

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA**

**CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

**Mecanismo de Elevação  
de Acidentados com Trauma  
em Salvatagem Marítima**

Jorge de Souza e Silva Neto

Luiz Antonio Freire de Alcantara

Yuri Pedreira D'Avila

Orientadores: Alexandre Silva de Lima

Alexandre Alves Santiago

**Rio de Janeiro**

**Junho de 2016**

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA**

**CELSO SUCKOW DA FONSECA – CEFET/RJ**

**Mecanismo de Elevação  
de Acidentados com Trauma  
em Salvatagem Marítima**

Jorge de Souza e Silva Neto

Luiz Antonio Freire de Alcantara

Yuri Pedreira D'Avila

Projeto final apresentado em cumprimento às normas do Departamento de Educação Superior do CEFET/RJ, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadores: Alexandre Silva de Lima

Alexandre Alves Santiago

**Rio de Janeiro**

**Junho de 2016**

**MECANISMO DE ELEVAÇÃO DE ACIDENTADOS COM TRAUMA  
EM SALVATAGEM MARÍTIMA**

**Jorge de Souza e Silva Neto**

**Luiz Antonio Freire de Alcantara**

**Yuri Pedreira D'Avila**

Trabalho de conclusão de curso submetido ao corpo docente do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada por:

---

Prof. Fernando Ribeiro da Silva, D.Sc.

---

Prof. Alexandre Silva de Lima, D.Sc.  
(Orientador)

---

Prof. Alexandre Alves Santiago, D.Sc.  
(Orientador)

---

Prof. Carlos Eduardo Catunda, M. Sc.

**Rio de Janeiro, RJ.**

**Junho de 2016**

## Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S586 Silva Neto, Jorge de Souza e  
Mecanismo de elevação de acidentados com trauma em  
salvagem marítima / Jorge de Souza e Silva Neto, Luiz Antonio  
Freire de Alcantara, Yuri Pedreira D'Avila.—2016.  
xvii, 84f. + apêndice : il. (algumas color.) , grafs. , tabs. ; enc.

Projeto Final (Graduação) Centro Federal de Educação  
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2016.

Bibliografia : f. 81-84

Orientadores : Alexandre Silva de Lima  
Alexandre Alves Santiago

1. Engenharia mecânica. 2. Salvamento de vidas - Equipamento  
e acessórios. 3. Resgates. I. Alcantara, Luiz Antonio Freire de. II.  
D'Avila, Yuri Pedreira. III. Lima, Alexandre Silva de (Orient.). IV.  
Santiago, Alexandre Alves (Orient.). V. Título.

CDD 621

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus por ter nos guiado até aqui.

Nossas famílias pelo apoio incondicional nos momentos bons e ruins.

Aos amigos que fizemos ao longo deste caminho árduo.

Um especial agradecimento aos nossos orientadores, Alexandre Silva e Alexandre Santiago por toda a motivação, orientação e pelo conhecimento transmitido.

Aos professores Fernando Ribeiro e Paulo Kenedi que nos socorreram nos momentos de dúvida.

E, por fim, agradecemos a todos os professores que estiveram presentes ao longo dessa trajetória e contribuíram para nossa formação

Jorge de Souza e Silva Neto  
Luiz Antonio Freire de Alcantara  
Yuri Pedreira D'Ávila

## RESUMO

Após uma série de acidentes onde pessoas foram lançadas ao mar, percebeu-se que o socorro prestado não era o ideal devido a forma equivocada como os acidentados eram retirados do mar e transportados para terra. Este resgate incorreto pode causar o agravamento das lesões e provocar danos irreversíveis. Este trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de um equipamento para a lancha modelo 27 Challenger Series e será empregado no resgate de vítimas que esteja no mar. Após um estudo sobre diversas configurações de estruturas, estabeleceu-se uma variação especial do equipamento de resgate tipo pau-de-carga. Em um primeiro momento o trabalho faz um estudo sobre a estabilidade da lancha para que o novo equipamento não seja prejudicial a segurança da embarcação. Posteriormente, analisa os esforços e o posicionamento do equipamento para melhor empregabilidade. E, por último, detalha os materiais, os acessórios e os custos para a fabricação do mecanismo proposto.

Palavras-chave: equipamento de resgate, mecanismo de içamento, resgate de vítimas.

## **ABSTRACT**

After a series of accidents where people were thrown into the sea, it was realized that the relief provided was not ideal because of the mistaken way injured were removed from the sea and taken ashore. This incorrect rescue may cause worsening of the injury and cause permanent damage. This work aims at the development of equipment for model boat 27 Challenger Series and will be used in the rescue of victims who are at sea. After a study of different structural configurations, we set up a special variation of the rescue type stick-to - load equipment. At first the work is a study on the stability of the boat so that the new equipment is not detrimental to safety of the vessel. Then, it analyzes the efforts and positioning equipment for better employability. And lastly details the materials, accessories and costs for manufacturing the proposed mechanism.

**Key-words:** rescue equipment, lifting mechanism, victims of rescue.

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
1.1 Motivação e justificativa.....	3
1.2 Objetivo .....	4
1.3 Metodologia.....	5
1.4 Organização do trabalho .....	6
2. Revisão Bibliográfica .....	7
2.1 Alavancas.....	7
2.2 Turcos .....	9
2.3 Pau-de-carga .....	12
2.4 Guindaste .....	13
3. Conceitos básicos de arquitetura naval.....	14
3.1 Planos de linhas.....	14
3.2 Estabilidade do corpo.....	19
4. Estabilidade da embarcação.....	24
4.1 Cálculo aproximado do volume da embarcação.....	25
5. Análise Matemática e computacional da estrutura.....	40
5.1 Análise de tensão .....	40
5.2 Análise das reações de apoio da base de sustentação .....	46
5.3 Análise de esforços nos parafusos .....	47
5.4 Dimensionamento dos rolamentos .....	49
5.5 Cálculo da linha elástica do mecanismo de içamento.....	53
5.6 Análise de flambagem.....	57
6. Projeto do equipamento de resgate.....	63
6.1 Dimensionamento dos componentes.....	64
6.2 Sistema de elevação .....	66
6.3 Planilha de custo do equipamento de resgate.....	71

	ix
6.4 Montagem do equipamento proposto.....	76
6.5 Corrosão.....	78
6.6 Ondas e Ventos .....	78
7. Conclusão e trabalhos futuros.....	80
Referências Bibliográficas.....	81
APÊNDICE A: Desenhos Técnicos de Projeto .....	85

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Salvamento simulado.....	2
FIGURA 1.2: Representação da queda de um veículo da Ponte Rio-Niterói.....	3
FIGURA 1.3: Representação de queda da vítima da ponte Rio-Niterói.....	3
FIGURA 1.4: Resgate de vítima projetada no mar.....	4
FIGURA 1.5: Lanchas do CBMERJ .....	5
FIGURA 2.1: Alavanca interfixa.....	8
FIGURA 2.2: Alavanca inter-resistente .....	8
FIGURA 2.3: Alavanca interpotente. ....	8
FIGURA 2.4: Turco.....	9
FIGURA 2.5: Turco comum e suas peças .....	10
FIGURA 2.6: Turco de rebater.....	11
FIGURA 2.7: Turco quadrantal.....	11
FIGURA 2.8: Turco rolante.....	12
FIGURA 2.9: Pau-de-carga .....	12
FIGURA 2.10: Guindaste .....	13
FIGURA 3.1: Vistas apresentando o plano de linhas .....	14
FIGURA 3.2: Plano de linhas de um navio de passageiros.....	15
FIGURA 3.3: Plano de flutuação .....	15
FIGURA 3.4: Plano diametral .....	16
FIGURA 3.5: Plano transversal.....	16
FIGURA 3.6: Seção mestra .....	17
FIGURA 3.7: Linha d'água .....	17
FIGURA 3.8: Plano de baliza.....	18
FIGURA 3.9: Plano de Alto .....	18
FIGURA 3.10: Força de empuxo .....	20
FIGURA 3.11: Pontos na seção transversal e longitudinal da embarcação .....	21
FIGURA 3.12: Centro de gravidade – G.....	21
FIGURA 3.13: Centro de carena – B .....	22
FIGURA 3.14: Metacentro – M .....	22
FIGURA 3.15: Raio metacêntrico – MB' .....	23
FIGURA 3.16: Condição de equilíbrio de navios .....	23

FIGURA 4.1: Embarcação em situação de equilíbrio instável.....	24
FIGURA 4.2: Representações geométricas da embarcação .....	25
FIGURA 4.3: Vistas das representações geométricas da embarcação com cotas .....	26
FIGURA 4.4: Frações geométricas do casco para estudo .....	27
FIGURA 4.5: Representações do formato da cabine .....	27
FIGURA 4.6: Representação do CG .....	28
FIGURA 4.7: Representação das posições.....	31
FIGURA 4.8: Localização do metacentro .....	33
FIGURA 4.9: Determinação BM.....	34
FIGURA 4.10: Curva da integral .....	35
FIGURA 4.11: Representação do casco na linha d'água .....	35
FIGURA 4.12: Representação dos pontos da estabilização .....	37
FIGURA 4.13: Representação do casco na linha d'água .....	37
FIGURA 5.1: Desenho do projeto proposto.....	40
FIGURA 5.2: Representação da proposta para análise .....	40
FIGURA 5.3: Representação do diagramado corpo livre no tubo BC .....	42
FIGURA 5.4: Diagrama de forças, cortante e momento .....	43
FIGURA 5.5: Representação da espessura do tubo.....	43
FIGURA 5.6: Representação do diagramado corpo livre.....	44
FIGURA 5.7: Diagrama de forças, cortante e momento .....	47
FIGURA 5.8: Representação do sistema binário de forças .....	49
FIGURA 5.9: Diagrama de forças, cortante e momento .....	50
FIGURA 5.10: Forças no rolamento .....	51
FIGURA 5.11: Carga nos rolamentos .....	52
FIGURA 5.12: Esforços no tubo .....	57
FIGURA 5.13: Detalhe dos esforços na ponta do tubo .....	57
FIGURA 5.14: Ponto crítico.....	58
FIGURA 5.15: Gráfico de tensão crítica .....	60
FIGURA 5.16: Representação da deflexão .....	61
FIGURA 6.1: Estrutura de auxílio e reboque da embarcação .....	63
FIGURA 6.2: Espaço útil fora do <i>cockpit</i> da embarcação .....	65
FIGURA 6.3: Desenho da embarcação com o dispositivo proposto.....	65
FIGURA 6.4: Vista superior da embarcação com a área de atuação do dispositivo .....	66
FIGURA 6.5: Mecanismo proposto .....	66

FIGURA 6.6: Cabos de Aço com alma de Aço.....	70
FIGURA 6.7: Cabo de Aço com alma de fibra .....	71
FIGURA 6.8: Guincho elétrico .....	72
FIGURA 6.9: Maca utilizada pelo Corpo de Bombeiros .....	72
FIGURA 6.10: Mancal com rolamento .....	73
FIGURA 6.11: Parafuso tipo olhal de Inox.....	74
FIGURA 6.12: Porca tipo olhal de Inox.....	74
FIGURA 6.13: Roldana.....	75
FIGURA 6.14: Equipamento de resgate.....	77

## LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1: Tabela de especificação da lancha .....	25
TABELA 4.2: Tabela de valores do centro de carena .....	32
TABELA 4.3: Tabela do braço de endireitamento .....	38
TABELA 5.1: Dimensionamento do sistema .....	41
TABELA 5.2: Catálogo de resistência do parafuso.....	49
TABELA 5.3: Catálogo de rolamentos .....	53
TABELA 5.4: Tabela comparativa dos valores de deflexão .....	56
TABELA 5.5: Condições de equilíbrio .....	58
TABELA 6.1: Propriedades do Alumínio 6061 .....	64
TABELA 6.2: Tabela de classe de utilização.....	67
TABELA 6.3: Tabela de estados de carga .....	67
TABELA 6.4: Tabela de estados de tensões de um elemento.....	68
TABELA 6.5: Classe de funcionamento .....	68
TABELA 6.6: Tabela de grupos dos mecanismos .....	69
TABELA 6.7: Tabela valores mínimos de Q .....	69
TABELA 6.8: Resumo da tabela de especificação de cabos de Aço .....	70
TABELA 6.9: Resumo da tabela de especificação de cabos de Aço .....	71
TABELA 6.10: Dados técnicos da maca.....	72
TABELA 6.11: Dados técnicos do mancal com rolamento .....	73
TABELA 6.12: Dados dos tubos de alumínio.....	75
TABELA 6.13: Custo do Equipamento.....	76
TABELA 6.14: Velocidade do vento e altura das ondas.....	79

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 4.1: Curva de estabilidade transversal GZ .....	38
GRÁFICO 4.2: Gráfico do braço de endireitamento para pequenos ângulos .....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

$h_c$	– Altura da cabine
$h_{cb}$	– Altura da cabine figura b
$A_P$	– Altura da popa
KG	– Altura do centro de gravidade
$H_p$	– Altura do prisma
$H_r$	– Altura do retângulo
GM	– Altura metacêntrica
$\theta_{m\acute{a}x}$	– Ângulo de inclinação
A	– Área
$A_f$	– Área do plano de flutuação
$A_r$	– Área do retângulo
$A_t$	– Área do triângulo
$B_P$	– Base da popa
GG1	– Braço de endireitamento
$P_{cr}$	– Carga crítica
$t_f$	– Carga de ruptura
P	– Carga de Trabalho
k	– Carga no eixo
KB	– Centro de carena
g	– Centro de gravidade
$Y_{cb}$	– Centro de gravidade da cabine
$Y_c$	– Centro de gravidade do casco
$Y_g$	– Centro de gravidade no eixo y
B	– Centro geométrico
Q	– Coeficiente para determinação do diâmetro
$L_1$	– Comprimento da coluna AB
$L_2$	– Comprimento do braço BC
KL	– Comprimento efetivo
$C_L$	– Comprimento lateral
$C_1$	– Constante em 1
$C_2$	– Constante em 2
$C_3$	– Constante em 3
$C_4$	– Constante em 4
$V_1$	– Deflexão em 1
$V_2$	– Deflexão em 2
$V_{m\acute{a}x}$	– Deflexão máxima

$\Delta$	– Deslocamento
$r$	– Densidade
$D_{AB}$	– Diâmetro externo do tubo AB
$D_{BC}$	– Diâmetro externo do tubo BC
$d_{AB}$	– Diâmetro interno do tubo AB
$d_{BC}$	– Diâmetro interno do tubo BC
$e$	– Distância entre rolamentos
$t$	– Esforço máximo de tração em Kg
$F_P$	– Força de apoio
$F_r$	– Força de reação
$F_x$	– Força em x
$F_y$	– Força em y
$F_{CI}$	– Força nos rolamentos em I
$F_{CII}$	– Força nos rolamentos em II
$r$	– Índice de esbeltez efetivo
$L_L$	– Largura lateral
$S_y$	– Limite de escoamento
$\sigma_e$	– Limite de escoamento
$K$	– Linha de base
$c$	– Linha neutra
$y$	– Meia boca da linha d'água
$M$	– Metacentro
$d$	– Metade da profundidade
$m$	– Metros
$mm$	– Milímetros
$E$	– Módulo da elasticidade
$M_f$	– Momento de flexão
$I_t$	– Momento de Inércia da lancha
$I_{BC}$	– Momento de inércia do tubo BC
$M_z$	– Momento no eixo z
$N$	– Newton
$n$	– Número de parafusos
$Kg$	– Peso
$W$	– Peso da embarcação
$g$	– Peso específico
$\pi$	– Pi
$AV$	– Plano avante
$AR$	– Planos a ré
$pol$	– Polegada

$P_A$	– Ponto de apoio
$x_1$	– Posição em 1
$x_2$	– Posição em 2
$G$	– Posição geométrica
$MB$	– Raio metacêntrico
$R_a$	– Reação em a
$R_b$	– Reação em b
$\sigma_{cr}$	– Tensão crítica
$\tau$	– Tensão de cisalhamento
$\sigma_{eq}$	– Tensão equivalente
$\sigma_{m\acute{a}x}$	– Tensão máxima
$\tau_p$	– Tensão no parafuso
$\theta$	– Teta
$GZ$	– Trajetória do Metacentro
$V$	– Volume
$V_{cb}$	– Volume da cabine
$V_c$	– Volume do Casco

# Capítulo 1

## Introdução

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro foi fundado pelo Imperador Dom Pedro II em 1856, sendo o mais antigo do Brasil. Inicialmente batizado como Corpo Provisório de Bombeiros da Corte, foi criado após a incidência de inúmeras tragédias como os incêndios ocorridos no Teatro João Caetano em 1851 e 1856. [1]

Esta instituição centenária tem como principal objetivo salvar vidas. Desta forma, o Corpo de Bombeiros atua realizando salvamentos em terra e no mar, resgates em altura, combates a incêndio, capturas de animais e tantas outras atividades que tenham o intuito de preservar a vida.

Salvar vidas também é o objetivo da equipe de socorristas da Eco ponte, a concessionária que administra a Ponte Presidente Costa e Silva, a famosa Ponte Rio-Niterói. Esta fantástica obra da engenharia, começou a ser construída em 1969 e foi inaugurada oficialmente em 4 de março de 1974. Uma curiosidade interessante é que o próprio Imperador Dom Pedro II, por volta de 1875, já buscava uma maneira de ligar as cidades do Rio de Janeiro e Niterói.

A Ponte Rio-Niterói compõe uma das mais importantes rodovias do país, a BR-101, que percorre 4.772,5 km ao longo do litoral, de norte a sul do país. Atualmente possui 8 pistas e aproximadamente 13,3 km de extensão, com uma altura máxima de 74 metros no vão central.

A previsão inicial era um fluxo de 15.865 veículos ao dia (4.868 caminhões, 1.795 ônibus e 9.202 automóveis) ou quase 5,8 milhões de veículos anualmente. Segundo o balanço da antiga concessionária CCR Ponte [2]. Em 2013 passaram pela rodovia 56 milhões de veículos, quase dez vezes mais do que projeto inicial. Durante esse ano foram prestados 33 mil atendimentos, sendo 31 mil socorros mecânicos e 2 mil socorros médicos. [2]

No primeiro trimestre de 2014 dois acidentes graves chamaram à atenção da mídia. Em duas situações distintas, após a colisão entre os veículos, vítimas foram lançadas ao mar, com e sem o veículo.

Vale salientar que o socorro aos usuários e o resgate das vítimas na via, são de responsabilidade da empresa concessionária. Já o resgate das vítimas lançadas ao mar é de responsabilidade do Corpo de Bombeiros.

A Figura 1.1 representa o exercício simulado de um resgate realizado pelo corpo de bombeiros de uma vítima lançada ao mar. Após a observação desta simulação e dos demais atendimentos prestados nos outros acidentes, chegou-se à conclusão de que o socorro prestado não era o ideal devido à incorreta imobilização da vítima e a forma equivocada de suspensão da mesma. Esse erro pode causar o agravamento das lesões.



**Figura 1.1** – Salvamento realizado no simulado [1].

Pela razão apresentada acima, foi idealizado um projeto de um mecanismo de elevação de acidentados com trauma, para ser adaptado as lanchas utilizadas no salvamento marítimo.

## 1.1 Motivação e Justificativa

A motivação surgiu devido a observação de que nos últimos anos foram noticiados acidentes onde as vítimas foram lançadas ao mar ou caíram com seus veículos após se acidentarem nas vias da Ponte Rio-Niterói, de acordo com a Figura 1.2 e 13, inclusive havendo um caso com vítima fatal.



**Figura 1.2** – Representações de queda de veículo da ponte [3].



**Figura 1.3** – Representação de queda de pessoa da ponte [3].

Na imagem apresentada na Figura 1.4, o socorro foi realizado pela primeira embarcação que chegou ao local, não havendo o devido cuidado com a estabilização da vítima antes do transporte para terra firme. A preocupação foi somente em retirar a acidentada da água, a fim de evitar seu afogamento. Não houve nenhuma preocupação em estabilizar a acidentada mesmo sendo este procedimento de fundamental importância para se evitar maiores danos à vítima.



**Figura 1.4** – Resgate de pessoa [3].

## 1.2 Objetivo

Este projeto tem como objetivo desenvolver um equipamento para a elevação das vítimas que sofreram acidentes e, em decorrência destes foram lançadas ao mar ou que caíram com seu veículo no mar. O equipamento foi pensado para ser acoplado na estrutura de reboque das diversas lanchas modelo 27 Challenger Series pertencentes ao Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro, CBMERJ, e assim melhorar o resgate às vítimas em acidentes marítimos. A lancha é apresentada na Figura 1.5.



**Figura 1.5** – Lanchas do CBMERJ [1].

Para a realização deste trabalho foram utilizados os mais diversos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Mecânica, onde destacamos a análise estrutural estática e dinâmica, o dimensionamento dos componentes como parafusos, vigas, cabos e motores, bem como o estudo de equilíbrio do barco para que fosse possível a utilização segura deste equipamento.

### **1.3 Metodologia**

O projeto foi desenvolvido com o conhecimento adquirido nas diversas áreas da engenharia, desde análise estática, da movimentação do equipamento, da resistência do material e da estabilidade da lancha, sendo esta também considerada durante o desenvolvimento deste trabalho, porém com seus cálculos feitos através de estimativa matemática.

A partir do problema apresentado e da solução pensada, foi iniciada a pesquisa por equipamentos e normas que pudessem atender as necessidades de projeto. Considerando que não existem artigos científicos e projetos na área acadêmica que apresentem soluções próximas em dimensão ou capacidade de carga. O projeto proposto por este trabalho baseou-se apenas nas normas de estruturas e movimentação de carga, além da coleção Arte Naval. [4]

Em alguns casos foi realizado um estudo para definir os parâmetros mínimos e através destes cálculos foram feitas pesquisas no mercado para encontrar a solução que melhor atendesse ao projeto, visando tornar o equipamento mais acessível e prático possível.

## **1.4 Organização do Trabalho**

O projeto é organizado em 07 capítulos e um apêndice. Começando no capítulo 1 pela introdução, motivação, justificativa, objetivo e metodologia.

No capítulo 2 são apresentados os fundamentos bibliográficos com apresentação de alguns materiais utilizados para o içamento de cargas.

O terceiro capítulo apresenta os parâmetros iniciais de arquitetura naval, que visa traduzir e conhecer o linguajar utilizado na marinharia.

Já no capítulo 4 são apresentados os cálculos da estabilidade da embarcação elaborados através de estimativa matemática.

O capítulo 5 apresenta a memória de cálculo e suas representações gráficas.

Para o capítulo 6 são dimensionados e apresentados os parâmetros do projeto que condicionaram o dimensionamento do equipamento de elevação proposto e seus equipamentos.

E finalmente, no capítulo 7, tem-se a conclusão do trabalho.

No apêndice são apresentados os desenhos do protótipo e suas peças.

## Capítulo 2

### Revisão Bibliográfica

Para o desenvolvimento e aplicação deste projeto foram pesquisados vários trabalhos, artigos científicos e normas específicas. Ainda assim, verificou-se que os materiais existentes sobre o tema de elevação de cargas não faziam referência a mecanismos de pequeno porte ou equipamentos que fossem semelhantes ao nosso dispositivo de salvamento.

Para concluir este projeto e conseguir dimensionar um equipamento capaz de movimentar uma pessoa de dentro da água para o interior da embarcação, foi preciso pesquisar conhecimento nos dispositivos existentes: alavanca, turcos, pau-de-carga e guindaste.

Foram necessários ainda conhecimentos provenientes da Engenharia Naval e que não foram lecionados em nosso curso de Engenharia Mecânica, como por exemplo: arquitetura naval e suas principais nomenclaturas, além das condições de trabalho de embarcações, principalmente estabilidade do navio, centro de massa e movimentação de carga embarcada.

Além é claro dos conhecimentos adquiridos durante o curso, como resistência dos materiais, máquinas de transportes, desenho de máquinas, mecânica dos fluidos entre outros.

Com o intuito de auxiliar o projeto foram utilizados programas computacionais da área de engenharia, tais como: Inventor, AutoCad, SolidWorks e MDSolids.

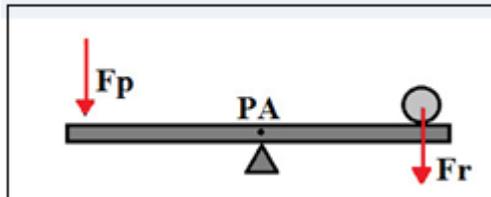
#### 2.1 Alavancas

Desde os primórdios, as alavancas eram usadas como recurso para mover peças pesadas, ampliando a intensidade da força que foi utilizada, porém foi Arquimedes que desenvolveu e fez suas aplicações no século III a.C.

“Se me derem uma alavanca e um ponto de apoio, deslocarei o mundo”<sup>1</sup>

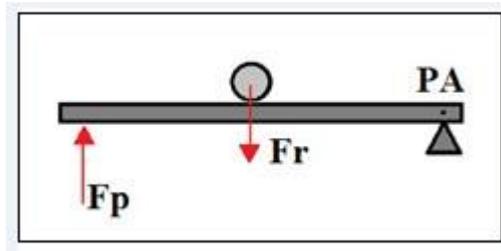
A alavanca é uma máquina simples na qual tem a função de facilitar à movimentação do objeto, portanto sua classificação é:

Interfixa – com o apoio entre a força e o objeto, conforme Figura 2.1.



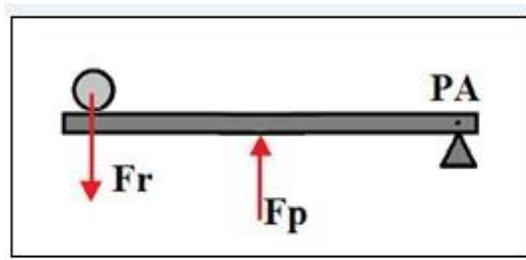
**Figura 2.1** – Alavanca interfixa.

Inter-resistente – com o objeto entre o ponto de apoio e a força, conforme Figura 2.2:



**Figura 2.2** – Alavanca inter-resistente.

Interpotente – com a força entre o ponto de apoio e o objeto, conforme Figura 2.3:



**Figura 2.3** – Alavanca interpotente.

<sup>1</sup> Frase de Arquimedes para descrever a função da Alavanca [45].

Muitos autores citam Arquimedes e suas invenções mecânicas e sua capacidade de mover grandes pesos realizando pouca força. Sendo seu feito reconhecido quando realizou uma tarefa solicitada pelo rei Hierão.

“Arquimedes escreveu ao rei Hierão, de quem era amigo próximo, informando que dada uma força, qualquer peso podia ser movido. E até mesmo se gabou, somos informados, de que se houvesse uma outra Terra, indo para ela ele poderia mover a nossa Terra. Hierão ficou admirado e lhe solicitou que demonstrasse isto com uma experiência real, mostrando um grande peso sendo movido por uma pequena máquina. De acordo com este desejo Arquimedes tomou um dos navios de carga da frota do rei, o qual não podia ser retirado das docas exceto com grande esforço e empregando muitos homens. Além disso, carregou o navio com muitos passageiros e com carga total. Sentando-se distante do navio, sem esforço, mas apenas segurando uma polia em suas mãos e movendo as cordas lentamente, moveu o navio em linha reta, de maneira tão suave e uniforme como se o navio estivesse no mar.”<sup>2</sup>

## 2.2 Turcos

Também conhecido como serviola, na Figura 2.4, é um braço de aço articulado que sai para os lados de uma embarcação e tem como finalidade afastar ou içar cargas de grandes pesos e embarcações de salvamento do costado do navio.



**Figura 2.4** – Turco [4].

---

<sup>2</sup>Relato da história de Arquimedes escrevendo para Hirão [45].

Eles permitem uma manobra mais rápida para movimentar cargas, além disso tem um papel importante no desenvolvimento do nosso projeto. Servem como apoio para o estudo e adaptação do equipamento proposto.

### 2.2.1 Aplicação e Classificações

Os turcos são constituídos de diversos modelos e com inúmeras serventias. Os principais tipos são:

#### Turco Comum

Tem sua construção em formato de tubos maciços ou não, de aço que apresentam curvatura na parte superior e gira sobre o próprio eixo vertical, conforme Figura 2.5. Podem ser desmontados, mas suas principais partes são:

Cabeça – Extremidade superior do sistema, onde termina de encontro com um olhal que fica acoplado a um aparelho de içar/arriar cargas.

Curva – Parte superior do tubo curvo.

Pé – Parte inferior do turco ao qual descansa em um cachimbo de “ferro”, fixado ao costado da embarcação em altura apropriada a seu tamanho. No nível da borda do navio fica a palmatória, aro de “ferro” que sustenta o sistema na posição vertical.

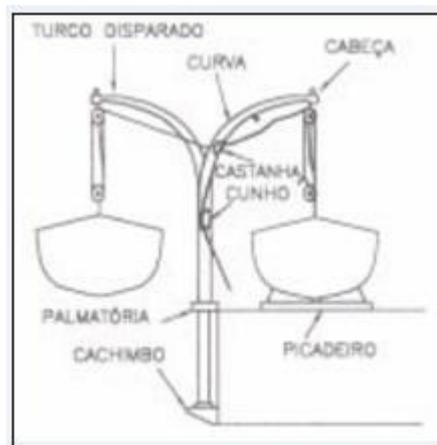
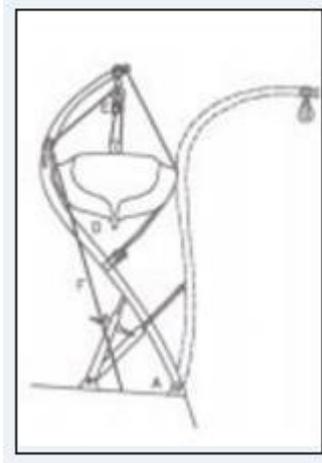


Figura 2.5 - Turco comum com suas peças [5].

## Turco de Rebater

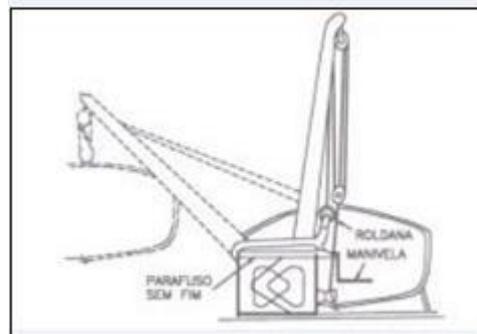
Este é semelhante ao comum, porém em vez de girar entorno de seu eixo, ele é rebatido para dentro, conforme Figura 2.6, tendo seu movimento no pé do seu eixo horizontal.



**Figura 2.6** – Turco de rebater [5].

## Turco de Quadrantal

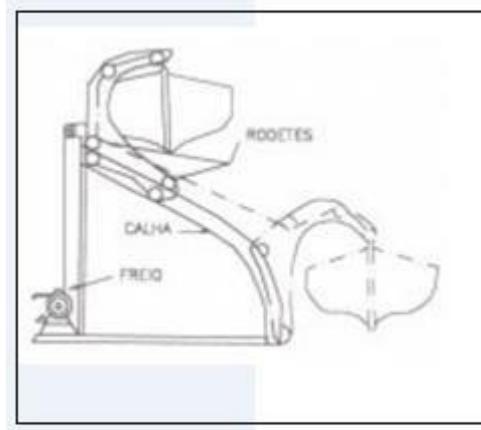
O turco é movimentado inclinando-se sobre um sistema dentado com cremalheira, conforme Figura 2.7, que fica localizado ao pé da estrutura.



**Figura 2.7** – Turco quadrantal [5].

## Turco de Rolante

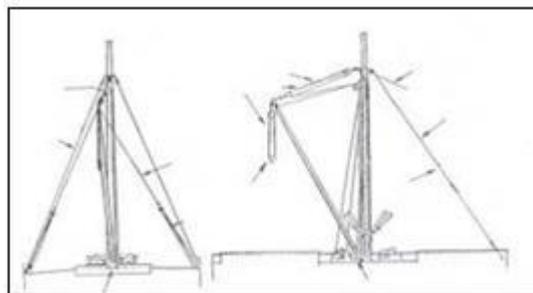
Sua constituição é feita com dois braços montados sobre trilhos e sua ação funciona por gravidade, conforme a Figura 2.8. Sendo esta estrutura mais utilizada nas embarcações da Marinha Mercante, porque apresenta um número reduzido de pessoas para operar o dispositivo.



**Figura 2.8** – Turco rolante [5].

## 2.3 Pau-de-carga

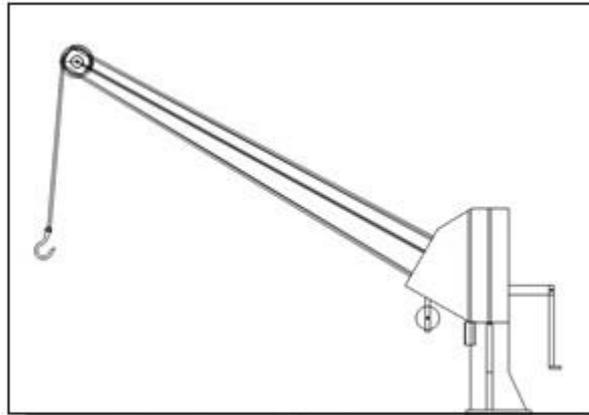
O pau-de-carga é um equipamento utilizado para elevação, movimentação de cargas, conforme Figura 2.9. Normalmente é utilizado para içar e arriar cargas nos porões do navio.



**Figura 2.9** - Pau-de-carga [5].

## 2.4 Guindaste

Possui a mesma função do pau-de-carga, porém podem ser movidos a energia hidráulica ou elétrica, conforme Figura 2.10.

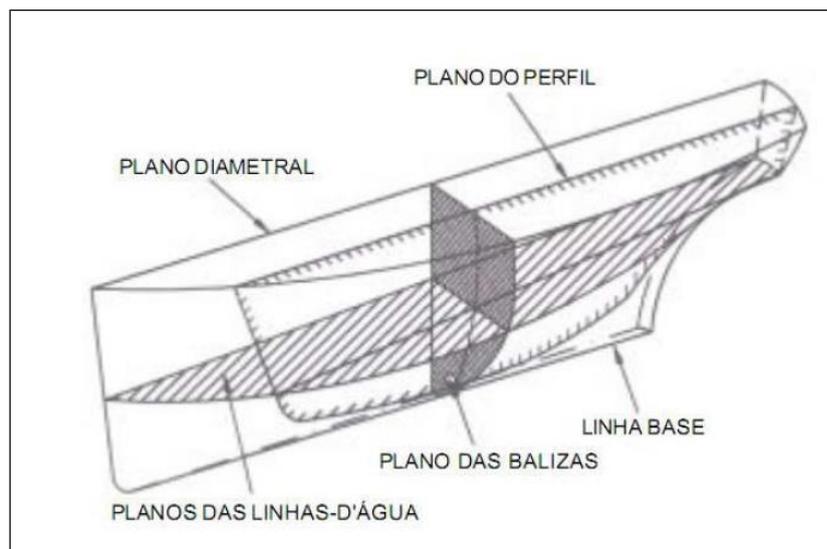


**Figura 2.10** - Guindaste [6]

## Capítulo 3

### Conceitos básicos de arquitetura naval

A geometria de uma embarcação é dada por um conjunto de vistas: frontal, lateral e superior, por sua vez este conjunto de vistas formam um plano de linha (plano de balizas, alto ou perfil e linhas d'água), conforme a Figura 3.1. Desta forma, conheceremos sua geometria e os principais planos de linhas construtivos de um costado.



**Figura 3.1** – Vistas apresentando dos planos de linhas [7]

#### 3.1 Planos de linhas

O plano de linhas é uma representação onde cada uma das vistas apresenta a interseção do plano imaginário com o casco, como mostrado pela Figura 3.2.

A Figura 3.2 apresenta o plano de linhas de um navio de passageiros, onde cada uma das vistas apresenta a interseção do plano imaginário com o casco, isto é, apresenta simetria através de sua linha longitudinal, assim como um espelho plano refletindo a imagem.

Salientando que o plano de baliza, apesar de simétrico, é exposto em dois bordos distintos para uma melhor compreensão.

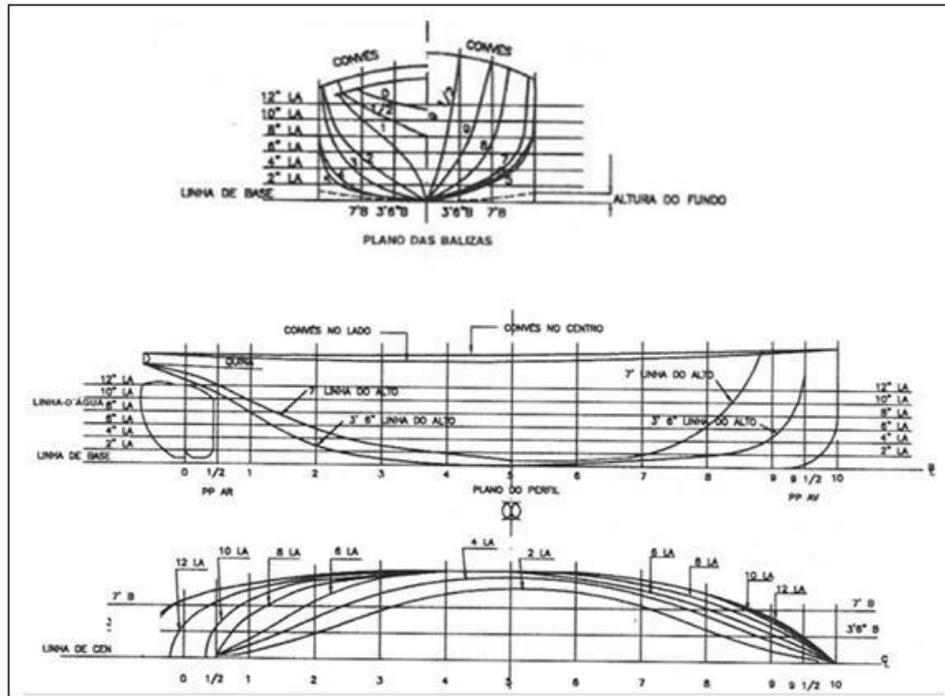


Figura 3.2 – Plano de linhas de navio de passageiros [8].

## Plano de flutuação

O plano de flutuação é a parte do casco do navio que está acima da linha d'água, ou seja, é o plano horizontal longitudinal do casco, conforme a Figura 3.3.

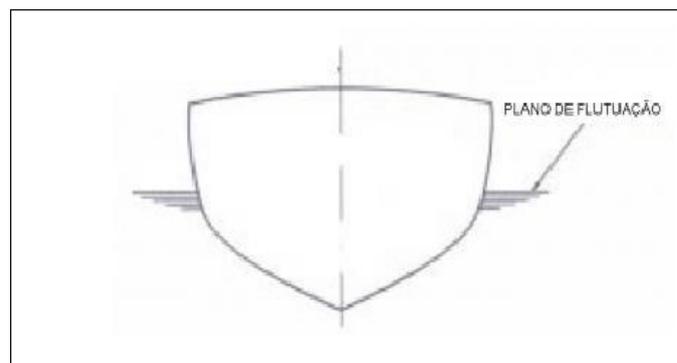
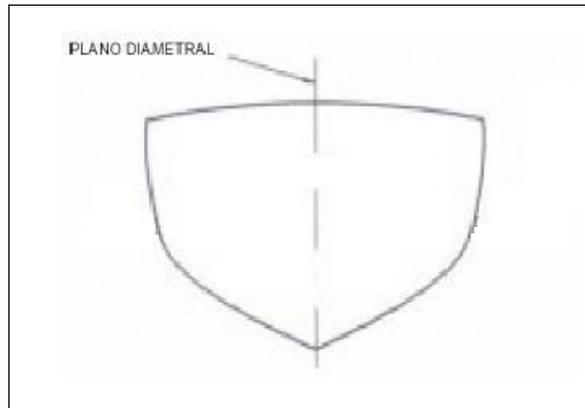


Figura 3.3 – Plano de flutuação.

## Plano diametral

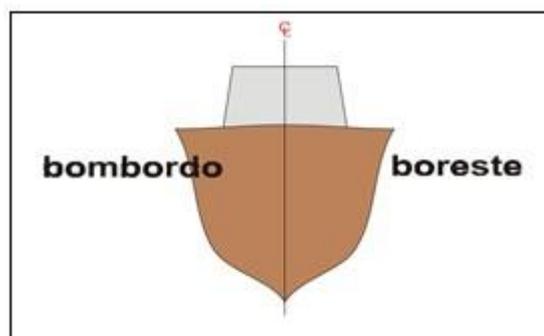
É um plano vertical longitudinal compreendido entre a popa e a proa do casco, conforme Figura 3.4, dividindo simetricamente a embarcação em dois lados iguais.



**Figura 3.4** – Plano diametral.

## Plano transversal

É um plano vertical secante ao casco, que serve de projeção dos pontos notáveis da estabilidade e que define o lado direito e esquerdo, respectivamente, como bombordo e boreste, conforme a Figura 3.5. O plano transversal é indicado no desenho pela letra “c”.



**Figura 3.5** – Plano transversal [9].

## Seção mestra

A seção mestra é aquela que divide, através de um plano transversal, as partes posterior e anterior do barco, respectivamente como, proa e popa. Como representado na Figura 3.6.

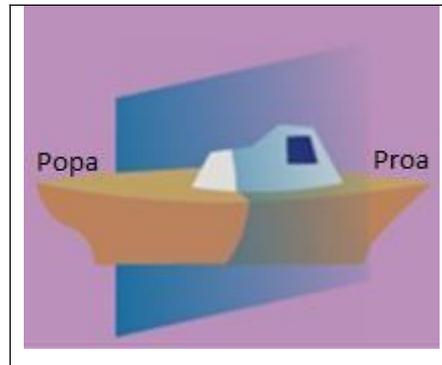


Figura 3.6 – Seção mestra [9].

## Linha d'água

A linha d'água é a interseção da área do plano paralelo a superfície da água com o costado da embarcação, conforme a Figura 3.7. É a área delimitada no casco e que limita o trabalho entre carga mínima e máxima.

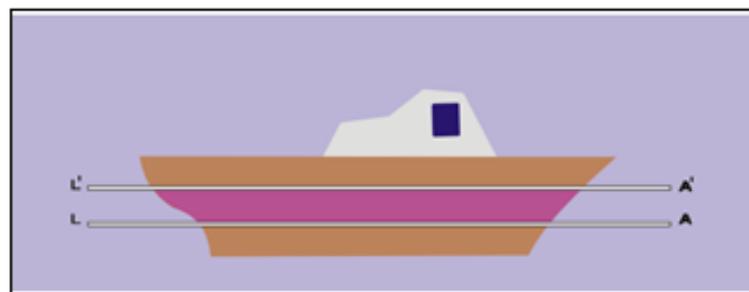
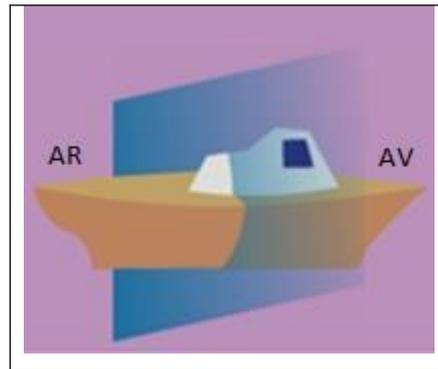


Figura 3.7 – Linha d'água [9].

## Plano de baliza

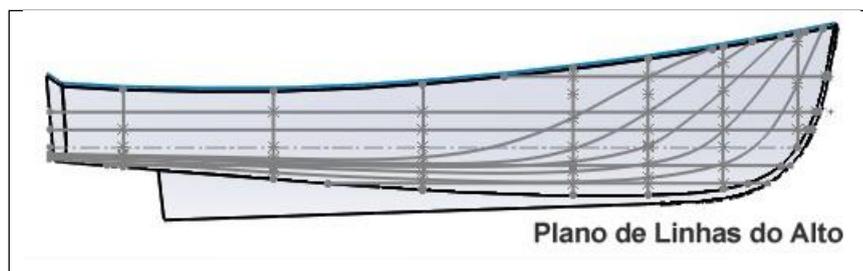
O plano de baliza é representado pela interseção dos planos verticais perpendiculares ao plano de simetria longitudinal com os planos de linha d'água, sendo então apresentados como as seções transversais do casco. Em sua convenção, este plano apresenta as interseções do casco com planos avante (AV) e planos a ré (AR) conforme a Figura 3.8.



**Figura 3.8** – Plano de baliza [9].

## Plano de alto ou perfil

O plano de alto ou perfil é a interseção do casco com seu plano de simetria longitudinal e por planos de corte paralelos ao mesmo, conforme a Figura 3.9, ficando visível sua geometria dividida em proa e popa.



**Figura 3.9** – Plano de Alto [10].

### **3.2 Estabilidade do corpo**

A propriedade que explica o comportamento estático deste corpo em um meio fluido é a hidrostática. Somando-se a isso, a interação do peso de um corpo e das forças fluidas que exercem pressão sobre ele em um meio fluido, é chamada de empuxo. Assim, o peso e o empuxo vão dar a condição de estabilidade e flutuabilidade da estrutura.

A pressão hidrostática faz com que uma parte do casco se mantenha submersa e outra parte não. Essa pressão pode variar de acordo com o carregamento acondicionado na embarcação e, conseqüentemente, a condição de estabilidade.

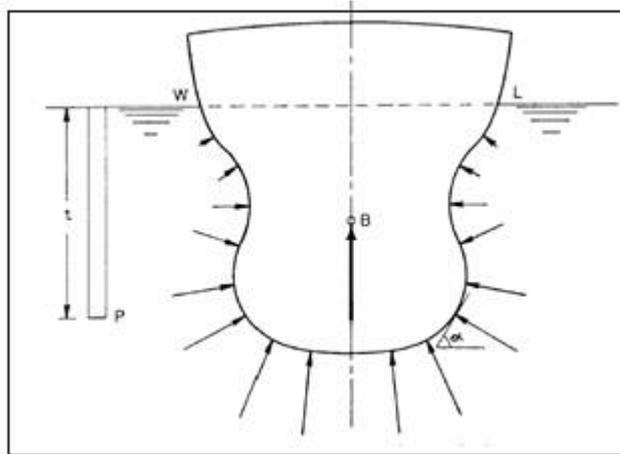
### **Conceitos básicos de mecânica**

O estado de equilíbrio de um corpo ocorre quando o somatório das forças é igual a zero e a soma dos momentos destas forças também é igual a zero. Para este corpo flutue, devem ser seguidas as mesmas condições.

De todas as cargas que atuam em uma embarcação, as mais importantes e que interferem na flutuação são o empuxo e a gravidade, como demonstrado por Arquimedes. Somando-se a isso, para o estudo da estabilidade, são primordiais os conhecimentos sobre: centro de gravidade, centro de empuxo e metacentro.

### **Princípio de Arquimedes**

A estabilidade de um corpo parcialmente submerso em um fluido é conhecido como “Princípio de Arquimedes”. “Um corpo a flutuar, em repouso, num determinado líquido sofre uma força de impulsão vertical, dirigida de baixo para cima, que passa pelo centro geométrico do volume submerso e é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo”. [11] , como mostrado pela Figura 3.10.



**Figura 3.10** – Força de empuxo [11].

As forças que estão agindo sobre o contorno da embarcação são chamadas de empuxo, ilustradas pela Equação 3.1 e estão integradas em todo o contorno do casco, sendo responsáveis pela flutuação do mesmo. São aplicadas em um ponto específico do corpo que está submerso e este ponto é denominado centro de empuxo (B). Sabendo-se que a força de empuxo esta relaciona ao peso específico ( $\gamma$ ) do meio em que o corpo está exposto, do volume ( $V$ ) deslocado por ele e pela gravidade ( $g$ ), tem-se:

$$\Delta = \gamma \cdot V \quad (3.1)$$

O peso específico, mostrado pela Equação 3.2 é o produto da densidade com a gravidade.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (3.2)$$

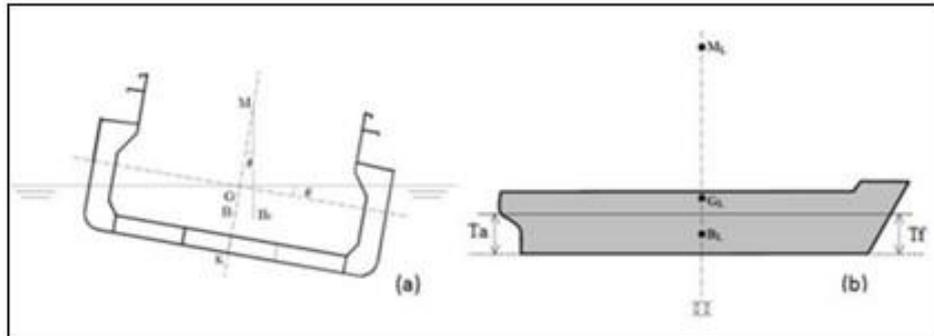
Pelo princípio de Arquimedes, o peso da embarcação, Equação 3.3, é igual ao empuxo.

$$W = \Delta = \gamma \cdot V$$

$$W = \gamma \cdot V \quad (3.3)$$

## Estabilidade

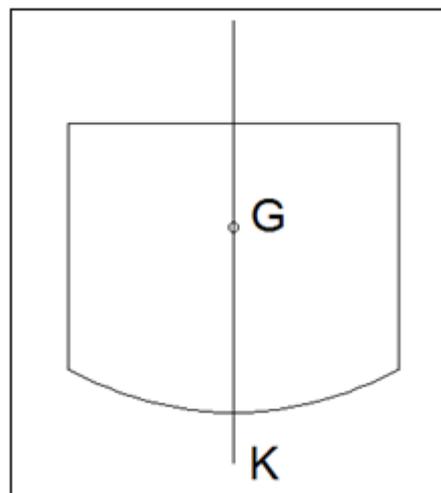
A estabilidade resulta do somatório das forças que permitem que uma embarcação se mantenha em condições estáveis, além das forças que permitem uma fluabilidade em função da arrumação da carga e de seus esforços estruturais, que são responsáveis pela movimentação angular sofrida pelo casco, como pode observado na Figura 3.11.



**Figura 3.11** – Pontos na seção transversal e longitudinal da embarcação [12].

## Centro de gravidade

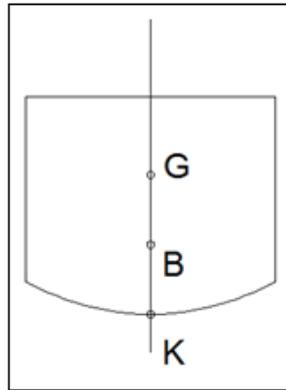
O centro de gravidade é dado pela posição geométrica (G), conforme Figura 3.12, e é representada na seção transversal, onde se localiza o somatório de todas as forças peso existentes na embarcação.



**Figura 3.12** – Centro de gravidade – G.

## Centro de empuxo

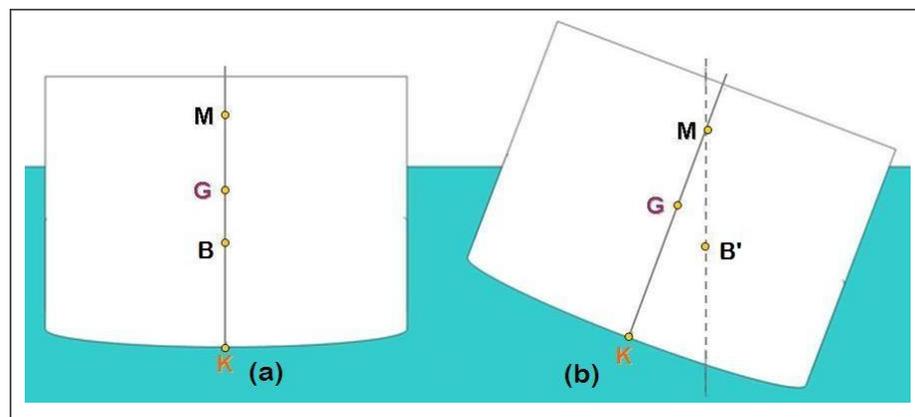
O centro de empuxo ou centro de carena é a posição do centro geométrico (B), localizada na parte do casco submersa. Também conhecido como carena, é representada na seção transversal, conforme Figura 3.13.



**Figura 3.13** – Centro de carena – B.

## Metacentro

O metacentro é definido pelas interseções das linhas perpendiculares à linha d'água, antes e depois da perturbação sofrida, como mostrado, respectivamente, pelas Figuras 3.14.



**Figura 3.14** – Metacentro – M.

## Raio Metacêntrico

O raio metacêntrico é a distância do centro de empuxo ao metacentro, e depende da seção submersa do navio. O vetor formado entre o centro de gravidade e o metacentro é conhecido como altura metacêntrica (GM), que também depende da parte submersa. O raio metacêntrico está representado na Figura 3.15.

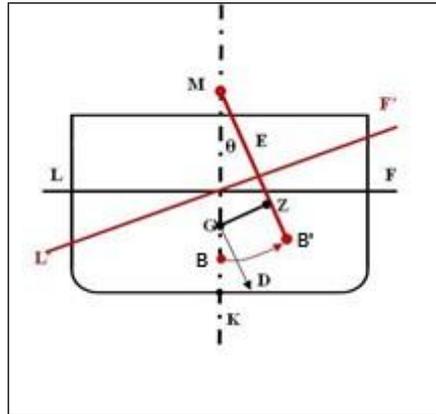


Figura 3.15 – Raio metacêntrico –  $MB'$ .

### Condições de equilíbrio

O equilíbrio ocorre quando uma pequena força movimenta o corpo e este consegue retornar para a posição original. Este equilíbrio pode ocorrer de três formas: estável, neutra e instável.

O corpo em equilíbrio estável, quando deslocado, tende a retornar para sua posição inicial. Quando este mesmo corpo não retorna para a posição, está em equilíbrio neutro ou indiferente. Porém, se o corpo sofrer uma movimentação e naturalmente se afastar da posição primária, encontra-se em um equilíbrio instável. Estas 03 situações estão ilustradas nas Figuras 3.16.

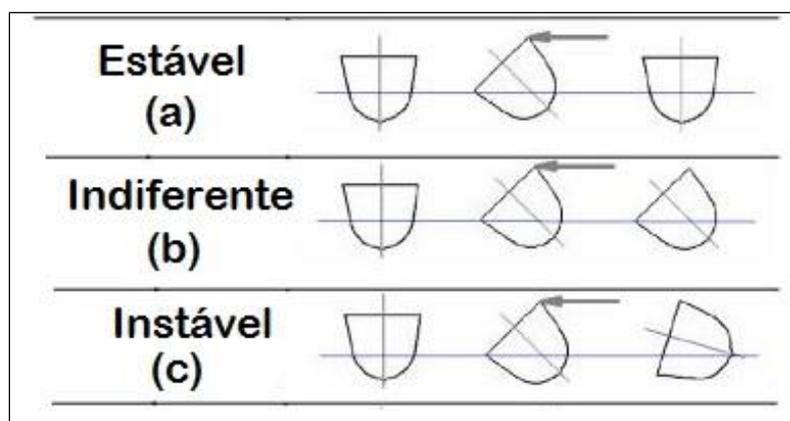


Figura 3.16 – Condições de equilíbrio de navios [8].

## Capítulo 4

## Estabilidade da embarcação

O foco principal deste trabalho é a sua aplicabilidade no campo da engenharia mecânica, porém os conceitos de arquitetura naval não poderiam ser desprezados na construção do aparelho de resgate. Desta forma, sobre a questão naval, foi necessário um estudo aprofundado para melhor fundamento.

A estabilidade é um conceito vital quando se fala em estruturas. No caso da arquitetura naval, a estabilidade é o divisor de águas entre uma navegação segura e uma catástrofe, conforme Figura 4.1.



**Figura 4.1** – Embarcação instável [3].

### Estabilidade da embarcação Challenger 27

Para analisar a estabilidade da embarcação Challenger 27, veículo que será a base para o equipamento projetado neste trabalho, foi necessário criar um modelo matemático com características próximas a real para que se estudasse a influência da implantação do mecanismo às condições de uso da lancha.

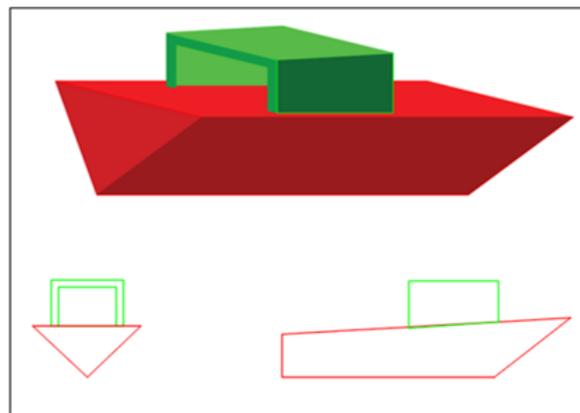
Alguns dados apresentados ao longo deste estudo foram obtidos através de aproximações devido aos segredos de projeto do fabricante, desta forma, os dados obtidos são expostos na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** – Tabela de especificação da lancha [13].

<b>Especificação</b>	<b>Unidade Americana</b>	<b>Unidade Métrica</b>
LOA (Comprimento)	26 ft 7 pol	8,10 m
Boca	10 ft	3,00 m
Peso	6.200 lbs	2.812 Kg
Peso de carga	4.000 lbs	1.814 Kg
Peso máximo	9.000 lbs	4.082 Kg
Peso do motor	1.400 lbs	635 Kg
Calado	21 pol	0,53 m
Calado carregado	25 pol	0,64 m
Capacidade	12 pessoas	

#### 4.1 Cálculo aproximado do volume da embarcação

Foi adotada uma geometria estimada, conforme Figura 4.2, para facilitar o estudo do comportamento da embarcação bem como simplificar os cálculos pois, mais uma vez, o fabricante não fornece todos os dados necessários para um estudo detalhado.

**Figura 4.2** – Representações geométricas da embarcação.

#### Cálculo do volume do casco

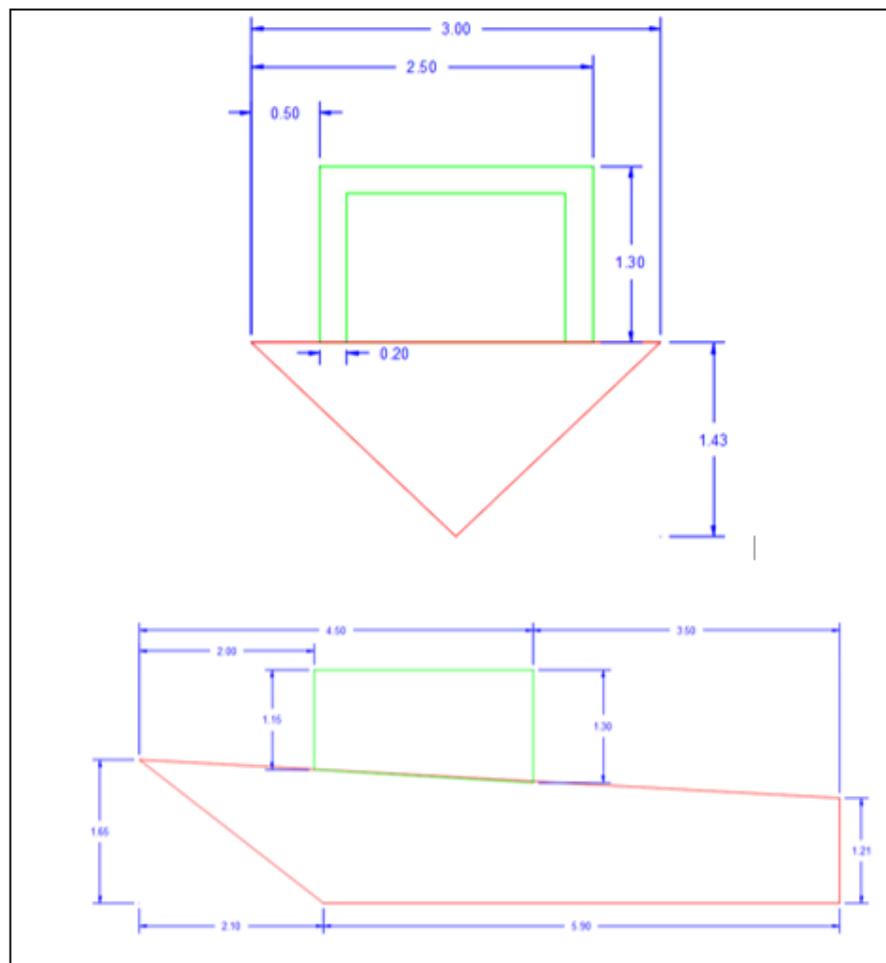
Os cálculos para o volume do casco, Equação 4.1, foram simplificados para um prisma de base triangular, conforme Figura 4.3.

$$V_c = A_t \times H_p \quad (4.1)$$

Onde:  $V_c$  = volume do casco

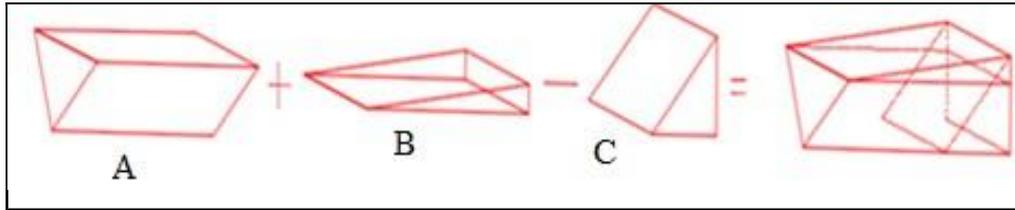
$A_t$  = área do triângulo

$H_p$  = altura do prisma



**Figura 4.3** – Vistas das representações geométricas da embarcação com cotas.

Como o casco da lancha não tem uma geometria regular, para a realização dos cálculos foi necessário dividi-lo em partes, conforme Figura 4.4 e desenvolvida na Equação 4.2.



**Figura 4.4** – Frações do casco para estudo.

$$V_c = \frac{B_A \cdot h_A}{2} \times H_A + \frac{B_B \cdot h_B}{2} \times H_B - \frac{B_C \cdot h_C}{2} \times H_C \quad (4.2)$$

$$V_c = \frac{3 \times 1,21}{2} \times 8 + \frac{0,44 \times 8}{2} \times 3 - \frac{2,10 \times 1,65}{2} \times 3$$

$$V_c = 14,52 + 5,28 - 5,20$$

$$V_c = 14,60 \text{ m}^3$$

### Cálculo do volume da cabine

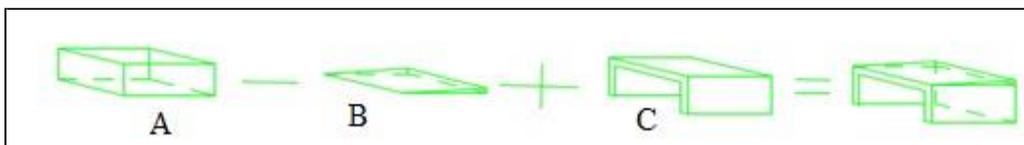
O volume da cabine da lancha foi considerado como um retângulo vazado, conforme Equação 4.3 e mostrado na Figura 4.5.

$$V_{cb} = A_r \times H_r \quad (4.3)$$

Onde:  $V_{cb}$  = volume da cabine

$A_r$  = área do retângulo

$H_r$  = altura do retângulo



**Figura 4.5** – Representações do formato da cabine.

$$V_{cb} = b_A h_A l_A + \frac{b_B h_B}{2} l_B - \frac{b_C h_C}{2} l_C \quad (4.4)$$

$$V_{cb} = 2 \times 1,15 \times 2,5 + \frac{2,5 \times 0,15}{2} \times 2 - 1,6 \times 0,95 \times 2,5$$

$$V_{cb} = 5,75 + 0,375 - 3,8$$

$$V_{cb} = 2,32 \text{ m}^3$$

### Cálculo do centro de gravidade

Para se calcular a distância do centro de gravidade (CG) em relação ao eixo de simetria perpendicular a quilha, é necessário realizar o somatório dos momentos das massas, Figura 4.6.

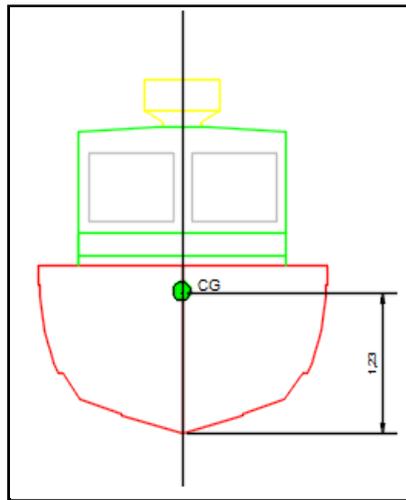


Figura 4.6 – Representação do CG.

Como a lancha é simétrica em suas características ao longo do eixo longitudinal (bombordo e boreste), este permanece constante e é igual a zero ( $x_{cg} = 0$ ). Já para a determinação do centro do eixo em relação à Y, faz-se necessária a Equação 4.4.

$$Y_g = \frac{M_c Y_c + M_{cb} Y_{cb}}{M_{cb}} \quad (4.4)$$

Por não se conhecer a massa da cabine, o seu valor será obtido através da proporcionalidade entre massa e densidade, conforme a equação (4.5).

$$Y_g = \frac{M_c Y_c + M_{cb} Y_{cb}}{M_{cb}} = \frac{(V_c \cdot \rho) Y_c + (V_{cb} \cdot \rho) Y_{cb}}{V_{cb} \cdot \rho} \quad (4.5)$$

Onde:  $Y_g$  = centro de gravidade no eixo y;

$V_c$  = volume de casco;

$V_{cb}$  = volume da cabine;

$Y_c$  = centro de gravidade do casco;

$Y_{cb}$  = centro de gravidade da cabine.

Cálculo do centro de gravidade da cabine realizado através da Equação 4.6.

$$Y_{cb} = \frac{h_{cb}}{2} + h_c \quad (4.6)$$

$$Y_{cb} = \frac{1,3}{2} + 1,6$$

$$Y_{cb} = 2,25 \text{ m}$$

Cálculo do centro de gravidade do casco através da equação 4.7.

$$Y_c = \frac{2}{3} h_c \quad (4.7)$$

$$Y_c = \frac{2}{3} 1,6$$

$$Y_c = 1,07 \text{ m}$$

Cálculo do centro de gravidade do sistema é através da equação 4.5.

$$Y_g = \frac{(\nabla_c \cdot Y_c) + (\nabla_{cb} \cdot Y_{cb})}{\nabla_c + \nabla_{cb}}$$

$$Y_g = \frac{14,6 \times 1,07 + 2,33 \times 2,25}{14,60 + 2,33}$$

$$Y_g = 1,23 \text{ m}$$

$$\text{C.G.} = (0; 1,23)$$

**Cálculo do centro de carena**

O centro de carena pode ser calculado a partir do volume submerso e, para a embarcação estudada (a qual possui uma geometria de fundo semelhante a um prisma triangular) e seu centro fica à  $2/3$  da quilha, conforme equação 4.8. Portanto, o centro de carena (KB) será igual a  $2/3$  do calado.

$$KB = \frac{2}{3} \text{ calado} \quad (4.8)$$

$$KB = \frac{2}{3} 0,53$$

$$KB = 0,35 \text{ m}$$

Para um navio qualquer, o KB pode ser encontrado com bastante precisão pela Regra de Simpson. A profundidade aproximada do centro de carena de um navio abaixo da linha d'água normalmente fica entre  $(0,44 \times \text{profundidade})$  e  $(0,49 \times \text{profundidade})$  [14].

$$KB = 0,44 \times 0,53 \quad (4.9)$$

$$KB = 0,23 \text{ m}$$

$$KB = 0,49 \times 0,53 \quad (4.10)$$

$$KB = 0,26 \text{ m}$$

Para uma maior aproximação, utiliza-se à fórmula de Morrish, Equação 4.11.

$$KB = \frac{1}{3} \left( \frac{d}{2} + \frac{V}{A} \right) \quad (4.11)$$

Onde:  $d$  = metade da profundidade;

$V$  = volume de deslocamento;

$A$  = área do plano de flutuação

Cálculo do parâmetro 'd', conforme Equação 4.12:

$$d = \frac{0,53}{2} \quad (4.12)$$

$$d = \frac{0,53}{2}$$

$$d = 0,265 \text{ m}$$

Para o cálculo da área do plano de flutuação foi utilizada a equação 4.13:

$$A = 2 \times C_L \times L_L + \frac{B_P \times A_P}{2} \quad (4.13)$$

Onde:  $A$  = Área do plano de flutuação

$C_L$  = Comprimento lateral

$L_L$  = Largura lateral

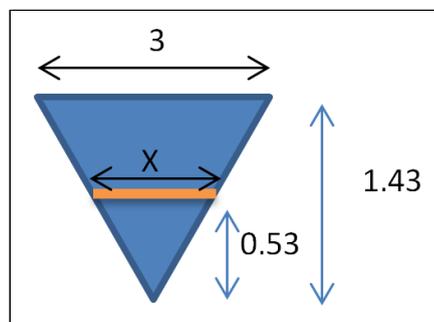
$B_P$  = Base da popa

$A_P$  = Altura da popa

Por semelhança de triângulos, como mostrado na Figura 4.7, pode-se determinar o valor do comprimento da linha d'água (base do triângulo), Equação 4.14.

$$X = \frac{3 \times 0,53}{1,43} \quad (4.14)$$

$$X = 1,11 \text{ m}$$



**Figura 4.7** – Representação das posições

Seguindo o raciocínio, é possível determinar a área do plano flutuação, utilizando a Equação 4.13.

$$A = 2 \times 8 \times 0,77 + \frac{1,1 \times 0,53}{2}$$

$$A = 12,61 \text{ m}^2$$

Calculando o volume de deslocamento V,

$$V = \frac{1,11 \times 0,53}{2} \times 8$$

$$V = 2,35 \text{ m}^3$$

Agora, com a Equação 4.11.

$$KB = \frac{1}{3} \left( \frac{d}{2} + \frac{V}{A} \right)$$

$$KB = \frac{1}{3} \left( \frac{0,265}{2} + \frac{2,35}{12,61} \right)$$

$$KB = 0,11 \text{ m}$$

A Tabela 4.2 mostra os dados obtidos por diversos métodos de solução para determinar o centro de carena.

**Tabela 4.2** – Tabela de valores do centro de carena.

Método utilizado	Valor (m)
Geométrico	0,35
Simpson-máximo	0,26
Simpson-mínimo	0,23
Morrish	0,11

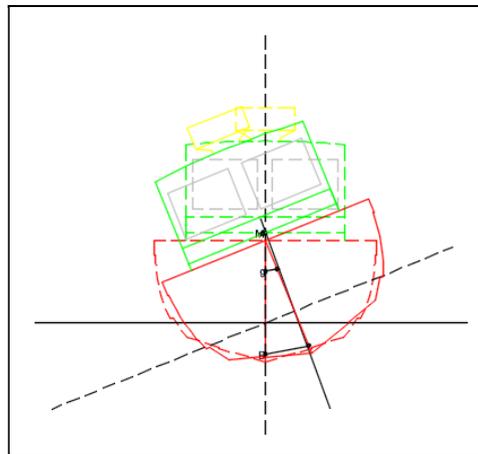
O Método de Morrish é o que apresenta o menor valor numérico e, portanto, o valor mais preciso entre todas as soluções abordadas para o centro de carena.

$$KB = 0,11 \text{ m}$$

### Cálculo do metacentro

O estudo de estabilidade do metacentro (GM) pode ser realizado a partir do braço de endireitamento  $GG_1$  para a condição de pequenos ângulos de inclinação, conforme Figura 4.8. Desta forma, a condição de equilíbrio passa a depender do Centro de gravidade e da movimentação que ocorre no centro de carena.

Para o cálculo desses valores, tem-se que utilizar expressões que determinam a posição do seu centro de carena e que são dependes do ângulo de inclinação.



**Figura 4.8** – Localização do metacentro.

Com a inclinação de um pequeno ângulo  $\theta$  há uma interceptação entre as linhas d'água e de base vertical. Com isso, tem-se um volume denominado cunhas de imersão e emersão, que são equivalentes e tem a função de manter o deslocamento submerso constante.

No entanto, como o costado da embarcação de estudo não é vertical essa aproximação só é válida se a inclinação  $\theta$  for significativamente pequena.

Quando o ângulo  $\theta$  tende à zero, suas linhas  $GG'$  e  $BB'$  ficam mais próximas da horizontal, quase sem inclinação, conforme Figura 4.9. Portanto qualquer variação dos bordos é considerada desprezível, equação 4.19. Logo:

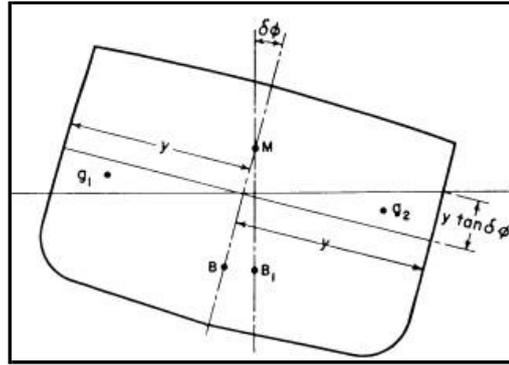


Figura 4.9 – Determinação BM [8].

$$BM = BB' / \tan \theta = \frac{Vgg'}{\nabla \theta} \quad (4.19)$$

Se  $y$  está a meia boca da linha d'água de qualquer ponto ao longo do comprimento da lancha, designado por  $L$ , então, a área da seção transversal das cunhas é dada por:

$$\frac{1}{2} y^2 \theta \quad (4.20)$$

E os seus centroides encontram-se há uma distância de:

$$2 \frac{2}{3} y \quad (4.21)$$

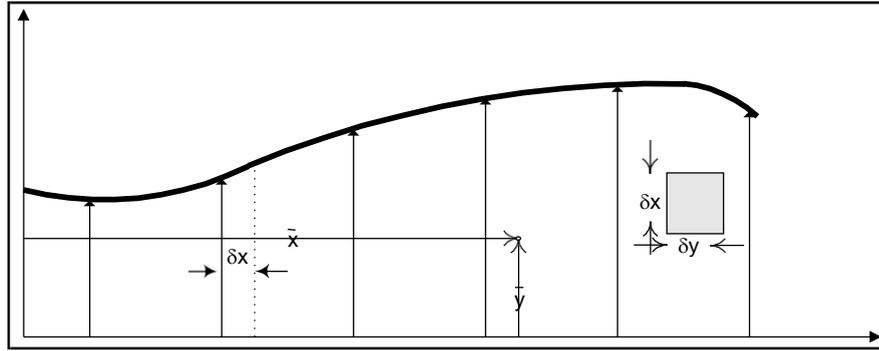
Segundo Lewis [8]:

$$Vgg' = \int_0^L \frac{1}{2} y^2 \theta \left( 2 \frac{2}{3} y \right) dx \quad (4.22)$$

Ou ainda,

$$\frac{Vgg'}{\tan \theta} = \frac{2}{3} \int_0^L y^3 dx \quad (4.23)$$

Observa-se que a equação 4.22 está associada ao momento de inércia da área do plano de flutuação. Assim, o momento de inércia será detalhado através da curva, conforme Figura 4.10.



**Figura 4.10** – Curva da integral [8].

O momento de inércia será dado pelo somatório dos elementos da área  $dx dy$  multiplicado pela distância ao quadrado até o referido eixo, conforme equação 4.24. Então,

$$I_t = \sum \delta x \delta y^2 = \int_0^L \int_0^y y^2 dx dy \quad (4.24)$$

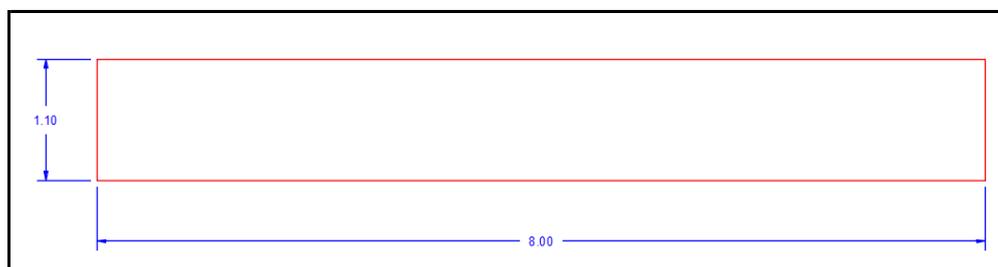
Como

$$\int_0^y y dy = \frac{1}{3} y^3$$

Então

$$I_t = \frac{1}{3} \int_0^L y^3 dx$$

Para a representação da lanca, conforme Figura 4.11, tem-se:



**Figura 4.11** – Representação do casco na linha d'água.

$$I_t = \frac{1}{3} \int_0^L y^3 dx \quad (4.25)$$

$$I_t = \frac{1}{3} y^3 x$$

$$I_t = \frac{1}{3} (1,1)^3 \times 8$$

$$I_t = 3,55 \text{ m}^4$$

Com esta equação pode-se determinar o raio metacêntrico (BM), conforme equação 4.19. Assim,

$$BM = BB' / \tan \Theta = \frac{v g g'}{\nabla \tan \theta} = \frac{I_t}{\nabla}$$

$$BM = \frac{I_t}{\nabla}$$

Como  $I_t = 3,55$  e  $\nabla = 2,35$

$$BM = \frac{3,55}{2,35}$$

$$BM = 1,51 \text{ m}$$

Com o valor encontrado em BM passa a ser possível calcular o raio de endireitamento (GM). A equação 4.26 representa a estabilidade transversal e longitudinal da embarcação para a condição inicial ( $\Theta = 0$ ).

$$GM = KB + BM - KG \quad (4.26)$$

Onde:  $KB = 0,11 \text{ m}$

$$BM = 1,51 \text{ m}$$

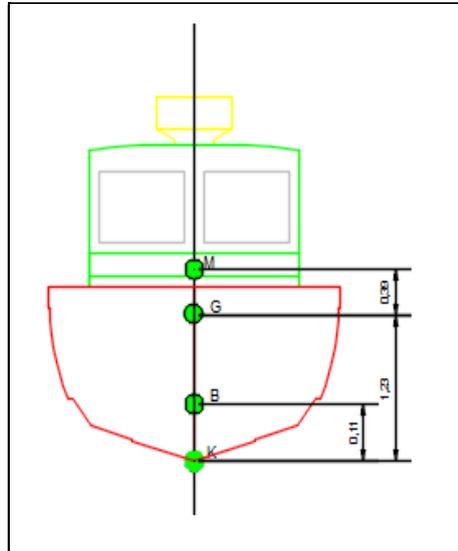
$$KG = 1,23 \text{ m}$$

$$GM = 0,11 + 1,51 - 1,23$$

$$GM = 0,39 \text{ m}$$

$$BM = 1,51 \text{ m}$$

Após os cálculos realizados para os pontos de estabilização foi feita uma representação de seus valores na Figura 4.12.

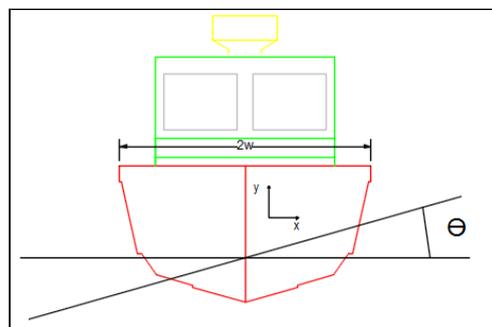


**Figura 4.12** – Representação dos pontos da estabilização.

### Trajetória do metacentro

Segundo Pinto [15], após longo desenvolvimento matemático chegou a Equação 4.27. Por outro lado, o cálculo da trajetória do metacentro pode ser realizado da expressão  $GM\text{sen}\Theta$ , onde o ângulo  $\Theta$  é mostrado na Figura 4.13.

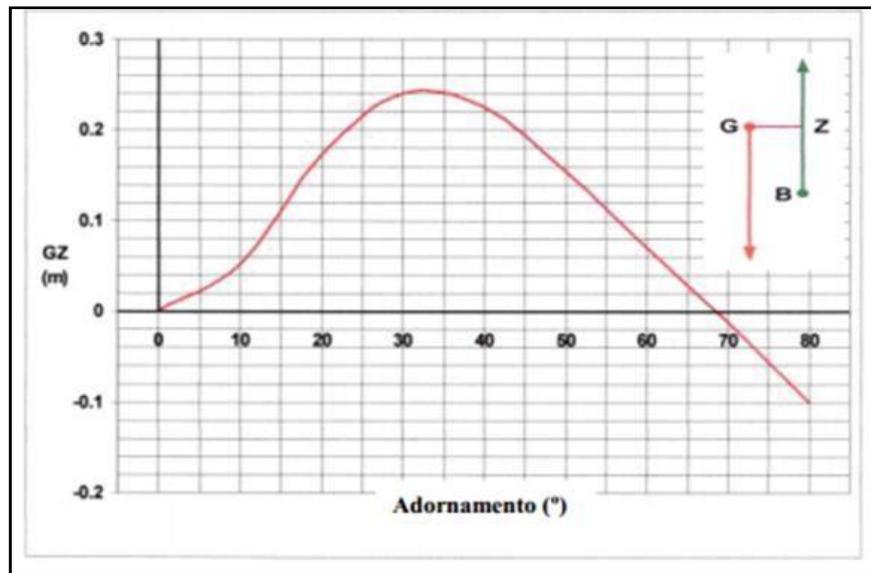
$$GZ = \frac{BM_0(\tan^2\theta + 1) - BG}{\sqrt{1 + \tan^2\theta}} \quad (4.27)$$



**Figura 4.13** – representação do casco na linha d'água.

A Equação 4.27 só é aplicada para costados verticais. Devido a embarcação de trabalho possuir costados praticamente verticais, será realizada uma aproximação para efeitos comparativos entre os métodos existentes. Então, será realizado um comparativo do GZ de costado vertical e do  $GZ = GM \sin \theta$ .

A curva GZ também conhecido como curva de estabilidade transversal, apresenta o braço de endireitamento (distância do seu centro de gravidade e a linha de ação do empuxo) para determinados ângulos de adernamento. Gráfico 4.1.

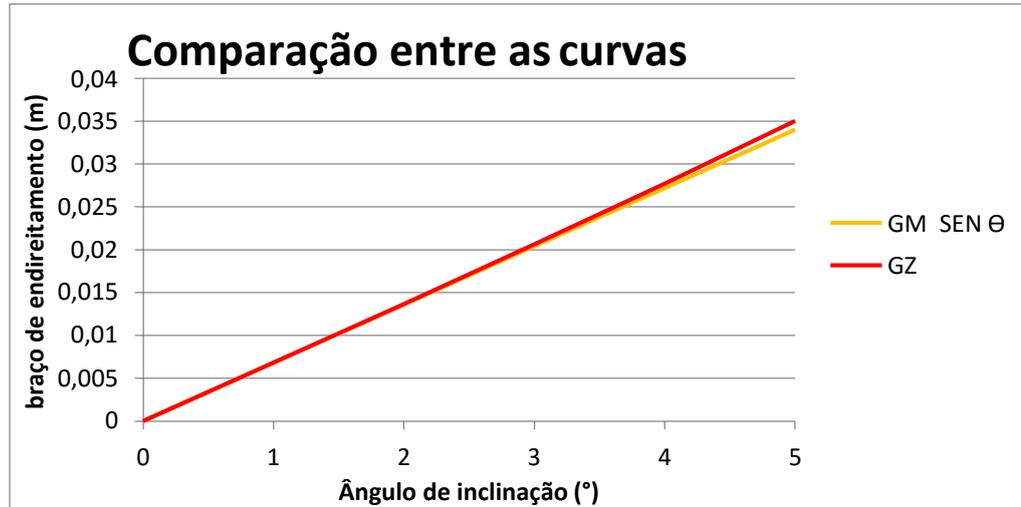


**Gráfico 4.1** – Curva de estabilidade transversal GZ [16].

Para fins comparativos, foram determinados os valores de GZ para uma variação de ângulo de  $0^\circ$  a  $15^\circ$ , conforme Tabela 4.3.

**Tabela 4.3** – Tabela do braço de endireitamento.

$\Theta$ ( $^\circ$ )	GZ (m)	GM. $\sin\Theta$ (m)
1	0,006814468	0,006806439
2	0,013675067	0,013610804
3	0,020628077	0,020411023
4	0,027720074	0,027205025
5	0,034998081	0,03399074
10	0,075875175	0,067722789
15	0,128998808	0,100939428



**Gráfico 4.2** – Gráfico do braço de endireitamento para pequenos ângulos.

É observado que o GZ e GM sen  $\theta$  apresenta uma reta semelhante para pequenas angulações de no máximo  $3^\circ$ , já quando o seu ângulo de inclinação passa de  $5^\circ$  apresenta uma diferença significativa. Portanto os ângulos pequenos de GM sen  $\theta$  apresenta uma boa estabilidade.

## Capítulo 5

### Análise matemática e computacional da estrutura

Para um perfeito e seguro dimensionamento, o mecanismo proposto, Figura 5.1, foi analisado matematicamente e com o auxílio dos softwares Inventor, SolidWorks e MDSolid. Estes estudos serão apresentados no decorrer deste capítulo.

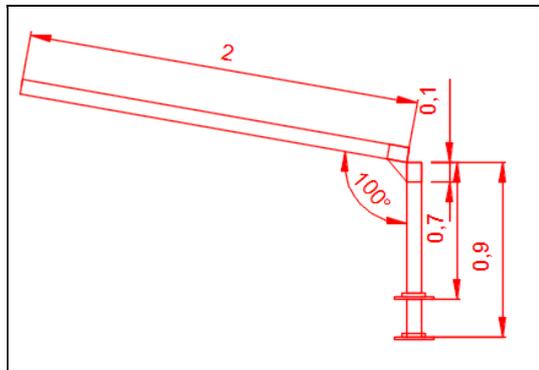


Figura 5.1 – Desenho do projeto proposto.

#### 5.1 Análise de tensão

A análise das tensões é um estudo realizado para as cargas resultantes internas em pontos localizados na peça de trabalho, como mostrado pela Figura 5.2. Tal estudo é executado fazendo uso do diagrama do corpo livre com auxílio das reações de apoio e as equações de equilíbrio.

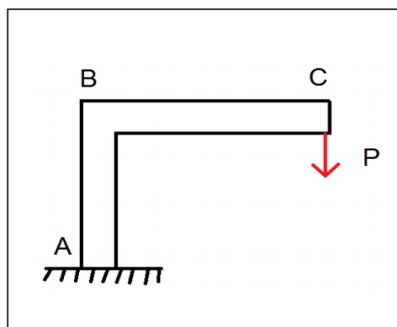


Figura 5.2 – Representação da proposta para análise.

O equipamento foi estudado com o braço mecânico na posição horizontal, conforme Figura 5.2, visto que esta é a posição ao qual o sistema tem os máximos valores de carga aplicados em sua estrutura. Todas as situações de cálculo foram realizadas para os valores máximos possíveis de forma a se encontrar a situação mais crítica e, conseqüentemente, obter-se a estrutura mais segura.

### Dados proposto para os cálculos:

De acordo com a Norma NBR8400, a massa da vítima a ser considerada é de 70kg e o fator de segurança para equipamentos de elevação de pessoas igual a 5,0. Sendo assim, a carga de trabalho crítica P vale 3.500 N.

**Tabela 5.1** – Dimensionamento do sistema.

Dados do sistema	
Comprimento do Braço, tubo BC	L2 = 2,00 m
Comprimento da coluna, tubo AB	L1 = 0,9 m
Diâmetro externo do tubo BC	D = 73,03 mm
Diâmetro interno do tubo BC	d = 59,00 mm
Diâmetro externo do tubo AB	D = 88,90 mm
Diâmetro interno do tubo AB	d = 73,00 mm
Material dos tubos	Alumínio 6061
Módulo da elasticidade do Alumínio	E = 69 Gpa
Tensão máxima do Alumínio	$\sigma_{m\acute{a}x} = 255$ Mpa

Como o peso da tubulação tem ordem de grandeza 100 vezes menor que o peso de trabalho do sistema, será desprezado. Ou seja, seu valor passa a não interferir nos cálculos do sistema, sendo insignificante para os cálculos do mecanismo.

Pela hipótese da viga longa:

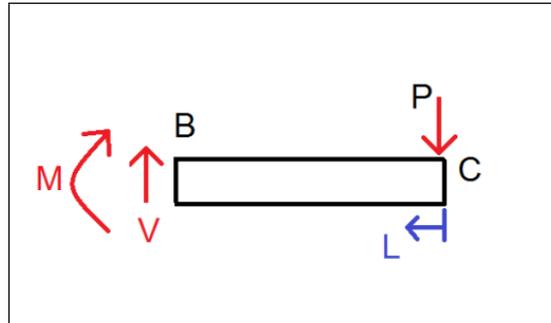
$$\frac{L}{D} \geq 10$$

$$\frac{2000}{73,03} = 27,4 \geq 10$$

Sendo assim, a hipótese da viga longa é satisfeita.

Diagramas de Corpo Livre, Figura 5.3.

No tubo BC:



**Figura 5.3** – Representação do diagramado corpo livre no tubo BC.

Cálculo do esforço cortante:

$$\sum Fy = 0$$

$$V = - P \quad (5.1)$$

$$V = - 3500 \text{ N}$$

Cálculo do momento:

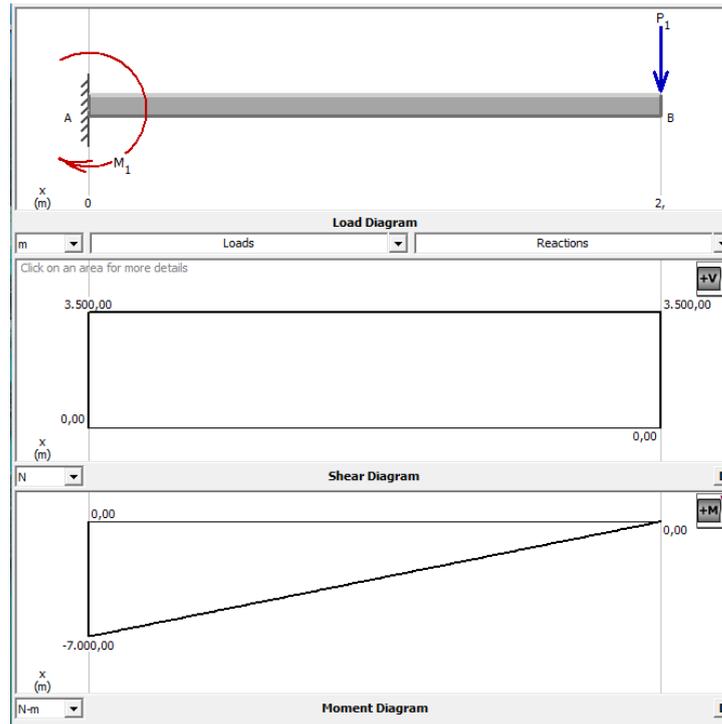
$$\sum Mz = 0$$

$$M = P \times L \quad (5.2)$$

$$M = 3500 \times 2,00$$

$$M = 7000 \text{ N.m}$$

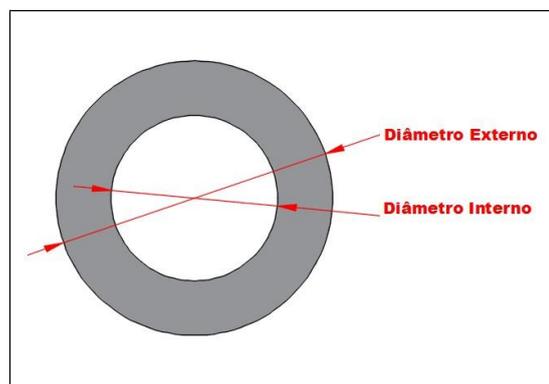
Com o auxílio do programa MDSolid foi possível fazer à representação gráfica do diagrama de forças, cortante e momento que estão representados na Figura 5.4.



**Figura 5.4** – Diagrama de forças, cortante e momento.

Momento de Inércia do Tubo:

A equação 5.3 foi utilizada para calcular o momento de inércia do tubo de representação BC. Para tanto foram utilizados os valores apresentados na Tabela 5.1.



**Figura 5.5** – Representação da espessura do tubo.

$$I = \frac{\pi \times (D^4 - d^4)}{64} \quad (5.3)$$

$$I = \frac{\pi \times (0,07303^4 - 0,059^4)}{64}$$

$$I = 7,99 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Cálculo da tensão máxima na linha neutra:

$$c = \frac{4(D-d)}{3\pi} = 5,94 \text{ mm (linha neutra)} \quad (5.4)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M \times c}{I} \quad (5.5)$$

$$\sigma_{\max} = 52,05 \text{ MPa}$$

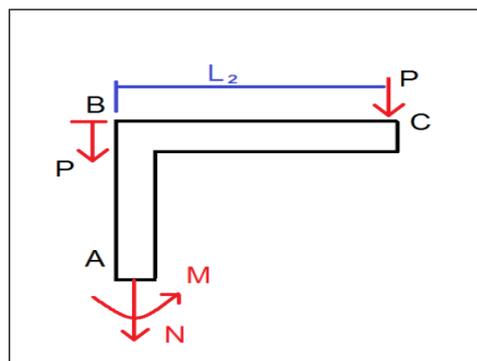
Critério de Falhas de Von Mises:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau} \quad (5.6)$$

Como o valor da tensão de cisalhamento  $\tau$  é muito inferior ao valor da tensão de flexão  $\sigma$ , então  $\tau = 0$ .

$$\sigma_{eq} = 52,05 \text{ MPa} < S_y$$

No tubo AB, Figura 5.6:



**Figura 5.6** – Representação do diagramado corpo livre.

Cálculo do cortante:

$$\sum Fy = 0$$

$$V = - P \quad (5.7)$$

$$V = - 3500 \text{ N}$$

Cálculo do Momento:

$$\sum Mz = 0$$

$$M = P * x \quad (5.8)$$

$$M = 3500 \times 2,00$$

$$M = 7000 \text{ N.m}$$

Momento de Inércia do Tubo:

A equação 5.9 foi utilizada para calcular o momento de inércia do tubo de representação AB. Para tanto foram utilizados os valores apresentados na Tabela 5.1.

$$I = \frac{\pi \times (D^4 - d^4)}{64} \quad (5.9)$$

$$I = \frac{\pi \times (0,0889^4 - 0,073^4)}{64}$$

$$I = 1,55 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

Tensão Máxima.

No tubo AB:

$$c = \frac{4(D-d)}{3\pi} = 6,36 \text{ mm (linha neutra)} \quad (5.10)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M \times c}{I} \quad (5.11)$$

$$\sigma_{\max} = 28,75 \text{ MPa}$$

Critério de Falhas de Von Mises:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (5.12)$$

Novamente, adotando  $\tau = 0$ ,

$$\sigma_{eq} = 28,75 \text{ MPa}$$

Conclui-se que o material selecionado se comporta elasticamente devido ao valor calculado ser muito inferior ao limite de escoamento do alumínio,  $S_y = 255 \text{ Mpa}$ .

## 5.2 Análise das reações de apoio da base de sustentação

O cálculo para a análise da base de sustentação (para uma chapa de espessura 1/2") foi realizado por aproximação para uma viga bi-apoiada. Desta forma, foram representados os diagramas de esforços atuantes, Equação 5.18.

$$\sum Fy = 0 \quad e \quad R_A = R_B$$

$$\sum Fy = R_A + R_B - P = 2R_A - P \quad (5.18)$$

$$R_A = R_B = \frac{P}{2} = 1750 \text{ N}$$

O software MDSolid foi utilizado para confirmar os cálculos realizados e o resultado obtido é mostrado na Figura 5.7 junto com as representações gráficas.

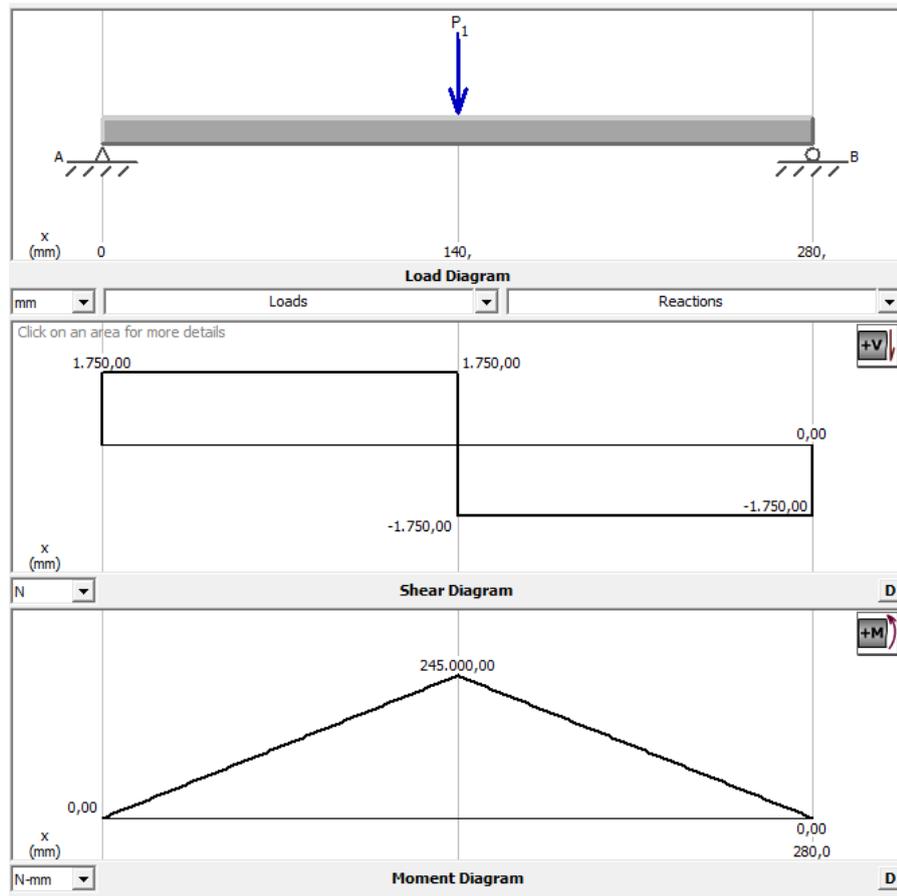


Figura 5.7 – Diagrama de forças, cortante e momento.

### 5.3 Análise de esforços nos parafusos

Para um correto dimensionamento é importante saber o valor de carga de cisalhamento suportada pelos parafusos e, para tanto, será utilizada a Equação 5.19 para a determinação da carga máxima suportada. Serão utilizados parafusos de Aço inox de diâmetro  $\varnothing = 12,7 \text{ mm}$ , com as seguintes propriedades:  $E_{aço} = 193 \times 10^3 \text{ Mpa}$  e  $\sigma_e = 210 \text{ Mpa}$ .

$$P_{m\acute{a}x} = N = \sigma_e A \quad (5.19)$$

$$P_{m\acute{a}x} = 210 \times \left( \frac{12,7}{2} \right)^2 \times \pi$$

$$P_{m\acute{a}x} = 254 \text{ KN}$$

$$F = \frac{P}{n} \quad (5.20)$$

Onde:

P = carga aplicada

n = número de parafusos

$$F = \frac{254 \text{ KN}}{4}$$

$$F = 6,35 \text{ KN}$$

De acordo com a Norma NBR8400,

$$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{1,5} = \frac{210}{1,5} = 140 \text{ MPa} \quad (5.21)$$

$$\tau_p = 0,6 \times \sigma_a = 84 \text{ MPa} \quad (5.22)$$

$$A = \pi r^2 = \pi (6,35 \times 10^{-2})^2 = 126,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (5.23)$$

$$\tau_p = \frac{V}{A} = \frac{6,35 \times 10^3}{126,6 \times 10^{-4}} \quad (5.24)$$

$$\tau_p = 0,50 \text{ MPa}$$

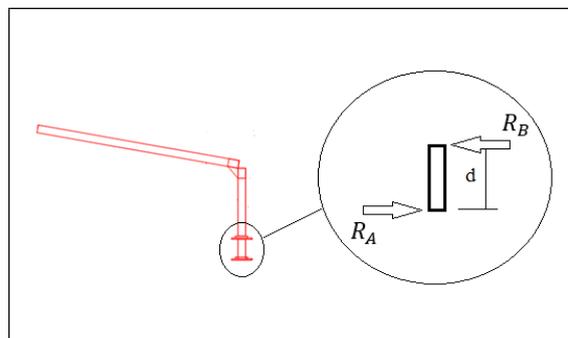
Conforme dados do fornecedor, Tabela 5.2, observa-se que o parafuso escolhido M12 suporta os esforços dimensionados para o mecanismo de resgate.

**Tabela 5.2** – Catálogo de resistência do parafuso [17].

Rosca	Seção resistente nominal mm <sup>2</sup>	Classe de resistência				
		Carga de prova N				
		4.8	5.8	8.8	9.8	10.9
M3	5,03	1 560	1 910	2 920	3 270	4 180
M3,5	6,78	2 100	2 580	3 940	4 410	5 630
M4	8,78	2 720	3 340	5 100	5 710	7 290
M5	14,2	4 400	5 400	8 230	9 230	11 800
M6	20,1	6 230	7 640	11 600	13 100	16 700
M7	28,9	8 960	11 000	16 800	18 800	24 000
M8	36,6	11 400	13 900	21 200	23 800	30 400
M10	58	18 000	22 000	33 700	37 700	48 100
M12	84,3	26 100	32 000	48 900	54 800	70 000

## 5.4 Dimensionamento dos rolamentos

A ação das forças atuantes no equipamento projetado gera um binário de forças na seção AB de sua estrutura, conforme Figura 5.8. Para compensar o sistema de forças foi dimensionada um conjunto de mancais com rolamento do tipo flange. Nesta seção serão calculadas as forças do sistema binário além do dimensionamento dos rolamentos.

**Figura 5.8** – Representação do sistema binário de forças.

### Sistema binário de forças

Os cálculos para os esforços sofridos são apresentados pelas Equações 5.25 a 5.27 e sua representação gráfica é dada Figura 5.9.

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_x = R_{Ax} + R_B = 0 \quad (5.25)$$

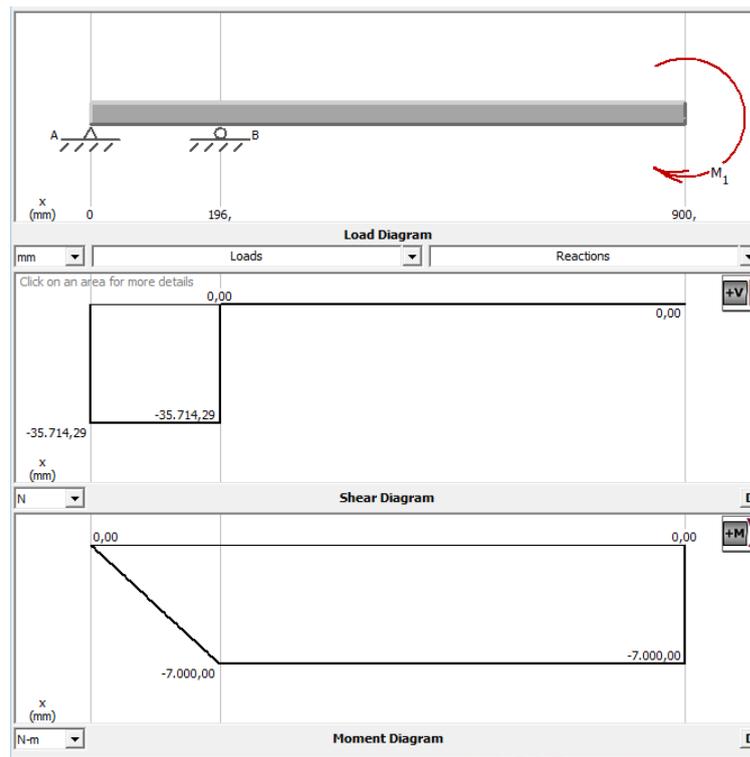
$$R_A = -R_B$$

$$\sum F_y = R_{Ay} - P = 0 \quad (5.26)$$

$$R_{Ay} = P = 3500N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_A = L_2 P - e R_B \quad (5.27)$$



**Figura 5.9** – Diagrama de forças, cortante e momento.

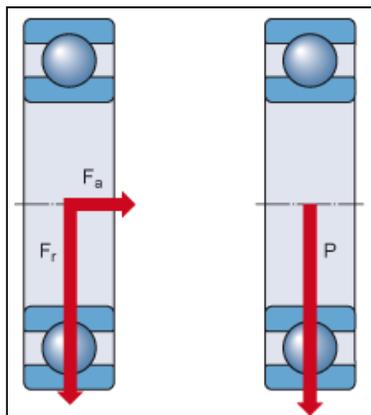
Onde a distância 'e' entre os rolamentos vale 196 mm.

$$\sum M_A = 2 \times 3500 - 0,196R_B = 0$$

$$R_B = 35,71 \text{ KN}$$

## Rolamentos

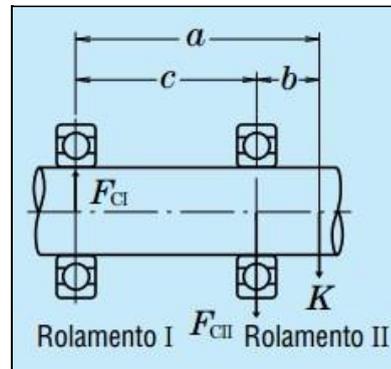
A principal função do rolamento é a sustentação (apoio) de um sistema para transmissão dos torques gerados, podendo suportar tanto os esforços simples como os combinados, como mostra a Figura 5.10.



**Figura 5.10** – Rolamento [18].

Para se determinar os valores das cargas atuantes deve-se determinar todas as forças que atuam sobre o eixo suportado pelos rolamentos. Teoricamente as cargas suportadas podem ser calculadas, mas na maioria dos casos, este cálculo é difícil. O estudo destas forças incluiria o peso morto do corpo giratório, a carga produzida quando a máquina realiza um trabalho e a carga produzida por ação da força dinâmica de transmissão.

Seguindo o catálogo de rolamento a distribuição de carga nos rolamentos é feito através das equações 5.28 e 5.29, seguindo os parâmetros da Figura 5.11.



**Figura 5.11** – Carga nos rolamentos [19].

$$F_{\tilde{a}} = \frac{b}{c} k \quad (5.28)$$

$$F_{\tilde{a}} = \frac{a}{c} k \quad (5.29)$$

Onde:

F<sub>CI</sub> – Carga no Rolamento I (N)

F<sub>CII</sub> – Carga no Rolamento II (N)

K – carga no eixo (N)

$$F_{\tilde{a}} = \frac{704}{196} \times 3500 = 12.571,43 \text{ N}$$

$$F_{\tilde{a}} = \frac{900}{196} \times 3500 = 16.071,43 \text{ N}$$

Através da tabela 5.3 fornecida pelo fabricante de rolamentos, foram selecionados os rolamentos com a especificação 6918.

Tabela 5.3 – Catálogo de rolamentos [19].

	Dimensões (mm)				Capacidade de Carga Básica				Fator $f_0$	Limite de Rotação (rpm)			Número do Rolamento		
	$d$	$D$	$B$	$r$ mín.	(N)		(kgf)			Graxa		Óleo	Aberto	Bilado	Vedado
					$C_r$	$C_{0r}$	$C_r$	$C_{0r}$		Aberto Z - ZZ V - VV	DU ODU	Aberto Z			
<b>80</b>	100	10	0,6	12 700	14 500	1 290	1 470	17,4	6 000	3 400	7 100	<b>6816</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	110	16	1	25 000	24 000	2 540	2 450	16,6	5 600	3 200	6 700	<b>6916</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	125	14	0,6	32 000	29 600	3 250	3 000	16,4	5 300	—	6 300	<b>16016</b>	—	—	—
	125	22	1,1	47 500	40 000	4 850	4 050	15,6	5 300	3 200	6 300	<b>6016</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	140	26	2	72 500	53 000	7 400	5 400	14,6	4 500	3 000	5 300	<b>6216</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
<b>85</b>	170	39	2,1	123 000	86 500	12 500	8 850	13,3	4 000	2 800	4 800	<b>6316</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	110	13	1	18 700	20 000	1 910	2 040	17,1	5 600	3 200	6 700	<b>6817</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	120	18	1,1	32 000	29 600	3 250	3 000	16,4	5 300	3 000	6 300	<b>6917</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	130	14	0,6	33 000	31 500	3 350	3 200	16,5	5 000	—	6 000	<b>16017</b>	—	—	—
	130	22	1,1	49 500	43 000	5 050	4 400	15,8	5 000	3 000	6 000	<b>6017</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
<b>90</b>	150	28	2	84 000	62 000	8 550	6 300	14,5	4 300	2 800	5 000	<b>6217</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	180	41	3	133 000	97 000	13 500	9 850	13,3	3 800	2 600	4 500	<b>6317</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	115	13	1	19 000	21 000	1 940	2 140	17,2	5 300	3 000	6 300	<b>6818</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	125	18	1,1	33 000	31 500	3 350	3 200	16,5	5 000	2 800	6 000	<b>6918</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	140	16	1	41 500	39 500	4 250	4 000	16,3	4 800	—	5 600	<b>16018</b>	—	—	—
<b>95</b>	140	24	1,5	58 000	50 000	5 950	5 050	15,6	4 800	2 800	5 600	<b>6018</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	160	30	2	96 000	71 500	9 800	7 300	14,5	4 000	2 600	4 800	<b>6218</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	190	43	3	143 000	107 000	14 500	11 000	13,3	3 600	2 400	4 300	<b>6318</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
<b>95</b>	120	13	1	19 300	22 000	1 970	2 240	17,2	5 000	2 800	6 000	<b>6819</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	130	18	1,1	33 500	33 500	3 450	3 400	16,6	4 800	2 800	5 600	<b>6919</b>	<b>ZZ</b>	<b>VV</b>	<b>DDU</b>
	145	16	1	43 000	42 000	4 350	4 250	16,4	4 500	—	5 300	<b>16019</b>	—	—	—

Quanto a vida útil, como o dispositivo vai ser raramente usado e sua velocidade de utilização não ultrapassará 2 rpm, a única preocupação deverá ser a lubrificação periódica. Com os dados do dimensionamento do rolamento é possível buscar nos catálogos de mancais, aquele que mais se adequa ao sistema.

## 5.5 Cálculo da Linha Elástica do Mecanismo de Içamento

A linha elástica é a curva formada pelo eixo de uma viga inicialmente retilínea devido a aplicação de momentos de flexão. Através da análise da linha elástica, é possível estimar a carga do trecho AB.

Para o Momento  $M(x)$  do comprimento total da viga, conforme Equações 5.30 a 5.32,

$$EI \frac{d^2v}{dx^2} = M(x) \quad (5.30)$$

$$M(x) = 7000 \text{ N.m}$$

$$EI \frac{d^2v}{dx^2} = 7000$$

$$EI \frac{dv}{dx} = 7000x + C_1 \quad (5.31)$$

$$EIv_1 = 3500x^2 + C_1x + C_2 \quad (5.32)$$

Para o Momento  $M(x_2)$  de qualquer tamanho de viga, Equações 5.33 a 5.35.

$$EI \frac{d^2v}{dx^2} = M(x_2) \quad (5.33)$$

$$M(x_2) = 3500 x_2 \text{N.m}$$

$$EI \frac{d^2v_2}{dx^2} = 3500 x_2$$

$$EI \frac{dv_2}{dx} = 1750x^2 + C_2 \quad (5.34)$$

$$EIv_2 = 875x^3 + C_3x + C_4 \quad (5.35)$$

Então, para as condições  $v_1 = 0$  e  $x_1 = 0,196 \text{ m}$  :

$$0 = 3500 (0,196)^2 + 0,196 C_1 + C_2$$

$$0 = 134,45 + 0,196C_1 + C_2 \quad (5.36)$$

Já, quando  $v_2 = 0$  e  $x_2 = 0$  , tem-se:

$$C_4 = 0$$

Mas, se  $v_2 = 0$  e  $x_2 = 0,704 \text{ m}$  , obtem-se:

$$0 = 1750 (0,704)^2 + C_3$$

$$C_3 = - 867,32$$

Considerando a condição de continuidade:

$$X_1 = 0,196 \text{ m e } X_2 = 0,704 \text{ m}$$

Assim, igualando-se os termos das Equações 5.31 e 5.34:

$$\frac{d\phi}{dx} = - \frac{dv_2}{dx_2} \quad (5.37)$$

$$7000 X_1 + C_1 = - [1750 x_2^2 + C_3]$$

$$C_1 = -1372$$

Para se encontrar o valor de  $C_2$ , usa-se a equação 5.36:

$$0 = 134,45 + 0,196 C_1 + C_2$$

$$C_2 = 134,46$$

Com isso isolando  $v_1$  e substituindo as constantes da equação 5.32, tem-se:

$$v_1 = \frac{1}{H} [3500 x^2 + C_1 x + C_2] \quad (5.38)$$

$$v_1 = \frac{1}{H} [3500 x^2 - 1372x + 134,46]$$

$$v_1 = 3,74 \times 10^{-8} \text{ m}$$

Para encontrar o valor de  $v_2$ , faz-se o isolamento e substituição das constantes na equação 5.35.

$$v_2 = \frac{1}{EI} [875 x_2^3 + C_3 x_2 + C_4] \quad (5.39)$$

$$v_2 = \frac{1}{EI} [875 x_2^3 - 867,32 x_2]$$

$$v_2 = - 2,85 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Assim, conclui-se que o valor de deflexão é muito baixo, logo o sistema não sofrerá deslocamento considerável que venha a afetar o mecanismo.

Cálculo para o sistema de içamento do trecho BC:

Estudo da Inclinação, segundo Equação 5.40:

$$\theta_{m\acute{a}x} = -\frac{PL^2}{2EI} \quad (5.40)$$

$$\theta_{m\acute{a}x} = -0,13 \text{ rad}$$

$$\theta_{m\acute{a}x} = 0,13 \text{ rad} = 11,42^\circ \curvearrowright$$

Deflexão máxima, de acordo com a Equação 5.41 :

$$v_{m\acute{a}x} = -\frac{PL^3}{3EI} \quad (5.41)$$

$$v_{m\acute{a}x} = -0,169 \text{ m}$$

$$v_{m\acute{a}x} = 169 \text{ mm} \downarrow$$

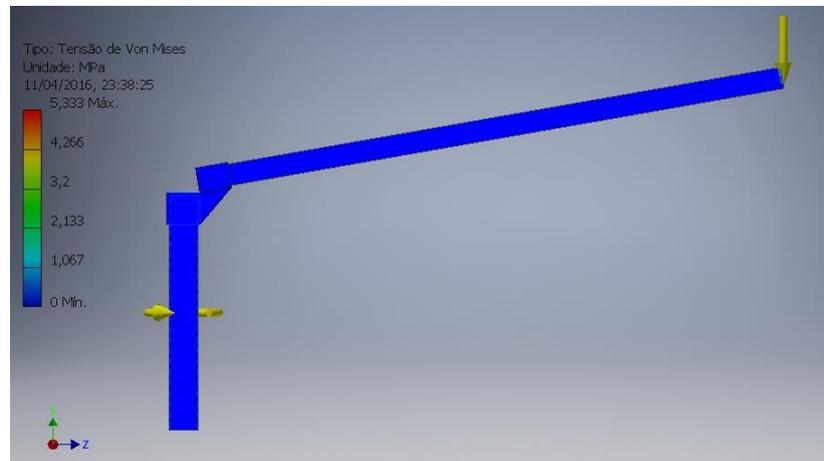
A inclinação e deflexão para outras cargas conforme tabela 5.4:

**Tabela 5.4** – Tabela comparativa de deflexão.

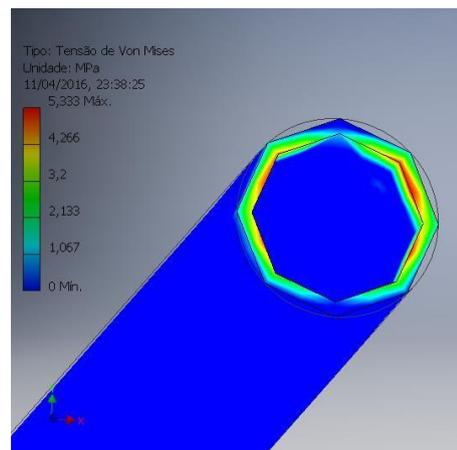
Peso (Kg)	Carga (N)	Inclinação (°)	Deflexão (m)
350	3500	11,42	0,169
150	1500	4,89	0,072
100	1000	3,26	0,048
70	700	2,28	0,033

Desta forma, a variação de deslocamento do sistema é proporcional a carga aplicada no equipamento projetado.

O critério de falha de Von Mises é utilizado para a observação do valor mais crítico da estrutura do material. Assim, foi utilizado o software Inventor para realizar a simulação de carga e posterior obtenção das tensões de Von Mises, conforme Figuras 5.12 e 5.13.



**Figura 5.12** – Esforços no tubo.



**Figura 5.13** – Detalhe dos esforços na ponta do tubo.

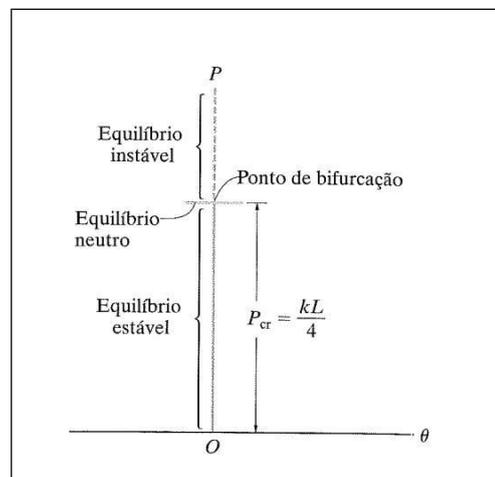
## 5.6 Análise de flambagem

A análise de flambagem ocorre em colunas ou elementos estruturais que sofrem uma carga axial, ou seja, é a deflexão lateral devido a força de compressão aplicada na extremidade da coluna ou elemento estrutural.

A carga axial máxima que o corpo pode suportar para não sofrer flambagem pode ser calculada através da carga crítica ( $P_{cr}$ ), como mostrado na figura 5.14.

**Tabela 5.5** – Condições de equilíbrio.

Condições de carga	Tipos de equilíbrio
$P > \frac{kL}{4}$	Instável
$P < \frac{kL}{4}$	Estável
$P = \frac{kL}{4}$	Neutro ou Carga Crítica



**Figura 5.14** – Ponto crítico [20].

Através da fórmula de Euler podem ser calculadas a carga e a tensão críticas. Para o cálculo da carga axial máxima admissível, que a estrutura pode suportar sem sofrer flambagem, utiliza-se a Equação 5.42:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (5.42)$$

Considerando  $K = 2$ ,

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 69 \times 10^9 \times 1,55 \times 10^{-6}}{(2 \times 0,9)^2}$$

$$P_{cr} = 167,94 \text{KN}$$

Sua tensão crítica é dada por:

$$\sigma_c = \frac{P_{cr}}{A} \quad (5.43)$$

Onde

$$A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = 2,02 \times 10^{-3} = 2,02 \text{ mm}^2 \quad (5.44)$$

$$\sigma_c = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{167,94 \times 10^3}{2,02 \times 10^{-3}} \quad (5.45)$$

$$\sigma_c = 8314 \text{MPa}$$

Como  $\sigma_{Al} = 255 \text{MPa}$ ,  $\sigma_c < \sigma_{Al}$ , então a Equação de Euler pode ser aplicada para a obtenção do valor de carga máxima, como feito na Equação 5.45.

A tensão admissível também pode ser utilizada para determinar a carga excêntrica, Equação 5.46.

Para

$$\frac{KL}{r} > 55,$$

Onde

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 0,03 \text{ e } \frac{KL}{r} = 64,28$$

Assim,

$$\sigma_{adm} = \frac{378125 \text{MPa}}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (5.46)$$

$$\sigma_{adm} = 9151 \text{MPa}$$

Com o auxílio do programa MDSolid foi calculado a representação gráfica, conforme Figura 5.15, para confirmação dos cálculos analíticos.

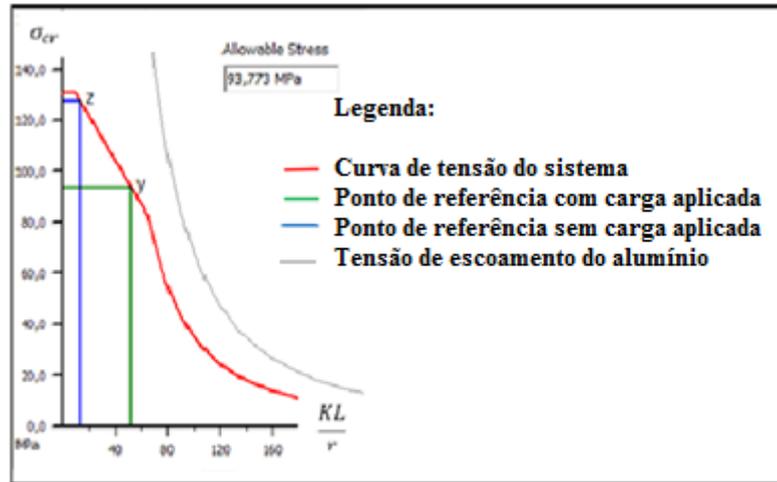


Figura 5.15 – Gráfico de tensão crítica.

Considerando que a tensão é uniforme em toda seção, pode-se considerar que  $\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x}$  e com isso determinar o valor da carga máxima aplicada no sistema.

$$\sigma_{adm} = \sigma_{m\acute{a}x} = 91,51 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I} \quad (5.47)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{P}{2,02 \times 10^{-3}} + \frac{2P \times 6,36 \times 10^{-3}}{1,55 \times 10^{-6}}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{17,58P}{2,02 \times 10^{-3}}$$

$$91,51 \times 10^6 = \frac{17,58P}{2,02 \times 10^{-3}}$$

$$P = 10,51 \text{ KN}$$

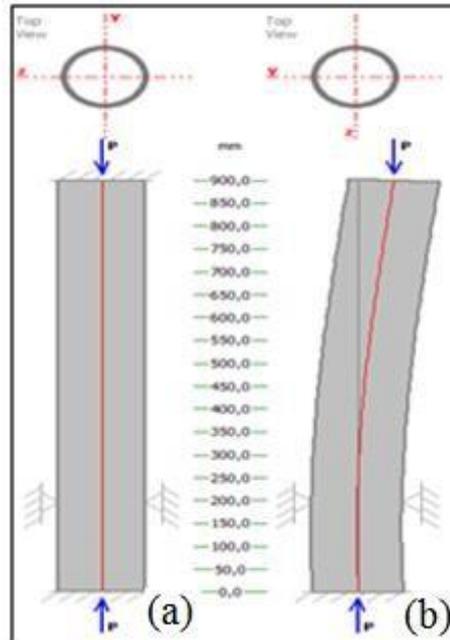
Ou seja, a coluna suporta uma carga de até 10,51 KN antes de sofrer flambagem. Sua tensão máxima pode ser obtida por:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{P}{A} + \frac{M_c}{I}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{3500}{2,02 \times 10^{-3}} + \frac{7000 \times 6,36 \times 10^{-3}}{1,55 \times 10^{-6}}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 3045 \text{ MPa}$$

Como a tensão máxima ( $\sigma_{m\acute{a}x}$ ) é menor que a tensão admissível ( $\sigma_{adm}$ ) conclui-se que a coluna projetada para suportar o braço de elevação de carga resiste aos esforços atuantes no equipamento.



**Figura 5.16** – Representação da deflexão.

A Figura 5.16 representa o sistema estudado para duas situações: (a) sem aplicação de carga e (b) com a aplicação de carga. Assim, o valor de flambagem é aceitável pelos cálculos realizados na Equação 5.48. Calculando a deflexão máxima do centro da coluna, onde a carga máxima útil de serviço é de 3,50 kN, tem-se:

$$v_{m\acute{a}x} = e \left( \sec \sqrt{\frac{\overline{P}}{EI} \frac{KL}{2}} - 1 \right) \quad (5.48)$$

$$v_{m\acute{a}x} = 2000 \left( \sec \sqrt{\frac{3500}{69 \times 10^9 \times 1,5510^{-6}} \frac{2 \times 0,9}{2}} - 1 \right)$$

$$v_{m\acute{a}x} = 25,87 \text{ mm}$$

## Capítulo 6

### Projeto do Equipamento Para Resgate

O projeto surgiu com a ideia de criar um equipamento que pudesse ser incorporado aos barcos de modelo 27' Challenger do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro e que tivesse a função de suspender as vítimas de acidentes que foram lançadas ao mar. Desta forma, o equipamento deveria ser resistente, de pequeno porte e de fácil manutenção, além de resistir aos intemperes marítimos. Foi definido então que o movimento de giro deveria ser realizado de forma manual e a elevação da vítima se daria por um guincho elétrico, assim, convencionou-se utilizar um equipamento de reboque para veículos off-roads pois tal equipamento é muito resistente e projetado para suportar aos intemperes do tempo, necessitando de pouca manutenção.

Com relação ao custo, optou-se por aproveitar a estrutura de auxílio já existente na lancha pois, como a mesma foi projetada para rebocar embarcações de até 54 pés, (duas vezes a dimensão do próprio barco) é resistente o bastante para suportar o novo equipamento, como mostrado na Figura 6.1. Desta forma, foi possível reduzir o custo do produto.



**Figura 6.1** – Estrutura de auxílio e reboque da embarcação.

A construção do equipamento foi elaborada em alumínio. Esse material foi escolhido principalmente devido às suas características de resistência à corrosão e ser o material adotado na estrutura de reboque.

Foi utilizada a liga de alumínio 6061 e está possui as seguintes características: boas propriedades mecânicas e de usinagem além de excelente resistência a corrosão atmosférica e marinha, sendo bastante utilizado em estruturas náuticas ou que fiquem próximas do ambiente marítimo.

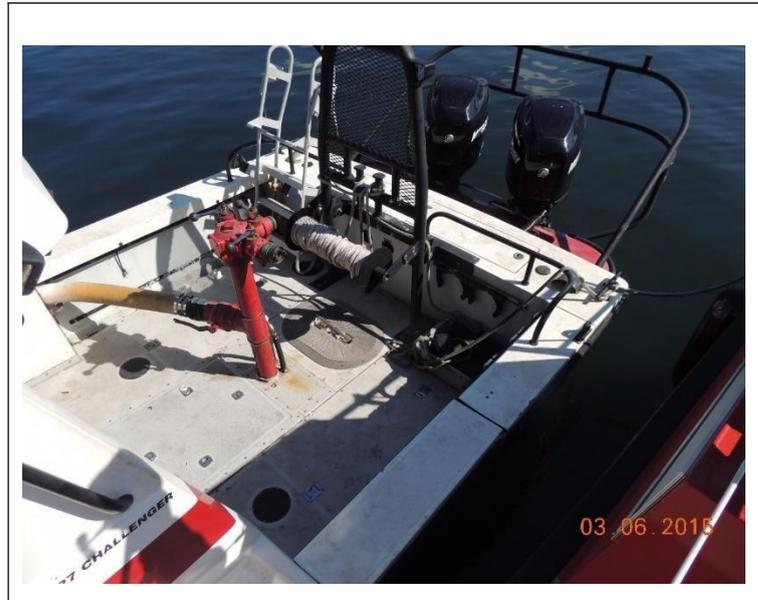
**Tabela 6.1** – Propriedades do Alumínio 6061 [21].

Propriedades Físicas					
Módulo de Elasticidade (MPa)	Condutibilidade Elétrica a 20°C (%IACS)	Coefficiente de Expansão Térmica 20 a 100° C (10 °C)	Condutibilidade Térmica a 25 °C (cal/cm/cm²/seg °C)	Temperatura de Fusão (°C)	Calor Específico 0 a 100°C (cal/g°C)
69.000	43	23,5	0,37	580 - 650	0,22
Propriedades Mecânicas					
Limite de Escoamento MPa (N/mm²)	Limite de Resistência à Tração Mpa (N/mm²)	Alongamento "50mm" (%)	Dureza Brinell (HB)		
110 - 330	180 - 370	8 - 16	65 - 95		

Vale ressaltar que o mecanismo foi pensado para não atrapalhar a utilização da lancha em outras funções como combate a incêndio e reboque marítimo. Assim, após a definição do material e do local onde seria instalado o dispositivo, iniciou-se a fase de dimensionamento dos componentes do equipamento.

## 6.1 Dimensionamento dos componentes

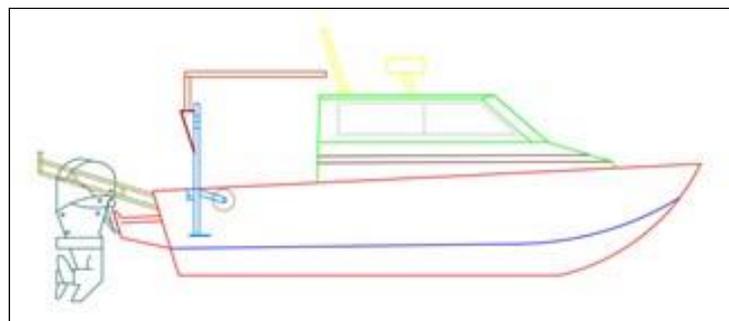
A primeira questão observada no projeto foi a limitação de sua alocação devido às restrições de fixação no costado e no piso, dos equipamentos de reboque e combate a incêndio além da limitação de espaço útil para locomoção, conforme Figura 6.2.



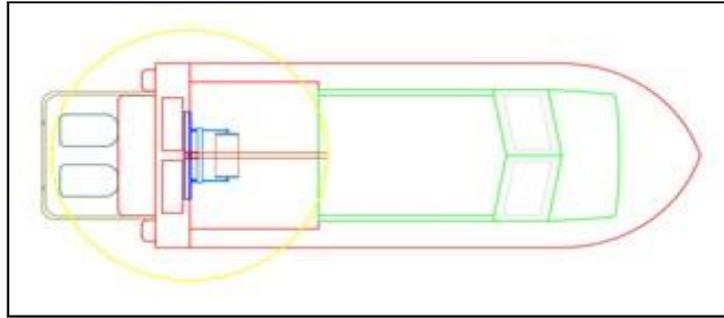
**Figura 6.2** – Espaço útil fora do *cockpit* da embarcação.

Assim, o mecanismo foi elaborado para ser fixado na estrutura de auxílio e reboque existente na lancha, já que o novo dispositivo vem a ser mais um dos equipamentos de trabalho da embarcação.

Com o novo equipamento, o barco passaria a operar nas diversas situações de resgate de vítimas e embarcações, além do combate a incêndio tradicional do Corpo de Bombeiros, vide Figuras 6.3 e 6.4.



**Figura 6.3** – Desenho da embarcação com o dispositivo proposto.



**Figura 6.4** – Vista superior da embarcação com a área de atuação do dispositivo.

## 6.2 Sistema de elevação

O sistema de elevação utilizará um motor para tracionar o cabo de aço (guincho elétrico) e este cabo percorrerá o interior da estrutura tubular de içamento, sendo guiado por polias para realizar a suspensão da vítima, observado na Figura 6.5. O sistema de cabo de aço com motor elétrico, ao invés de um mecanismo manual, foi pensado para dar maior agilidade e segurança no resgate de vítimas.



**Figura 6.5** – Mecanismo proposto.

## Cabo de aço e seu Dimensionamento

O equipamento projetado segue a norma NBR 8400, que possui a classe de utilização do tipo A – utilização ocasional não regular, seguida de longos períodos de repouso, conforme Tabela 6.2.

**Tabela 6.2** – Tabela de classe de utilização [22].

Classe de utilização	Frequência de utilização do movimento de levantamento	Número convencional de ciclos de levantamento
A	Utilização ocasional não regular, seguida de longos períodos de repouso	$6,3 \times 10^4$
B	Utilização regular em serviço intermitente	$2,0 \times 10^5$
C	Utilização regular em serviço intensivo	$6,3 \times 10^5$
D	Utilização do serviço intensivo severo, efetuado, por exemplo, em mais de um turno	$2,0 \times 10^6$

O estado de carga é do tipo 1 (leve) – equipamentos que raramente levantam a carga nominal e que comumente levantam cargas da ordem de 1/3 da carga nominal, conforme dados da Tabela 6.3.

**Tabela 6.3** – Tabela de estados de carga [22].

Estado de carga	Definição	Fração mínima de carga máxima
0 (muito leve)	Equipamentos levantando excepcionalmente a carga nominal e comumente cargas muito reduzidas	$P = 0$
1 (leve)	Equipamentos que raramente levantam a carga nominal e que comumente levantam cargas de ordem de 1/3 da carga nominal	$P = 1/3$
2 (médio)	Equipamentos que frequentemente levantam a carga nominal e comumente cargas de ordem de 1/3 e 2/3 da carga nominal	$P = 2/3$
3 (pesado)	Equipamentos regularmente carregados com carga nominal	$P = 1$

Seguindo o mesmo critério do item anterior, o estado de tensão é do tipo 1 (leve) – elemento submetido raramente à sua tensão máxima, mas comumente a tensões da ordem de 1/3 da tensão máxima, conforme dados da Tabela 6.4.

**Tabela 6.4** – Tabela de estados de tensões de um elemento [22].

<b>Estado de tensões</b>	<b>Definição</b>	<b>Fração mínima de carga máxima</b>
0 (muito leve)	Elemento submetido excepcionalmente à sua tensão máxima e comumente a tensões muito reduzidas	$P = 0$
1 (leve)	Elemento submetido raramente à sua tensão máxima, mas comumente a tensões da ordem de 1/3 da tensão máxima	$P = 1/3$
2 (médio)	Elemento frequentemente submetido à sua tensão máxima e comumente a tensões compreendidas entre 1/3 e 2/3 da tensão máxima	$P = 2/3$
3 (pesado)	Elemento regularmente submetido à sua tensão máxima	$P = 1$

De acordo com o tempo de funcionamento diário previsto em norma, o tempo médio de funcionamento diário será inferior a 0,5 horas e a duração total teórica de utilização é inferior a 800 horas. Assim, a classe de funcionamento será V 0,25, extraído como mostrado pela Tabela 6.5.

**Tabela 6.5** – Classe de funcionamento [22].

<b>Classe de Funcionamento</b>	<b>Tempo Médio de Funcionamento Diário Estimado (h)</b>	<b>Duração Total Teórica da Utilização (h)</b>
V 0,25	$t_m \leq 0,5$	$\leq 800$
V 0,5	$0,5 < t_m \leq 1$	1600
V 1	$1 < t_m \leq 2$	3200
V 2	$2 < t_m \leq 4$	6300
V 3	$4 < t_m \leq 8$	12500
V 4	$8 < t_m \leq 16$	25000
V 5	$t_m > 16$	50000

Como o sistema apresenta um estado de carga e de tensão leve, tem-se um grupo de mecanismos sendo o 1Bm, extraído da Tabela 6.6, o mais indicado.

**Tabela 6.6** – Tabela de grupos dos mecanismos [22].

Estado de solicitação	Classes de funcionamento						
	V 0,25	V 0,5	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5
1	1Bm	1Bm	1Bm	1Am	2m	3m	4m
2	1Bm	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m
3	1Bm	1Am	2m	3m	4m	5m	5m

Com o grupo de mecanismo igual à 1Bm e usando cabo nominal temos o valor mínimo igual à 0,265, conforme Tabela 6.7.

**Tabela 6.7** – Tabela valores mínimos de Q [22].

Grupo de mecanismo	Valores mínimos de Q	
	Cabo nominal	Cabo não rotativo
1Bm	0,265	0,280
1Am	0,280	0,300
2m	0,300	0,335
3m	0,335	0,375
4m	0,375	0,425
5m	0,425	0,475

Com isso, o dimensionamento do diâmetro de bitola para este cabo de aço foi encontrado conforme o cálculo abaixo:

$$d = Q \times \sqrt{t} \quad (6.1)$$

onde: d = diâmetro mínimo do cabo de aço em mm

Q = Coeficiente para determinação do diâmetro

t = esforço máximo de tração em Kg

Portanto,

$$d = 0,265 \times \sqrt{350}$$

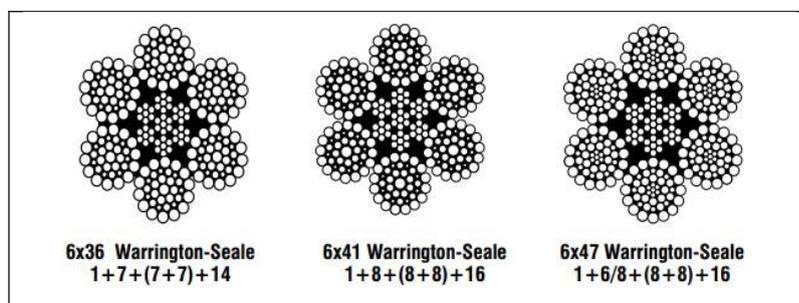
$$d = 4,96 \text{ mm}$$

Considerando não haver comercialmente cabo na espessura calculada, o primeiro valor indicado pelo fabricante é o de bitola 6,4 mm, conforme Tabela 6.8.

**Tabela 6.8** – Resumo da tabela de especificação de cabos de Aço [23].

Diâmetro		Massa Aprox. (kg/m)	Carga de Ruptura Mínima (tf)		
mm	pol.		IPS	EIPS	EEIPS
6,4	1/4"	0,173	2,70	-	-
8,0	5/16"	0,266	4,15	-	-
9,5	3/8"	0,399	5,96	-	-
11,5	7/16"	0,538	8,10	-	-

O cabo dimensionado será o 6x36, representado na Figura 6.6, uma vez que esta configuração é a indicada para trabalhos dinâmicos sobre tambores e polias devido a sua flexibilidade.



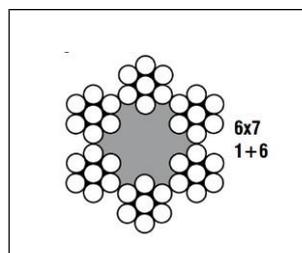
**Figura 6.6** – Cabos de Aço com Alma de Aço [23].

De acordo com a Tabela 6.8, a carga de ruptura é de 2,70 tf (aproximadamente 26,5 KN), valor que é muito superior à necessidade do dispositivo. Assim, pode-se pensar na utilização de um cabo de aço com menor diâmetro desde que atenda a carga prevista de projeto de 3,50 KN. Em consequência, o cabo de 3,2 mm e classe 6x7, com carga de ruptura 0,61 tf (5,984 KN), massa de 0,031 Kg/m e alma de fibra, mostrado na Tabela 6.9, também atende ao projeto.

**Tabela 6.9** – Resumo da tabela de especificação de cabos de Aço [23].

Diâmetro		Massa Aprox. (kg/m)	Carga de Ruptura Mínima (tf)
mm	pol		IPS
1,6	1/16"	0,008	0,16
2,4	3/32"	0,018	0,35
3,2	1/8"	0,031	0,61

Na Figura 6.7 representa a configuração do cabo selecionado para o projeto.

**Figura 6.7** – Cabo de Aço com alma de fibra [23].

### 6.3 Planilha de custo do equipamento de resgate

Todo o material para fabricação, além dos acessórios utilizados no equipamento tiveram seu preço convertido para o dólar para que não houvesse variação cambial, com parâmetros mais estáveis.

#### Guincho Elétrico

Para a elevação de vítimas será utilizado o guincho elétrico Vantage 2000 CE do fabricante Warn, apresentado pela Figura 6.8, e que possui preço estimado em US\$ 250,00.

Cabe ressaltar que o guincho apresenta um sistema com cabo de aço de 15 metros de comprimento e de diâmetro igual à 4,0 milímetros, com capacidade de carga útil de aproximadamente 900 kg. Desta forma, este aparelho atende as condições dimensionadas para o cabo de aço.



**Figura 6.8** – Guincho elétrico [24].

## Maca

A maca apresentada pela Figura 6.9, é uma das que se enquadram para serem utilizadas em conjunto com o equipamento de resgate e possui características expostas pela Tabela 6.10.



**Figura 6.9** – Maca utilizada pelo Corpo de Bombeiros [25].

Tem valor estimado em US\$ 730,00.

**Tabela 6.10** – Dados técnicos da maca [25].

Peso	11,35 Kg
Carga máxima	200 Kg
Dimensões	2,00 X 0,60 X 0,15 m

## Rolamento e Respectivo Mancal Quadrado Tipo Flange

O conjunto de rolamentos e os seus respectivos mancais quadrados tipo flange, conforme Figura 6.10, foram projetados para serem utilizados como limitadores dos esforços gerados pelo sistema de forças atuantes na estrutura do mecanismo de salvamento.

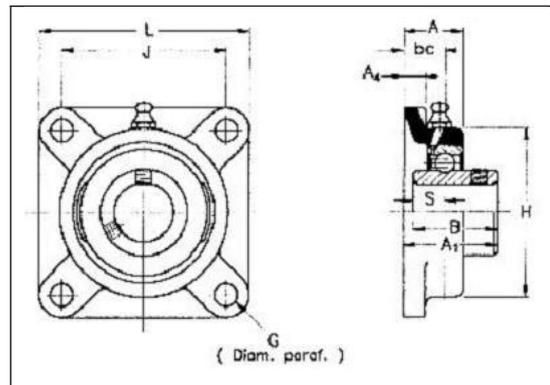


Figura 6.10 – Mancal com rolamento [26].

Na Tabela 6.10, são apresentadas as características técnicas divulgadas pelo fabricante. Este produto tem valor estimado em US\$ 250,00.

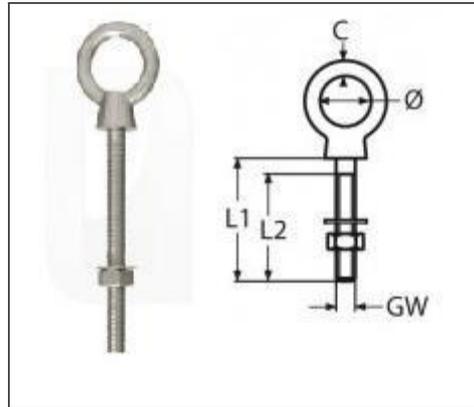
Tabela 6.11 – Dados técnicos do mancal com rolamento [26].

Diâmetro do eixo		Conjunto	Dimensões em milímetros e polegadas										Mancal	Rolamento base	Peso Kg
mm	poleg.		L	J	H	A <sub>1</sub>	A	A <sub>1</sub>	B	S	G	bc			
85	-	MSF-85	214	171,45	197	100,91	62,20	26,50	96,04	39,73	20	44,60	F-15	218	13,20
90	-	MSF-90	8.425	6.750	7.756	3.973	2.449	1.044	3.781	1.564	3/4	1.755			
-	3.7/16	MSF-3.7/16													
-	3.1/2	MSF-3.1/2													

Os conjuntos de porcas, arruelas e parafusos para fixação dos mancais foram especificados pelo fabricante e serão fornecidos junto com os mesmos

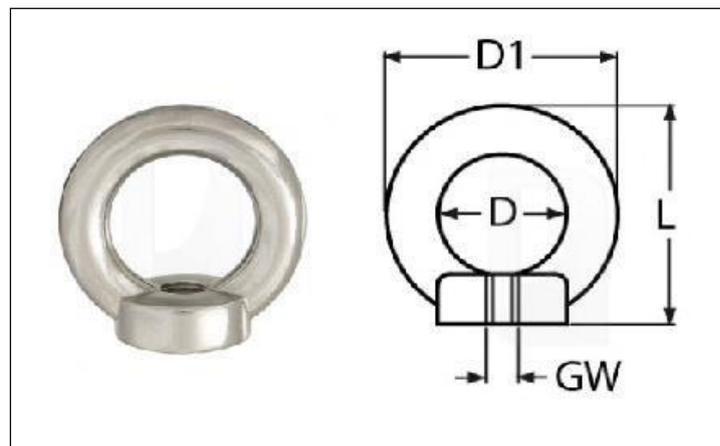
## Parafusos e Porcas

Os parafusos e porcas com olhal, conforme Figura 6.11 e 6.12, serão utilizadas para a fixação das polias internas nos tubos e para auxiliar o movimento lateral do sistema.



**Figura 6.11** – Parafuso tipo olhal de Inox [27].

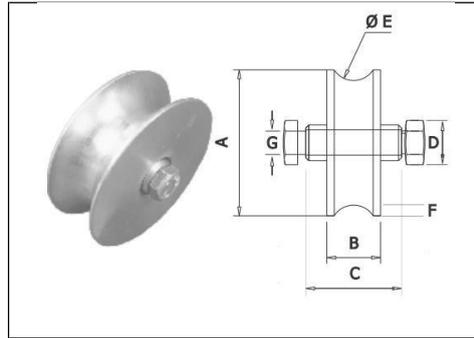
O parafuso olhal longo M12x120mm é fabricado em aço inox AISI316, possui carga de ruptura de 2500 kg e seu preço é de US\$ 7,00. Já a porca olhal M12, mostrada na Figura 6.12, possui as mesmas características do parafuso e tem custo de US\$ 8,00.



**Figura 6.12** – Porca tipo olhal de Inox [27].

## Roldanas

Serão utilizadas roldanas, de diâmetro nominal “A” igual a 1 ½ polegadas, dentro dos tubos estruturais para guiar o cabo de aço. Simbolizadas pela Figura 6.13 e tem preço estimado em US\$3,00.



**Figura 6.13** – Roldana [28].

## Tubos e Chapas de Alumínio

O equipamento e sua estrutura de suporte serão construídos com tubos e chapa de alumínio extrudado 6061 devido às suas excelentes características de resistência mecânica e antioxidante. A Tabela 6.12, destaca as características de cada tubo utilizado e seu preço unitário.

**Tabela 6.12** – Dados dos tubos de Alumínio.

Características				Valor Unitário por metro (US\$)
Diâmetro Nominal $\phi_n$ (pol.)	Diâmetro Externo $\phi_e$ (mm)	Espessura de Parede t (mm)	Schedule N°	
2 ½	73,03	5,16	40	20,00
2 ½	73,03	7,01	80	35,00
3	88,9	7,62	80	48,00
3 ½	101,6	8,08	80	75,00

Para a base de suporte do guincho elétrico e dos mancais serão utilizadas chapas de alumínio de 12,7 mm de espessura e custo aproximado de US\$ 100,00.

## Custo Total

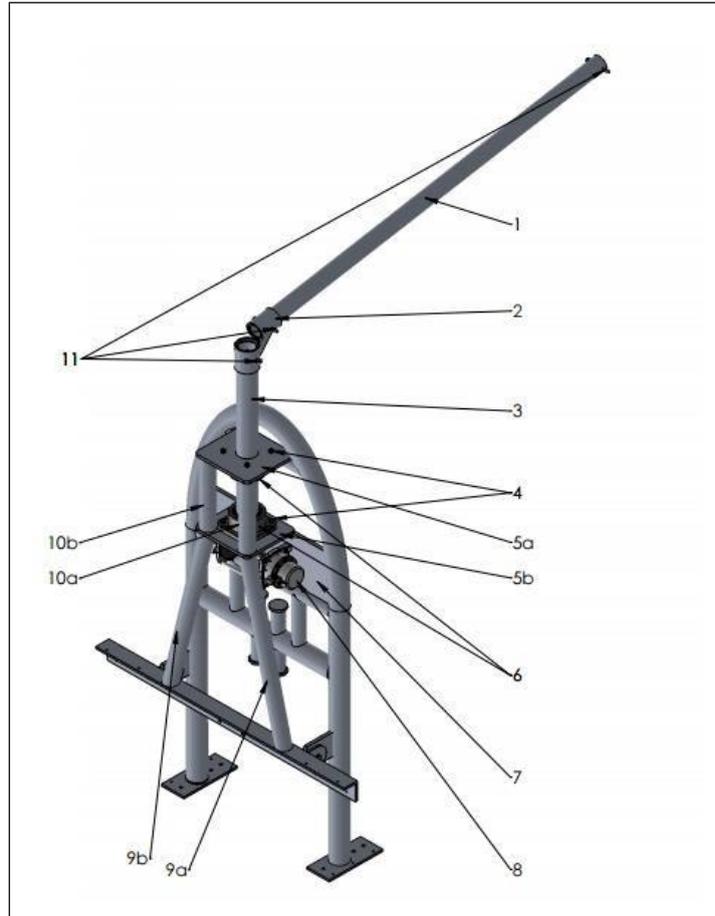
O projeto proposto tem um custo estimado de US\$ 1760,00, conforme mstrada pela Tabela 6.13 Cabe ressaltar que este preço não engloba o valor da mão-de-obra para montagem nem os custos referentes aos impostos de venda.

**Tabela 6.13** – Custo do Equipamento.

Descrição do Material	Quantidade	Valor unitário (US\$)	Valor (US\$)
Tubo de 2 ½” SCH 40	2,60 m	20,00	52,00
Tubo de 2 ½” SCH 80	2,00 m	35,00	70,00
Tubo de 3” SCH 80	1,10 m	48,00	52,00
Tubo de 3 ½” SCH 80	0,20 m	75,00	15,00
Chapa 12,7mm de espessura	0,35 m <sup>2</sup>	100,00	35,00
Parafuso M 12	3 unid	7,00	21,00
Porca M 12	3 unid	8,00	24,00
Mancal com Rolamento tipo flange de 3”	2 unid	250,00	500,00
Roldana	3 unid	3,00	9,00
Guincho Elétrico de Reboque	1 unid	250,00	250,00
Maca	1 unid	730,00	730,00
Custo Aproximado de Fabricação (US\$)			1760,00

## 6.4 Montagem do equipamento proposto

O equipamento projetado, conforme Figura 6.14, será montado por meio de uniões móveis, parafusos e porcas, e também por uniões permanentes, soldagem.



**Figura 6.14** – Equipamento de Resgate.

A peça 2 será unida a peça 1 através de porca e parafuso e reforçada por solda. O mesmo ocorrerá entre as peças 2 e 3.

A cantoneira de fixação da estrutura receberá dois tubos (peças 9.a e 9.b), que por sua vez serão as colunas para a chapa base (peça 5.b). Dois outros tubos (peças 10.a e 10.b) serão colocados sobre a referida chapa e, sobre eles, uma nova chapa (peça 5.a) será colocada. Estes componentes serão soldados para sua completa fixação.

A chapa de suporte do guincho elétrico (peça nº 7) será soldada a estrutura de auxílio e reboque já existente na embarcação. Na parte superior desta chapa será soldada a peça 5.b.

Por sua vez, a peça 5.a também será fixada por solda à estrutura existente.

Nas chapas 5.a e 5.b serão fixados através de parafusos os mancais com rolamento do tipo flange.

## 6.5 Corrosão

Os fixadores de aço inoxidável em chapas grossas ou finas de alumínio são considerados normalmente seguros, enquanto que os rebites ou parafusos de alumínio prendendo as peças de aço inoxidável é uma combinação inadequada, assim há o risco prático de corrosão. Um exemplo de uso seguro do aço inoxidável junto com o alumínio é onde os fixadores e parafusos de aço inoxidável são usados para prender a pista ou parapeitos de ponte de alumínio<sup>3</sup>.

Aço inox e alumínio, apesar de baixa, também podem sofrer corrosão galvânica, mas em menor escala e com menor risco, devido à sua nobreza na tabela periódica. A liga de alumínio utilizada possui boa resistência a corrosão. Para estruturas de alumínio deve-se utilizar elementos de fixação de aço inox, pois estes apresentam melhores resultados frente a corrosão, como citado.

## 6.6 Ondas e ventos

As ondas e os ventos são características climáticas que tem influência sobre a embarcação e a utilização do equipamento proposto. Dependendo das condições climáticas, as embarcações não poderão ser utilizadas devido às condições de estabilidade na navegação.

Serão apresentadas as características climáticas na região de atuação da embarcação bem como os fatores que deverão ser observados, para a utilização segura do equipamento projetado.

Os ventos mais frequentes na região da Baía de Guanabara são de NE (21%), S (17%) e N (14%), com uma velocidade média mensal de 3 m/s. Os ventos de S predominam sobre os de N em frequência e intensidade na maior parte do ano e, quando associados às frentes frias, podem atingir velocidades em torno de 10 m/s.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Associação Brasileira de Aço Inoxidável [44]

<sup>4</sup> CAMARGO, J. M. D. R. [36]

Os ventos médios de 3 m/s (5,83 nós) e associados à frentes frias de 10 m/s (19,44 nós) provocarão ondulações aproximadas de 1,00 e 3,70 metros, respectivamente, de acordo com a Tabela 6.14.

**Tabela 6.14** – Velocidade do vento e altura das ondas [12].

<b>ALTURAS MÁXIMAS PROVÁVEIS DE ONDAS PARA VÁRIAS VELOCIDADES DE VENTO (PISTA ILIMITADA)</b>	
<b>VELOC. VENTO (NÓS)</b>	<b>ALT. ONDA (METROS)</b>
8	1
12	1,5
16	2,5
19	3,7
27	6,0
31	7,6
35	9,0
39	11,0
43	12,0
47	13,7
51	15,5

As ondulações de 1,00 metro não influenciam na utilização da embarcação nem tão pouco no sistema proposto.

Para ondas acima de 2,50 metros, a lancha passa a trabalhar com níveis altos de instabilidade e, portanto, o equipamento de resgate tem seu uso desaconselhado.

## **Capítulo 7**

### **Conclusão e trabalhos futuros**

Como resultado final chegou-se à conclusão de que o projeto é viável técnica e estruturalmente, bem como tem sua implantação nas embarcações de modelo 27 Challenger Series à um custo acessível.

A adaptação proposta não alteraria as características técnicas da embarcação e seria uma fundamental ferramenta para o resgate de forma correta das vítimas no mar.

Sugere-se para estudos futuros a mecanização na movimentação de giro do equipamento através da implantação de uma cremalheira na sua base além de um braço articulado.

## Referências Bibliográficas

1. CBMERJ. Corpo de Bombeiros. **Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://www.cbmerj.rj.gov.br/>>. Acesso em: 12 abril 2015.
2. PONTE, C. CCR Ponte. **CCR Ponte**, 2013. Disponível em: <<http://www.ponte.com.br/>>. Acesso em: 21 março 2014.
3. G1. **globo.com**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2011/10/nova-zelandia-tenta-remover-de-praias-petroleo->>. Acesso em: 15 maio 2016.
4. CURSO de Formação de Aquaviários. Módulo Especial – CFAQ – E. Manual do Aluno. 1. ed. [S.I.]: Marinha do Brasil, 2002.
5. FONSECA, M. M. **Arte Naval**. 6°. ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, v. 1 e 2, 2002.
6. WIKIPEDIA. **Alavanca**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Alavanca>>. Acesso em: 24 abr. 2015.
7. DELINHAS, P. naval wiki. **naval wiki**, 2014. Disponível em: <<http://naval.wiki.br/index.php?title=Arquivo:Cortes.jpg>>. Acesso em: 30 maio 2016.
8. LEWIS, E. V. "**PNA - Principles of Naval Architecture - Stability and Strength**" - **The Society of Naval Architects and Marine Engineers**. Second Revision. ed. [S.I.]: SNAME, v. I, 1988.
9. APOSTILA de Estabilidade. [S.I.]: Marítimo.
10. ASSI, D. G. R. S. **Representação geométrica da embarcação**: Fundamentos da Engenharia Naval. . 1. ed. São Paulo: Dep. Eng. Naval e Oceânica - Escola Politécnica, v. 1, 2011.
11. MARTINS, P. D. M. R. **Hidrostática e Estabilidade**. **PNV2341**. [S.I.]: Departamento de Engenharia Naval e Oceânica - EPUSP., 2010.
12. FILHO, A. J. B. **Determinação de carregamentos permitidos de embarcação de navegação interior transportadoras de cargas sólida através de programa desenvolvido em labview**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Engenharia Mecânica., 2010. Orientadores: Ignacio Iturrioz e André Schaan Casagrande.
13. WHALER, B. **Operation e Maintenance Manual - 27 Challenger Series**. 1. ed. Florida -USA: . Brunswick Commercial e Govenment Products., v. 1, 2013.
14. PINTO, S. **Introdução a Estabilidade de Embarcações**. [S.I.]: UEZO, 2011.
15. PINTO, M. O. **Hidrostática e estabilidade do navio e de sistemas oceânicos**. Fevereiro de 1999. . ed. São Paulo: Dep. Eng. Naval e Oceânica. - Escola Politécnica, 1999.

- 16 RHODES, M. A. **Ship Stability for Mates/Masters**. [S.l.]: Seamanship International Ltd, 2003.
- 17 CISER. **Catálogo de Parafuso e Porcas - Informações Técnicas**. Novembro.ed. Joenvile -SC: . CISER, v. 1, 2008.
- 18 SKF. **Catálogo de Rolamento SKF**. Outubro. ed. Cajamar - SP: Grupo SKF, v. PUB BU/P1 10000/2 . PT.BR, 2015.
- 19 NSK. **NSK Rolamento**. Junho. ed. Brasil: NSK, v. 1, 2013.
- 20 HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2009.
- 21 ALUMICOPPER. **Catálogo de Alumínio**. Abril. ed. São Paulo: ALUMICOPPER, v. 1, 2015.
- 22 NBR 8400 - Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de carga. [S.l.]: . ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984.
- 23 CIMAF. **Manual Técnico de Cabos**. Outubro. ed. São Paulo: Belgo Bekaert Arames, v. 1, 2009.
- 24 WARN. **Warn Industries**. Disponível em: <[www.warn.com.br](http://www.warn.com.br)>. Acesso em: 22 jun. 2015. . Catálogo de Produtos.
- 25 CLEAN, C. Maca Mamute para resgate em altura. **Climb Clean Serviços e Equipamentos Ltda.**, . 2015. Disponível em: <<http://www.climbclean.com.br/maca-mamute-para-resgate-em-altura~178~46~1~linhas~macas>>. Acesso em: 26 Fevereiro 2016.
- 26 ROLMAX. **Rolmax Indústria e Comércio**. Disponível em: <[www.rolmax.com.br](http://www.rolmax.com.br)>. Acesso em: 10 . mar. 2016. Catálogo de Produtos.
- 27 NAUTICNORM. Disponível em: <<http://www.nauticnorm-brasil.com/parafuso-olhal-longo-inox.html>>. Acesso em: 07 maio 2016. Catálogo de Produtos.
- 28 JOCEC. **Catálogo Produtos - Rodízios e Roldanas**. Tupã - SP: Jocec Produtos Metalúrgicos, v. 1, . 2013.
- 29 ASSIS, A. K. T. **Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca**. 1ª. ed. [S.l.]: Apeiron . Montreal, v. 1, 2008.
- 30 GUIA PARA CERTIFICAÇÃO DE APARELHOS DE CARGA. [S.l.]: Registro Brasileiro de Navios e . Aronaves.
- 31 ALVES, G. T. M. **Projeto Integrado de Estabilidade de Unidades Flutuantes**. Rio de Janeiro: PUC, . Departamento de Engenharia Civil, 2006. Orientadores: Luiz Fernando Martha e Luiz Cristovão Gomes Coelho.

- 32 GROTH, E. B. **Projeto de um Passadiço Retátil – Um Estudo Inicial**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Engenharia Mecânica, 2013. Orientadores: Ignacio Iturrioz e André Schaan Casagrande.
- 33 FOX, R. W. **Introdução a mecânica dos fluidos**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- 34 CASAGRANDE, A. S.; ITURRIOZ, I. **Aulão de estabilidade 1 - Introdução a engenharia naval**. Porto Alegre: UFRGS.
- 35 ROCHA, A. G. D. **Rocha, Alexandre**: anotações; Sobre todas as coisas. Disponível em: <<https://alexandredarocha.wordpress.com/tag/encalhe/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- 36 CAMARGO, J. M. D. R. **Variações das forças hidrodinâmicas junto a um campo de dunas subaquáticas na Baía da Guanabara - RJ**. Rio Grande: Atlântica, 2004.
- 37 GONZÁLEZ, H. **Estabilidad del Buque I**, 2011. Disponível em: <<http://estabilidadbuque.blogspot.com.br/2011/07/estabilidad-inicial-transversal-v.html>>. Acesso em: 06 maio 2016.
- 38 DE CAMARGO, J. M. R. D. C.; GUERRA, J. V.; PATCHINEELAM, S. M. **Variações das Forças Hidrodinâmicas Junto a um Campo de Dunas Subaquáticas na Baía da Guanabara – Rj**. [S.l.]: [s.n.], 2004.
- 39 CASTILLO, C. A. R. **Estabilidade Dinâmica do Navio: Um Modelo Não-Linear de Terceira Ordem**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2004. Orientadores: Prof. Marcelo de Almeida Santos Neves, Prof. Carlos Antonio Levi da Conceição, Prof. Jesé D'Assunção Rebello de Souza Junior, Prof. David Schachter e Dr Lenin Juan Carlos Valerio Mena.
- 40 COELHO, P. A. D. S. **Módulo de Estabilidade - EST - Unidade de Estudo Autônomo**. 1. ed. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil - Diretoria de Portos e Costas, 2007.
- 41 BRIAN, A. **Ship Hydrostatics and Stability**. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 2003.
- 42 NORMAN. [S.l.]: Marinha do Brasil - Diretoria de Portos e Costas, 2006.
- 43 NORMAS e Procedimentos da Capitania dos Portos. [S.l.]: Marinha do Brasil - Capitania dos Portos do Rio Grande do Sul, 2008.
- 44 ABINOX. **Associação Brasileira de Aço Inoxidável**. Disponível em: <<http://www.abinox.org.br/>>. Acesso em: 07 maio 2016.
- 45 ARCHIMEDES. **The Works of Archimedes**. Dover, New York: [s.n.], 2002. Translated and edited in modern notation by T. L. Heath.
- 46 LODI, M. **Marcos Lodi Yacht Design**. Disponível em: <<http://www.lodidesign.com.br/blog/entendendo-e-desmistificando-o-plano-de-linhas/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

- 47 ERDOS, I. T. **Folheto de Trim e Estabilidade NM Frederico Madorin**. [S.l.]: [s.n.], 2010.
- 48 GILLMER, T. C. **Fundamentals of Construction and Stability of Naval Ship**. 2. ed. [S.l.]: The United States Naval Institute, 1959.
- 49 SANTOS, H. V. D. **Hidrovias Interiores - RS**. Disponível em: <<http://hidroviasinteriores.blogspot.com>>. Acesso em: 16 set. 2015.
- 50 SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7. ed. São Paulo: Bookman, 2008.
- 51 FISCHER, U. et al. **Manual de Tecnologia Metal Mecânica**. São Paulo: Blucher, 2011.
- 52 BRUNSWICK. **Brunswick Commercial & Government Products**. Disponível em: <<http://www.brunswickcgp.com/Page.aspx/pmlId/317678/pageId/154950/view/Overview/Brochure.aspx>>. Acesso em: 02 jul. 2015. Dados Técnicos da Embarcação.
- 53 INFLUÊNCIA da Estabilidade da Embarcações Sobre o Projeto do Equipamento Para Resgate de Acidentados no Mar. Rio de Janeiro: [s.n.], 2016. Entrevista com o Prof. Dr. Alexandre Alves Santiago.

# APÊNDICE A

## Desenhos técnicos de projeto

<b>Pág.</b>	<b>Folha</b>	<b>Descrição</b>	<b>Esc</b>
01	1.1	Lista de Materiais	-
02	2.1	Equipamento montado e posicionado em vista isométrica	1:15
03	2.2	Equipamento montado e posicionado em vista frontal	1:15
04	2.3	Equipamento montado e posicionado em vista lateral	1:15
05	2.4	Equipamento montado e posicionado em vista superior	1:15
06	3.1	Equipamento montado em vista frontal	1:15
07	3.2	Equipamento montado em vista lateral	1:15
08	3.3	Equipamento montado em vista superior	1:15
09	4.1	Componentes do equipamento - Peça 1	1:15
10	4.2	Componentes do equipamento - Peça 2	1:5
11	4.3	Componentes do equipamento - Peça 3	1:15
12	4.4	Componentes do equipamento - Peça 5a	1:5
13	4.5	Componentes do equipamento - Peça 7	1:5
14	4.6	Componentes do equipamento - Peça 9	1:10
15	4.7	Componentes do equipamento - Peça 10	1:15
16	4.8	Componentes do equipamento - Peça 5b	1:5

Nº	Nome	Descrição	Qtde.	Localização
1	Braço		1	Pág.09 Folha 4.1
2	Suporte		1	Pág.10 Folha 4.2
3	Poste		1	Pág.11 Folha 4.3
4	Parafusos do mancal	Parafuso M20 x 80mm	8	Pág.02 Folha 2.1
5a	Chapa de Suporte do Equipamento		1	Pág.12 Folha 4.4
5b	Chapa de Suporte do Equipamento		1	Pág.16 Folha 4.8
6	Mancal com Rolamento	Mancal Quadrado Tipo Flange Øi = 90mm com Rolamento	2	Pág.02 Folha 2.1
7	Chapa de Suporte do Motor		1	Pág.09 Folha 4.1
8	Motor	Guincho Elétrico Warn Vantage 2000	1	Pág.02 Folha 2.1
9	Tubulação Suporte 1		2	Pág.14 Folha 4.6
10	Tubulação Suporte 2		2	Pág.15 Folha 4.7
11	Conjunto Parafuso e Porca com Olhal	Parafuso Inox AISI 316 M12 x 120mm Porca Inox AISI 316 M12	3	Pág.02 Folha 2.1

ALUNO

PROF

DATA Junho de 2016

VISTO

ESC.

TÍTULO

Equipamento Especial Para Resgate Marítimo  
Lista de Materiais



TURMA

NÚMERO

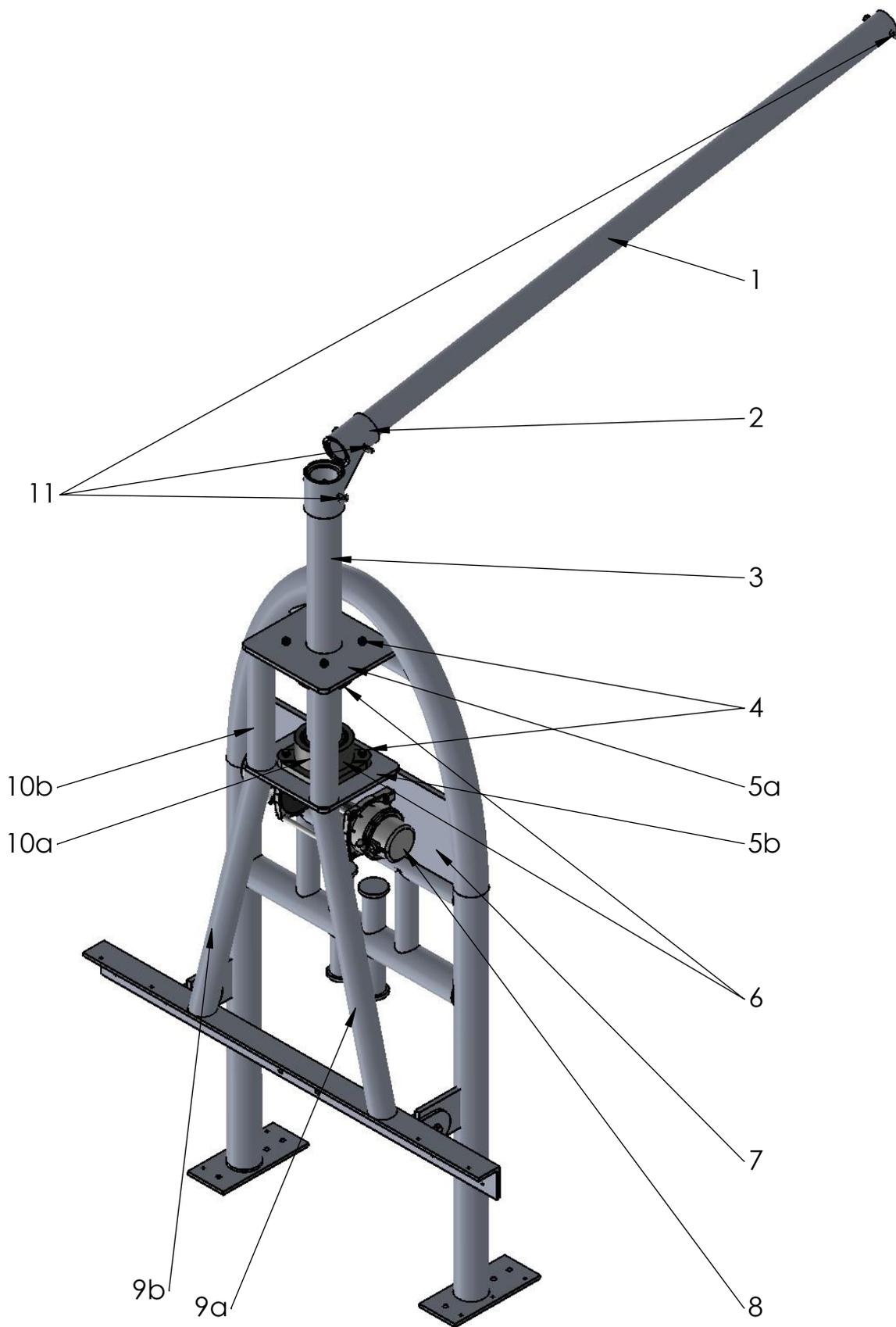
FOLHA Nº

01

NUMERO DO DESENHO

1.1



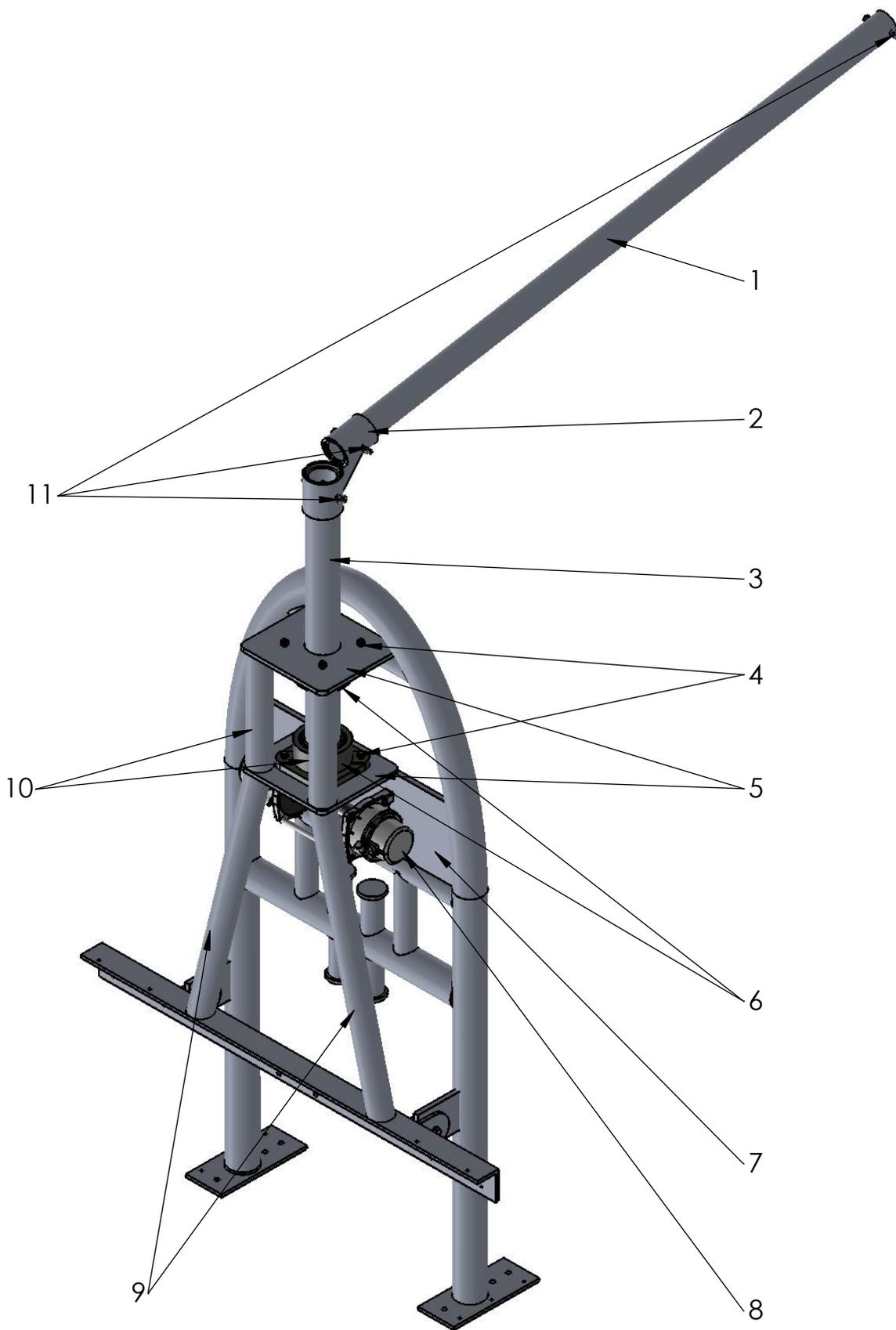


ALUNO			
PROF			
DATA	Junho de 2016	VISTO	



ESC.	TÍTULO
1:15	Equipamento Montado e Posicionado em Vista Isométrica

TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº 02
NUMERO DO DESENHO 2.1		

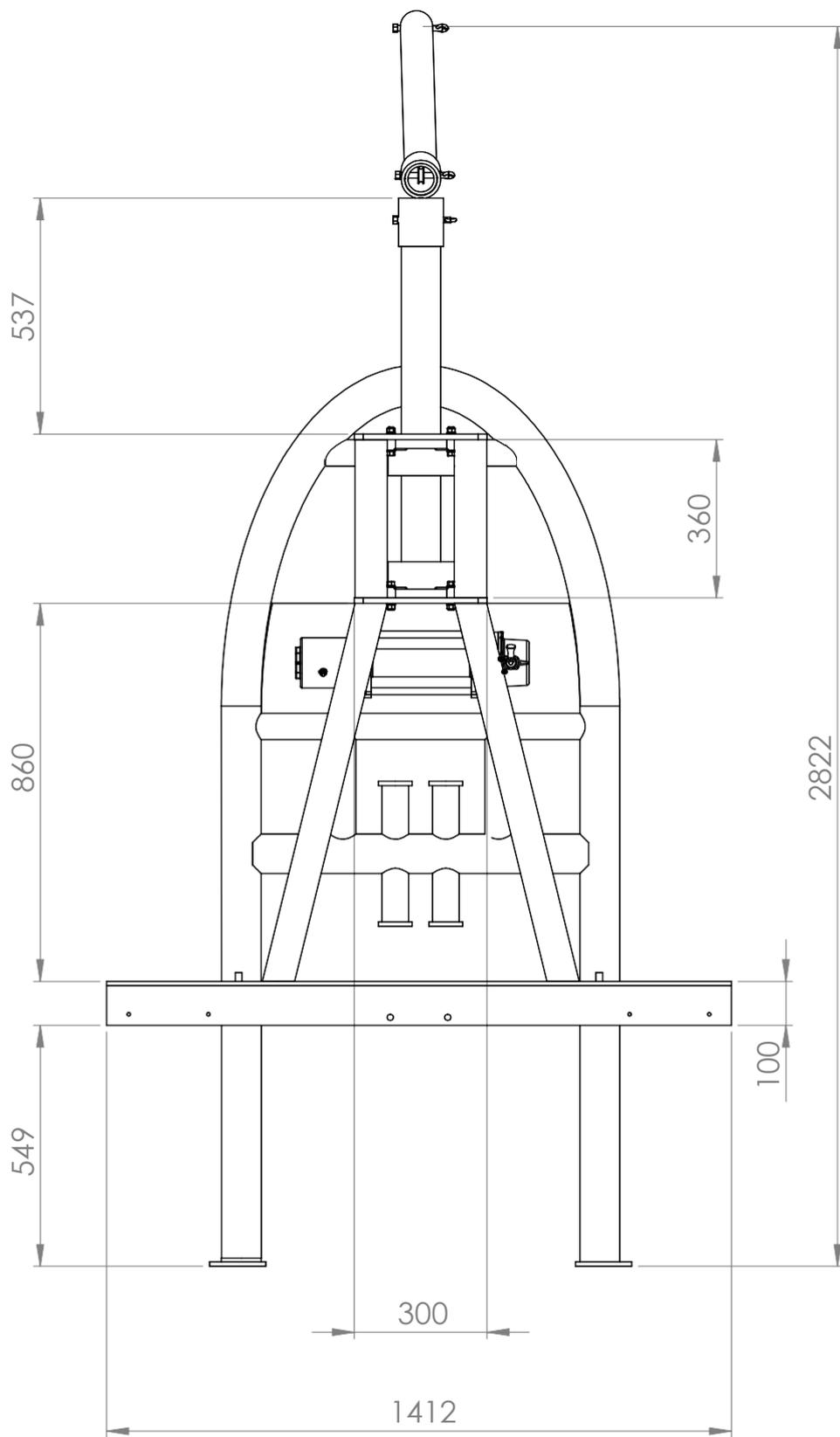


ALUNO	
PROF	
DATA	Junho de 2016
VISTO	



ESC.	TÍTULO
1:15	Equipamento Montado e Posicionado em Vista Isométrica

TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº 02
NUMERO DO DESENHO 2.1		

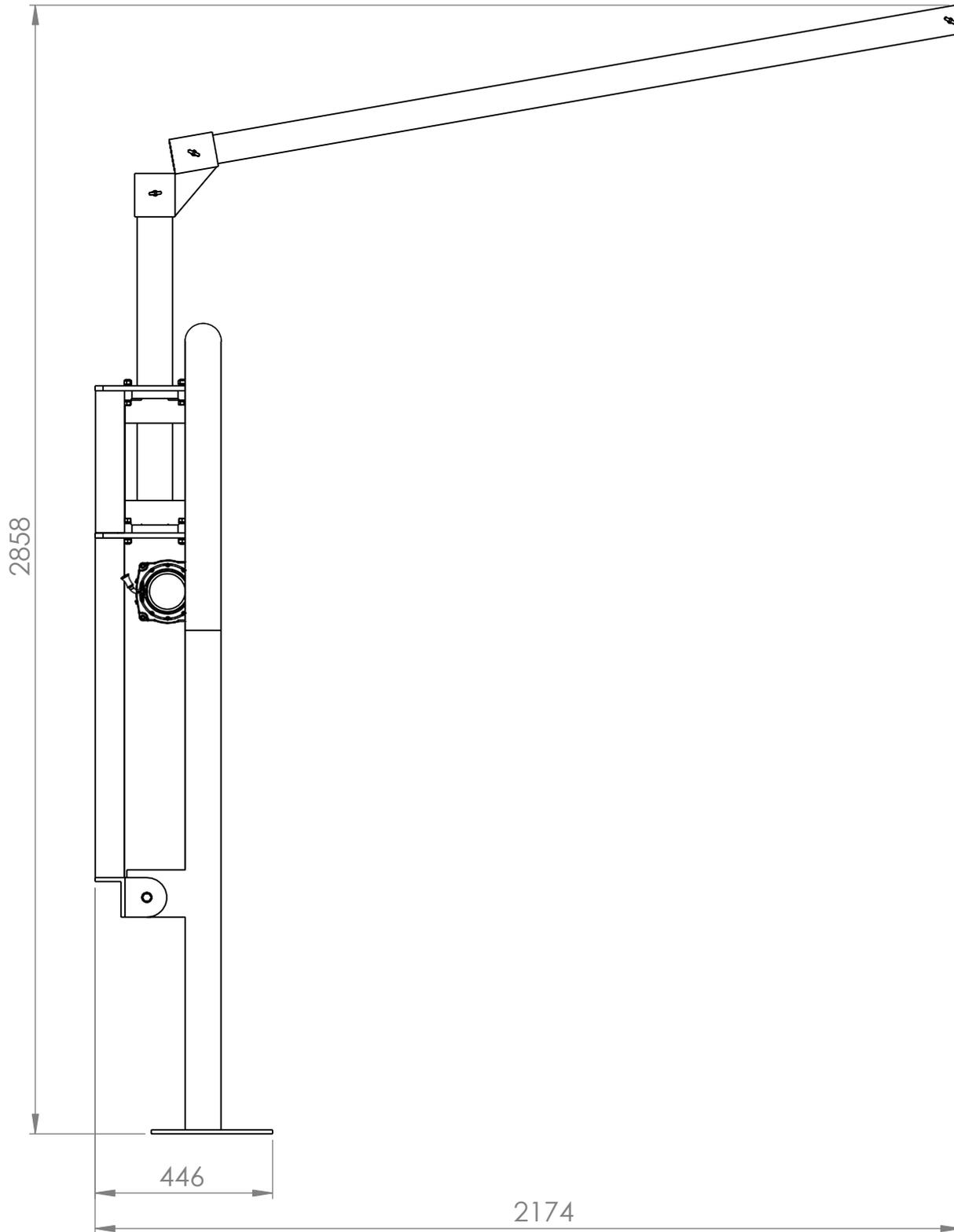


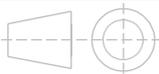
ALUNO		
PROF		
DATA	Junho de 2016	VISTO

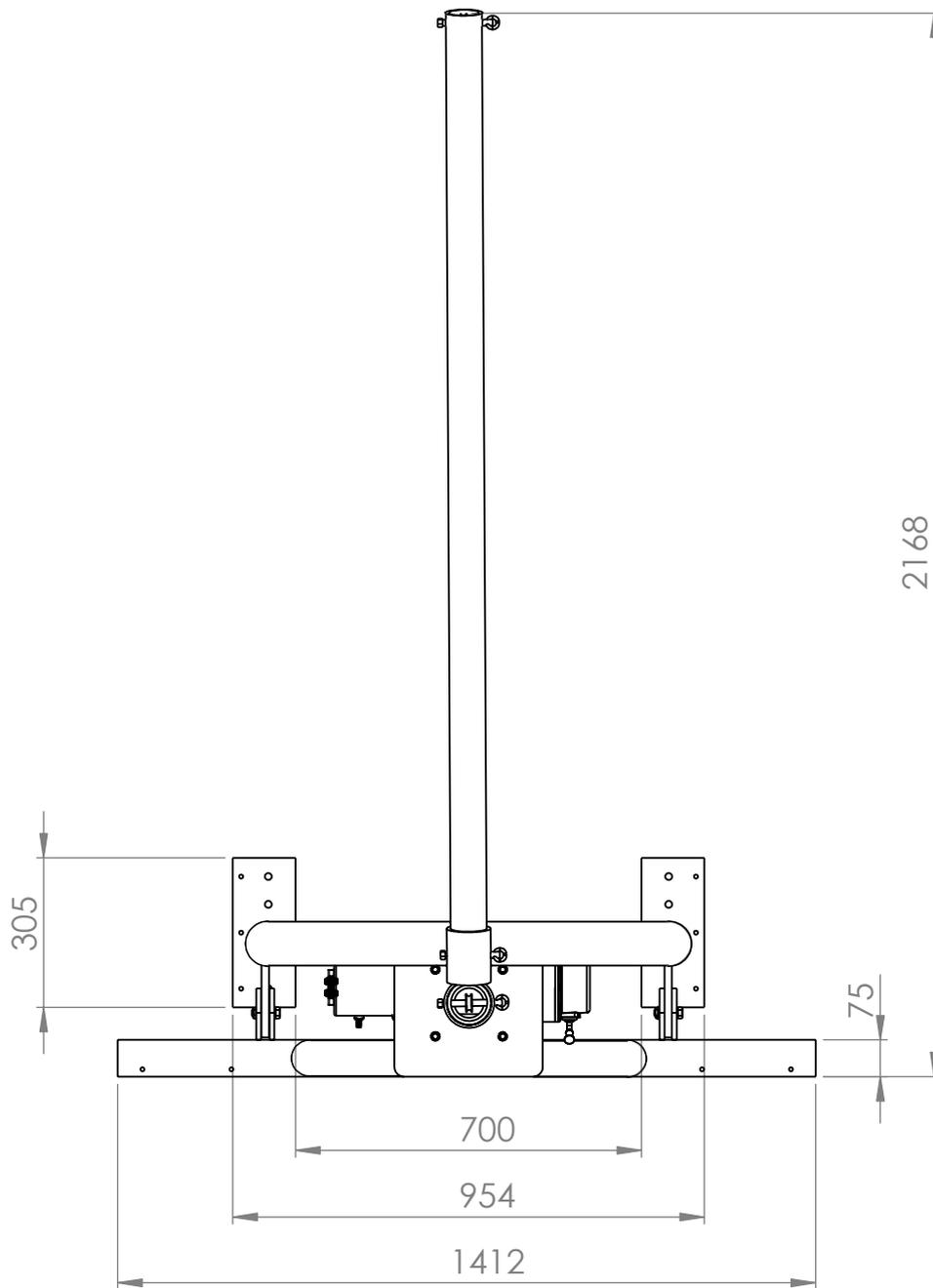
**CEFET/RJ**

ESC.	TÍTULO
1:15	Equipamento Montado e Posicionado em Vista Frontal

TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
		03
NUMERO DO DESENHO		
2.2		



ALUNO				 <b>CEFET/RJ</b>			
PROF							
DATA	Junho de 2016	VISTO					
ESC.	TÍTULO				TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:15	Equipamento Montado e Posicionado em Vista Lateral						04
					NUMERO DO DESENHO 2.3		



ALUNO

PROF

DATA Junho de 2016

VISTO

ESC. TÍTULO

1:15 Equipamento Montado e Posicionado em Vista Superior

 **CEFET/RJ**

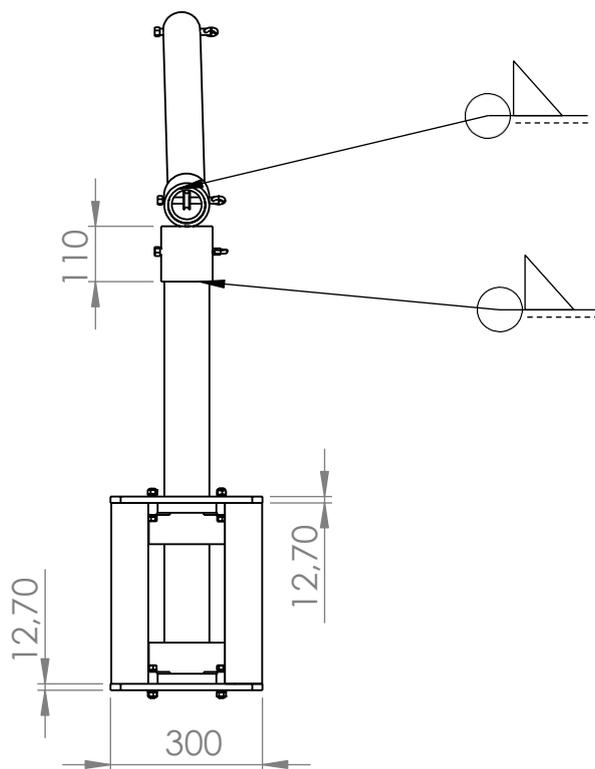
TURMA

NÚMERO

FOLHA Nº  
05

NUMERO DO DESENHO  
2.4

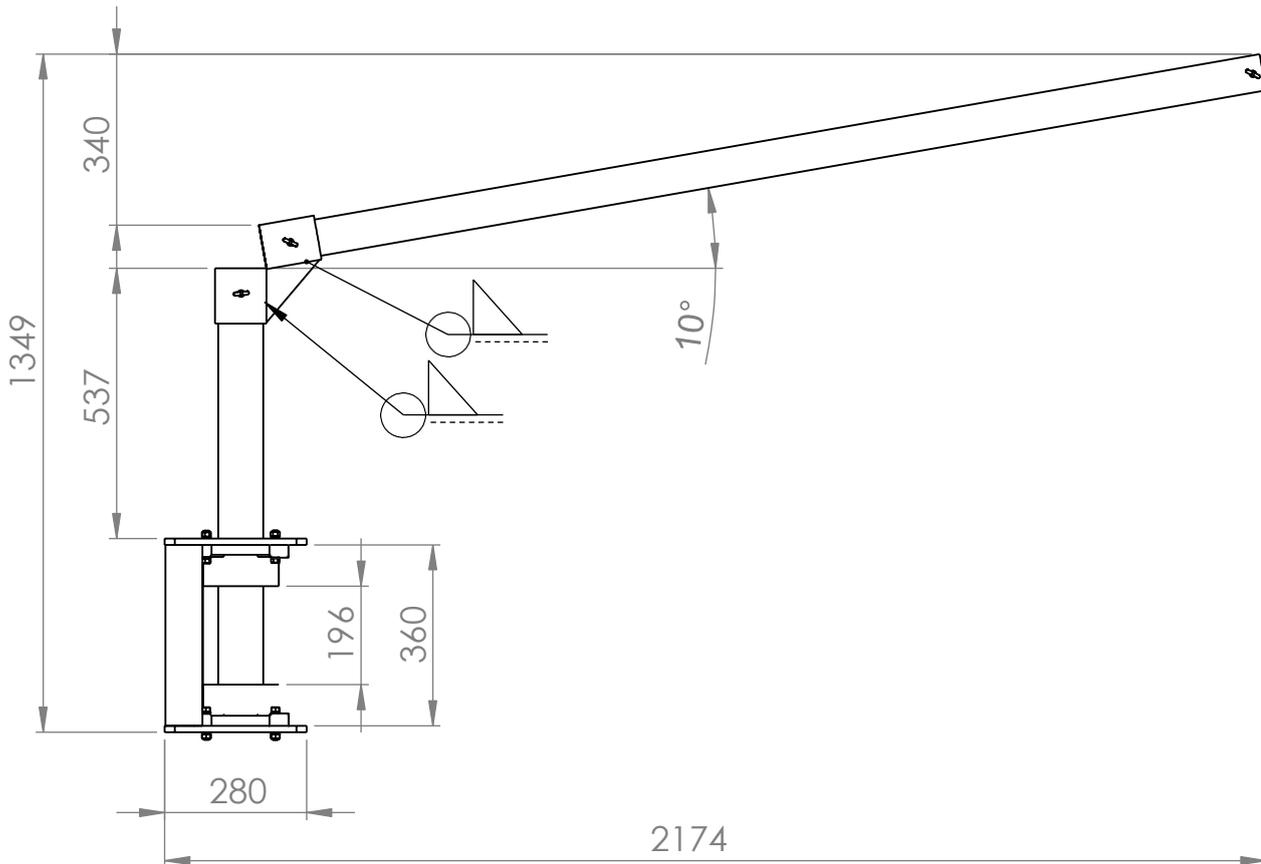




ALUNO			
PROF			
DATA	Junho de 2016	VISTO	



ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:15	Equipamento Montado em Vista Frontal			06
		NUMERO DO DESENHO		
		3.1		



ALUNO			
PROF			
DATA	Junho de 2016	VISTO	

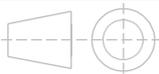


ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:15	Equipamento Montado em Vista Lateral			07

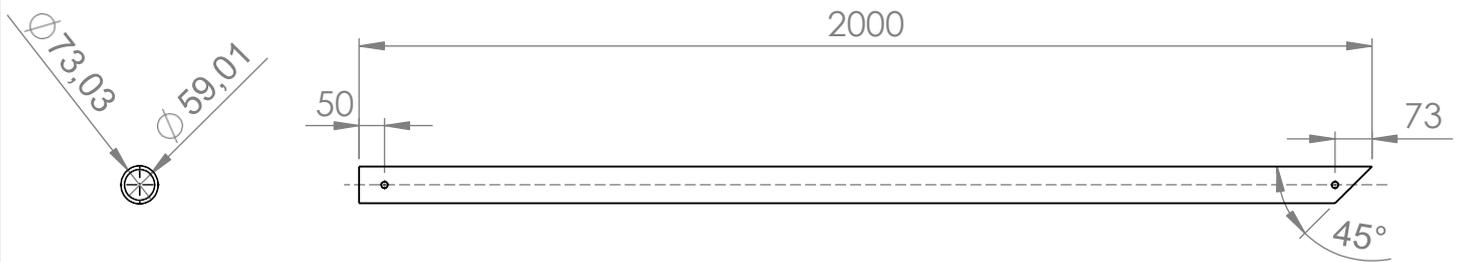
NUMERO DO DESENHO
3.2





ALUNO				 <b>CEFET/RJ</b>			
PROF							
DATA	Junho de 2016	VISTO					
ESC. 1:15	TÍTULO Equipamento Montado em Vista Superior				TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº 08
					NUMERO DO DESENHO 3.3		

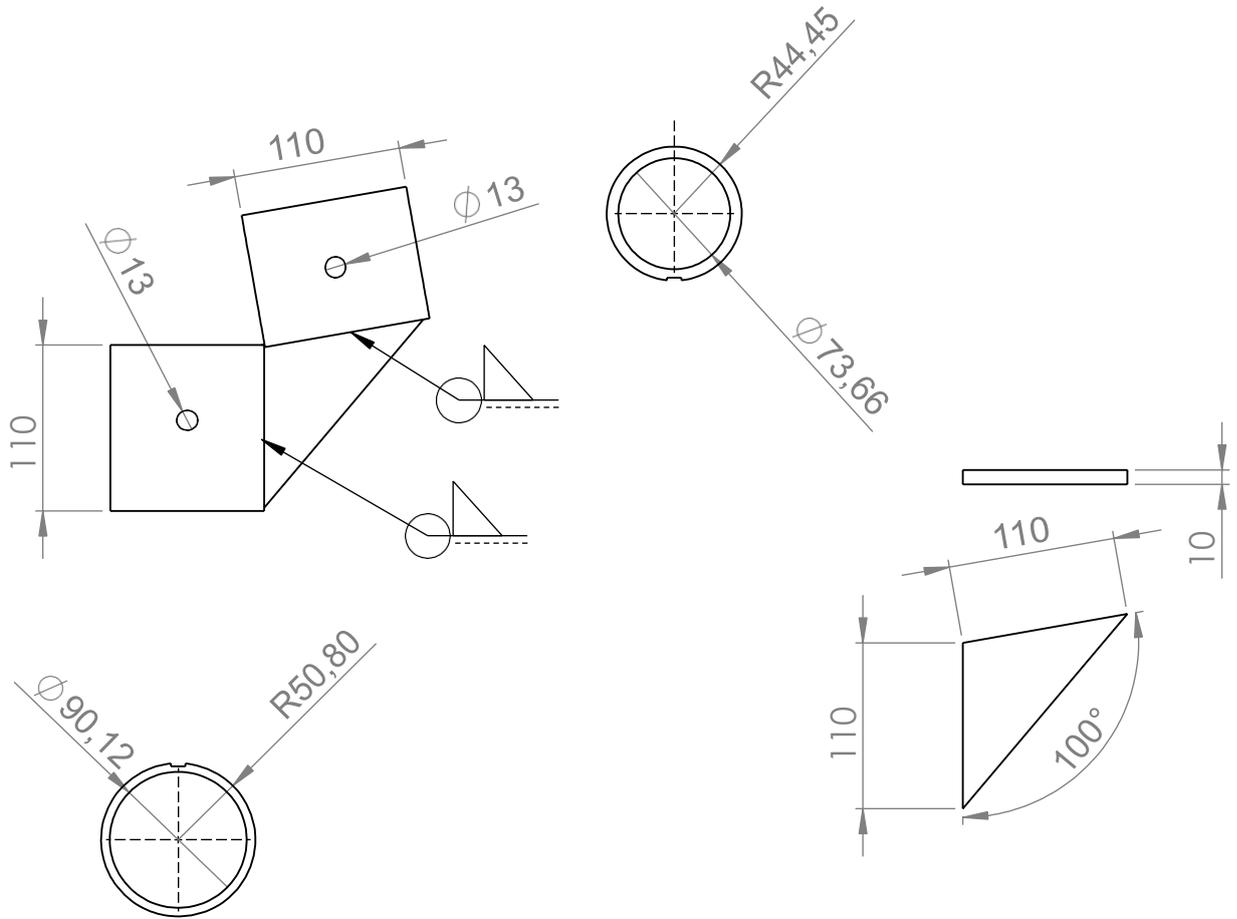
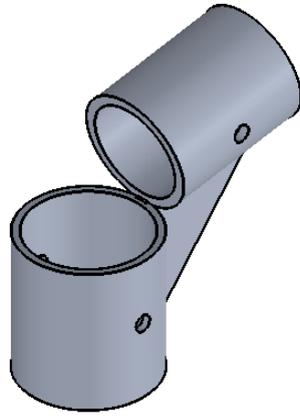
Peça 1  
Tubo de Alumínio 6061



2 1/2"	73,03	7,01	80
Diâmetro Nominal Øn (pol).	Diâmetro Externo Øe (mm).	Espessura de Parede (mm).	Schedule

ALUNO				
PROF				
DATA	Junho de 2016	VISTO		
ESC. 1:15	TÍTULO Componentes do Equipamento Peça 01			TURMA NÚMERO FOLHA Nº 09
				NUMERO DO DESENHO 4.1
				

Peça 2



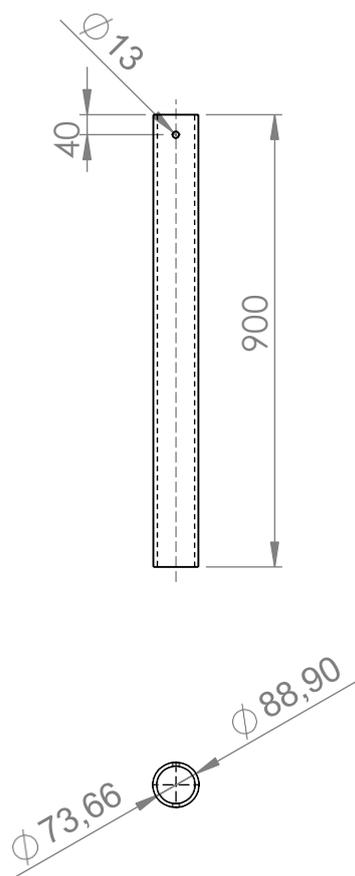
ALUNO			
PROF			
DATA	Junho de 2016	VISTO	



ESC. 1:5	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
	Componentes do Equipamento Peça 2			10
		NUMERO DO DESENHO 4.2		

Peça 03

Tubo de Alumínio

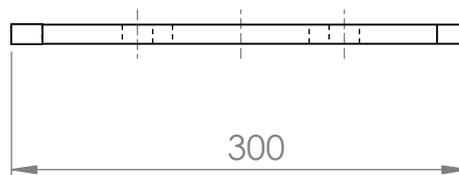
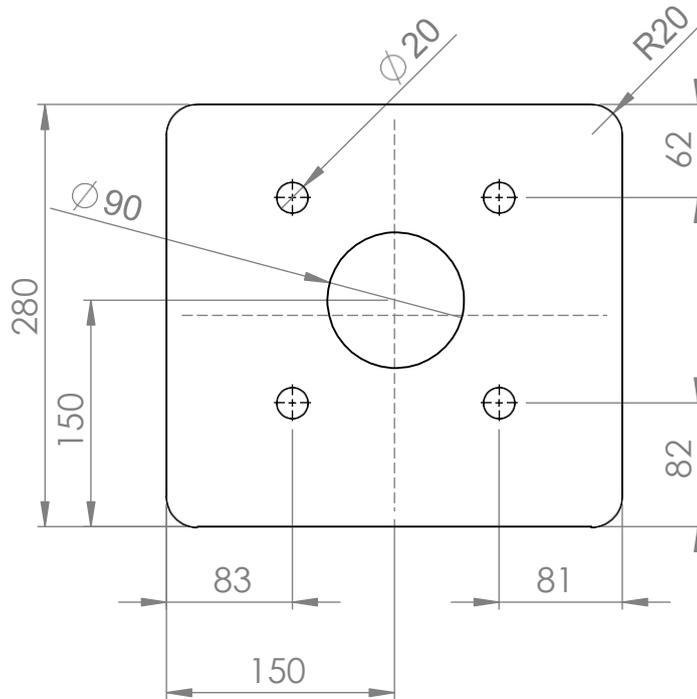


3"	88,90	7,62	80
Diâmetro Nominal $\varnothing_n$ (pol).	Diâmetro Externo $\varnothing_e$ (mm).	Espessura de Parede (mm).	Schedule

ALUNO				
PROF				
DATA	Junho de 2016	VISTO		
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:15	Componentes do Equipamento Peça 03			11
		NUMERO DO DESENHO 4.3		

Peça 5a

Chapa de Alumínio



ALUNO	
PROF	
DATA	Junho de 2016
VISTO	

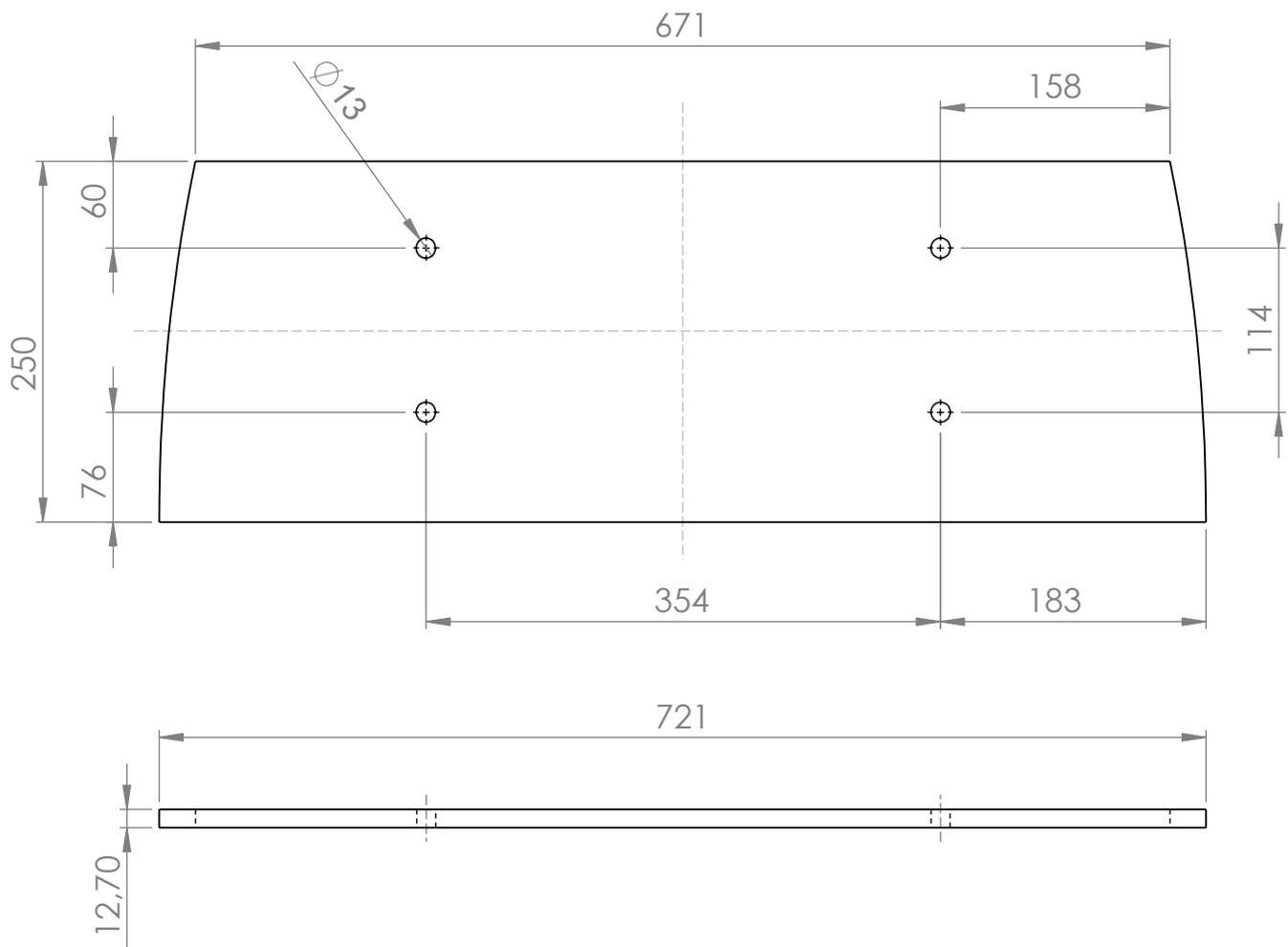


ESC.	TÍTULO
1:5	Componentes do Equipamento Peça 5a

TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº 12
NUMERO DO DESENHO 4.4		

Peça 07

Chapa de Alumínio 6061



ALUNO	
PROF	
DATA	Junho de 2016
VISTO	

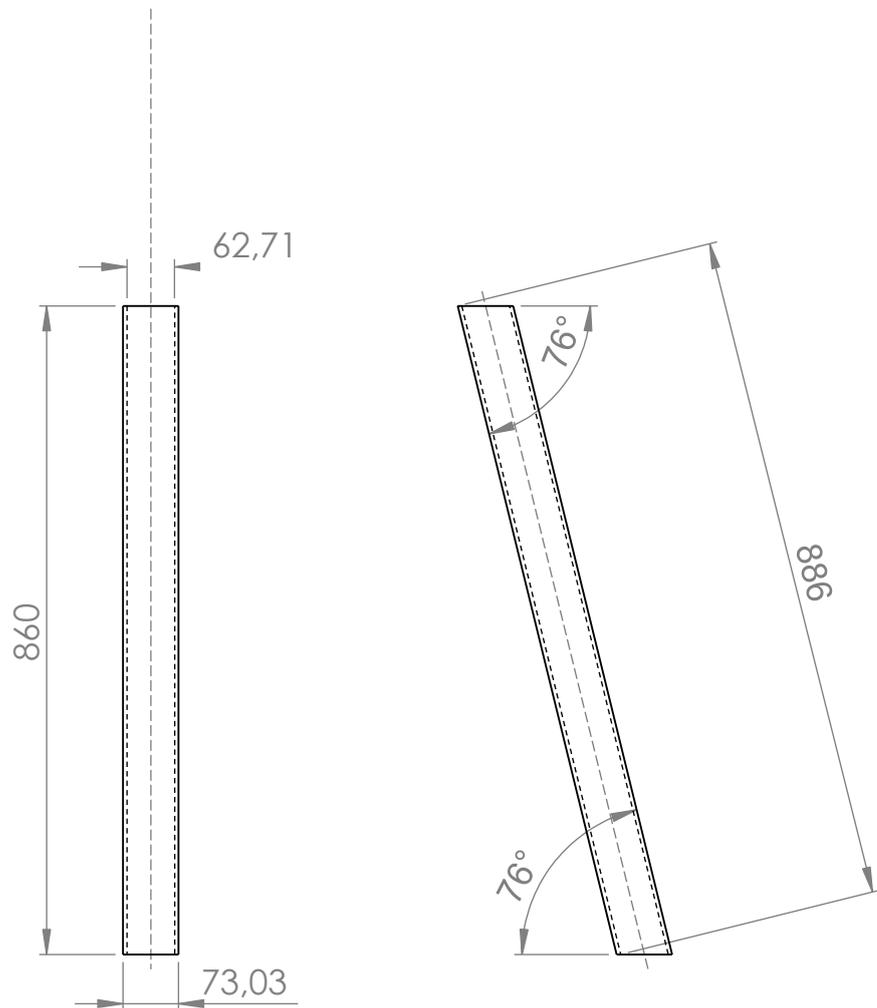


ESC. 1:5	TÍTULO Componentes do Equipamento Peça 07	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
		NUMERO DO DESENHO 4.5		13



Peça 09

Tubo de Alumínio 6061

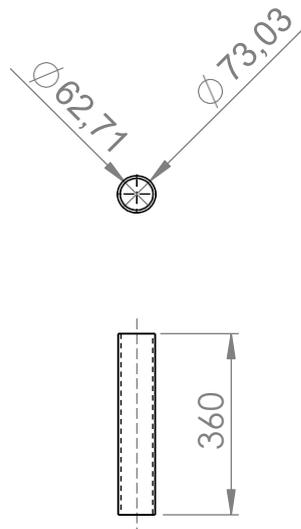


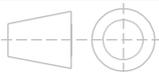
2 1/2"	73,03	5,16	40
Diâmetro Nominal $\varnothing_n$ (pol).	Diâmetro Externo $\varnothing_e$ (mm).	Espessura de Parede (mm).	Schedule

ALUNO						
PROF						
DATA	Junho de 2016	VISTO				
ESC. 1:10	TÍTULO Componentes do Equipamento Peça 09			TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº 14
				NUMERO DO DESENHO 4.6		

Peça 10

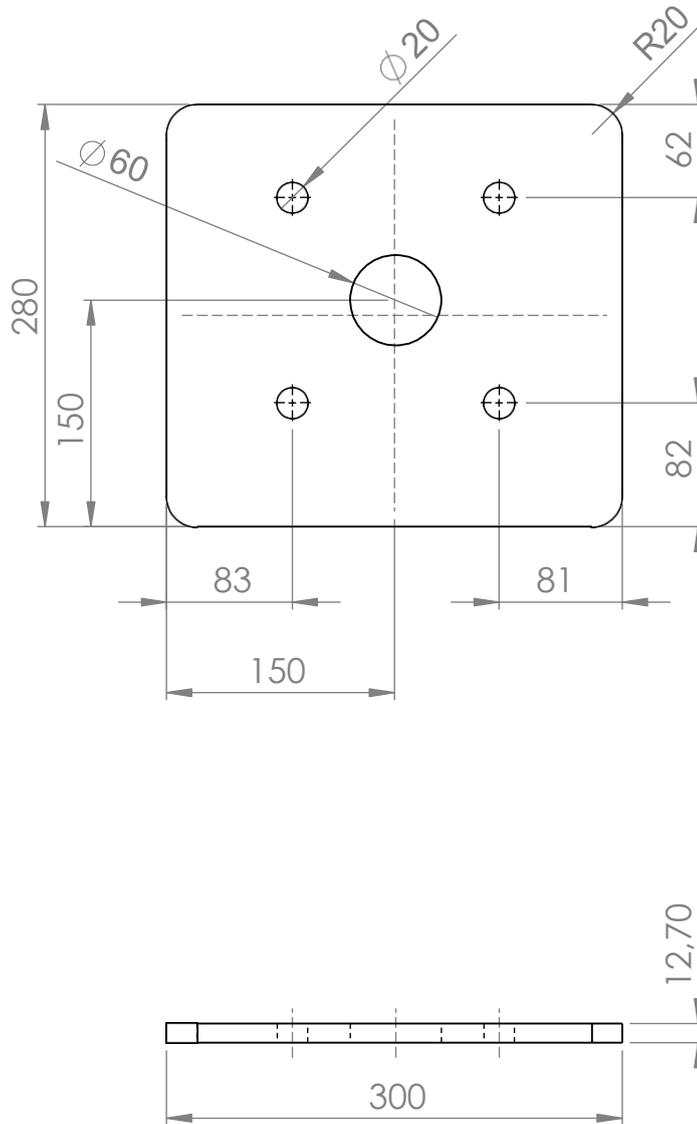
Tubo de Alumínio 6061



2 1/2"	73,03	5,16	40	
Diâmetro Nominal $\varnothing n$ (pol).	Diâmetro Externo $\varnothing e$ (mm).	Espessura de Parede (mm).	Schedule	
ALUNO				
PROF				
DATA				Junho de 2016
ESC.	TÍTULO	TURMA	NÚMERO	FOLHA Nº
1:15	Componentes do Equipamento Peça 10			15
		NUMERO DO DESENHO 4.7		

Peça 5b

Chapa de Alumínio



ALUNO

PROF

DATA Junho de 2016

VISTO

ESC. TÍTULO

1:5 Componentes do Equipamento  
Peça 5b

 **CEFET/RJ**

TURMA

NÚMERO

FOLHA Nº  
16

NUMERO DO DESENHO  
4.8

