos sejam facilitados.

O *trolley* tem embarcado além dos componentes necessários para a filmagem, uma unidade de controle, um motor e bateria. O motor será ligado diretamente à árvore da roda motora (*direct drive*). A unidade de controle receberá os inputs da base de operações através do receptor de sinais de comando e enviará o sinal de comando correspondente ao motor para que o mesmo promova o deslocamento do carrinho. A bateria alimentará a cabeça remota, a unidade de controle, o receptor de sinais de comando, o transmissor de imagem e o motor, já que a câmera possui alimentação própria.

Já o trilho foi dimensionado visando que equipamentos maiores e mais pesados sejam utilizados no veículo. A possibilidade de regular a altura do trilho foi usada como premissa e para esse sistema adotou-se o mecanismo de quatro barras.

A regulagem de altura proporciona a possibilidade de serem feitas gravações com tomadas próximo ao solo ou até mesmo que uma pessoa desloque o veículo

diretamente, pois foi projetado para que em sua altura máxima o da câmera fique perto da linha de cintura de uma pessoa.

Para validar o projeto do trilho foram feitas diversas análises. A análise utilizando o modelo de treliça foi feita com o intuito de ter os primeiros parâmetros para dimensionar sua estrutura.

Com massa e estrutura definida utilizou-se um cálculo de tombamento para ter a resposta de como o conjunto plataforma móvel e trilho se comportaria. A resposta do cálculo foi que para posições inclinadas, ou seja, α menor que 90° , o trilho tombaria na sua condição extrema, que seria a plataforma na sua extremidade. Com isso foi especificado um valor de contrapeso para evitar tal acontecimento.

Por fim foram executadas várias análises em ANSYS para validar a estrutura do trilho. Foi considerado o carregamento de 200N em 5 posições diferentes do trilho variando 3 valores de α . Mesmo na pior situação, a tensão calculada fica abaixo da admissível pelo material.

5.1 Proposta de Continuidade de Projeto

O conjunto, por estar abaixo do limite de massa imposto no início do projeto, ainda pode ser incrementado com equipamentos mais robustos ou para um objetivo específico, como gravação de imagens em 3D ou até mesmo imagens da próxima geração, como o 4k. Ainda há a possibilidade de aumentar a autonomia do conjunto, já que é possível adicionar mais um conjunto de baterias e ligar a câmera neste conjunto.

No trilho existem algumas possibilidades, dentre elas estão:

- Utilizar um atuador linear no sistema de tubos telescópicos para que sua regulagem de altura seja feita de maneira automática.
- Elaborar um módulo lateral com tubos telescópicos, para que haja um aumento na capacidade de regulagem de altura e ainda uma maneira de vencer grandes desníveis no solo. Essa característica pode ser usada para fazer tomadas em ascendência ou descendência.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://www.tecmundo.com.br/projetor/2598-conheca-a-tecnologia-4k-o-cinema-com-a-maior-resolucao-que-voce-ja-viu.htm>, acessado em Fevereiro de 2013.
- [2] <http://www.culturamix.com/cultura/a-evolucao-do-cinema>, acessado em Janeiro de 2013
- [3] <http://www.tecmundo.com.br/projetor/2598-conheca-a-tecnologia-4k-o-cinema-com-a-maior-resolucao-que-voce-ja-viu.htm#ixzz2KXAk5GmG>, acessado em Fevereiro de 2013
- [4] <http://www.mattedi.com.br>, acessado em Março de 2013
- [5] <http://www.fazendovideo.com.br/vtsup.asp>, acessado em Março de 2013
- [6] <http://www.cursodecinema.com/dicionario-de-cinema-terminos-tecnicos-e-expressoes/>, acessado em Março de 2013
- [7] <http://bbs.fsvideo.com/read.php?tid=49958>, acessado em Março de 2013
- [8] <http://sketchupdate.blogspot.com.br/2011/03/introducing-advanced-camera-tools.html>, acessado em Março de 2013.
- [9] http://www.servocity.com/html/pt-2100_pan_tilt_system.html, acessado em Fevereiro de 2013.
- [10] Junior, Jorge Luiz Camacho de Aguiar, 2010, Projeto Conceito de um Equipamento de Filmagem para Competições de Atletismo - UFRJ.
- [11] <http://www.egripment.com/en/products.asp>, acessado em Janeiro de 2013.
- [12] <http://www.tudor.com.br/pt-br/Historia-da-bateria>, acessado em Fevereiro de 2013.

- [13] http://www.hipermetal.com.br/site/produtos/plasticos_industriais/Polietileno.pdf,
acessado em Março de 2013.
- [14] <http://arduino.cc/en/>, acessado em Março de 2013.
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/XBee>, acessado em Março de 2013.
- [16] <http://www.ggdmetals.com.br/cat/aluminio.pdf>, acessado em Fevereiro de 2013.
- [17] <http://www.imperiodosmetais.com.br/aluminio-6061-t6.php>, acessado em
Fevereiro de 2013.
- [18] <http://www.shockmetais.com.br/>, acessado em Março de 2013.
- [19] <http://catalogo.imetex.com.br/category/acoplamento-de-fole-kbk>, acessado em
Fevereiro de 2013.
- [20] <http://promecanico.blogspot.com.br/p/mecanismos.html>, acessado em Fevereiro de
2013.
- [21] SHIGLEY, J. E., Mechanical Engineering Design, Bookman, 2011.

7 ANEXO I – EQUIPAMENTOS EMBARCADOS

Câmera Sony



General Specifications	Detail:
Power Requirements	DC 12 V
Operating Temperature	0 to +40 °C (+32 to +104 °F)
Storage Temperature	-20 to +60 °C (-4 to +140 °F)
Humidity	10 to 90% (relative humidity)
Video Recording Format	UDF Mode (HD Recording) MPEG HD422 (MPEG-2 422P@HL): CBR, 50 Mb/s MPEG HD420 (1440x1080, MPEG-2 MP@HL): HQ mode (VBR, maximum bit rate: 35 Mb/s) SP mode (CBR, 25 Mb/s) - playback only LP mode (VBR, maximum bit rate: 18 Mb/s) - playback only UDF Mode (SD Recording) DVCAM (CBR, 25 Mb/s) FAT Mode (HD Recording) MPEG HD420 (1920x1080, MPEG-2 MP@HL): HQ mode (VBR, maximum bit rate: 35 Mb/s) SP mode (CBR, 25 Mb/s) Fat Mode (SD Recording) DVCAM (CBR, 25 Mb/s)
Audio Recording	UDF Mode (HD Recording) MPEG HD422 (MPEG-2 422P@HL): 4 channels, 48KHz, 24-bit LPCM MPEG HD420 (1440x1080, MPEG-2 MP@HL): 4 channels, 48KHz, 16-bit LPCM UDF Mode (SD Recording) DVCAM: 4 ch/16 bits/48 kHz FAT Mode (HD Recording) MPEG HD420 (1920x1080, MPEG-2 MP@HL): 2 channels, 48KHz, 16-bit LPCM Fat Mode (SD Recording) DVCAM: 2 channels, 48 KHz, 16-bit LPCM
Recording Media	SBP-8/16/32, (GB) SxS Express 34 Cards

Recording/Playback time	<p>UDF Mode (HD Recording) 50 Mb/s MPEG HD422 (MPEG-2 422P@HL): Approx. 120 min with SBS-64G1A (64 GB) memory card Approx. 60 min with SBP-32 / SBS-32G1A (32 GB) memory card Approx. 30 min with SBP-16 (16 GB) memory card 35 Mb/s VBR, HQ Mode MPEG HD420 (1440x1080, MPEG-2 MP@HL): Approx. 180 min with SBS-64G1A (64 GB) memory card Approx. 90 min with SBP-32 / SBS-32G1A (32 GB) memory card Approx. 45 min with SBP-16 (16 GB) memory card UDF Mode (SD Recording) 25 Mb/s DVCAM Approx. 220 min with SBS-64G1A (64 GB) memory card Approx. 110 min with SBP-32 / SBS-32G1A (32 GB) memory card Approx. 55 min with SBP-16 (16 GB) memory card FAT Mode (HD Recording) 35 Mb/s VBR, HQ Mode - MPEG HD420 (MPEG-2 MP@HL): Approx. 200 min with SBS-64G1A (64 GB) memory card Approx. 100 min with SBP-32 / SBS-32G1A (32 GB) memory card Approx. 50 min with SBP-16 (16 GB) memory card 25 Mb/s CBR, SP Mode - MPEG HD 420 (MPEG-2 MP@HL-14): Approx. 280 min with SBS-64G1A (64 GB) memory card Approx. 140 min with SBP-32 / SBS-32G1A (32 GB) memory card Approx. 70 min with SBP-16 (16 GB) memory card Fat Mode (SD Recording) 25 Mb/s DVCAM Approx. 220 min with SBS-64G1A (64 GB) memory card Approx. 110 min with SBP-32 / SBS-32G1A (32 GB) memory card Approx. 55 min with SBP-16 (16 GB) memory card</p>
Inputs/Outputs Specifications	Detail:
Genlock In	BNC x1 (switchable to Video Out), 1.0 Vp-p, 75Ω
TC IN	x1 (switchable to TC Out), SMPTE-12M-2008, 0.5-1.8 Vp-p, 10kΩ
Audio In	XLR-type 3-pin (female) (x2): line, mic, mic +48 V selectable
SDI Out	BNC x1, HD/SD switchable, SMPTE-292M/259M
Composite Video Out	BNC x1, (switchable to Genlock In), HD-Y / Composite switchable, 1.0 Vp-p, 75Ω
Audio Out	AV OUT jack: 10 pin connector
TC Out	BNC x1 (switchable to TC In), SMPTE-12M-2008, 1.0 Vp-p, 10kΩ
Earphone	Mini-jack x 1 (rear: stereo)
Monitor Speaker	Monaural, 250 mW
i.Link	IEEE-1394, 4-pin, (x1), HDV (HDV 1080i) / DV input/output, S400
USB	USB 2.0 (device), mini-B type x1
Camera Section Specifications	Detail:
Effective Picture Elements	1920(H) x 1080(V)
Slow Shutter	2-, 3-, 4-, 5-, 6-, 7-, 8-, 16-, 32-, and 64-frame accumulation
Sensitivity (2000 lx, 89.9% reflectance)	F11 (typical)
Gain Selection	-3, 0, 3, 6, 9, 12, 18dB
Monitoring Specifications	Detail:
Viewfinder	Electric Viewfinder (EVF); Approx 1.2 million pixels. 852 x 3 (RGB) x 480.
Built-In LCD Monitor	3.5-inch color LCD: 852 (H) x 3 (RGB) x 480 (V), 16:9
Included Lens Specifications	Detail:
Zoom Ratio Selectable	14x (optical), servo/manual
Iris	F1.9 to F16 and Close, auto/manual selectable
Focus	AF/MF/Full MF selectable; Macro
Built-In Microphone Specifications	Detail:
Capsule Type	Omni-directional stereo electret condenser microphone.
Media Specifications	Detail:
Type	ExpressCard/34 slot x 2

Lente Fujinon

HA14x4.5BE RM/RD*

HiFi POWER **QuickZoom**



Zoom Ratio / Format	14X / 2/3"
Focal Length	(1x) 4.5 to 63 mm (2x.2) 9.9 to 138 mm
Extender	2.2X
Maximum Relative Aperture	1:1.8 (4.5 ~ 41 mm)
Aperture	1:2.8 (63 mm)
M.O.D. from Front of Lens	0.3 m
Object Dimensions at M.O.D.	(1X) 4.5 mm 743 x 418 mm (2X) 63 mm 51 x 29 mm
Angular Field of View	4.5 mm 93° 38' x 61° 50' 63 mm 8° 42' x 4° 54'
Filter Size	ø127mm P=0.75
Macro	Yes
Dia ø x Length (w/o Hood)	ø95 x 238.5 mm
Weight (w/o Hood)	2.08 kg (RM) / 2.14 kg* (RD)
Options	QuickFrame
Features	Inner Focus, Quickzoom, Zoom Limit, Cruise Zoom

*RD contain servos for zoom and focus.

Cabeça Remota



MiniShot Specifications	
Type:	remote
Maximum load:	5 kg / 11,0 lbs
Width:	10 cm / 0,3 ft
Height:	13 cm / 0,4 ft
Depth:	10 cm / 0,3 ft
Weight:	3 kg / 6,6 lbs
Minimal speed:	360° in 17 min
Maximum speed:	360° in 6 sec

Transmissor de Imagem



microLite HD COFDM Transmitter

RF Performance:

Base Model Number	Frequency (GHz)	RF Power (dBm)	DC Power (W)
23WBMLT-23	2.025 to 2.500	23	10
23MLT-23	2.200 to 2.400	23	10
58MLT-20	5.725 to 5.850	20	10

Tuning Step Size: 250 KHz or 1 MHz step size
 Frequency Stability: ± 10ppm

Standby Mode:

Standby: No RF output
 Normal: Instant on-frequency transmission

Modulation:

Modulation Formats: COFDM (DVB-T)
 Carriers: 2k
 Constellation: QPSK, 16 QAM
 Code Rate: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
 Guard Interval: 1/32, 1/16, 1/8, 1/4
 Bandwidth: 6 MHz, 7 MHz and 8 MHz

MPEG Encoder:

Video:
 Method: MPEG-4 Part 10/H.264
 Video Coding: AVC
 Video Input: Composite
 NTSC: 720 x 480 (4:2:0)
 PAL: 720 x 576 (4:2:0)
 SD-SDI Input: ANSI/SMPTE 259M
 HD-SDI Input: ANSI/SMPTE 292M

HD Formats (4:2:0):
 720p 23.98/24/50/59.94
 1080i 50/59.94
 1080p 23.98/24/29.97/25
 1080psf 29.97/25/24/23.98

SD Formats:
 NTSC: 720 x 480 (4:2:0)
 PAL: 720 x 576 (4:2:0)

Audio:

Audio Coding: ISO/IEC 11172-3 (Layer II)
 Audio Sample Rate: 48 kHz
 Audio Channels: 1 Stereo, 2 Mono Standard
 Line, Gain selectable (-12 dB to +50 dB)
 Mic, Gain selectable (-12 to +50dB); 10KΩ
 Phantom power or Ext. Bias
 De-embedded from SDI
 Tone – Level Adjustable

System:

Video Present: Remote Standby/Test Generator selectable
 Delay: (microLite System in low latency) < 4 frames in i and p formats < 5 frames in psf formats
 Test Generator (Dynamic): SMPTE CB (NTSC)/100% CB (PAL) 16 Character ID (Match SDT Service name) 1kHz Tone/Pulse
 User Data: RS232 side channel 300-115k Baud
 Remote Control: Remote RS232
 Local Control: Keyboard

Power Requirements:

Input Range: DC: +9 to +28 VDC
 Power Consumption: See table above

Environmental:

Temperature Range:
 Full Specification: -10° to +50°C ambient
 Storage: -40° to +80°C
 Humidity: 0 to 95% non-condensing

Altitude:

Operating: 20,000 ft (6,000 m)
 Storage: 50,000 ft (15,000 m)

Physical Characteristics:

Size: 1.37" (H) x 3.06" (W) x 2.44" (D)
 Volume: 10.23 in³
 Weight: 0.16 lbs (73 g)



RF Central reserves the right to make changes to specifications of products described in this document at any time without notice and without obligation to notify. Versions of the device may not have been approved by the Federal Communications Commission. These versions are not offered for sale or lease until approval of the FCC has been obtained.
 232_07_12

200 International Drive,
 Mt. Olive, NJ 07828 USA
 T. +1.908.852.3700 F. +1.908.813.0399
 www.imt-broadcast.com



Cell Specification

● Typical Capacity ¹⁾		25.0 Ah
● Nominal Voltage		3.7 V
● Charge Condition	Max. Current	25.0 A
	Voltage	4.2V ± 0.03 V
● Discharge Condition	Continuous Current	25.0 A
	Peak Current	125.0 A
	Cut-off Voltage	2.7 V
● Cycle Life [@ 80% DOD] ²⁾		> 800 Cycles
● Operating Temp.	Charge	0 ~ 40 °C
	Discharge	-20 ~ 60 °C
● Dimension	Thickness (mm)	6.5 ± 0.3
	Width (mm)	215 ± 2.0
	Length (mm)	220 ± 2.0
● Weight (g)		620 ± 20

1) Typical Capacity : 0.5C, 4.2~2.7V @25°C

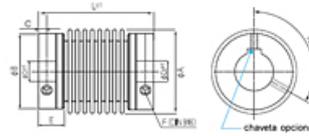
2) Voltage range : 4.15V ~ 3.40V

Acoplamento de Fole

Item # KB 1/20-22-24, Acoplamento de Fole KBK Metálico KB 1



[Ampliar Imagem](#)



[Ampliar Imagem](#)

[Especificações Técnicas](#) · [Material](#) · [Cubo](#) · [Variação](#) · [Velocidade](#)

Especificações Técnicas

Torque Transm. TKN (Nm)	2
L (Compr. ±1)	22
Ø A (Ø Ext.)	24
D1/D2 (Furo H7 de - até)	3-14
Ø B (Ø Cubo)	21,5
C	3
E (Compr. Cubo)	6
F - Parafuso DIN 916 TA (Nm)	M4 / 1,5
Momento de inércia J (g cm ²)	9,2
Rigidez torsional CT (Nm/rad)	1500
Rigidez radial CR (N/mm)	67
Rigidez axial CA (N/mm)	12
Desalinhamento radial Δ Kr (mm)	0,15
Desalinhamento axial Δ Ka (mm)	0,3
Desalinhamento angular Δ Kw (graus)	1,5
Massa (g)	11

Material

Cubo	Alumínio (também disponível em Aço Inox)
Fole	Aço Inox

Cubo

Furo de Tolerância	H7
Chaveta Opcional	DIN 6885

Variação

Variação de Temperatura	-30° ~ 120° C
-------------------------	---------------

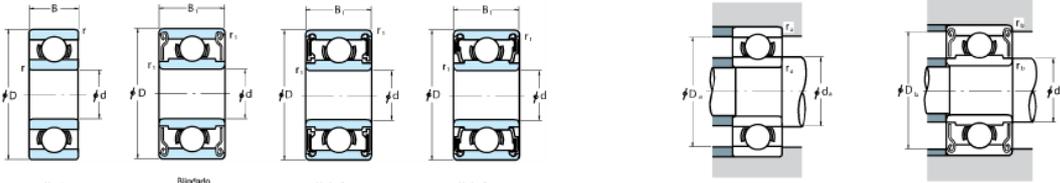
Velocidade

Máxima	15000 min ⁻¹ (rpm)
--------	-------------------------------

ROLAMENTOS DE ESFERAS PEQUENAS E MINIATURAS

Série Métrica

Diâmetro do Furo 5-9 mm

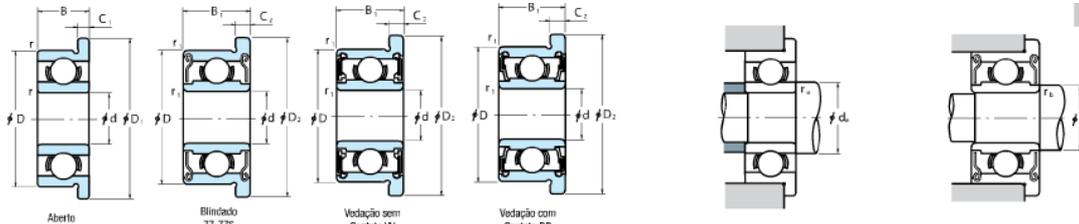


Dimensões (mm)				Capacidade de Carga Básica (kgf)				Limite de Rotação (rpm)				Número do Rolamento			Dimensões de Encosto (mm)				Massa (g)					
d	D	B	B ₁	r ₁ (f)	r ₁ (f)	C _r	C _{0r}	C _r	C _{0r}	Aberto	DD	DD	Aberto	Blindado	Vedado	d _{mr}	d _{max}	D _{mr}	D _{max}	r _{mr}	r _{max}	aprox. Aberto	Blindado	
5	8	2	-	0.1	-	310	120	31	12	53 000	-	63 000	MR 85	-	-	5.8	-	7.2	-	0.1	-	0.26	-	
	8	-	2.5	-	0.1	278	131	28	13	53 000	-	63 000	MR 85 ZZ	-	-	5.8	-	7.4	-	0.1	-	0.34	-	
	9	2.5	3	0.15	0.15	430	168	44	17	50 000	-	60 000	MR 95	MR 95 Z21	-	6.2	6.0	7.8	8.2	0.15	0.15	0.50	0.58	
	10	3	4	0.15	0.15	430	168	44	17	50 000	-	60 000	MR 105	MR 105 Z2	-	6.2	6.0	8.6	8.4	0.15	0.15	0.95	1.29	
	11	-	4	0.15	0.15	715	276	73	28	48 000	-	56 000	-	MR 115 ZZ	VV	-	6.3	-	-	-	-	-	1.49	-
	11	3	5	0.15	0.15	715	281	73	29	45 000	-	53 000	685	685 ZZ	-	6.2	6.2	9.8	9.9	0.15	0.15	1.2	1.96	
	13	4	4	0.2	0.2	1 080	430	110	44	43 000	40 000	50 000	695	695 ZZ	VV	DD	6.6	6.6	11.4	11.2	0.2	0.2	2.45	2.5
	14	5	5	0.2	0.2	1 330	505	135	52	40 000	36 000	50 000	695	695 ZZ	-	DD	6.6	6.9	12.4	12.2	0.2	0.2	3.54	3.48
	16	5	5	0.3	0.3	1 730	670	177	68	36 000	32 000	43 000	625	625 Z21	VV	DD	7.0	7.5	14.0	13.8	0.3	0.3	4.95	4.86
	19	6	6	0.3	0.3	2 240	885	238	90	32 000	30 000	40 000	635	635 Z21	VV	DD	7.0	8.5	17.0	16.5	0.3	0.3	8.56	8.34
	19	6	6	0.3	0.3	2 240	885	238	90	32 000	30 000	40 000	696	696 Z21	VV	DD	7.2	7.0	8.6	9.3	0.15	0.1	0.56	0.68
	12	3	4	0.2	0.15	715	292	73	30	43 000	40 000	50 000	MR 126	MR 126 Z2	-	DD	7.5	7.2	10.4	10.9	0.2	0.15	1.27	1.74
	13	3.5	5	0.15	0.15	1 090	440	110	45	40 000	36 000	50 000	686A	686 AZZ	VV	DD	7.2	7.4	11.8	11.7	0.15	0.15	1.91	2.69
	15	5	5	0.2	0.2	1 730	670	177	68	40 000	36 000	45 000	696	696 Z21	VV	DD	7.6	7.9	13.4	13.3	0.2	0.2	3.88	3.72
	17	6	6	0.3	0.3	2 260	835	231	85	38 000	34 000	45 000	696	696 Z2	VV	DD	8.0	9.2	15.0	14.8	0.3	0.3	5.97	6.88
	19	6	6	0.3	0.3	2 240	885	238	90	32 000	30 000	40 000	626	626 Z21	VV	DD	8.0	8.5	17.0	16.5	0.3	0.3	8.15	7.94
	22	7	7	0.3	0.3	3 300	1 370	335	140	30 000	28 000	36 000	636	636 Z2	VV	DD	8.0	10.5	20.0	19.0	0.3	0.3	14	14
	11	2.5	3	0.15	0.1	455	201	47	21	43 000	-	50 000	MR 117	MR 117 ZZ	-	-	8.2	8.0	9.6	10.5	0.15	0.1	0.62	0.72
	13	3	4	0.2	0.15	540	276	55	26	40 000	-	48 000	MR 137	MR 137 ZZ	-	-	8.6	8.0	11.4	11.8	0.2	0.15	0.96	2.02
	14	3.5	5	0.15	0.15	1 170	510	120	52	40 000	34 000	45 000	687	687 Z21	VV	DD	8.2	8.5	12.8	12.7	0.15	0.15	2.13	2.87
	17	5	5	0.3	0.3	1 610	710	164	73	36 000	28 000	43 000	697	697 Z21	VV	DD	9.0	10.2	15.0	14.8	0.3	0.3	5.26	5.12
	19	6	6	0.3	0.3	2 240	885	238	90	30 000	32 000	40 000	697	697 Z21	VV	DD	9.0	9.1	17.0	16.5	0.3	0.3	11.67	6.61
	22	7	7	0.3	0.3	3 300	1 370	335	140	30 000	28 000	36 000	627	627 Z2	VV	DD	9.0	10.5	20.0	19.0	0.3	0.3	12.7	12.9
	26	9	9	0.3	0.3	4 550	1 970	485	201	28 000	22 000	34 000	637	637 Z21	VV	DD	9.0	12.8	24.0	22.8	0.3	0.3	24	25
	12	2.5	3.5	0.15	0.1	545	274	56	29	40 000	-	48 000	MR 126	MR 126 Z21	-	-	9.2	9.0	10.6	11.2	0.15	0.1	0.71	0.97
	14	3.5	4	0.2	0.15	820	385	83	39	38 000	32 000	45 000	MR 148	MR 148 Z2	VV	DD	9.6	9.2	12.4	12.8	0.2	0.15	1.96	2.16
	16	4	5	0.2	0.2	1 610	710	164	73	36 000	28 000	43 000	688A	688 AZZ1	VV	DD	9.6	10.2	14.4	14.2	0.2	0.2	3.12	4.02
	19	6	6	0.3	0.3	2 240	910	228	93	36 000	28 000	43 000	698	698 Z2	VV	DD	10.0	10.0	17.0	16.5	0.3	0.3	7.23	7.18
	22	7	7	0.3	0.3	3 300	1 370	335	140	34 000	26 000	40 000	698	698 Z2	VV	DD	10.0	10.5	20.0	19.5	0.3	0.3	12.1	12.2
	24	8	8	0.3	0.3	3 350	1 430	340	146	28 000	24 000	34 000	628	628 Z2	VV	DD	10.0	12.0	22.0	20.5	0.3	0.3	17.2	17.4
	28	9	9	0.3	0.3	4 550	1 970	485	201	28 000	22 000	34 000	638	638 Z21	VV	DD	10.0	12.8	26.0	22.8	0.3	0.3	28.3	28.6
	17	4	5	0.2	0.2	1 330	665	136	68	36 000	24 000	45 000	689	689 Z21	VV	DD	10.0	11.5	15.4	15.2	0.2	0.2	3.53	4.43
	20	6	6	0.3	0.3	1 720	940	175	86	34 000	24 000	40 000	699	699 Z21	VV	DD	11.0	12.0	18.0	17.2	0.3	0.3	8.45	8.33
	24	7	7	0.3	0.3	3 350	1 430	340	146	32 000	24 000	38 000	609	609 Z2	VV	DD	11.0	12.0	22.8	20.5	0.3	0.3	14.5	14.7
	26	8	8	0.6	0.6	4 550	1 970	485	201	28 000	22 000	34 000	629	629 Z2	VV	DD	11.0	12.8	24.0	22.8	0.3	0.3	19.5	19.3
	30	10	10	0.6	0.6	5 100	2 330	530	244	24 000	-	30 000	639	639 Z2	VV	DD	13.0	16.1	29.0	25.6	0.6	0.6	38.5	36

Nota (f) Os valores em parênteses não estão baseados em ISO 15.

Obs.: 1. Nos rolamentos blindados onde o anel externo é o que gira, recomenda-se consultar a NSK.

Rolamento Flangeado NSK F686A



Dimensões (mm)				Capacidade de Carga Básica (kgf)				Limite de Rotação (rpm)				Número do Rolamento			Dimensões de Encosto				Massa (g)								
d	D	D ₁	D ₂	B	B ₁	C ₁	C ₂	r	r ₁	Aberto	DD	DD	Aberto	Blindado	Vedado	d _{mr}	d _{max}	r _{mr}	r _{max}	aprox. Aberto	Blindado						
5	8	9.2	-	2	-	0.6	-	0.1	-	310	120	31	12	53 000	-	63 000	MF 85	-	-	5.8	-	0.1	-	0.33	-		
	8	-	9.2	-	2.5	-	0.6	-	0.1	278	131	28	13	53 000	-	63 000	MF 85 ZZ	-	-	5.8	-	0.1	-	0.41	-		
	9	10.2	10.2	2.5	3	0.6	0.6	0.15	0.15	430	168	44	17	50 000	-	60 000	MF 95	MF 95 Z21	-	-	6.2	6.0	0.15	0.15	0.59	0.66	
	10	11.2	11.6	3	4	0.6	0.8	0.15	0.15	430	168	44	17	50 000	-	60 000	MF 105	MF 105 Z2	-	-	6.2	6.0	0.15	0.15	1.05	1.46	
	11	12.5	12.5	3	5	0.8	1	0.15	0.15	715	281	73	29	45 000	-	53 000	F 685	F 685 Z2	-	-	6.2	6.2	0.15	0.15	1.37	2.18	
	13	15	15	4	4	1	1	0.2	0.2	1 080	430	110	44	43 000	40 000	50 000	F 695	F 695 Z2	VV	DD	6.6	6.6	0.2	0.2	2.79	2.84	
	14	16	16	5	5	1	1	0.2	0.2	1 330	505	135	52	40 000	36 000	50 000	F 695	F 695 Z2	-	-	6.6	6.9	0.2	0.2	3.9	3.86	
	16	18	18	5	5	1	1	0.3	0.3	1 730	670	177	68	36 000	32 000	43 000	F 625	F 625 Z21	VV	DD	7.0	7.5	0.3	0.3	5.37	5.27	
	19	22	22	6	6	1.5	1.5	0.3	0.3	2 240	885	238	90	32 000	30 000	40 000	F 635	F 635 Z21	VV	DD	7.0	8.5	0.3	0.3	9.49	9.49	
	6	10	11.2	11.2	2.5	3	0.6	0.6	0.15	0.1	495	218	51	22	45 000	-	53 000	MF 106	MF 106 Z21	-	-	7.2	7.0	0.15	0.1	0.65	0.77
	12	13.2	13.6	3	4	0.6	0.8	0.2	0.15	715	292	73	30	43 000	40 000	50 000	MF 126	MF 126 Z2	-	-	7.6	7.2	0.2	0.15	1.38	1.94	
	13	15	15	3.5	5	1	1.1																				

9 ANEXO III – Cálculos

Cálculo do Motor

Calculo da Potencia necessária do Motor

Massa do Carrinho: $M = 20 \text{ kg}$

Peso do carrinho: $P = 200 \text{ N}$

Numero de rodas do lado movido: $n_E = 2$

Numero de rodas do lado motor: $n_D = 3$

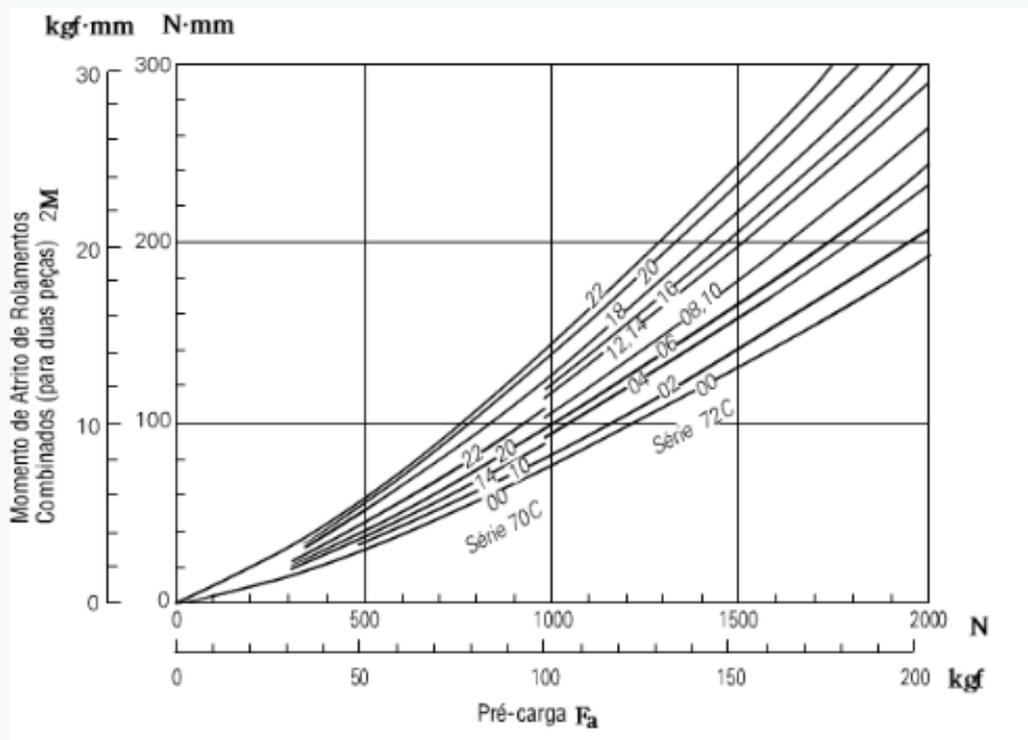
Considerações:

- O peso esta igualmente distribuido entre os dois lados
- A primeira análise considera que a amplificação da normal devido a contra roda é zero.

Normal nas rodas movidas: $N_E = \frac{P}{2 \cdot n_E} \quad N_E = 50 \text{ N}$

Normal das rodas motoras: $N_D = \frac{P}{2 \cdot n_D} \quad N_D = 33.3 \text{ N}$

Desta maneira é possível encontrar o torque dissipado pelo atrito dos rolamentos. Utilizando o gráfico abaixo, passado pelo fabricante do rolamento.



Torque dissipado por roda do lado movido:

$$T_E := 50 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Torque dissipado por roda do lado motor:

$$T_D := 33 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Esses valores serão levados em conta na análise dinâmica do veículo.



A força de atrito da roda motora precisa ser mais alta do que a força necessária para mover o conjunto. Isso é o que será calculado.

Aceleração do carrinho:

$$a := 0.05 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Raio das rodas:

$$r := 33 \text{ mm}$$

$$F_{at} := M \cdot a + 2 \cdot \frac{T_E}{r} + 3 \cdot \frac{T_D}{r}$$

$$F_{at} = 7.03 \text{ N}$$

Agora será calculado o valor do coeficiente de atrito para que a roda não deixe de tracionar.

$$\mu := \frac{F_{at}}{N_D}$$

$$\mu = 0.211$$

Amplificando o valor da normal no lado motor, usando a contra roda. Considerando que o aumento em 50N na normal será dividido entre as 3 rodas.

Normal dada pela contra roda:

$$N_{CR} := 100 \text{ N}$$

Normal das rodas motoras:

$$N_D := \frac{P}{2} + N_{CR} \quad N_D = 66.7 \text{ N}$$

Voltando ao gráfico do fabricante :

Torque dissipado por roda do lado movido:

$$T_E := 50 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Torque dissipado por roda do lado motor:

$$T_D := 67 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Fat := M \cdot a + 2 \cdot \frac{T_E}{r} + 3 \cdot \frac{T_D}{r}$$

$$Fat = 10.121 \text{ N}$$

$$\mu := \frac{Fat}{N_D}$$

$$\mu = 0.152$$

Como o coeficiente de atrito entre o PEAD e o alumínio é mais alto que o encontrado, o conjunto não deslizará.

Torque necessário para gerar esta força:

$$T := Fat \cdot r$$

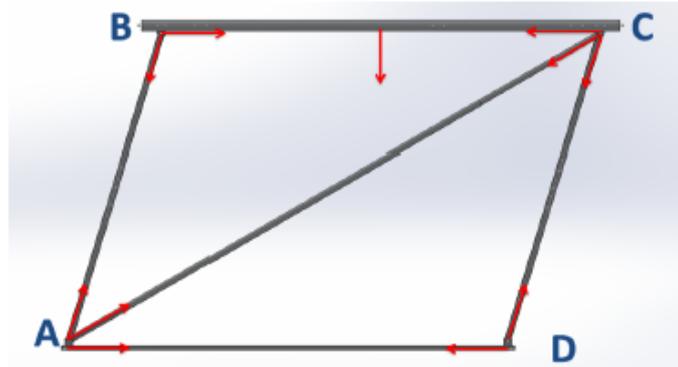
$$T = 33.4 \text{ N} \cdot \text{cm}$$

Com esses dados um motor condizente será escolhido.

+

Cálculo de Forças

Rotina de Cálculo de Forças



Calculo:

Considerando a Barra BC:

- Somatório de Forças em y igual a zero.

$$F_{ab} \cdot \sin(\alpha) + F_{dc} \cdot \sin(\alpha) - F_{ca} \cdot \sin(\beta) - P_c = 0$$

- Somatório de Forças em x igual a zero.

$$F_{ab} \cdot \cos(\alpha) + F_{dc} \cdot \cos(\alpha) - F_{ca} \cdot \cos(\beta) = 0$$

- Somatório de Momento em relação ao ponto C igual a zero.

$$P_c \cdot (L - x) - F_{ab} \cdot \sin(\alpha) \cdot L = 0$$

Dados de entrada:

Ângulo alfa:

$$\alpha := 0,01 \dots \frac{\pi}{2}$$

Comprimento do tubo central:

$$c(\alpha) := \sqrt{(1382.34 \text{ mm})^2 + (1010 \text{ mm})^2 - 2 \cdot 1382.34 \text{ mm} \cdot 1010 \text{ mm} \cdot \cos(180 \text{ deg} - \alpha)}$$

Ângulo Beta:

$$\beta(\alpha) := \arccos\left(\frac{c(\alpha)^2 + (1382.34 \text{ mm})^2 - (1010 \text{ mm})^2}{2 \cdot 1382.34 \text{ mm} \cdot c(\alpha)}\right)$$

Massa do Conjunto:

$$M_C := 26 \text{ kg}$$

Peso do Conjunto:

$$P_c := M_C \cdot g$$

Comprimento de BC:

$$L := 1400 \text{ mm}$$

Distância do Peso do Conjunto até B

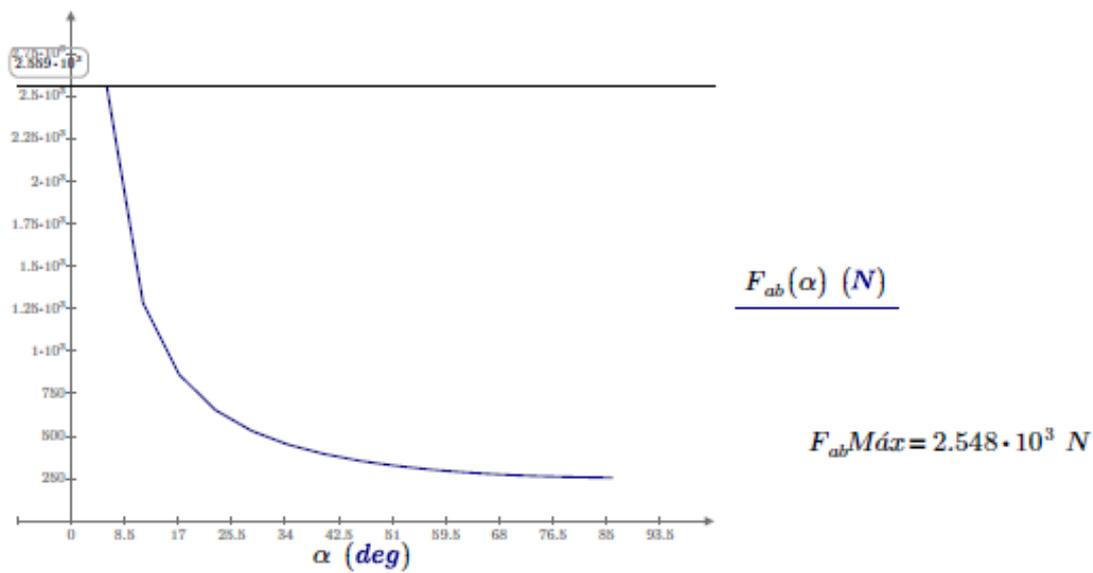
$$x := 0 \text{ mm}$$

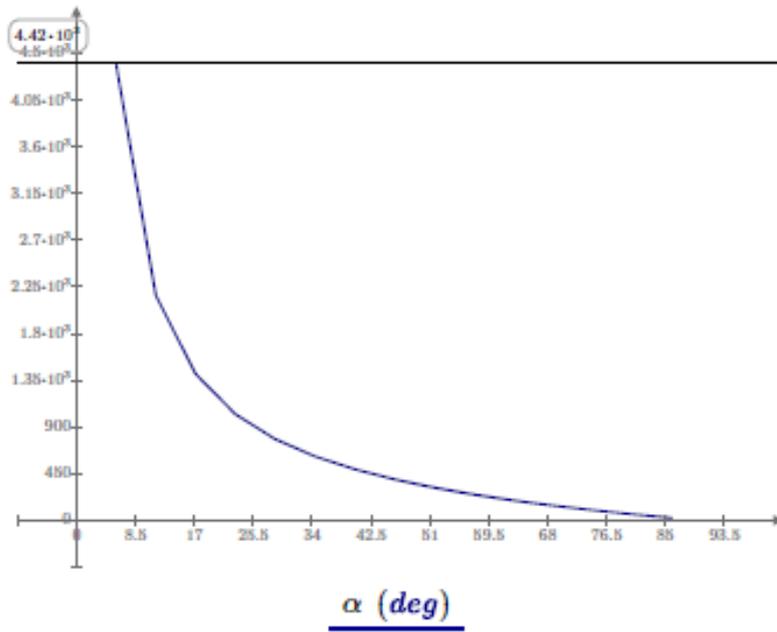
Assim ficamos com:

$$F_{ab}(\alpha) := \frac{P_c \cdot (L - x)}{L \cdot \sin(\alpha)}$$

$$F_{ca}(\alpha) := \frac{P_c \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\alpha) \cdot \sin(\beta(\alpha)) - \cos(\beta(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)}$$

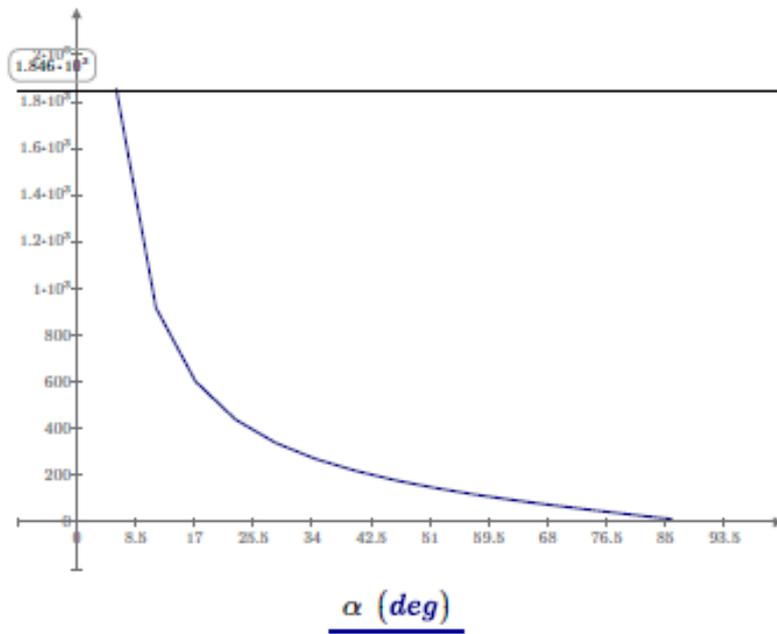
$$F_{dc}(\alpha) := \frac{\frac{P_c \cdot (L - x)}{L} - P_c + \frac{P_c \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\beta(\alpha))}{\cos(\alpha) \cdot \sin(\beta(\alpha)) - \cos(\beta(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)}}{\sin(\alpha)}$$





$F_{ca}(\alpha)$ (N)

$F_{ca}Máx = 4.42 \cdot 10^3$ N



$F_{dc}(\alpha)$ (N)

$F_{dc}Máx = 1.846 \cdot 10^3$ N

Cálculo de Tombamento

Rotina de Cálculo de Tombamento



Dados de entrada:

Número de Trilhos:	$n := 1$
Distância vertical entre O e CG do trilho:	$yt_{cg} := 156 \text{ mm}$
Distância horizontal entre O e CG do trilho:	$xt_{cg} := \frac{1}{n} \cdot \left(n \cdot 1368.02 \text{ mm} + \frac{n \cdot (n-1)}{2} \cdot 1500 \text{ mm} \right) = 1.368 \text{ m}$
Distância entre os dois apoios:	$d_b := (n-1) \cdot 1500 \text{ mm} + 1400 \text{ mm} = 1.4 \text{ m}$
Distância vertical entre O e CG do carrinho:	$yc_{cg} := 260.3 \text{ mm}$
Distância horizontal entre O e CG do carrinho:	$xc_{cg} := 2317 \text{ mm} + (n-1) \cdot 1500 \text{ mm} = 2.317 \text{ m}$
Massa do trilho:	$M_t := n \cdot 7.5 \text{ kg}$
Massa do Carrinho:	$M_c := 20 \text{ kg}$
Aceleração do carrinho:	$a := 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Força de atrito gerada pela movimentação do carrinho:	$F_{at} := M_c \cdot a = 10 \text{ N}$

Cálculo:

Somatório de momentos no apoio B igual a 0 (zero).

$$-F_a \cdot d_b + M_t \cdot g \cdot (d_b - xt_{cg}) - M_c \cdot g \cdot (xc_{cg} - d_b) - F_{at} \cdot (yc_{cg}) = 0$$

$$F_a := \frac{M_t \cdot g \cdot (d_b - xt_{cg}) - M_c \cdot g \cdot (xc_{cg} - d_b) - F_{at} \cdot (yc_{cg})}{d_b} = -128.646 \text{ N}$$

Para a utilização do trilho em sua condição mais crítica é necessário o uso de um contrapeso de no mínimo 130N na extremidade oposta.

Altura mínima para não utilizar contra peso:

Para esse cálculo analisaremos em que altura o trilho esta em iminencia de tombar.

$$F_a := 0$$

$$M_t \cdot g \cdot (d_b - x_{t_{cg}}) - M_c \cdot g \cdot (x_{c_{cg}} - d_b) - F_{at} \cdot (y_{c_{cg}}) = 0$$

$$x_{c_{cg2}} := \frac{M_t \cdot g \cdot (d_b - x_{t_{cg}}) + M_c \cdot g \cdot d_b - F_{at} \cdot (y_{c_{cg}})}{M_c \cdot g} = 1.399 \text{ m}$$

$$d_c := x_{c_{cg2}} + 137 \text{ mm} = 1.536 \text{ m}$$

Esse resultado demonstra que mesmo o trilho estando a 90°, ou seja, em sua altura máxima ele pode tombar, sendo necessário em todo o caso utilizar contrapeso. Para se fazer útil em qualquer situação será estipulado uma massa de 13,5Kg.

Agora aumentaremos o uso número de trilhos utilizados para 2, 3, até que o conjunto fique estável.

Número de Trilhos: $n := 2$

Distância vertical entre O e CG do trilho: $y_{t_{cg}} := 156 \text{ mm}$

Distância horizontal entre O e CG do trilho: $x_{t_{cg}} := \frac{1}{n} \cdot \left(n \cdot 1368.02 \text{ mm} + \frac{n \cdot (n-1)}{2} \cdot 1500 \text{ mm} \right) = 2.118 \text{ m}$

Distância entre os dois apoios: $d_b := (n-1) \cdot 1500 \text{ mm} + 1400 \text{ mm} = 2.9 \text{ m}$

Distância vertical entre O e CG do carrinho: $y_{c_{cg}} := 260.3 \text{ mm}$

Distância horizontal entre O e CG do carrinho: $x_{c_{cg}} := 2317 \text{ mm} + (n-1) \cdot 1500 \text{ mm} = 3.817 \text{ m}$

Massa dp trilho: $M_t := n \cdot 7.5 \text{ kg}$

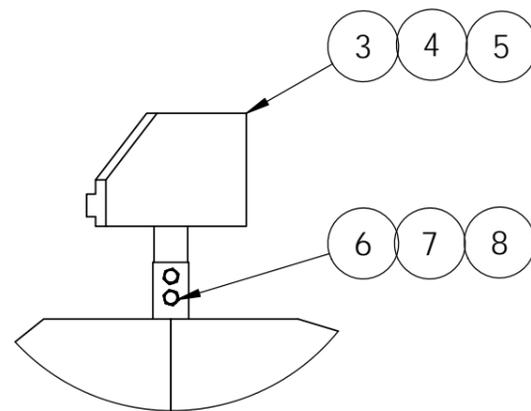
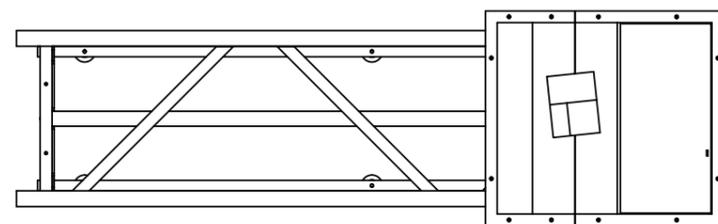
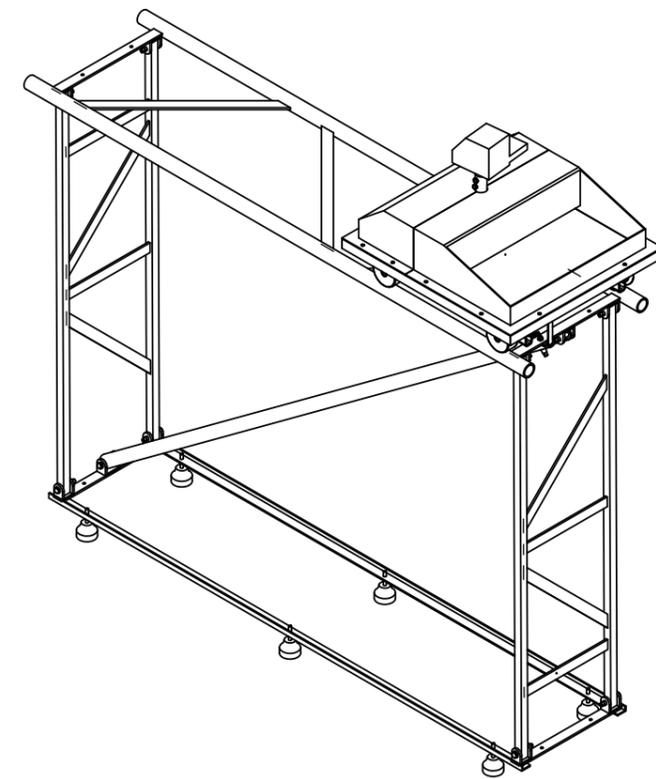
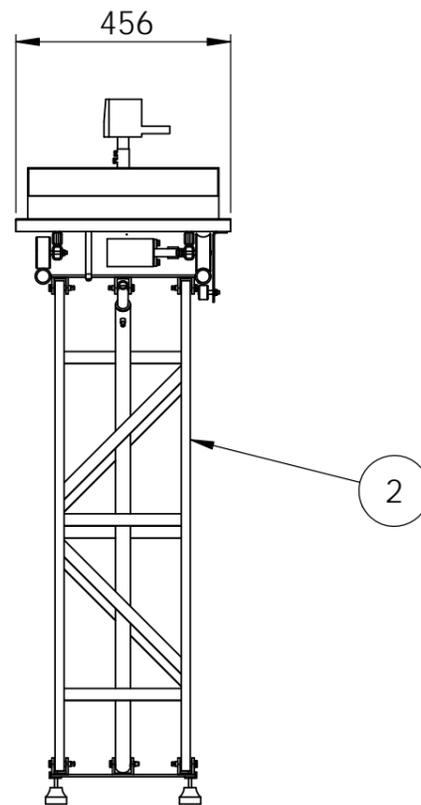
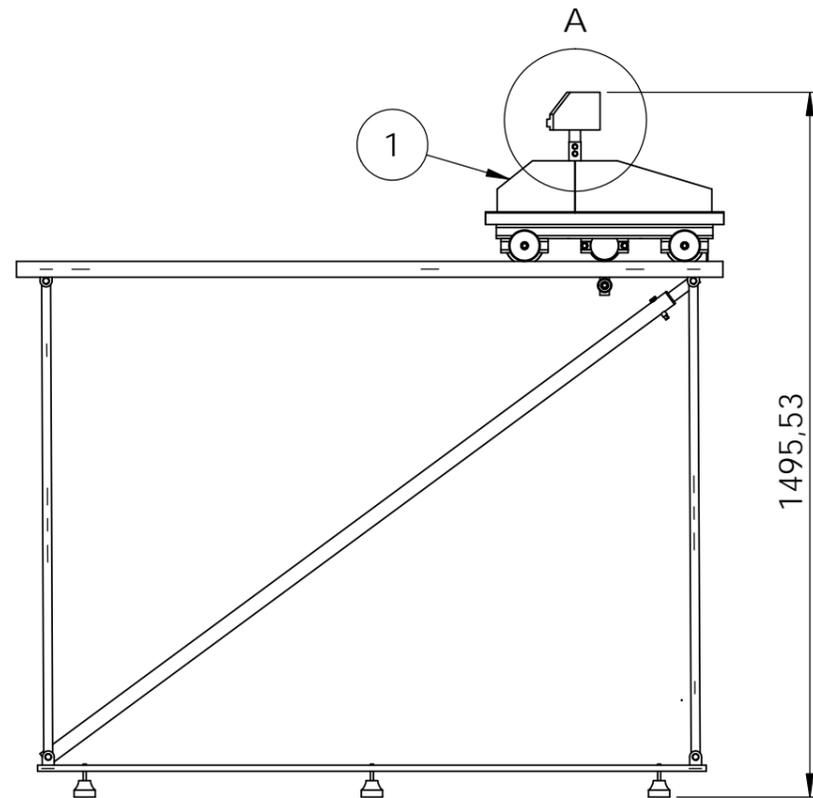
$$F_a := \frac{M_t \cdot g \cdot (d_b - x_{t_{cg}}) - M_c \cdot g \cdot (x_{c_{cg}} - d_b) - F_{at} \cdot (y_{c_{cg}})}{d_b} = -23.251 \text{ N}$$

Número de Trilhos:	$n := 3$
Distância vertical entre O e CG do trilho:	$yt_{cg} := 156 \text{ mm}$
Distância horizontal entre O e CG do trilho:	$xt_{cg} := \frac{1}{n} \cdot \left(n \cdot 1368.02 \text{ mm} + \frac{n \cdot (n-1)}{2} \cdot 1500 \text{ mm} \right) = 2.868 \text{ m}$
Distância entre os dois apoios:	$d_b := (n-1) \cdot 1500 \text{ mm} + 1400 \text{ mm} = 4.4 \text{ m}$
Distância vertical entre O e CG do carrinho:	$yc_{cg} := 260.3 \text{ mm}$
Distância horizontal entre O e CG do carrinho:	$xc_{cg} := 2317 \text{ mm} + (n-1) \cdot 1500 \text{ mm} = 5.317 \text{ m}$
Massa do trilho:	$M_t := n \cdot 7.5 \text{ kg}$

$$F_a := \frac{M_t \cdot g \cdot (d_b - xt_{cg}) - M_c \cdot g \cdot (xc_{cg} - d_b) - F_{at} \cdot (yc_{cg})}{d_b} = 35.358 \text{ N}$$

A partir de 3 trilhos acoplados não teremos a necessidade de adicionar lastro em uma das extremidades.

10 ANEXO IV – DESENHOS DE FABRICAÇÃO



DETALHE A
ESCALA 1 : 5

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	Plataforma Móvel	DE-1.01.00	1
2	Trilho	DE-1.02.00	1
3	Cabeça Remota	Egriopment Minishot	1
4	Câmera	Sony PMW-200 XDCAM	1
5	Lente	Fujinon Lens 14x	1
6	Parafuso	Sextavado M6 x 30 - Aço inox	2
7	Arruela	M6 x 1mm	2
8	Porca	M6 x 1,0	2

Tolerancias Gerais (mm):
0 Dec. +- 0.5
1 Dec. +- 0.1
2 Dec. +- 0.05

Projeto de Graduação
UFRJ / Poli - DEM

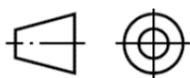
TÍTULO:

Conjunto Plataforma e Trilho

NOME	ASSINATURA	DATA
DES Leonardo Dahmer		30/07/2013
VERIF. Vitor Romano		02/08/2013
APROV. Vitor Romano		02/08/2013

DES. Nº

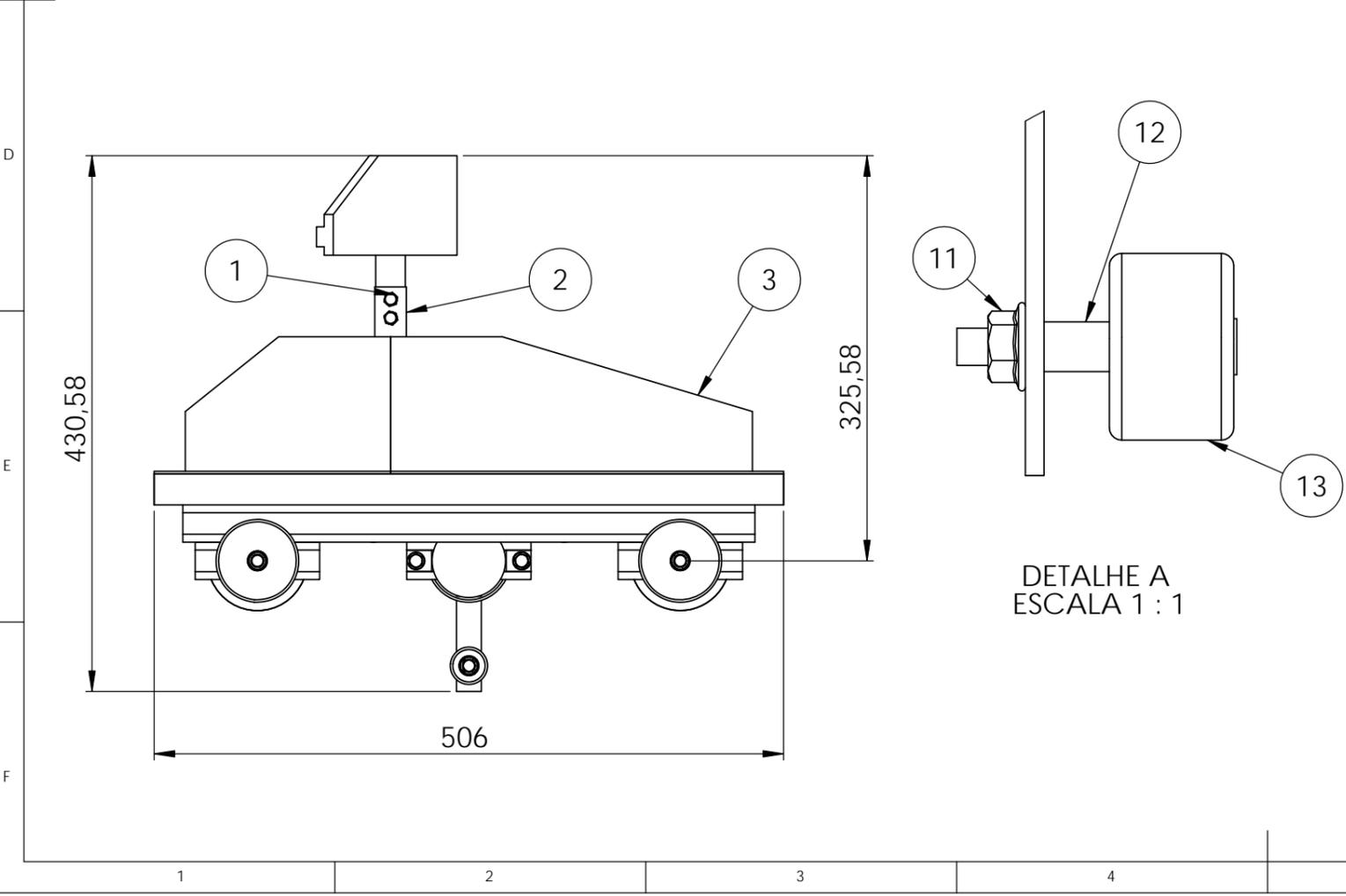
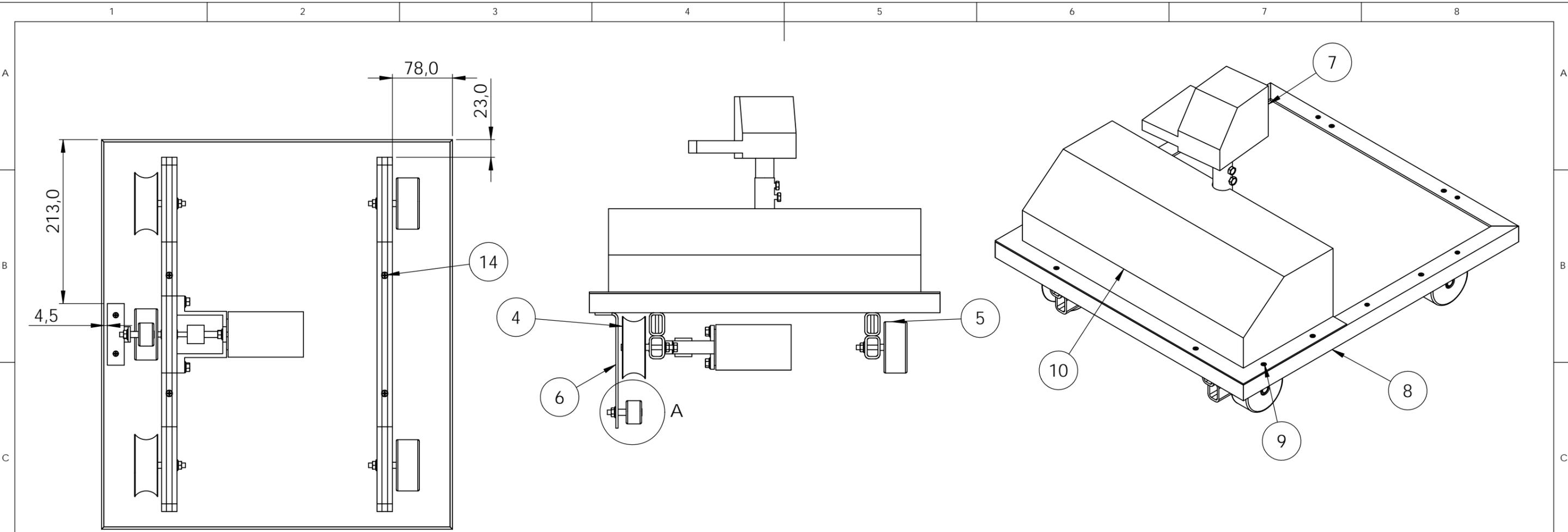
DE-1.00.00



PESO:

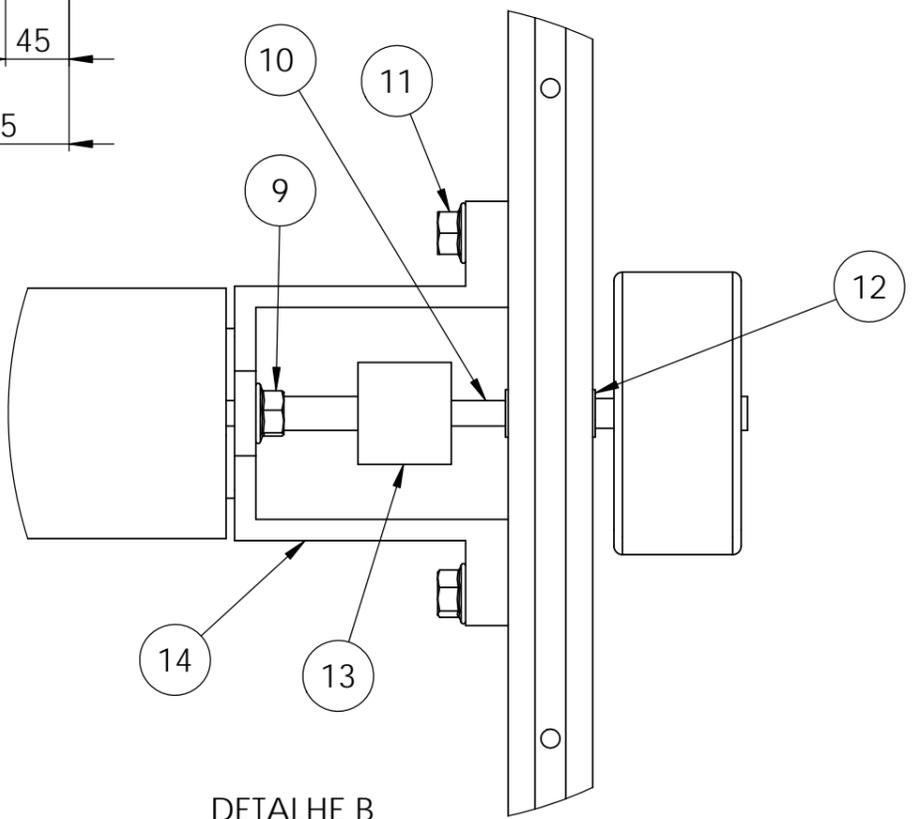
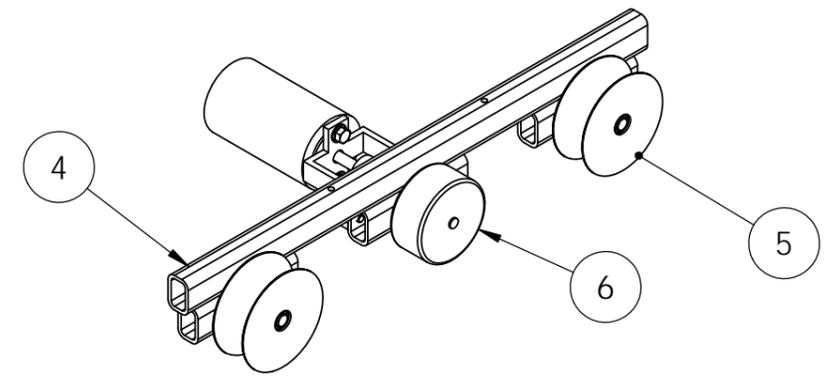
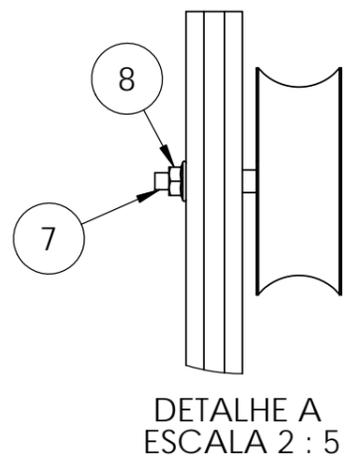
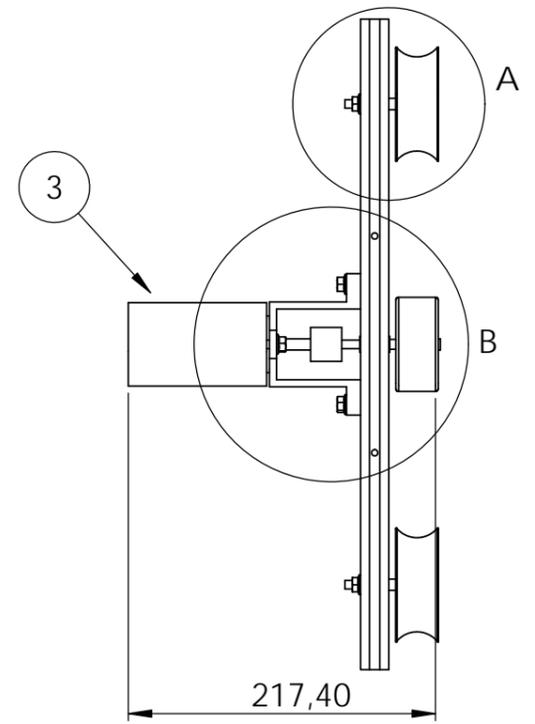
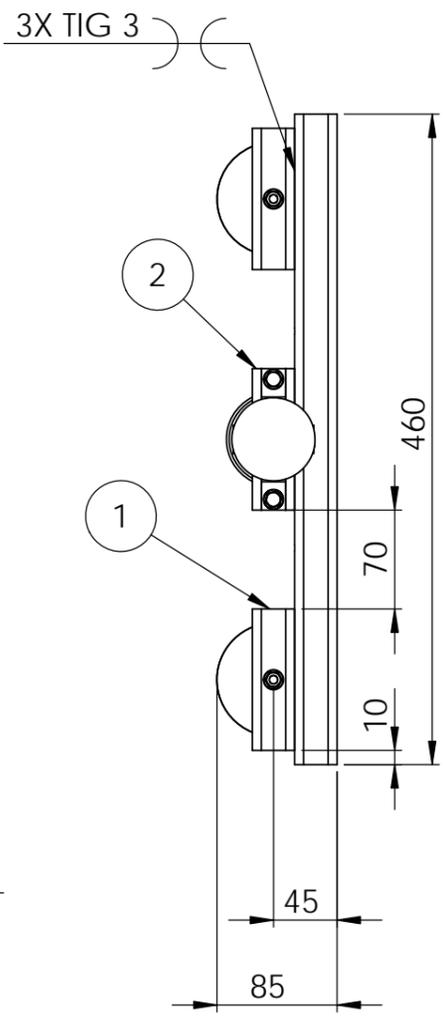
ESCALA:1:20

FOLHA 1 DE 1



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QDT.
1	Parafuso	Parafuso sextavado M6 x 1	2
2	Suporte Cabeça Remota	DE-1.01.37	1
3	Carenagem - parte 1	DE-1.01.38	1
4	Suporte Lado propulsor	DE-1.01.23	1
5	Suporte Roda	DE-1.01.32	1
6	Suporte Contra Roda	DE-1.01.34	1
7	Minishot	Anexo I	1
8	Tampo Acabado	DE-1.01.18	1
9	Parafuso	Parafuso cab. chata auto-atarraxante 0.138 40x0.188x0.188	18
10	Carenagem - parte 2	DE-1.01.39	1
11	Porca	Sextavada, Flangeada M6 x 1	1
12	Eixo Contra Roda	DE-1.01.35	1
13	Contra Roda	DE-1.01.36	1
14	Parafuso	Parafuso cab. chata auto-atarraxante 0.138 60x0.188x0.188	4

Tolerancias Gerais (mm): 0 Dec. +- 0.5 1 Dec. +- 0.1 2 Dec. +- 0.05		Projeto de Graduação UFRJ / Poli - DEM		TITULO: Plataforma Móvel	
NOME ASSINATURA DATA		DES. Nº			
DES Leonardo Dahmer 24/02/2013		DE-1.01.00			
VERIF. Vitor Romano 28/02/2013					
APROV. Vitor Romano 28/02/2013		PESO:		ESCALA:1:10	
				FOLHA 1 DE 1	



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QDT.
1	Suporte roda2	DE-1.01.25	2
2	Suporte roda 2 - propulsor	DE-1.01.28	1
3	Motor	Motor Bosch	1
4	Suporte roda1	DE-1.01.24	1
5	Roda Guiada	DE-1.01.27	2
6	Roda Motora	DE-1.01.30	1
7	Eixo	DE-1.01.26	2
8	Porca	Sextavada, Flangeada M6 x 1	2
9	Parafuso	Parafuso sextavado M6 x 1 x 10	2
10	Eixo propulsor	DE-1.01.29	1
11	Parafuso	Parafuso sextavado M6 x 1 x 16	2
12	Rolamento flangeado 6mm	Rolamento NSK F 686 A	2
13	Acoplamento	Acoplamento de fole KBK	1
14	Suporte motor	DE-1.01.31	1

Tolerancias Gerais (mm): 0 Dec. +- 0.5 1 Dec. +- 0.1 2 Dec. +- 0.05		Projeto de Graduação UFRJ / Poli - DEM		TÍTULO: Suporte Lado Motor	
NOME ASSINATURA DATA		DES. Nº			
DES Leonardo Dahmer 24/02/2013		DE-1.01.04			
VERIF. Vitor Romano 28/02/2013					
APROV. Vitor Romano 28/02/2013		PESO:		ESCALA:1:5	
				FOLHA 1 DE 1	

A

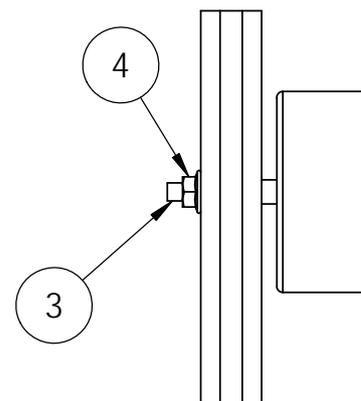
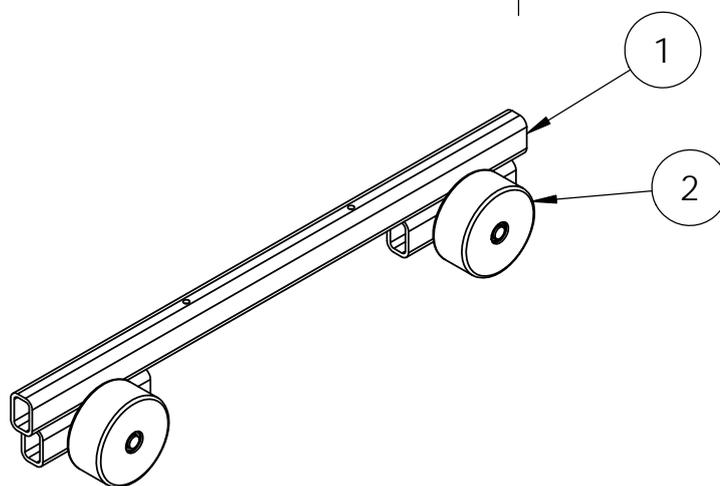
B

C

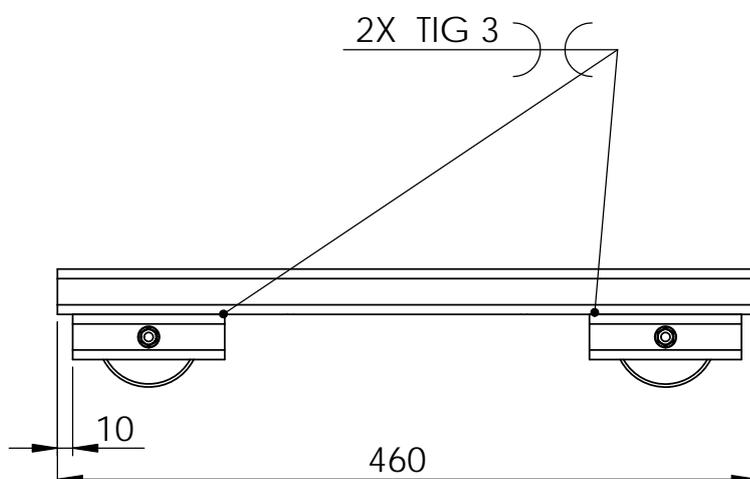
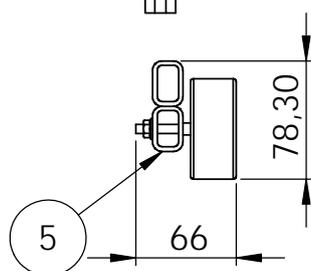
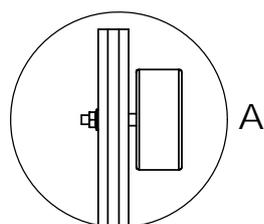
D

E

F



DETALHE A
ESCALA 2 : 5



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QDT.
1	Suporte roda1	DE-1.01.24	1
2	Roda livre	DE-1.01.33	2
3	Eixo	DE-1.01.26	2
4	Porca	Sextavada, Flangeada M6x1	2
5	Suporte roda2	DE-1.01.25	2

Tolerancias Gerais (mm):
0 Dec. + 0.5
1 Dec. + 0.1
2 Dec. + 0.05

Projeto de Graduação
UFRJ / Poli - DEM

TÍTULO:

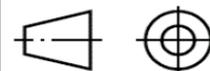
Suporte Roda

NOME ASSINATURA DATA

DES. Nº

DES Leonardo Dahmer 30/07/2013

DE-1.01.05



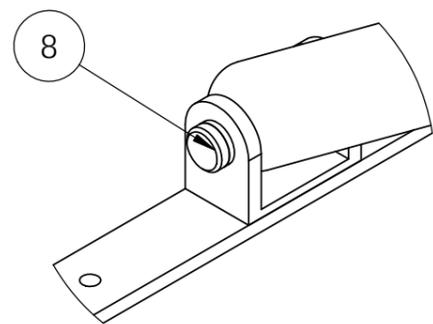
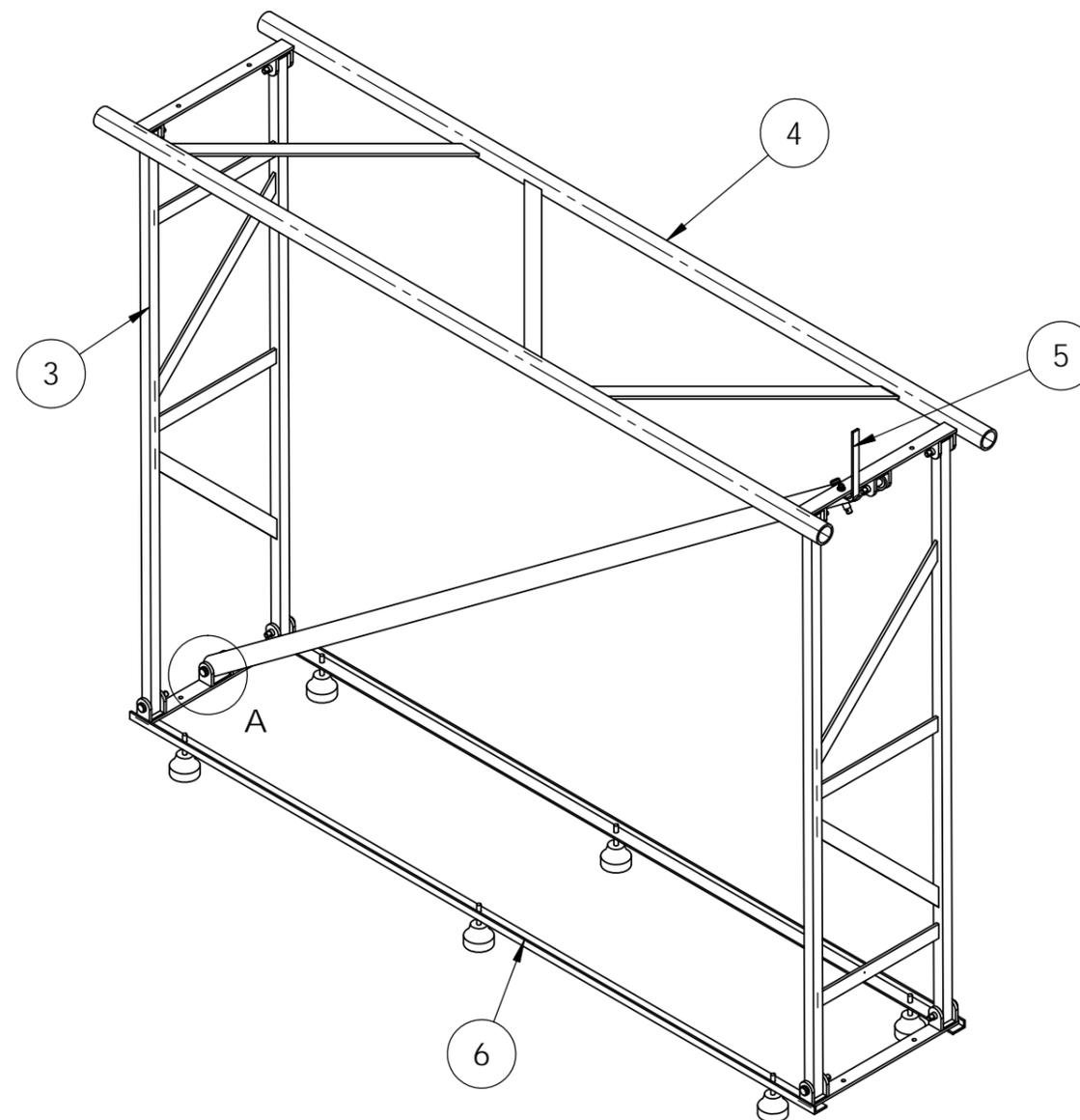
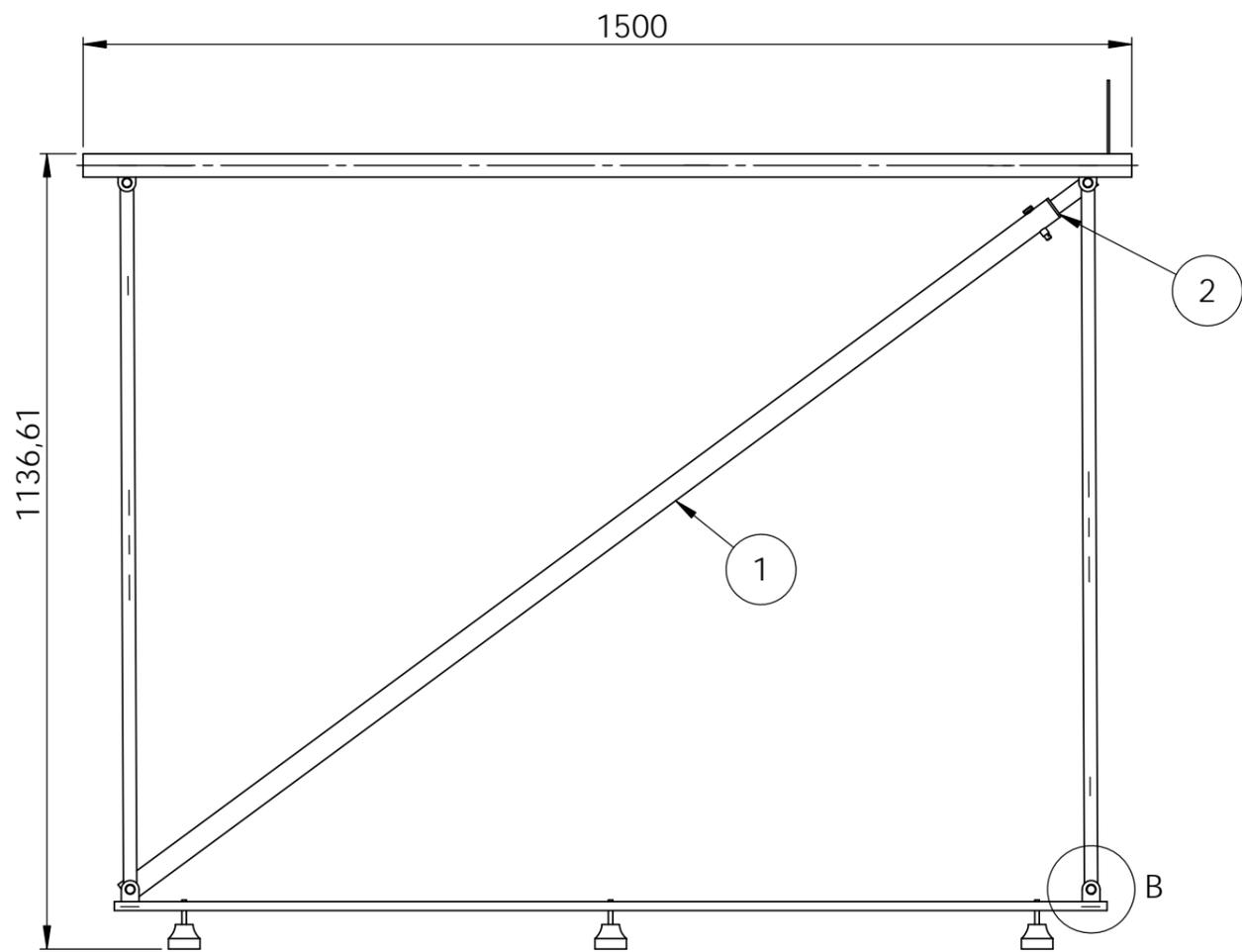
VERIF. Vitor Romano 02/08/2013

APROV. Vitor Romano 02/08/2013

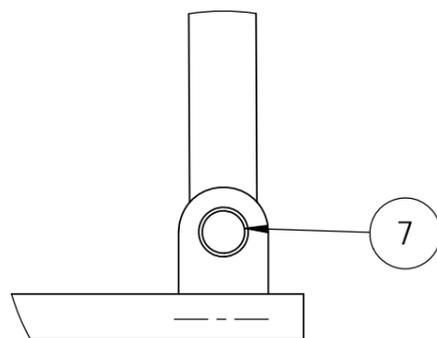
PESO:

ESCALA:1:5

FOLHA 1 DE 1



DETALHE A
ESCALA 1 : 2



DETALHE B
ESCALA 1 : 2

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	Material	QDT.
1	Tubo Telescópico 1	DE-1.02.13	1
2	Tubo Telescópico 2	DE-1.02.14	1
3	Modulo Lateral	DE-1.02.06	2
4	Módulo Superior	DE-1.02.02	1
5	Batente	DE-1.02.40	1
6	Base	DE-1.02.15	1
7	Pino Revestido	Pino inox 10mm x 40mm	10
8	Pino Revestido 2	Pino inox 10mm x 50mm	1

Tolerancias Gerais (mm):
0 Dec. +- 0.5
1 Dec. +- 0.1
2 Dec. +- 0.05

Projeto de Graduação
UFRJ / Poli - DEM

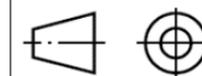
TÍTULO:

Trilho Modular

NOME	ASSINATURA	DATA
DES Leonardo Dahmer		30/07/2013
VERIF. Vitor Romano		02/08/2013
APROV. Vitor Romano		02/08/2013

DES. Nº

DE-1.02.00



PESO:

ESCALA:1:10

FOLHA 1 DE 1

1

2

3

4

A

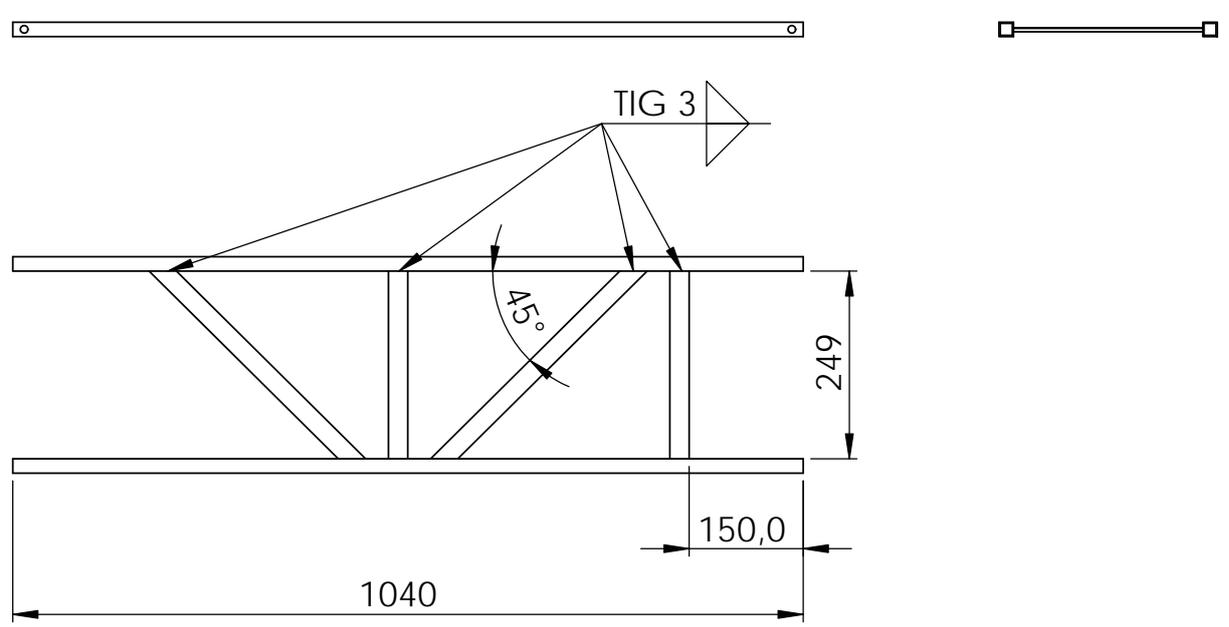
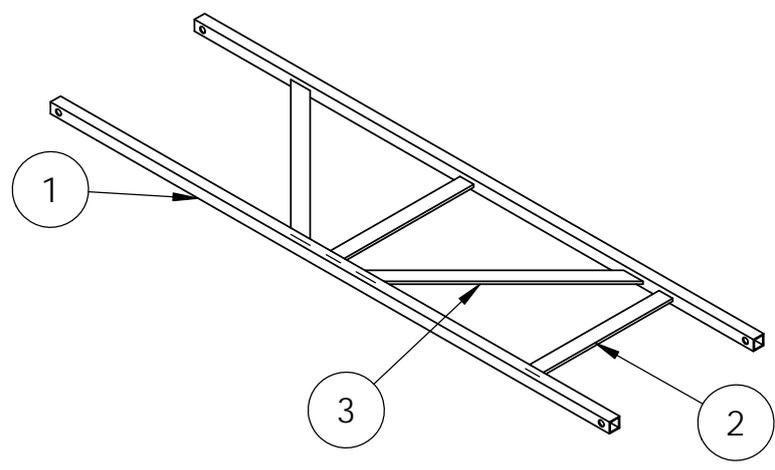
B

C

D

E

F



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QDT.
1	Tubo Quadrado	DE-1.02.10	2
2	Reforço Mód. Lateral 1	DE-1.02.11	2
3	Reforço Mód. Lateral 2	DE-1.02.12	2

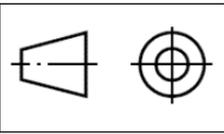
Tolerancias Gerais (mm):
 0 Dec. + 0.5
 1 Dec. + 0.1
 2 Dec. + 0.05

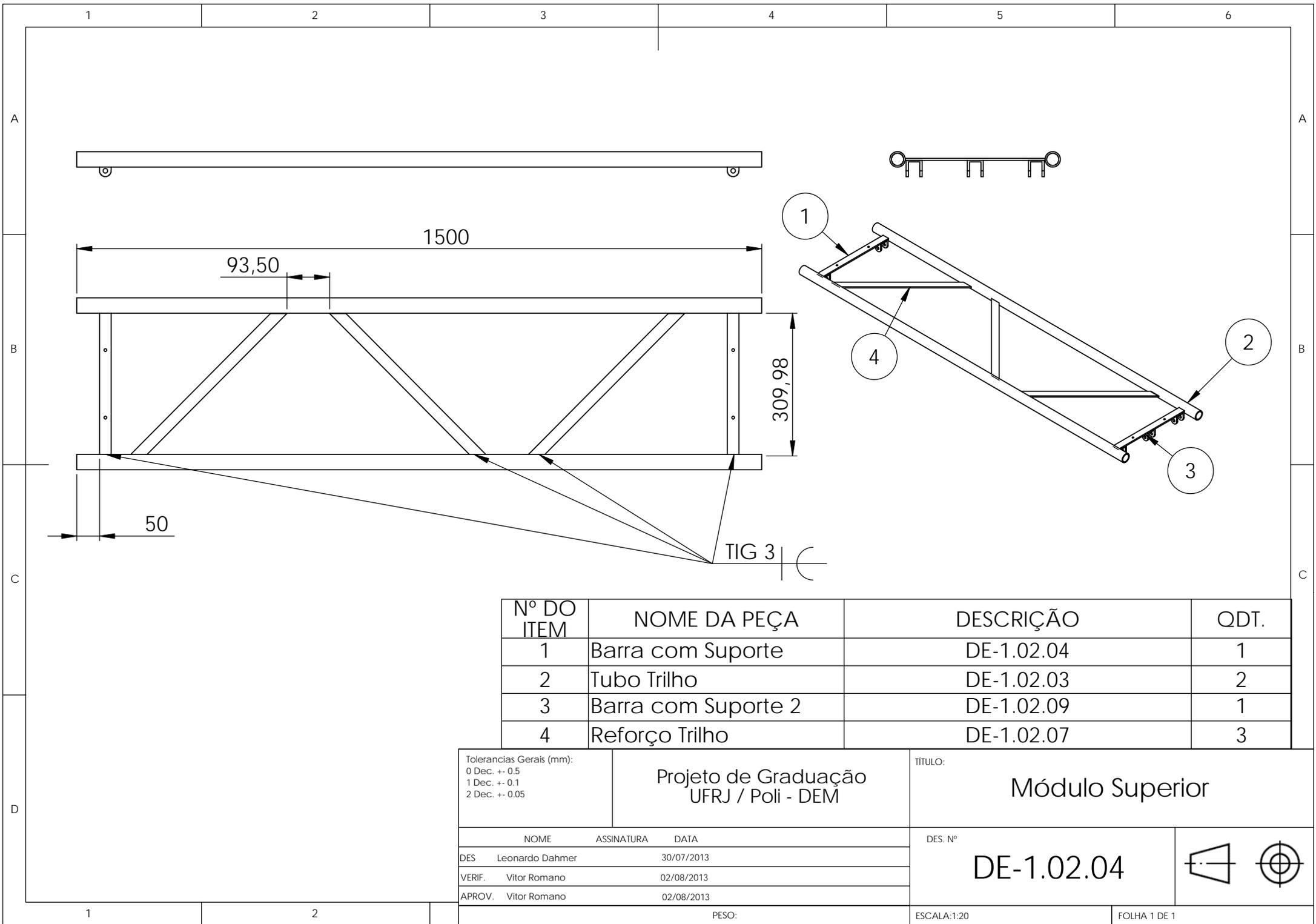
Projeto de Graduação
 UFRJ / Poli - DEM

TÍTULO:
 Módulo Lateral

NOME	ASSINATURA	DATA
DES Leonardo Dahmer		30/07/2013
VERIF. Vitor Romano		02/08/2013
APROV. Vitor Romano		02/08/2013

DES. Nº
 DE-1.02.03





Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QDT.
1	Barra com Suporte	DE-1.02.04	1
2	Tube Trilho	DE-1.02.03	2
3	Barra com Suporte 2	DE-1.02.09	1
4	Reforço Trilho	DE-1.02.07	3

Tolerancias Gerais (mm): 0 Dec. +- 0.5 1 Dec. +- 0.1 2 Dec. +- 0.05		Projeto de Graduação UFRJ / Poli - DEM		TÍTULO: Módulo Superior	
NOME		ASSINATURA		DATA	
DES	Leonardo Dahmer			30/07/2013	
VERIF.	Vitor Romano			02/08/2013	
APROV.	Vitor Romano			02/08/2013	
PESO:				ESCALA:1:20	
				DES. Nº DE-1.02.04	
				FOLHA 1 DE 1	

A

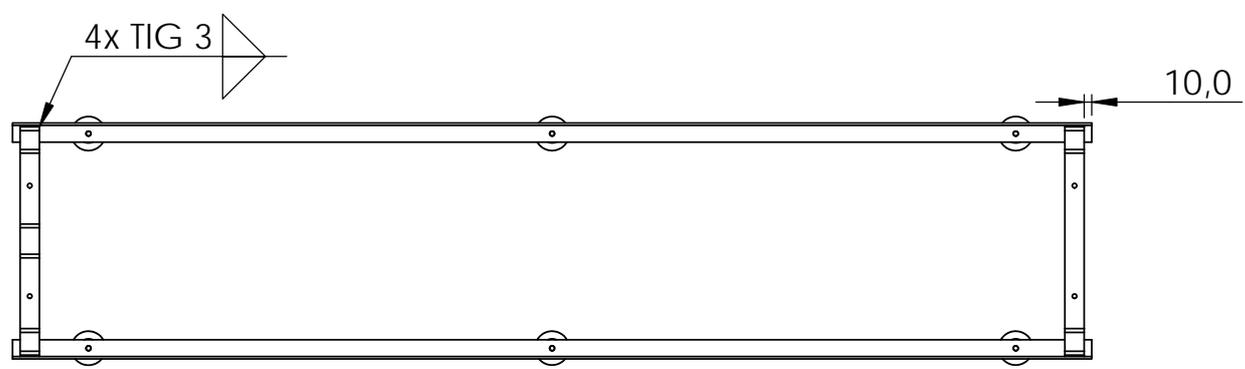
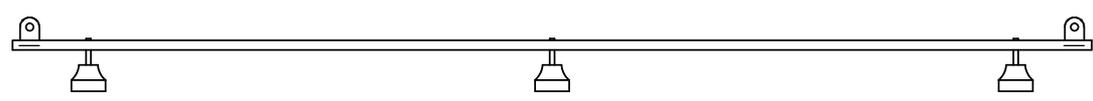
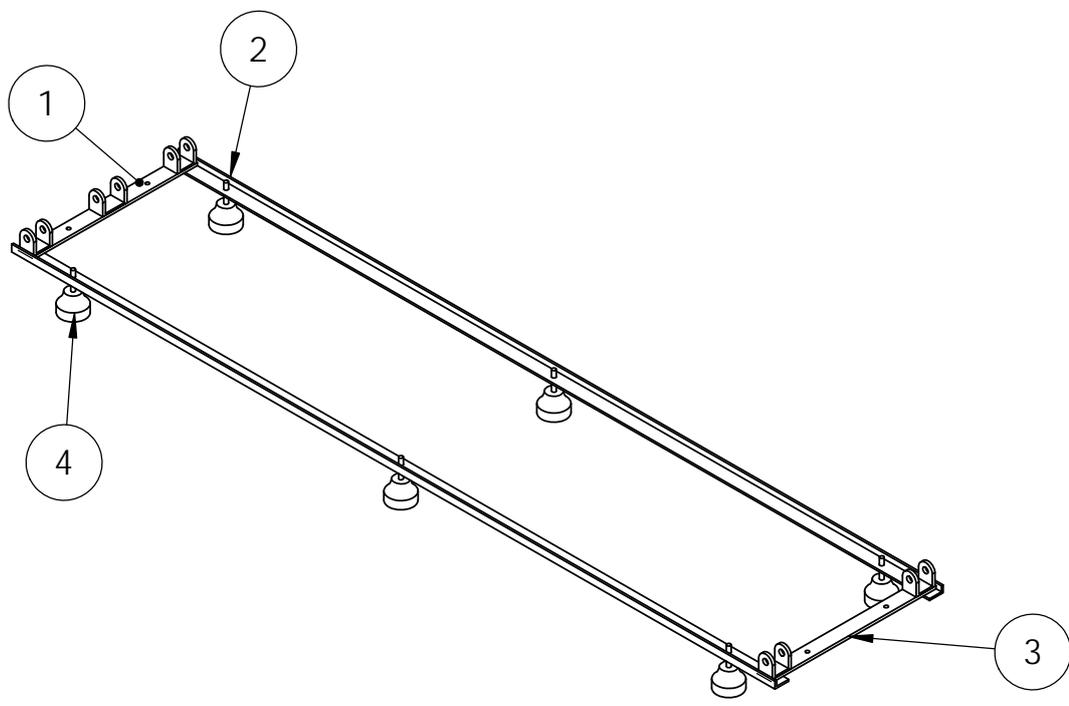
B

C

D

E

F



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QDT.
1	Barra com Suporte 3	DE-1.02.18	1
2	Cantoneira - pé	DE-1.02.16	2
3	Barra com Suporte	DE-1.02.17	1
4	Vibrastop	Anexo II	6

Tolerancias Gerais (mm):
 0 Dec. + 0.5
 1 Dec. + 0.1
 2 Dec. + 0.05

Projeto de Graduação
 UFRJ / Poli - DEM

TÍTULO:
 Base

NOME	ASSINATURA	DATA
DES Leonardo Dahmer		30/07/2013
VERIF. Vitor Romano		02/08/2013
APROV. Vitor Romano		02/08/2013

DES. Nº
 DE-1.02.06

