

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PROJETO DE UM EQUIPAMENTO DE TESTES DE FADIGA POR FLEXÃO
ROTATIVA

por

William Altissimo

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, agosto de 2024

CIP - Catalogação na Publicação

Altissimo, William
PROJETO DE UM EQUIPAMENTO DE TESTES DE FADIGA POR
FLEXÃO ROTATIVA / William Altissimo. -- 2024.
72 f.
Orientador: José Antônio Esmério Mazzaferro.

Coorientador: Marcelo Favaro Borges.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica, Porto
Alegre, BR-RS, 2024.

1. ISO 1143 (2021). 2. Fadiga por flexão rotativa.
3. Modelagem. 4. Projeto. 5. Mecânica. I. Antônio
Esmério Mazzaferro, José, orient. II. Favaro Borges,
Marcelo, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**PROJETO DE UM EQUIPAMENTO DE TESTES DE FADIGA POR FLEXÃO
ROTATIVA**

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Ignácio Iturrioz
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Processos de Fabricação

Orientador: Prof. José Antônio Esmério Mazzaferro

Coorientador: Prof. Marcelo Favaro Borges

Comissão de Avaliação:

Prof. Prof. José Antônio Esmério Mazzaferro (Presidente)

Prof. André Tura Markus

Prof. Felipe Tempel Stumpf

Prof. Ignácio Iturrioz

Porto Alegre, agosto de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e amigos, que me apoiaram durante toda esta jornada, a qual não seria possível sem seu suporte.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao corpo docente pelos ensinamentos obtidos durante o período de graduação. Também gostaria de agradecer o Laboratório de Metalurgia Física pela oportunidade de realização de bolsa de IC e aos amigos que lá fiz.

Em especial gostaria de agradecer o orientador do trabalho de conclusão, professor José Antônio Esmério Mazzaferro e o coorientador Marcelo Favaro Borges, por todo o apoio e suporte recebido durante o desenvolvimento deste projeto.

Altissimo, William. *Projeto de um equipamento de testes de fadiga por flexão rotativa*, 2024. 71 páginas.

Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso.

Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

RESUMO

Os esforços cíclicos são responsáveis por falhas repentinas e catastróficas, sendo necessário o entendimento da resistência dos materiais de engenharia utilizados em projetos, a fim de garantir sua segurança. O presente trabalho teve como objetivo o projeto de um equipamento capaz de realizar testes de materiais de engenharia relacionados à fadiga por flexão rotativa. Baseando-se na norma ISO 1143 (2021), responsável por normatizar este tipo de teste e conceitos de equipamentos já existentes, este projeto busca dimensionar os principais componentes comerciais, descrever o seu funcionamento e modelar computacionalmente os componentes necessários para a fabricação do equipamento. Todo o detalhamento dos componentes foi descrito e encontra-se em anexo através de desenhos técnicos e listas de materiais necessários para a construção do equipamento. Ao final do projeto, acredita-se que o equipamento atende às especificações da norma ISO 1143 (2021), sendo assim possível a realização de testes certificados. Este projeto apresenta uma alternativa aos equipamentos encontrados no mercado, possibilitando a fabricação própria e sua customização caso necessário.

PALAVRAS-CHAVE: ISO 1143 (2021), Fadiga por flexão rotativa, Modelagem, Projeto, Mecânica.

Altissimo, William. *Design of a rotary bending fatigue testing equipment*. 2024 71 pages.
Course conclusion Monography.

Mechanical Engineering – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2024.

ABSTRACT

Cyclic stresses are responsible for sudden and catastrophic failures, making it necessary to understand the strength of engineering materials used in projects in order to ensure their safety. The objective of this work was to design an equipment capable of carrying out tests of engineering material related to fatigue due to rotary bending. Based on the ISO 1143 (2021) standard, responsible for standardizing this type of test and concepts of existing equipment, this project aims to dimension the main commercial components, describe their operation and computationally model the necessary components to manufacturing the equipment. All the details of the components were described and are attached through technical drawings and lists of material necessary for the construction of the equipment. At the end of the project, it is believed that the equipment meets the specifications of the ISO 1143 (2021) standard, making it possible to carry out certified tests. This project presents an alternative to equipment already found on the market, enabling in house manufacturing and customization if necessary.

KEYWORDS: ISO 1143 (2021), Rotary bending fatigue, Modeling, Design, Mechanic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de um ciclo de tensão alternada, variando entre compressão (+) e tração (-)	1
Figura 2 - Curva de Wöhler, relacionando a tensão em que um componente é submetido com o número de ciclos até sua falha.....	2
Figura 3 - Representação da máquina de flexão rotativa de R.R. Moore e um corpo de prova.....	3
Figura 4 - Curva S-N, relacionando o número de ciclos com a tensão que o material irá falhar por fadiga	5
Figura 5 - Representação do diagrama de Forças e Tensão aplicados ao corpo de prova	6
Figura 6 - Diagrama de esforços do equipamento	8
Figura 7 - Representação do mecanismo de fixação e transferência de carga ao CP	10
Figura 8 - Representação dos componentes principais, forças do equipamento e fluxo de informação dos componentes de automação e controle.....	12
Figura 9 - Montagem completa do equipamento de testes de fadiga por flexão rotativa.....	14
Figura 10 - Rolamento SKF 6010 - RS1	18
Figura 11 - Rolamento 6204 – 2Z.....	20
Figura 12 - Guia linear Rexroth KWE-20-FLS-C0-H-1.....	20
Figura 13 - Diagrama de forças agindo sobre uma guia linear.....	21

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Motivação	2
1.2	Importância do estudo do fenômeno de fadiga.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.4	Tensões cíclicas	4
1.5	Curvas S-N	5
3	DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO	6
4	DIMENSIONAMENTO, MODELAGEM DE COMPONENTES E LÓGICA DE FUNCIONAMENTO	7
4.1	Aplicação de carga.....	7
4.2	Seleção, dimensionamento de componentes e lógica de funcionamento	8
4.3	Funcionamento do equipamento.....	13
5	RESULTADOS	14
6	CONCLUSÃO	14
6.1	Sugestões para trabalhos futuros	15
	REFERÊNCIAS	16
	REFERÊNCIAS	16
	APÊNDICE A: Memorial de cálculo.....	16
	APÊNDICE B: Desenhos técnicos.....	21

NOMENCLATURA

Letras Representativas

d	Diâmetro	[mm]
D	Distância	[m]
F	Força	[N]
G	Aceleração da gravidade	[m/s ²]
L	Braço de Alavanca	[mm]
M	Massa	[kg]
T	Tempo	[s]
S	Tensão	[MPa]
R	Reação	[N]
W	Potência	[W]

Abreviações

CP	Corpo de Prova
CAD	Computer-Aided Design
S-N	Tensão – Número de ciclos
SAE	Society of Automotive Engineers
ISO	International Organization for Standardization
CLP	Controlador Lógico Programável
IHM	Interface Homem Máquina
ATF	Fluido de Transmissão Automática

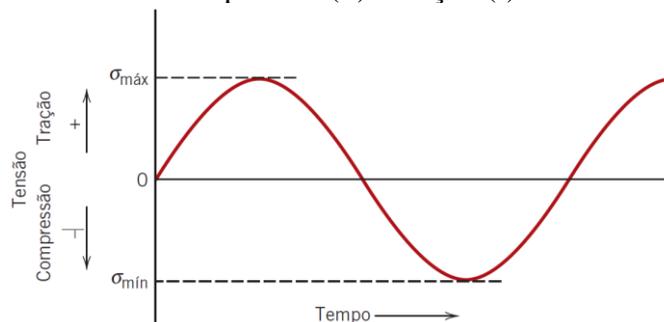
1 INTRODUÇÃO

A maioria das falhas em máquinas acontece devido a cargas que variam no tempo e não a esforços estáticos. Estas falhas ocorrem geralmente em níveis de tensão significativamente inferiores aos valores de resistência ao escoamento e são conhecidas por fadiga do material, ocorrendo normalmente de forma repentina, causando estragos, muitas vezes, catástrofes (Norton R.L., 2013).

Este fenômeno começou a ser estudado por volta de 1800, devido a eixos de vagão falharem prematuramente. Apesar de serem fabricados com níveis de segurança adequados, até então a metodologia de projeto se baseava em propriedades para os materiais de engenharia obtidos através de testes com carregamentos estáticos.

Com a utilização de máquinas a vapor, onde eixos eram mantidos fixos e polias giravam sobre estes, surgiram esforços de compressão e tração, caracterizando um esforço do tipo alternado, como mostra a Fig. 1.

Figura 1 - Representação de um ciclo de tensão alternada, variando entre compressão (+) e tração (-).

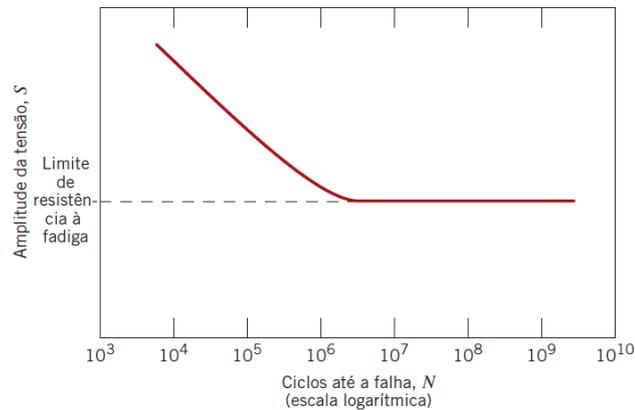


Fonte: Callister e Rethwish, 2016.

O termo fadiga, começou a ser usado em 1839 por Poncelet, devido ao mecanismo de falha ainda não ser conhecido e sua fratura apresentar aspecto frágil, como se o material tivesse cansado e partido repentinamente.

August Wöhler foi um engenheiro alemão que se dedicou a estudar este tipo de falha, realizando os primeiros testes e experimentos sobre o assunto falha por fadiga de materiais. Em 1870 suas descobertas foram capazes de relacionar um nível de tensão S ao número de ciclos N que determinado aço suportaria. Vários testes para diferentes níveis de tensão foram realizados e através destes dados construiu-se a Curva de Wöhler ou diagrama S-N, exemplificada na Fig. 2.

Figura 2 – Amplitude de tensão S em função do logaritmo do número de ciclos até a falha por fadiga N .



Fonte: Callister e Rethwish, 2016.

1.1 Motivação

A motivação para este trabalho vem da junção dos conhecimentos relacionados a testes laboratoriais relacionados aos fenômenos de fadiga de materiais metálicos, adquiridos como bolsista IC, modelagem através do *software* paramétrico CAD Solidworks e seleção de componentes mecânicos. A partir destes, surgiu o interesse de realizar o projeto mecânico de um equipamento de testes de fadiga de materiais segundo a norma ISO 1143 (2021).

1.2 Importância do estudo do fenômeno de fadiga

Além de apresentar elevado custos econômicos, este tipo de falha pode levar a acidentes catastróficos, como por exemplo a do avião Comet, que sofreu falhas catastróficas entre 1952 e 1954. As falhas ocorreram na fuselagem dos aviões e foram ocasionadas por fadiga cíclica, causadas por ciclos de pressurização e despressurização. Outro exemplo é um acidente ocorrido com um Boeing 737 em 1988, vindo a perder parte da cobertura de sua cabine.

No dia 29 de abril de 2016, na Noruega, um helicóptero Airbus 225 LP, prefixo LN-OJF, veio a sofrer um acidente catastrófico. Segundo o relatório da Accident Investigation Board Norway, o acidente veio a ocorrer devido a uma fratura causada por fadiga em um dos oito conjuntos de engrenagens planetárias secundárias no módulo epicíclico da caixa de transmissão principal (CTP).

A obtenção de dados é essencial para um melhor entendimento do fenômeno e para a

garantia da integridade estrutural de equipamentos e estruturas metálicas. Os equipamentos que realizam testes de fadiga por flexão rotativa, apresentam uma grande vantagem em relação à equipamentos de tração uniaxial, pois operam em frequências de testes mais elevadas, produzindo um maior número de dados para o mesmo espaço de tempo.

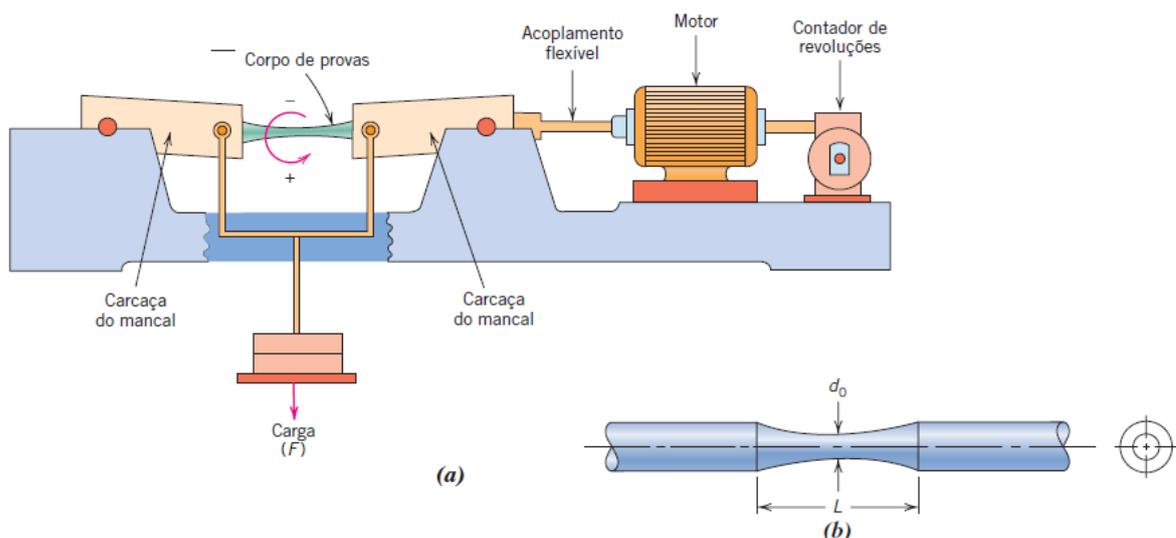
1.3 Objetivos

Os objetivos do projeto são o desenvolvimento de um equipamento de testes de fadiga por flexão rotativa que possa atender a norma ISO 1143 (2021). Além disso, pretende-se dimensionar os principais componentes, descrever o funcionamento e interação dos componentes utilizados no projeto, permitindo sua fabricação através de listas de componentes e desenhos técnicos.

A Fig. 3 mostra o equipamento desenvolvido por R.R Moore em 1930, e que serve de modelo até os dias atuais para testes de fadiga por flexão rotativa, para a obtenção de curvas S-N para materiais de engenharia.

Este equipamento consiste em um mecanismo capaz de gerar um momento fletor em um corpo de prova (CP), que gira há uma determinada rotação. Esta configuração provoca tensões cíclicas, devido as fibras do material alternarem seu estado de compressão para tração à medida que estas giram, desenvolvendo o fenômeno de fadiga ao longo do teste.

Figura 3 - Representação da máquina de flexão rotativa de R.R. Moore e um corpo de prova.



Fonte: Callister e Rethwish, 2016.

1.4 Tensões cíclicas

A seguir será feito um breve resumo das equações relacionadas ao fenômeno de fadiga, baseando-se no livro *Ciência e Engenharia de Materiais, Uma Introdução* (Callister e Rethwish, 2016).

As tensões podem ser do tipo axial (tração ou compressão), de flexão (dobramento) ou torção, sendo que podem haver combinações destas três, resultando em tensões compostas. Existem diferentes tipos de tensões variáveis em função do tempo, o caso em estudo trata de tensões com comportamento senoidal, com mesma frequência e amplitude simétrica em relação à tensão média, alternando entre uma tensão máxima e mínima, conforme a Fig. 1, pois representa o comportamento das tensões durante testes de flexão rotativa.

A tensão média é definida pela Eq. 1 como σ_m , onde $\sigma_{m\acute{a}x}$ representa a tensão máxima e $\sigma_{m\acute{i}n}$ a tensão mínima, representando a média das tensões durante um ciclo.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} + \sigma_{m\acute{i}n}}{2} \quad (1)$$

A Eq. 2 representa o intervalo das tensões σ_i e representa a diferença entre $\sigma_{m\acute{a}x}$ e $\sigma_{m\acute{i}n}$

$$\sigma_i = \sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{m\acute{i}n} \quad (2)$$

A Eq. 3 representa a amplitude das tensões σ_a , representando a metade do intervalo das tensões e é calculada através do valor médio entre $\sigma_{m\acute{a}x}$ e $\sigma_{m\acute{i}n}$.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_i}{2} = \frac{\sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{m\acute{i}n}}{2} \quad (3)$$

A Eq. 4 representa a razão entre as tensões R , sendo calculada através da razão entre a tensão mínima e máxima,

$$R = \frac{\sigma_{m\acute{i}n}}{\sigma_{m\acute{a}x}} \quad (4)$$

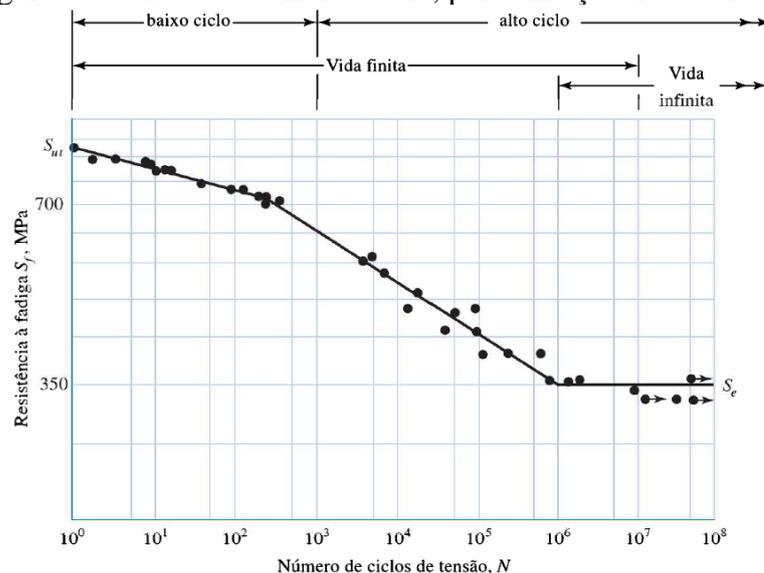
Convencionou-se que tensões trativas possuem sinal positivo e compressivas sinal negativo, sendo que para ciclos de tensão alternada R possui valor -1.

1.5 Curvas S-N

As propriedades relacionadas ao fenômeno de fadiga dos materiais podem ser estimadas através de testes laboratoriais, que simulam a condição de trabalho nas quais os componentes irão operar. Para a realização dos testes, são confeccionados CPs que seguem normas, visando obter uma padronização dos resultados e prevenir que efeitos secundários interfiram nos resultados obtidos.

As curvas S-N são curvas construídas a partir da obtenção de vários testes para o mesmo material, alterando os níveis de tensão aplicados aos CPs testados. Para a construção das curvas, plota-se o nível de tensão S a qual o corpo de prova foi submetido em função do logaritmo do número de ciclos até a sua falha N , como pode-se observar na Fig. 4.

Figura 4 – Curva de Wöhler ou S-N, para um aço UNS G41 300.



Fonte: Elementos de máquinas de Shigley (Budynas e Nysbett, 2016).

Para materiais como ligas ferrosas, titânio, magnésio e ferro-fundido a partir de uma determinada tensão, apresentam uma característica chamada limite de resistência em fadiga S_e , na qual caso o componente operar abaixo desta tensão, não ocorrerá falha por fadiga. Alguns materiais com latão e alumínio não apresentam limite de resistência a fadiga, vindo a falhar por fadiga em algum momento.

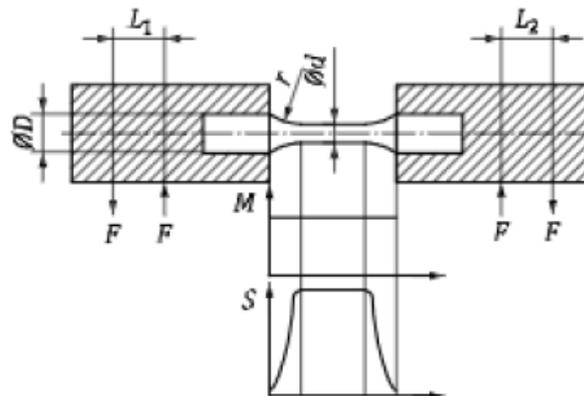
Após a obtenção das curvas S-N para um material, pode-se determinar o número de ciclos a qual um componente suportaria até a sua falha, caso seja submetido a um determinado nível de tensão, sendo este parâmetro determinado vida em fadiga N_f .

3 DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO

Existem inúmeras possibilidades de configurações para se construir um equipamento de testes, capaz de realizar ensaios laboratoriais segundo a norma ISO 1143 (2021). A partir da análise da norma, foram escolhidos alguns parâmetros principais que direcionaram o desenvolvimento do projeto, sendo os principais o modelo de CP, carga máxima aplicada e faixa de frequência de operação.

O modelo de CP escolhido foi o paralelo, com quatro pontos de aplicação de carga, devido a uma região de ensaio com esforço uniforme maior em relação aos outros modelos. A Fig. 5 representa o modelo de CP escolhido, as forças aplicadas F , o diagrama de momento fletor M e o diagrama de tensões S . No Apêndice B encontra-se o desenho técnico com as dimensões exigidas para o CP.

Figura 5 - Representação do diagrama de Forças e Tensão aplicados ao corpo de prova.



Fonte: Norma ISO 1143 (2021).

Segundo a norma utilizada, os CPs devem ter suas dimensões padronizadas, pois a geometria é crítica e pode comprometer os resultados, devido à mudança brusca de geometria podem causar concentradores de tensão, alterando os resultados obtidos. Existem 3 valores recomendados para o diâmetro de testes d , 6 mm, 7,5 mm e 9,5 mm, com tolerância dimensional de $0,005d$. Para evitar concentradores de tensão e alterar os valores obtidos nos testes, a transição entre a seção de ensaio e a de fixação deve possuir raio mínimo de $3d$.

Para realizar o dimensionamento de componentes como rolamentos e guias lineares, a carga máxima total foi fixada em 1000 N. O mecanismo de aplicação de carga escolhido é simples e proporciona repetibilidade, pois a carga é atingida por meio de um conjunto massas aferidas a serem adicionadas ao mecanismo, garantindo a repetibilidade dos testes.

As frequências de testes normalmente variam entre 15 Hz e 200 Hz (900 rpm a 12000 rpm) segundo a norma ISO (1143). No entanto, a norma alerta para o auto aquecimento do CP em altas frequências, podendo causar distorção nos resultados obtidos. O CP deve permanecer em 34°C, com tolerância de +1 °C a -1 °C, sendo assim, para atender este requisito, os testes devem ser realizados em ambiente climatizado com temperatura e umidade controlada.

Para garantir estabilidade nos resultados obtidos, foi empregado um sistema de ventilação forçada para auxiliar na dissipação do calor gerado pelo auto aquecimento do CP e o atrito dos componentes móveis do equipamento. Tendo em vista as frequências típicas empregadas neste tipo de teste, optou-se por dimensionar o equipamento para uma faixa de testes de 900 rpm a 3000 rpm.

4 DIMENSIONAMENTO, MODELAGEM DE COMPONENTES E LÓGICA DE FUNCIONAMENTO

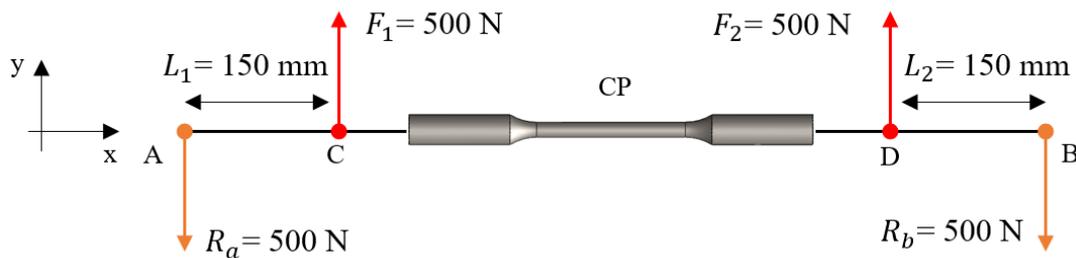
A seguir será descrita a metodologia de aplicação de carga ao sistema, os componentes comerciais selecionados e a modelagem via *software* CAD Solidworks dos principais componentes do projeto. A lógica de funcionamento e interação entre os componentes será descrita ao longo do texto, podendo obter-se o detalhamento dos componentes modelados a partir dos desenhos técnicos no Apêndice B.

4.1 Aplicação de carga

O controle de carga é extremamente importante para o procedimento experimental, pois este deve ser preciso e constante ao longo de toda a duração do teste. Conforme o nível de tensão desejado, será calculada a força a ser aplicada no mecanismo de transferência de carga.

A norma ISO 1143 (2021) descreve como deve ser a aplicação de carga a fim de atender as exigências necessárias para a realização dos testes. A Fig. 6 representa o diagrama de esforços aplicados ao equipamento projetado, sendo F_1 e F_2 , o máximo esforço para o qual o equipamento foi dimensionado, R_a e R_b representam as reações do equipamento às forças aplicadas. O comprimento do braço de aplicação de força L é a distância entre os pontos de aplicação C e D de carga e os pontos de pivotamento A e B , sendo para este projeto escolhido o valor de 150 mm.

Figura 6 - Diagrama de esforços do equipamento.



Fonte: o autor.

Como a distância entre os pontos de aplicação de carga é constante, pode-se apenas variar a massa aplicada ao sistema de acordo com as dimensões do CP escolhido, para produzir o nível de tensão S desejado para o teste.

A Eq. 5 está descrita na norma ISO 1143 (2021) e representa a força F (N) necessária para submeter o modelo de CP escolhido, a um determinado nível de tensão S (MPa). Para a realização do teste é necessário saber o diâmetro da região de testes d (mm) e a distância entre os pontos de articulação L (mm).

$$F = S \frac{\pi d^3}{32L} \quad (5)$$

A fim de garantir que erros não sejam cometidos durante o procedimento de aplicação de carga, uma célula de carga da fabricante Mettler Toledo, modelo SLS410 foi adicionada ao sistema. Através da leitura da carga aplicada, pode-se implementar uma lógica de checagem via CPL e o teste somente irá começar caso a carga desejada esteja correta.

A norma ISO 1143 (2021) exige que a precisão da carga aplicada seja menor do que 1%. Já o modelo de célula de carga escolhido possui precisão de 0,03% segundo o fabricante. Sendo assim, o sistema apresenta robustez quanto a precisão e repetibilidade, pois as massas utilizadas serão sempre as mesmas e haverá checagem do esforço aplicado ao sistema.

4.2 Seleção, dimensionamento de componentes e lógica de funcionamento

Partindo do desenho esquemático representado pela Fig. 4 e observando as necessidades exigidas pela norma ISO 1143 (2021), iniciou-se a seleção de componentes e modelagem através do *software* CAD Solidworks.

As tolerâncias exigidas para a execução dos testes devem ser atendidas para a validação

dos dados obtidos, sendo assim, o processo de usinagem dos CPs deve ser preciso e capaz de fornecer alinhamento dos eixos principais. A tolerância de desalinhamento entre as extremidades de fixação dos corpos de prova deve ser de + 0,025 mm a - 0,025mm, já a excentricidade medida entre dois diferentes pontos do corpo de prova deve ser de + 0,013 mm a - 0,013 mm.

Para garantir o alinhamento e fixação entre os dois eixos do equipamento, um conjunto de pinça ER 32 e porca ER 32 foram utilizados para a fixação do CP. Estes componentes possuem elevada precisão dimensional e possibilitam troca rápida de CP.

O conjunto peça e porca são componentes comerciais e podem ser facilmente encontrados e substituídos caso necessário. Este modelo pode suportar hastes que variam de 2 mm a 20 mm de diâmetro, sendo assim irá atender a todos os CPs, pois o diâmetro de fixação será 12 mm para todos.

Para suportar os esforços de flexão e transmitir a potência necessária, foi modelado um eixo capaz de suportar o conjunto porca e pinça ER32. Devido a este componente sofrer esforços cíclicos drante sua operação, será fabricado em aço liga SAE 4340, que proporciona boas características de usinagem e resiliência.

Estes componentes têm função crucial no equipamento, pois necessitam suportar a transferência de carga para o CP e ao mesmo tempo garantir a concentricidade do sistema, para que não ajam esforços indesejados, podendo alterar os resultados obtidos.

Para suportar os esforços dos eixos principais do equipamento, foram selecionados rolamentos de esferas da marca SKF, que necessitam suportar a aplicação de carga do eixo principal e produzir baixo atrito, sendo escolhido o modelo 6010-RS1 para tal função. Os cálculos de dimensionamento, as especificações e a figura que representa o componente encontram-se no Apêndice A.

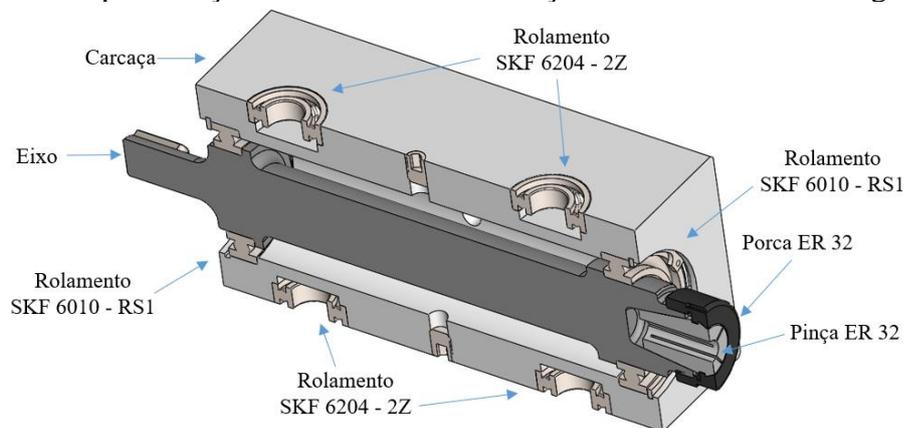
Devido à necessidade de manter a temperatura do corpo de prova estável durante o teste, é de grande importância que o calor gerado pelo atrito nos rolamentos não seja transmitido para o corpo de prova. Para mitigar este possível efeito, os rolamentos serão banhados em óleo de transmissão automática ATF de baixa viscosidade, garantindo boa lubrificação e baixo atrito, facilitando a troca térmica do sistema e mantendo à temperatura mais próxima a ambiente.

O rolamento SKF 6010-RS1 apresenta vedação em um de seus lados, que deve ser montada na parte externa do mecanismo de aplicação de carga, pois esta mantém o lubrificante na parte interna do dispositivo.

Para reduzir o atrito e evitar interferência na aplicação de carga, foram utilizados rolamentos nas principais articulações do mecanismo de transferência de carga. O modelo escolhido foi o rolamento de esferas SKF 6204-2Z, que atende as especificações de carga exigidas e possui blindagem, dispensando a necessidade de manutenção periódica. Os cálculos de dimensionamento, as especificações e a figura que representa o componente encontram-se no Apêndice A.

Após selecionados os componentes para suportar os esforços, iniciou-se a modelagem de uma estrutura para suportar estes componentes e possibilitar a sua operação. A Fig. 7 representa a montagem do conjunto desenvolvido para suportar os esforços transmitidos ao CP e seus componentes.

Figura 7 – Representação do mecanismo de fixação e transferência de carga ao CP.



Fonte: o autor.

O equipamento deve apenas produzir esforços de momento fletor no CP, para que isto seja possível, ao menos um dos eixos deve permitir deslocamento transversal evitando esforços compostos, que causariam distorção nos resultados obtidos.

Devida a exigência de precisão de alinhamento, foram utilizadas guias lineares para permitir deslocamento transversal em um dos apoios que suportam o sistema de transmissão de carga, pois proporcionam baixo atrito e precisão de deslocamento. O fabricante escolhido foi a Rexroth e o modelo escolhido foi o KWE-020-FLS-C0-H-1. Os cálculos de dimensionamento, as especificações e a figura que representa o componente encontram-se no Apêndice A.

Para fornecer potência ao equipamento foi selecionado um *servomotor* da marca Schneider, modelo BCH2LH2033CA6C, pois este permite fácil controle de rotação e conta com um *encoder* incremental, permitindo a contagem de ciclos até a falha do CP. O modelo escolhido possui 2000 W de potência, rotação máxima de 5000 rpm e rotação nominal de

trabalho de 3000 rpm, atendendo o requisito de projeto para longos testes sem haver problemas.

Este servomotor possui acoplado um *encoder* incremental que proporciona a aquisição de dados de posição angular, facilitando o controle de velocidade e a contagem de ciclos até o rompimento do CP. Através do CLP pode-se facilmente alterar e registrar os parâmetros utilizados durante o teste.

Para transmitir a potência do *servomotor* para o eixo que suporte o CP, foi selecionado um acoplamento flexível da fabricante Kalatec Automação, modelo ADS-60J. Este componente visa permitir uma redução de possíveis vibrações e reduzir os efeitos de desalinhamentos entre os componentes. A representação e suas dimensões encontram-se no Apêndice B, junto aos desenhos técnicos.

Para realizar a alimentação elétrica do *servomotor*, foi selecionado um *servodrive* da marca Schneider modelo LXM28AU20M3X, através do seletor de componentes disponibilizado pelo fabricante.

Para detectar o final do ensaio foi selecionado um sensor de fim de curso, da marca Telemecanique Sensors modelo XCMH2102L1. Ao término do teste o CP irá romper e o sensor será acionado, vindo a atuar como um sensor de parada e através da comunicação com CLP o equipamento para de girar e interrompe a contagem de ciclos, finalizando o teste.

Para garantir que não ocorreram variações de temperatura acima do estabelecido, foi escolhido um sensor de temperatura do tipo PT100 para monitorar a temperatura do ambiente. Pode-se implementar uma lógica de aquisição de dados ao longo do tempo via CLP, gerando dados para certificar o teste.

Para facilitar a interação e controle do equipamento foi selecionado uma Interface Homem Máquina (IHM), com controlador lógico programável integrado da fabricante Schneider. Os modelos selecionados foram a IHM Gráfica de 5,7 polegadas Harmony e o CLP modelo HMISCU8B5.

A *interface* pode ser alterada e novas funções podem ser adicionadas via programação, tornando a comunicação com o equipamento altamente customizável de acordo com a necessidade. O CLP escolhido possui 8 entradas /saídas digitais e 4 entradas/saídas analógicas, podendo ser utilizadas para a ligação dos sensores.

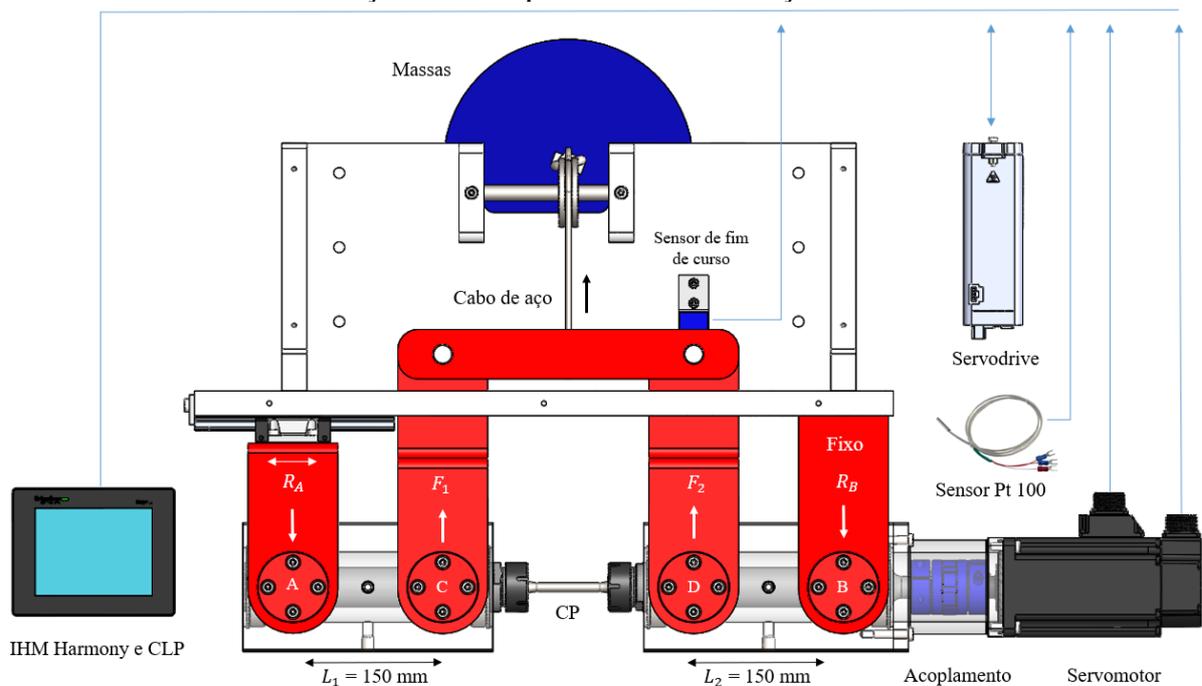
Toda a interação com o equipamento será feita a través da *interface* IHM, sendo possível inserir parâmetros e coletar os dados do teste através da mesma. O CLP programável irá receber as informações dos sensores PT100, célula de carga, sensor de fim de curso e *encoder*

incremental do *servomotor*, aquisitando os dados do teste, podendo ser extraídos para a confecção das curvas S-N.

Após selecionados os componentes descritos e com base no conceito de equipamento desenvolvido por R.R.Moore e nas figuras 6 e 7, foram modelados os demais componentes que compõem o projeto, cujos desenhos se encontram no Apêndice B.

A Fig. 8 representa a vista superior da montagem dos principais componentes selecionados e modelados que compõem o projeto, graus de liberdade dos componentes, esquema de forças a qual o sistema é submetido durante a sua operação e a interação entre os componentes de automação.

Figura 8 – Representação dos componentes principais, forças do equipamento e fluxo de informação dos componentes de automação e controle.



Fonte: o autor.

O mecanismo de transferência de carga desenvolvido pode ser observado em vermelho, sendo composto por um apoio fixo à direita e um apoio que permite movimento transversal à esquerda. Os pontos A, B, C e D permitem que o conjunto de aplicação de carga rotacione, gerando o momento fletor no CP, afim de atingir a tensão desejada na região de testes com diâmetro d. A escolha da configuração do mecanismo se deu para que sua massa não interfira no esforço aplicado ao CP, garantindo que somente é aplicado o esforço medido através da célula de carga.

As massas que geram a carga no sistema foram alocadas na parte inferior do equipamento e sua força é transmitida através de um cabo de aço para o conjunto responsável por produzir o momento fletor. As setas em azul representam a troca de informações entre o conjunto IHM e CLP, com os demais componentes que fornecem potência e controle ao sistema.

4.3 Funcionamento do equipamento

Ao iniciar o teste, via *interface* IHM deve-se inserir dados como diâmetro de teste d do CP, material a ser testado, frequência de teste, tensão desejada. Após inseridos os dados do teste, deve-se remover a proteção do equipamento e prosseguir com a instalação do CP selecionado, após sua instalação deve-se colocar novamente a proteção.

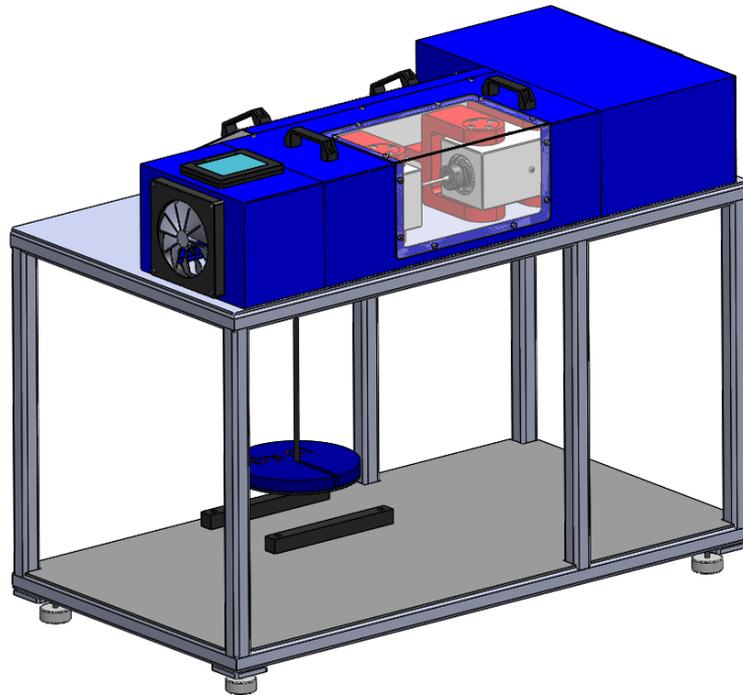
A etapa seguinte é a aplicação de aplicação da carga que será feita através da adição de massas ao sistema de transferência de carga. Através da célula de carga presente no sistema pode-se acompanhar o esforço aplicado, somente permitindo o início do teste caso a leitura esteja adequada para a obtenção da tensão de teste previamente inserida. Verificando que a carga aplicada e a temperatura estão adequadas, se dá início no teste.

Após iniciado o teste, os ciclos serão contados até o do rompimento do CP, neste momento será acionado sensor de fim de curso, parando a contagem de ciclos e a aquisição de dados. Pode-se então remover a proteção e retirar o CP testado e prosseguir com a instalação de um novo, repetindo novamente o procedimento de teste. Após realizados os testes, pode-se extrair os dados para prosseguir com sua análise e assim caracterizar o material estudado em relação ao fenômeno de fadiga.

Para a obtenção de uma curva S-N é necessário uma série de testes para diferentes níveis de tensões, para um CP de mesmo material e mesmo diâmetro de teste d , assim como demonstrado na Fig. 4. A norma ISO 1143 (2021) descreve como proceder com os dados obtidos as curvas S-N, sendo assim, recomenda-se a leitura da norma para um maior entendimento.

A Fig. 9 representa a montagem completa do equipamento com todos os seus componentes. O equipamento possui uma bancada para suportar a estrutura principal, um conjunto de proteções para garantir um fluxo de ar, manter a temperatura estável, proteger os componentes de automação e proteger o operador.

Figura 9 - Montagem completa do equipamento de testes de fadiga por flexão rotativa.



Fonte: o autor.

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos pelo trabalho foram a modelagem e seleção de todos os componentes necessário para o projeto mecânico do equipamento. No Apêndice B encontram-se os desenhos técnicos de todos os componentes modelados, submontagens e listas com todos os componentes utilizados no projeto. No Apêndice A, encontram-se os cálculos utilizados para o dimensionamento dos rolamentos e guias lineares utilizados no projeto.

Também foram selecionados todos os componentes necessários para a realização da automação e controle do equipamento. Através das logicas de interação entre os componentes de automação é possível realizar a programação via CLP para garantir o funcionamento do equipamento de acordo com a descrição do trabalho.

6 CONCLUSÃO

O trabalho cumpriu com o objetivo inicial proposto de desenvolver um projeto de um equipamento capaz de realizar ensaios laboratoriais que atendam os requisitos da norma ISO

1143 (2021). O desenvolvimento do projeto buscou ser capaz de realizar testes que atendam à norma, sendo assim, o dimensionamento dos componentes seguiu critérios especificados para atender os requisitos exigidos para tal, possibilitando a realização de possíveis testes certificados pela norma. Com dados certificados pela norma é possível construir curvas S-N para materiais de engenharia e utilizar seus dados para projetos de componentes.

Durante a modelagem e seleção dos componentes o projeto passou por diversas alterações, ao longo de seu desenvolvimento o número de componentes foi minimizado para garantir a simplicidade e robustez do equipamento. A customização deste projeto se torna fácil e pode-se adequar às necessidades futuras.

Tendo em vista que equipamentos de testes laboratoriais normalmente são importados e possuem elevado custo de aquisição, este trabalho pode ser uma alternativa a estes. O projeto pode facilmente ser customizado de acordo com as necessidades do interessado em construí-lo, pois pode-se utilizar componentes de automação mais simples e de menor custo se necessário.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, sugere-se a construção do equipamento e a realização de testes que comprovem a funcionalidade do equipamento.

O foco do projeto deteve-se na parte mecânica e criação da lógica de funcionamento do equipamento, sendo necessário a criação do esquema elétrico para permitir o seu funcionamento. A interface de operação também necessita ser programada, para cumprir com a lógica de funcionamento proposta neste trabalho.

Para dar continuidade ao projeto, é necessário verificar sua viabilidade econômica e, para tal, é necessário fazer um levantamento dos custos de fabricação e aquisição dos componentes necessários para a construção do equipamento. Após a obtenção do custo total de construção do equipamento, é importante verificar o custo de equipamentos comerciais similares a este projeto e comparar os valores.

Caso seja viável financeiramente, pode-se prosseguir com a prospecção de possíveis clientes para o produto. Caso o custo total seja elevado, pode-se optar por alterar os componentes de controle e automação a fim de reduzir o custo e tornar o projeto viável, pois este projeto é facilmente customizável.

REFERÊNCIAS

Accident Investigation Board Norway. **RELATÓRIO SOBRE O ACIDENTE AÉREO PERTO DE TURØY, MUNICÍPIO DE ØYGARDEN, HORDALAND CONDADO, NORUEGA 29 DE ABRIL DE 2016 COM AIRBUS HELICÓPTEROS EC 225 LP, LN-OJF, OPERADOS POR SERVIÇO DE HELIKOPTERO CHC COMO.** Disponível em < https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2023-04/2018-04_LN-OJF.pdf>. Acesso em: 28 ago 2024.

Bosh Rexroth. **Ball rail systems Compact Line.** Disponível em < https://www.boschrexroth.com/pt/br/search.html?_3_vocabId_4354720=4677629&q=%22R9990101214%22&c=br&lang=pt&s=download>. Acesso em: 11 jun 2024.

Bosh Rexroth. **Guia Linear modelo KWE-020-FSL-C0-H-1.** Disponível em < https://store.boschrexroth.com/ccrz_ccPage?cclcl=pt_BR&pageKey=LPDP&SKU=R205B89320>. Acesso em: 11 jun 2024.

Budynas e Nisbett, “**Elementos de máquinas de Shigley**”. 10ª edição, 2016.

Cazaud, R. “**La Fatigue des Métaux**”. 3ª edição, 1957.

ISO 1143: Metallic materials – Rotating bar bending fatigue testing (2021).

Kalatec Automação. **Acoplamento ADS-60J.** Disponível em < <https://www.kalatec.com.br/acoplamento-com-elastomero-ads>>. Acesso em 01 ago 2024.

Mettler Toledo. **Célula de carga SLS410.** Disponível em < https://www.mt.com/br/pt/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/load-cell-and-weigh-module/tension-1c/SLS410-economical.html>. Acesso em: 27 jun 2024.

Loja do Mecânico. **Chave para porca ER32.** Disponível em < <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/588850/48/634/chave-para-porca-er-32b---er-32-t2---umer-25s-bt-fixo-588850>>. Acesso em: 11 ago 2024.

Loja do Mecânico. **Pinça ER32.** Disponível em < <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/596986/21/628/pinca-er-32-12mm-wtools-596986>>. Acesso em: 11 ago 2024.

Loja do Mecânico. **Porca para pinça ER32.** Disponível em < <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/588101/11/612/porca-para-pinca-er32-b---tipo-com-ranhuras---m40x15-bt-fixo-588101>>. Acesso em: 11 ago 2024.

Robert L. Norton. “**Máquinas: Uma Abordagem Integrada**”, 4ª edição, Bookman, 2013.

Schneider Electric. **IHM gráfica 5.7 com controlador lógico programável incorporado HMISCU8B5**. Disponível em < <https://www.se.com/br/pt/product/HMISCU8B5/ihm-grafica-5-7-com-controlador-logico-programavel-incorporado-hmiscu8b5/?range=61980-ihm-combo-harmony-scu&parent-subcategory-id=89165&filter=business-1-automa%C3%A7%C3%A3o-e->

[controle&selectedNodeId=12368269846](#) >. Acesso em: 11 jun 2024.

Schneider Electric. **Servo acionamento Lexium 28 modelo LXM28AU203X**. Disponível em < <https://www.se.com/br/pt/product/LXM28AU20M3X/servo-acionamento-lexium-28-trif%C3%A1sico-230vca-2kw-lxm28au20m3x/>>. Acesso em: 11 jun 2024.

Schneider Electric. **Servomotor BCH2LH2033CA6C**. Disponível em < <https://www.se.com/br/pt/product/BCH2LH2033CA6C/servomotor-de-baixa-inercia-com-flange-de-100-mm-6-37-nm-3000-rpm-monovolta-eixo-chaveado-sem-freio-ip-65-ip-65/>>. Acesso em: 11 jun 2024.

SKF Product Select. **Catálogo de rolamentos de esferas SKF**. Disponível em < <https://www.skf.com/br/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings#cid-493604>>. Acesso em: 11 jun 2024.

SKF Product Select. **Seletor de produtos SKF**. Disponível em < <https://productselect.skf.com/#/type-arrangement/own-arrangement>>. Acesso em: 11 jun 2024.

Telemecanique Sensors. **Sensor de fim de curso modelo XCMH210L1**. Disponível em < <https://telemecaniquesensors.com/br/pt-br/product/reference/XCMH2110L1>>. Acesso em 11 jun 2024.

William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch. **“Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução”**, 9ª edição, LTC, 2016.

APÊNDICE A: Memorial de cálculo

Abreviações

f_a	Fator de Carregamento
F_r	Força Radial Efetiva
C_R	Capacidade Dinâmica
P_0	Carga Estática Equivalente
S_0	Fator de Segurança de Carga Estática
F_z	Força na Direção Z

O dimensionamento dos componentes levou em conta a carga máxima de 1000N aplicada ao sistema. A metodologia de cálculo utilizada para os rolamentos baseou-se no Catálogo de rolamentos de esferas SKF, encontrado no site do fabricante.

Cálculo dimensionamento rolamento SKF 6010 - RS1.

Estes rolamentos foram selecionados com os requisitos de se adequar a dimensão dos eixos principais do equipamento e suportar as cargas exercidas pelo sistema de aplicação de carga. A Fig. 10 representa o componente e suas especificações.

Figura 10 – Rolamento SKF 6010 - RS1
Dados de cálculo



Classe de desempenho SKF		SKF Explorer
Classificação de carga dinâmica básica	C	22.9 kN
Classificação de carga estática básica	C_0	15.6 kN
Limite de carga de fadiga	P_u	0.71 kN
Velocidade-limite		5 000 r/min
Fator de carga mínima	k_r	0.025
Fator de cálculo	f_0	14.7

Fonte: site SKF

Os esforços em ambos os rolamentos do conjunto são de natureza radial e foram dimensionados para a carga máxima aplicada ao sistema, sendo assim a carga aplicada em cada rolamento será de 250 N e considerando-se apenas esforços radiais F'_r e uma condição de

operação normal com um fator de carregamento f_a de 1,2. Devido ao equipamento operar em baixas temperaturas não é necessário aplicar fatores modificadores de capacidade dinâmica.

Com o auxílio da Eq. 6 é possível encontrar a força axial efetiva aplicada de 300 N.

$$F_r = f_a F'_r \quad (6)$$

Devido a configuração do equipamento a força axial pode ser desconsiderada e através da Eq. 7 e com os fatores $X = 1$ e $Y = 0$ encontrou-se uma carga dinâmica P de 300N.

$$P = XF_r + YF_a \quad (7)$$

Para encontrar a vida útil do rolamento com 90% de confiabilidade foi utilizado a Eq. 8, considerando o fator $a = 3$ devido ao rolamento ser de esferas e a capacidade dinâmica do rolamento $C_r = 22900$ N. Utilizando estes valores obteve-se uma vida útil de 444777×10^6 ciclos.

$$L_{90} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (8)$$

Para uma confiabilidade de 97% utilizou-se a Eq. 9, encontrando uma vida útil de 195702×10^6 ciclos.

$$L_x = f_c L_{90} \quad (9)$$

A Eq. 10 forneceu uma vida útil de 1087234 horas, considerando uma velocidade de operação de 3000 *rpm*.

$$L_{xh} = \frac{10^6 L_x}{60n} \quad (10)$$

O fator de segurança para carga estática S_0 foi calculado através da Eq. 11, que leva em conta a capacidade carga estática $C_0 = 15600$ N e a carga estática equivalente $P_0 = 300$ N.

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} \quad (11)$$

Utilizando estes valores o coeficiente de segurança é de 52 vezes, que garante que não irão ocorrer problemas quanto a cargas estáticas,

Cálculo dimensionamento rolamento SKF 6204 – 2Z

Estes rolamentos foram selecionados com os requisitos de se adequar a dimensão do sistema de aplicação de carga e suportar as cargas exercidas. A Fig. 11 representa o componente e suas especificações.

Figura 11 – Rolamento 6204 – 2Z.
Dados de cálculo



Classe de desempenho SKF		SKF Explorer
Classificação de carga dinâmica básica	C	13.5 kN
Classificação de carga estática básica	C_0	6.55 kN
Limite de carga de fadiga	P_u	0.28 kN
Velocidade de referência		32 000 r/min
Velocidade-limite		17 000 r/min
Fator de carga mínima	k_r	0.025
Fator de cálculo	f_0	13

Fonte: site SKF

Devido a condição de trabalho de baixo movimento, é possível apenas dimensionar a carga estática de operação para satisfazer os critérios de segurança.

Este modelo possui C_0 de 6,55 kN, P_0 de 0,3 kN e através da Eq. 8 obteve-se $S_0 = 21$. Este valor é muita acima do mínimo exigido pelo fabricante, que é 2 para esta condição, garantindo a segurança do componente.

Cálculo dimensionamento guia linear Rexroth KWE-020-FLS-C0-H-1

Para o dimensionamento do conjunto guia linear e trilho foi utilizado o manual Ball rail systems Compact Line do fabricante do componente.

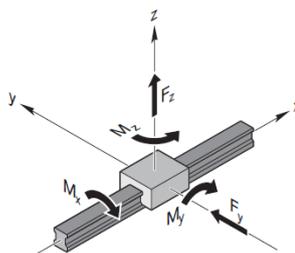
Imagem 12 – Guia linear Rexroth KWE-20-FLS-C0-H-1.



Fonte: Site Rexroth.

Os conjuntos de guias lineares irão sofrer apenas esforços de compressão devido a construção do equipamento, e foram dimensionados para a máxima carga aplicada ao sistema, sendo assim cada conjunto necessita suportar 250 N na direção F_z . A Fig. 13 representa o diagrama de forças possíveis agindo sobre o conjunto guia linear e trilho.

Imagem 13 – Diagrama de forças agindo sobre uma guia linear.

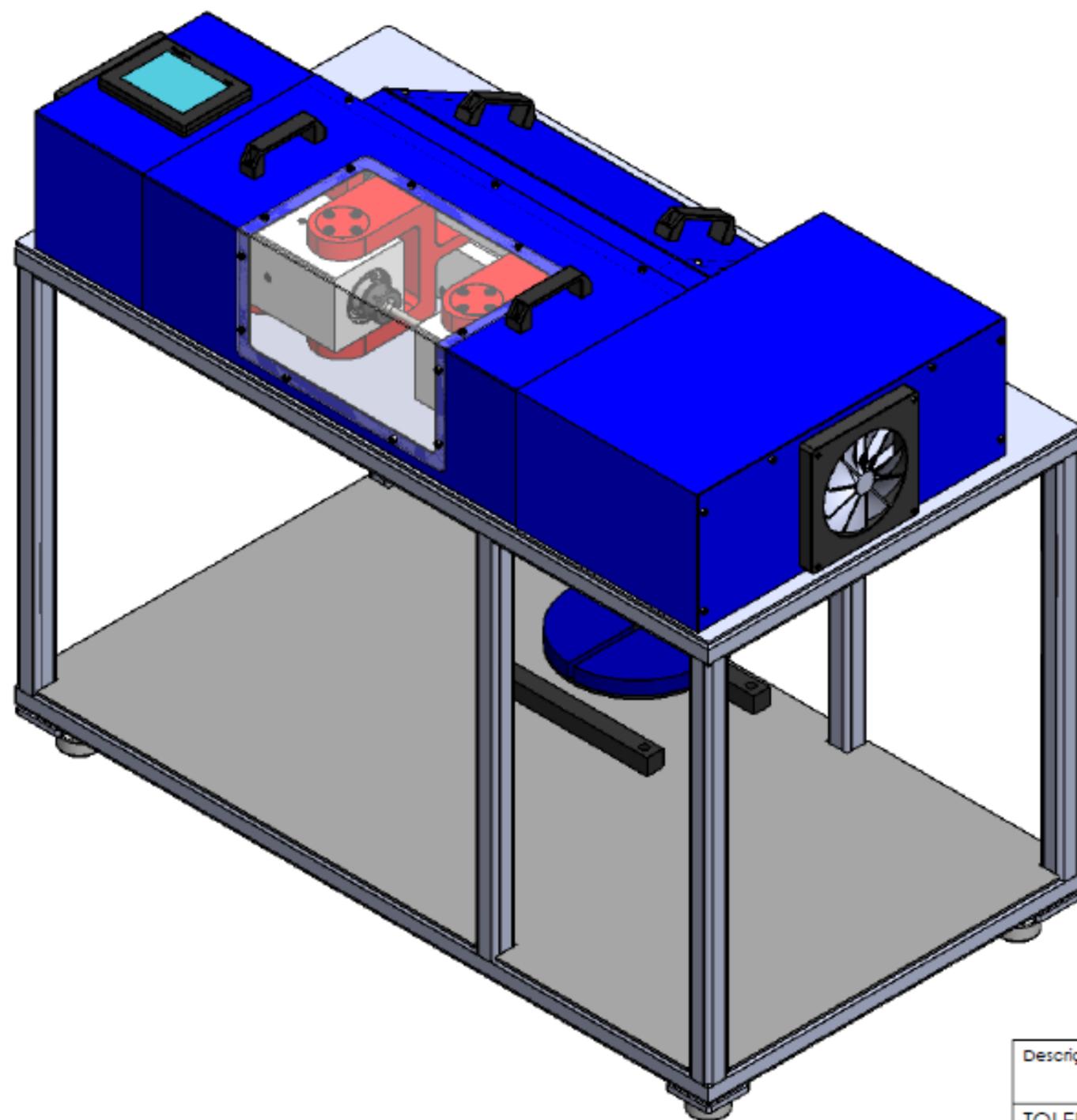


Fonte: Manual guias lineares de esferas Rexroth.

O limite de carga estática C_0 é 27100 N, respectivo coeficiente de segurança para carga estática de 108 vezes. Fatores dinâmicos não foram considerados, pois os componentes não irão sofrer elevado número de ciclos a ponto de ser necessário este tipo de cálculo.

APÊNDICE B: Desenhos técnicos

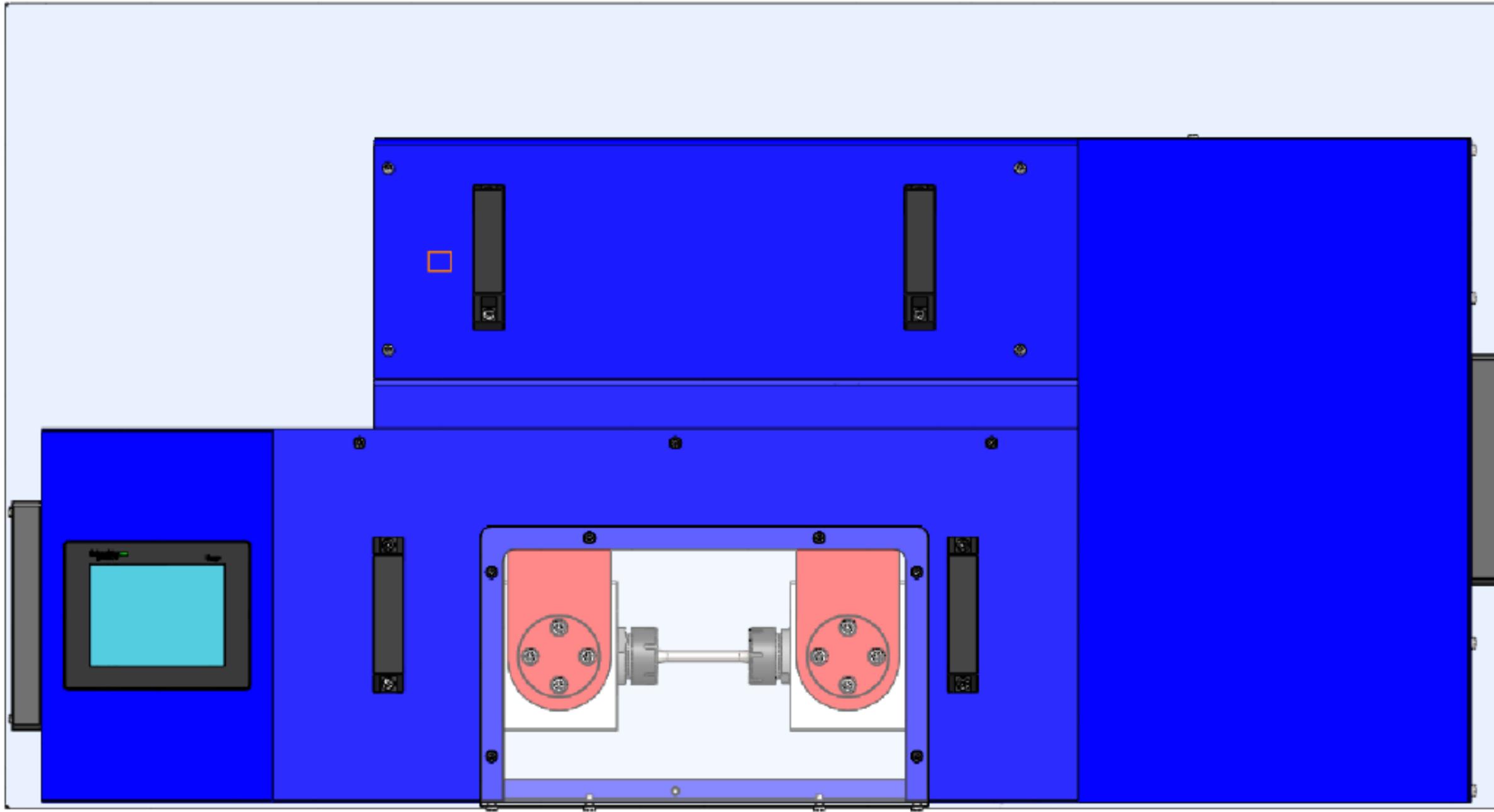
O Apêndice B contém as imagens dos componentes, submontagens e lista de materiais necessários para guiar a fabricação do equipamento.



ESCALA 1 : 7

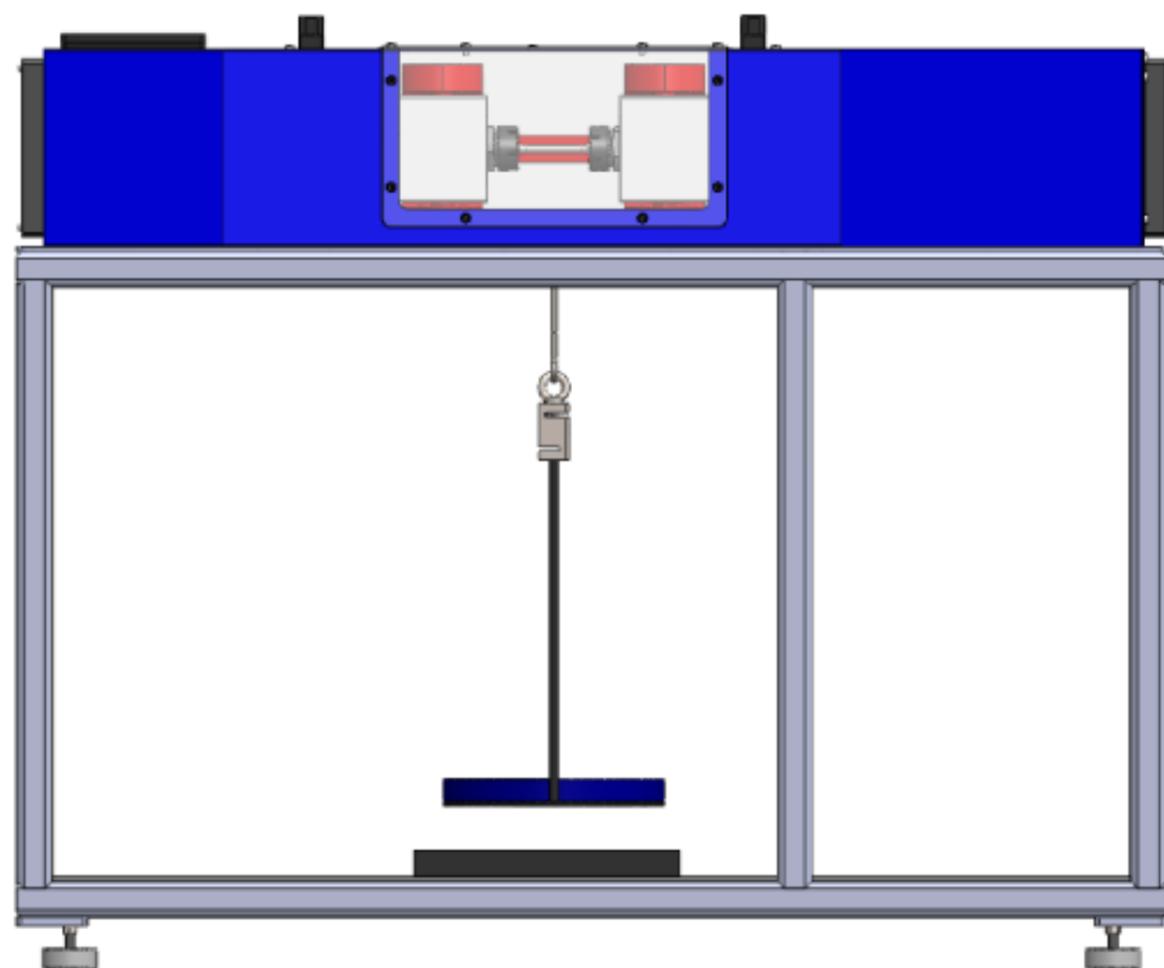
Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	QTD.
1	Montagem 5	1
2	Montagem 4	1
3	Parafuso M10 x 45	6
4	Porca M10	6
5	Parafuso Allen M6 x 10	8
6	Pino Guia 6 mm	3

Descrição: Montagem completa						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:					Desenho: William Altissimo		
Material:			Quantidade:			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 1 - 41	

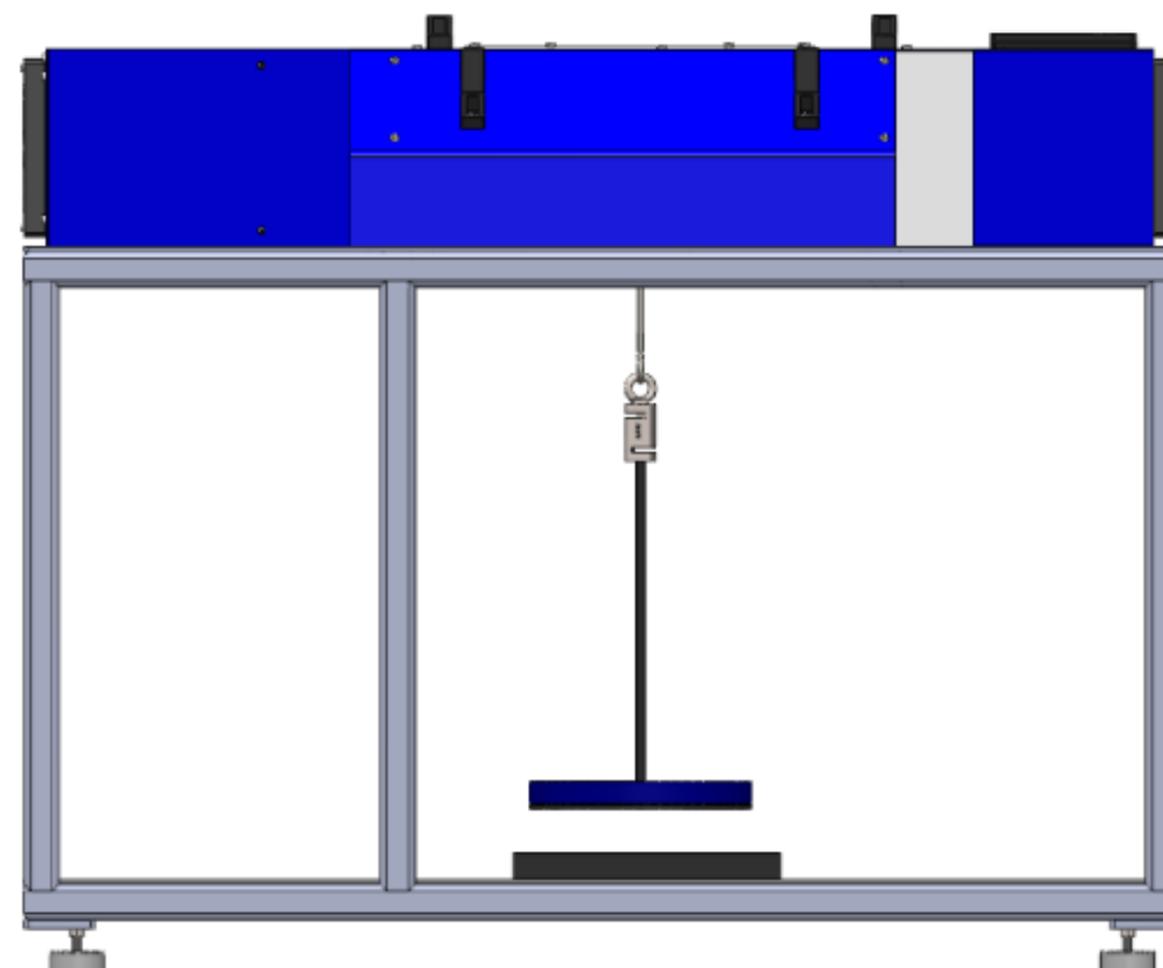


Vista superior

Descrição: Montagem completa						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:					Desenho: William Altissimo		
Material:			Quantidade:			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 2 - 41	

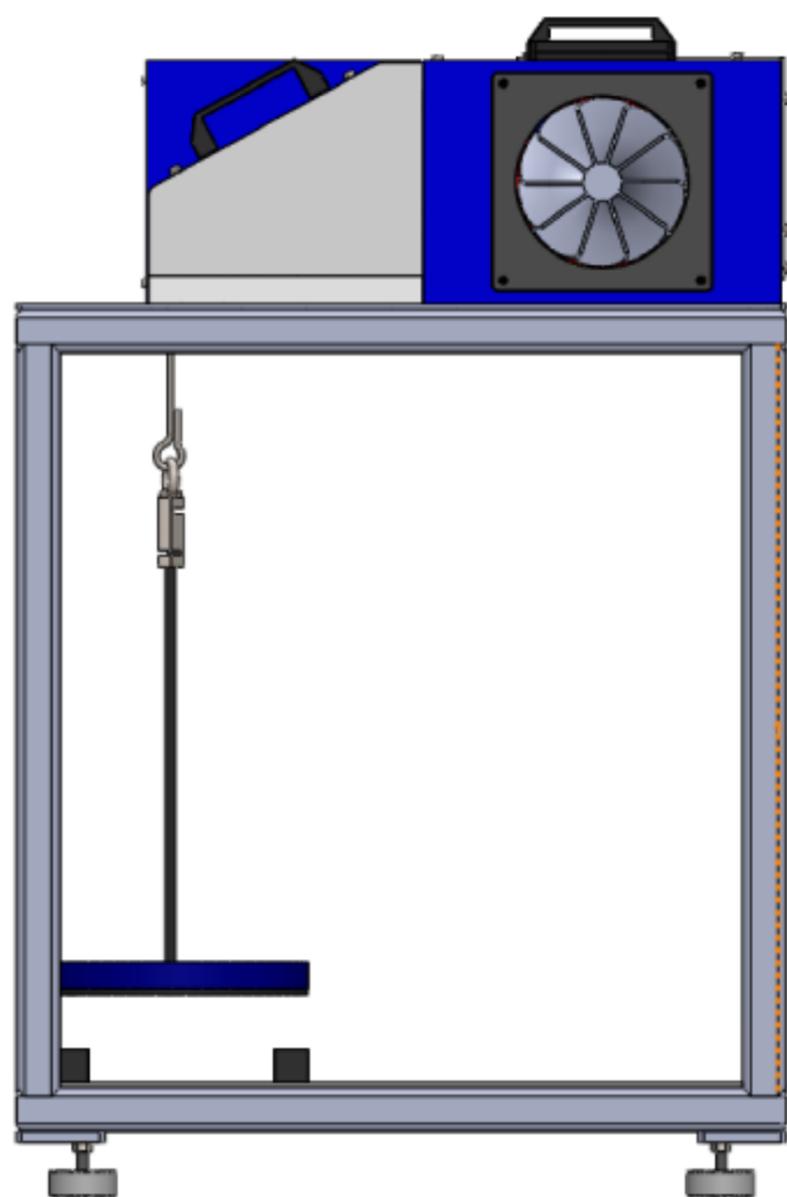


Vista frontal

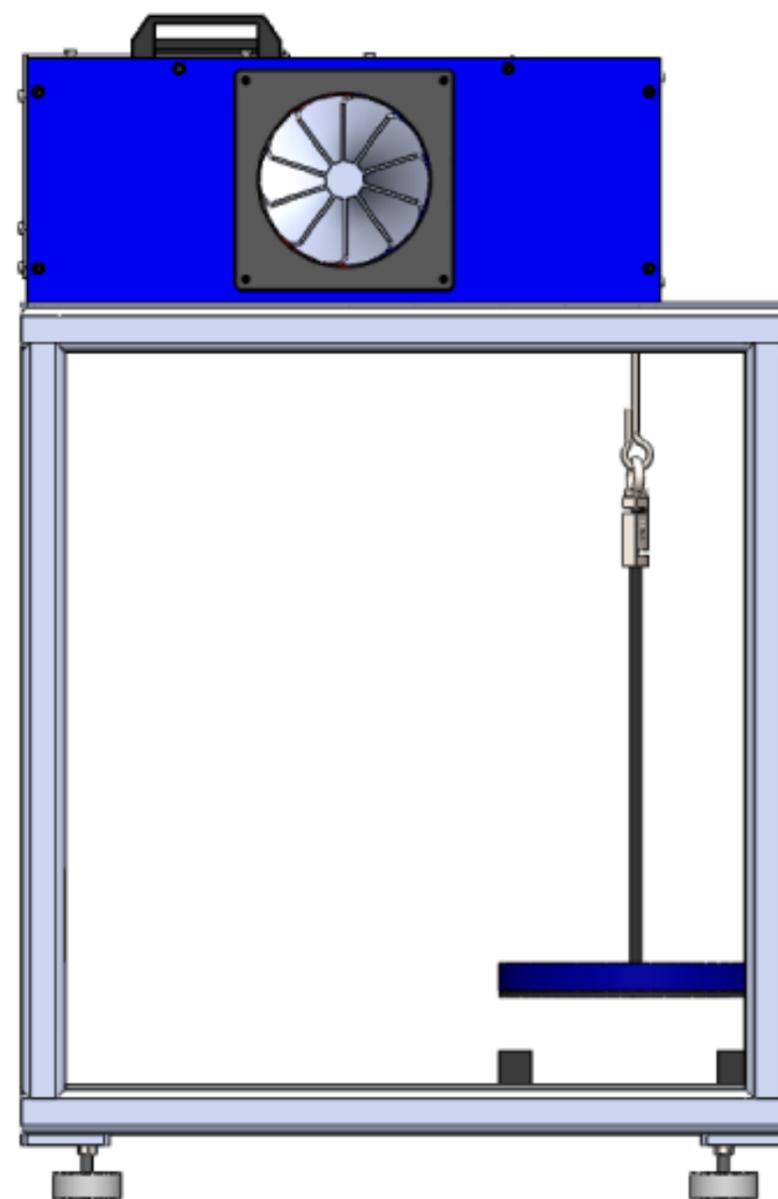


Vista traseira

Descrição: Montagem completa						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:						Desenho: William Altissimo	
Material:			Quantidade:			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 3 - 41	



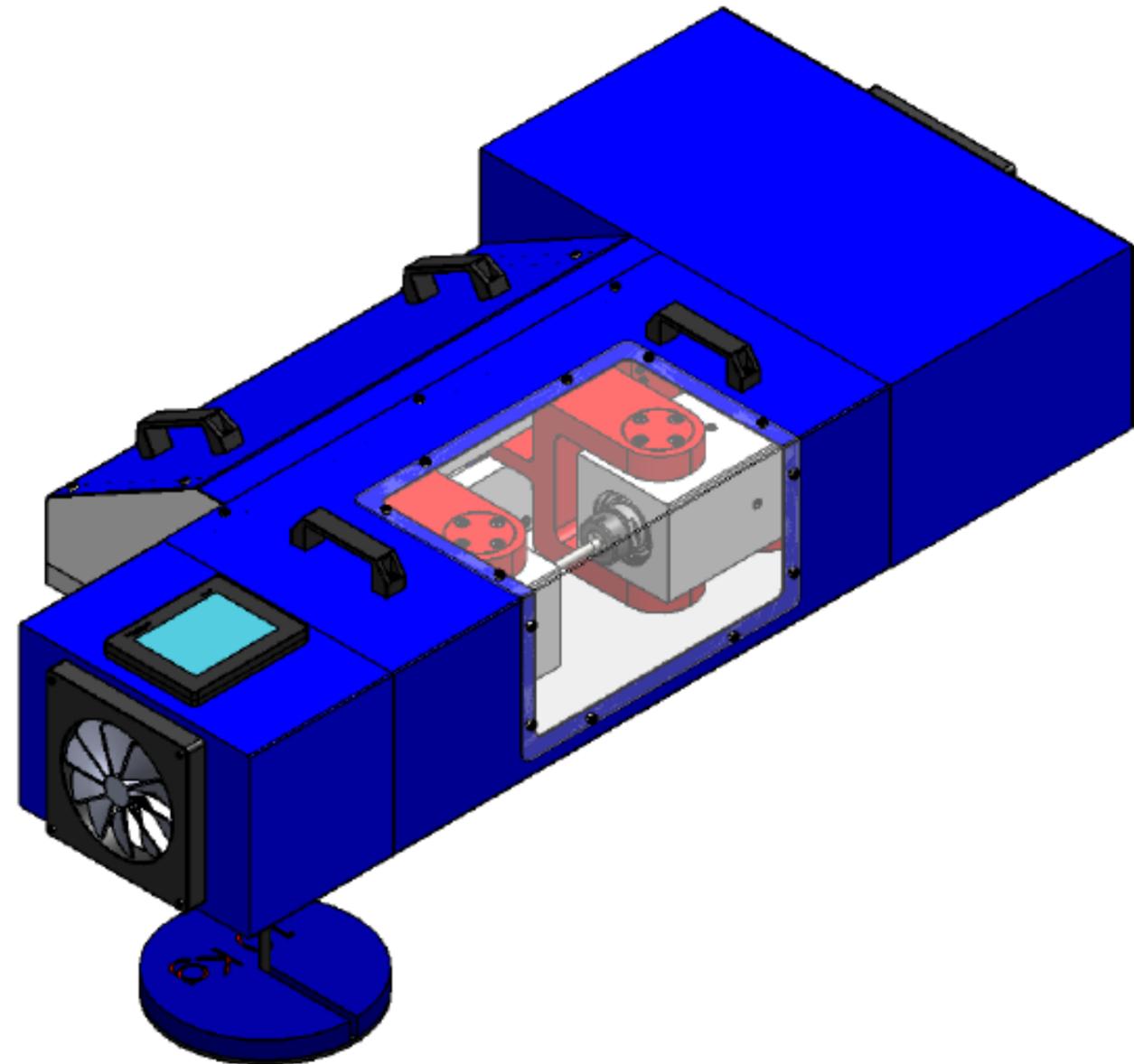
Vista lateral esquerda



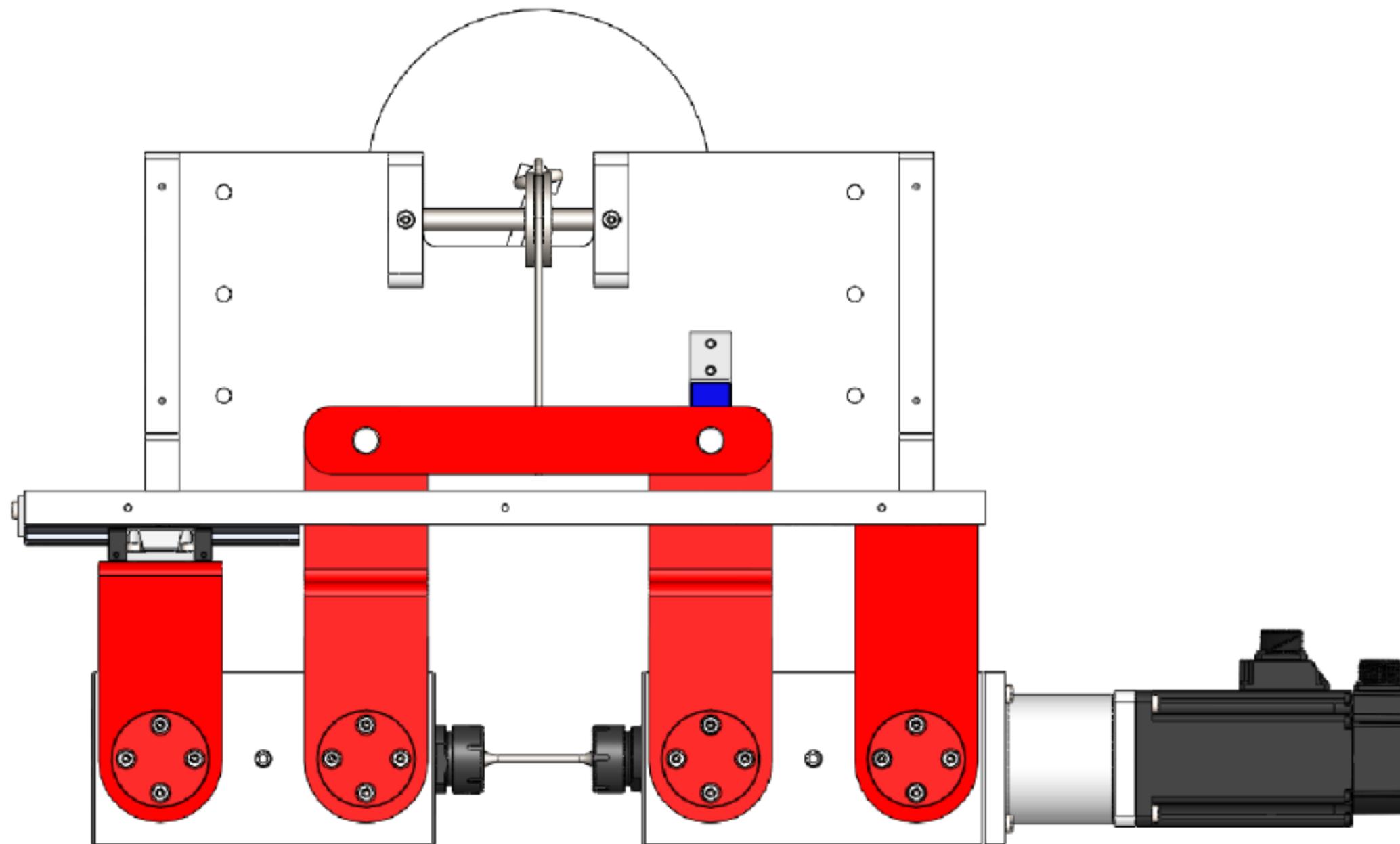
Vista lateral direita

Descrição: Montagem completa						Referência: PROJETO TCC		
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data:	12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm	
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2		
Cor:						Desenho: William Altissimo		
Material:				Quantidade:			Escala:	
Nota:							Folha: A3 ISO	
							Página: 4 - 41	

Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	QTD.
2	Montagem 2	1
3	Montagem 3	1
4	CP	1
5	Rolamento SKF 6204 - 2Z	8
6	Montagem 1	1
7	Travessa	1
8	Cabo aço 6 mm	1
9	Vareta suporte pesos	1
10	Peso 1	1
11	Acoplamento Kaltec ADS J 60	1
12	Adaptador	1
13	Servomotor Schneider BCH2LH2033CA6C	1
14	Apóio 2	1
15	Apóio 1	1
16	Articulação	8
17	Garfo	2
18	Proteção 1	1
19	Proteção 2	1
20	Proteção 3	1
21	Proteção 4	1
22	Proteção 5	1
23	Proteção 6	1
24	Proteção 7	1
29	Servodrive LXM28AU20M3X	1
30	Ventilador	2
31	Trilho KWE 020 SLS	2
32	Pino	2
33	Parafuso Allen M8 x 25	36
34	Parafuso Allen M8 x 35	4
35	Parafuso Allen M8 x 50	8
36	Parafuso Allen M4 x 30	8
37	Parafuso Allen M6 x 10	33
38	Parafuso Allen M6 x 20	8
39	Parafuso Allen M5 x 25	8
40	Parafuso Allen M8 x 16	2
41	Parafuso Allen M4 x 20	2
42	Parafuso Allen M6 x 16	2
43	Célula de carga Mettler Toledo SL5410	1
44	IHM Schneider 5,7	1
45	CLP Schneider modelo MISCUSB3	1
46	Olhal 8 mm	1
47	Sensor XCMH2110L2	1
48	Puxador	4
49	Guia Linear KWE-020-FSL-C0-H-1	2
50	Parafuso Allen M6 x 25	8
51	Limitador	1
52	Suporte sensor	1
53	Porca M4	2
54	Parafuso Allen M5 x 25	2
55	Porca M5	2
56	Suporte Pesos	1
57	Chaveta tipo Beta 2 mm	2
58	Acionamento sensor	1



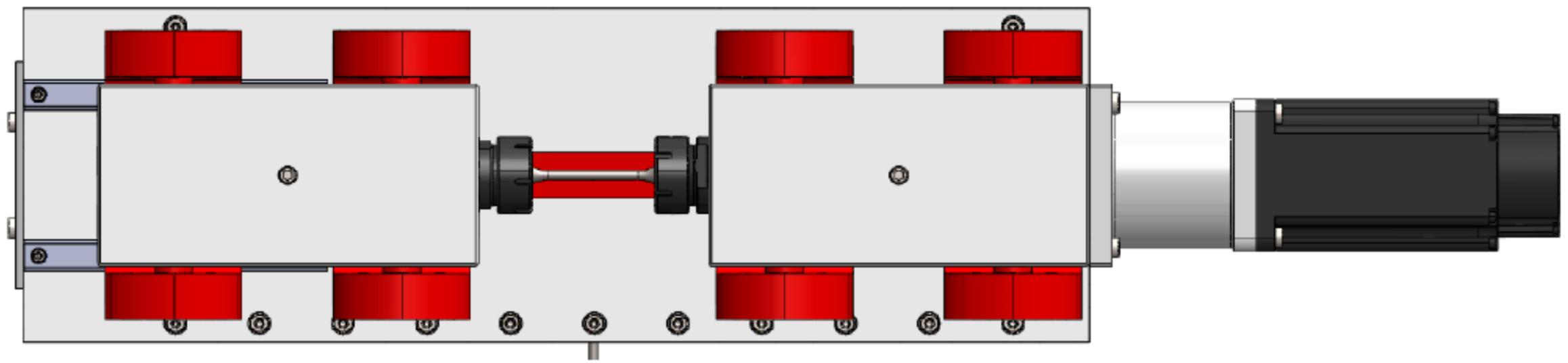
Descrição: Montagem 4		Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO			Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300
300-1000	1000-2000	2000-4000	
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5
		+0,8	+1
			+2
Cor:		Desenho: William Altissimo	
Material:	Quantidade:	Escala:	
Nota:		Folha: A3 ISO	
		Página: 5 - 41	



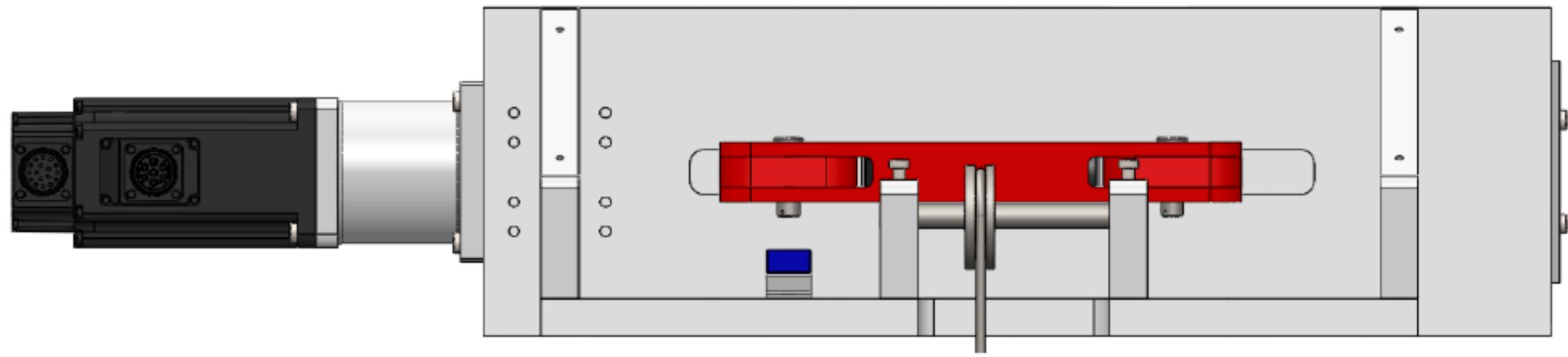
Vista Superior

Descrição:						Referência:	
Imagem Montagem 4						PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data:
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	12/08/2024
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	Unidade:
Cor:						Desenho:	
						William Altissimo	
Material:			Quantidade:			Escala:	
Nota:						Folha:	
						A3 ISO	
						Página:	
						6 - 41	

Vista Frontal



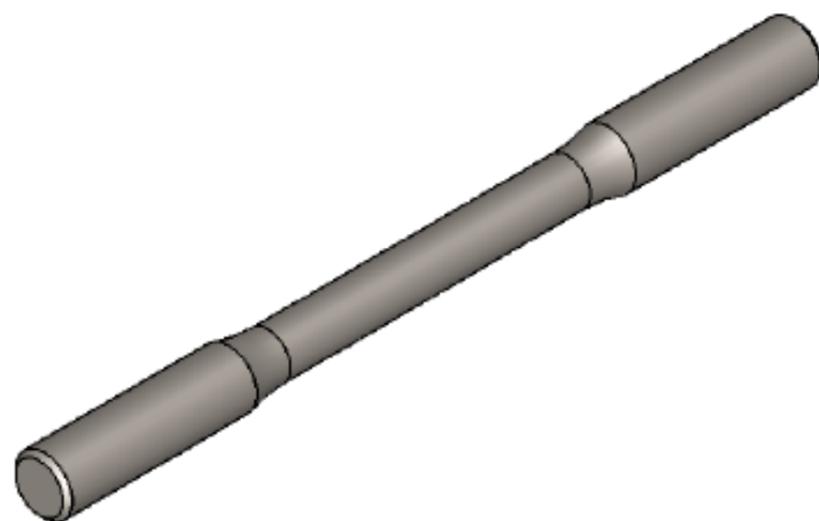
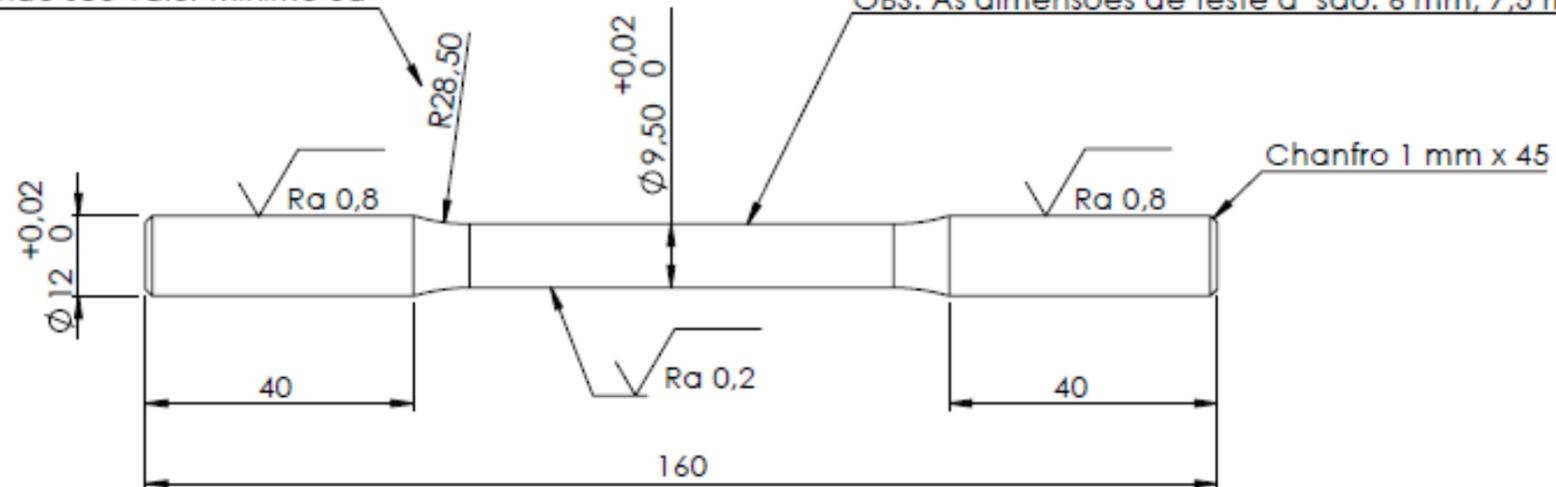
Vista Posterior



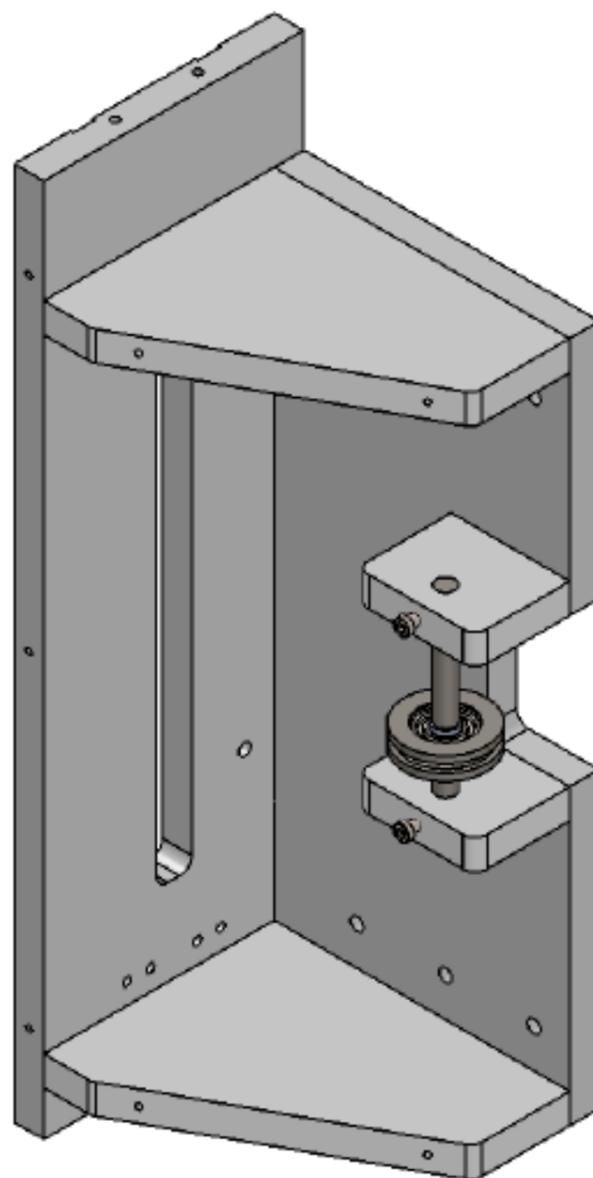
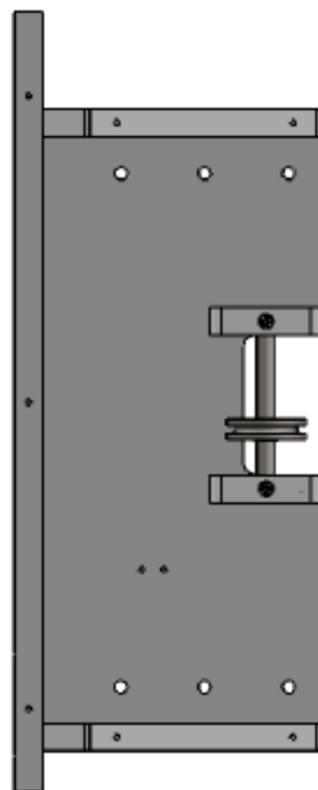
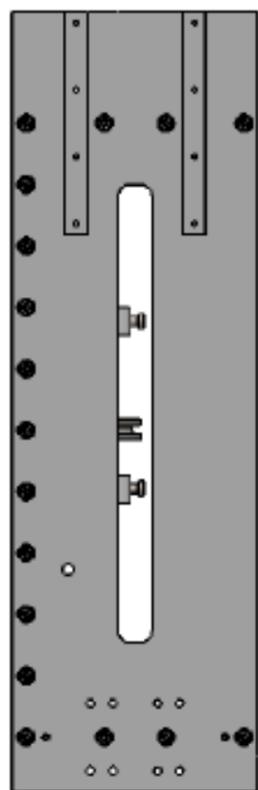
Descrição: Imagens Montagem 4						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:					Desenho: William Altissimo		
Material:			Quantidade:			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 7 - 41	

OBS: o raio de transição ira depender do diâmetro de teste d, sendo seu valor minimo 3d

OBS: As dimensões de teste d são: 6 mm, 7,5 mm e 9,5 mm.

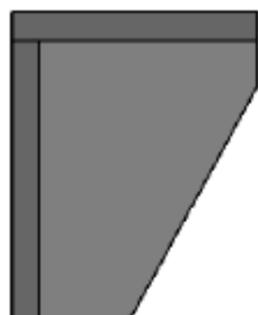


Descrição:						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:				Desenho: William Altissimo			
Material:			Quantidade:			Escala: 1:1	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 8 - 41	

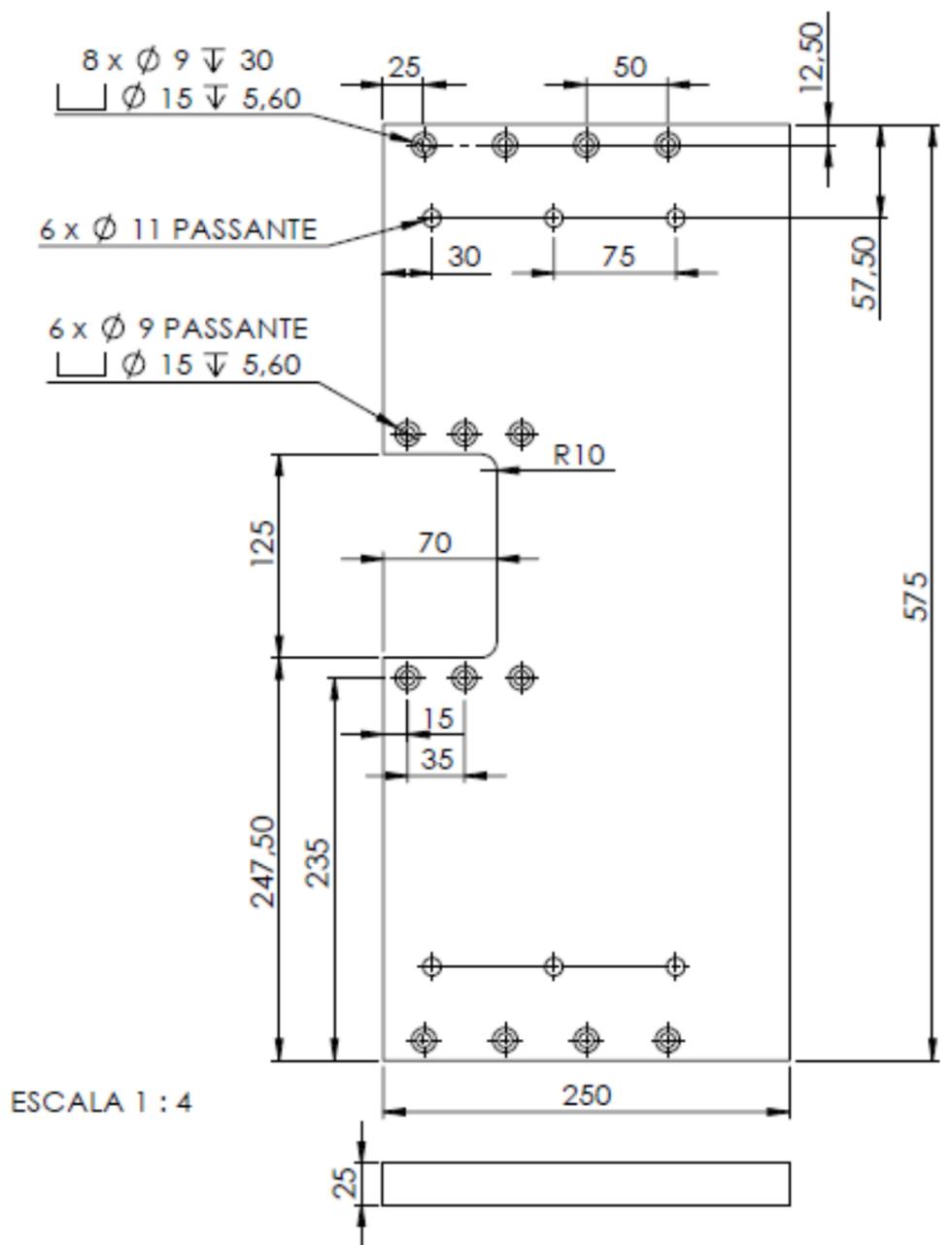


Nº DO ITEM	Nome DA PEÇA	QTD.
1	Suporte guia cabo de aço	2
2	Eixo roldana	1
3	Rolamento SKF 6204 - 2Z	1
4	Guia cabo de aço	1
5	Bucha rolamento	1
6	Chapa 2	1
7	Parafuso Allen M8 x 25	2
8	Parafuso Allen M8 x 40	31
9	Chapa 1	1
10	Pino Guia 6 mm	8
11	Chapa 3	2

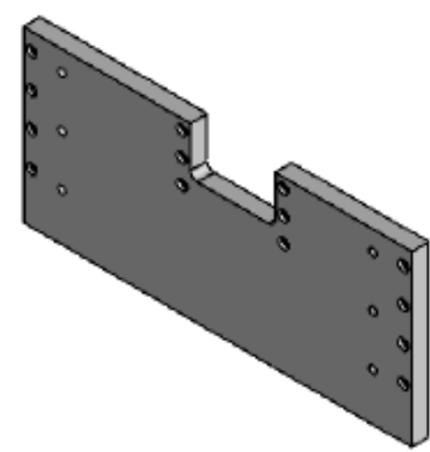
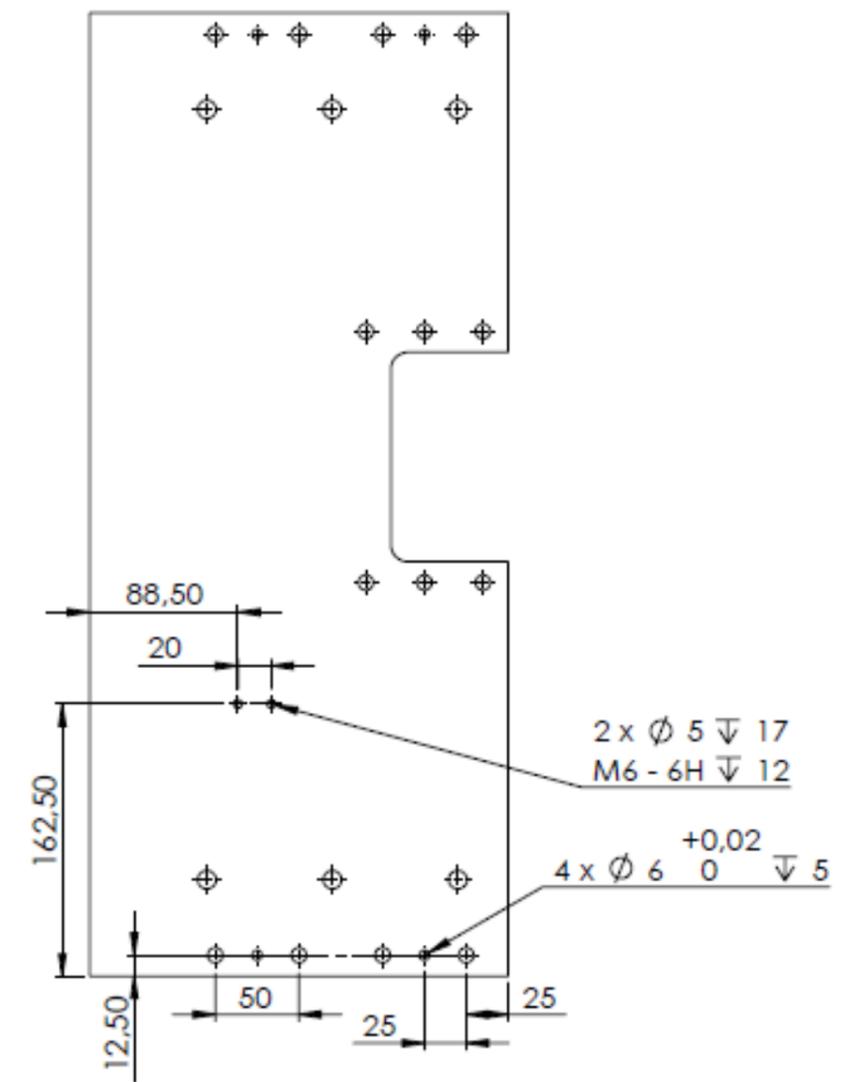
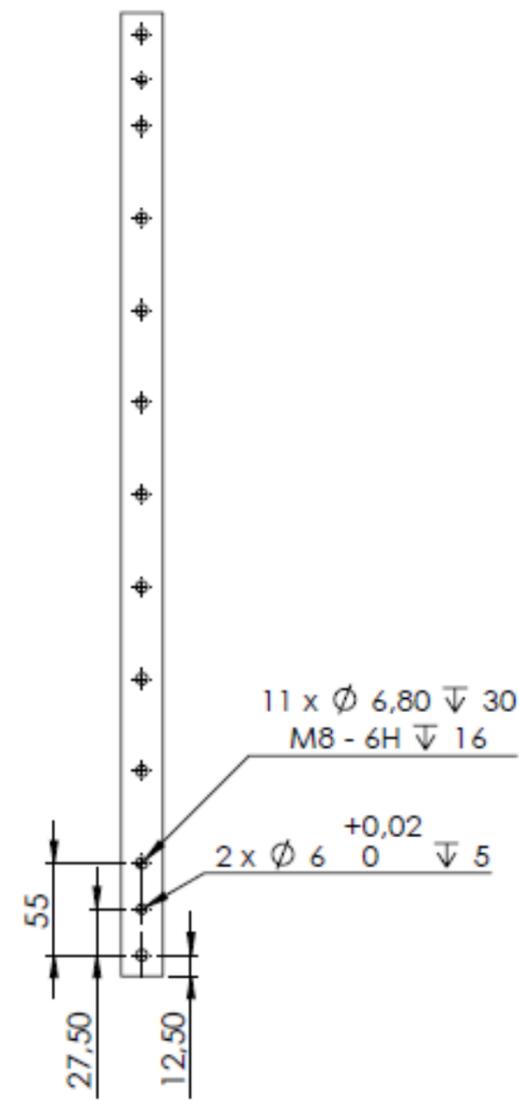
ESCALA 1 : 6



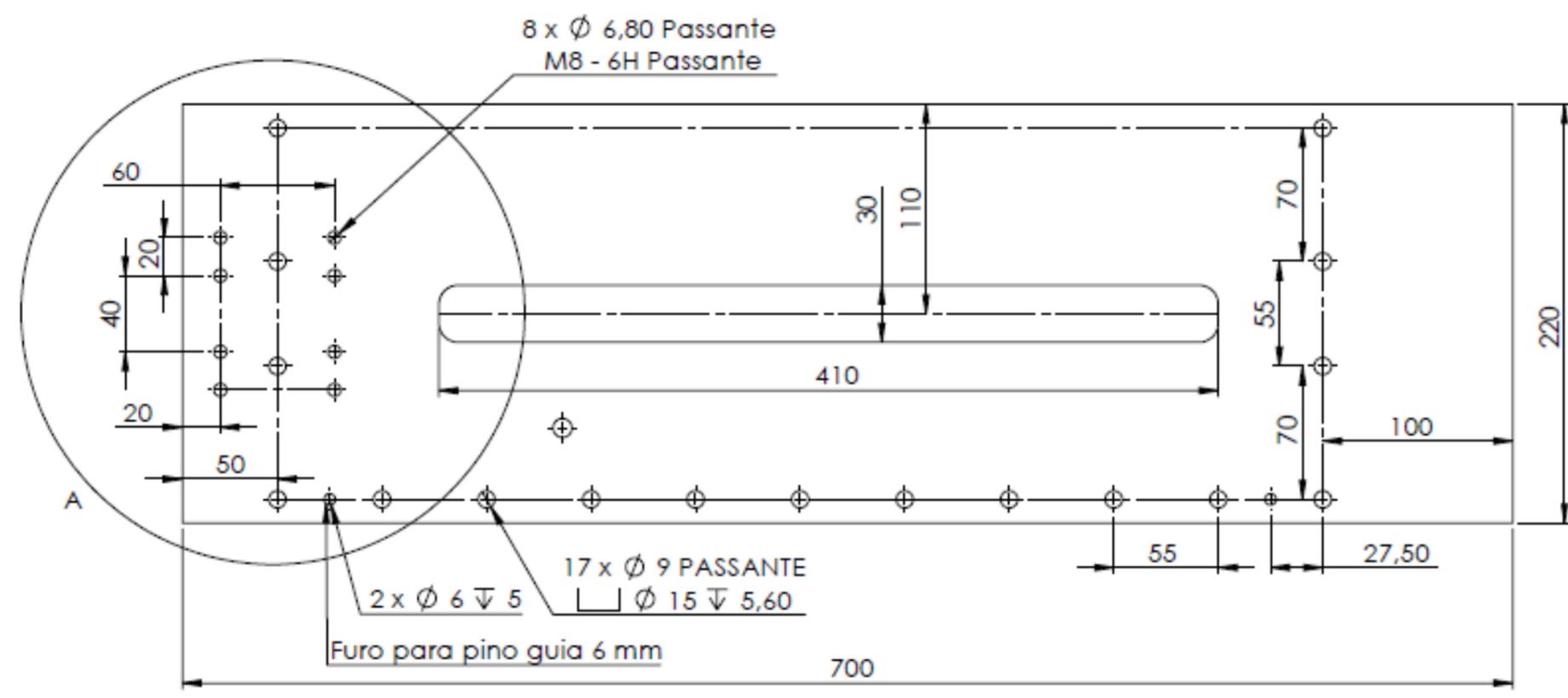
Descrição: Montagem 1				Referência: PROJETO TCC			
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:				Desenho: William Altissimo			
Material:		Quantidade:		Escala:			
Nota:							Folha: A3 ISO
							Página: 9 - 41



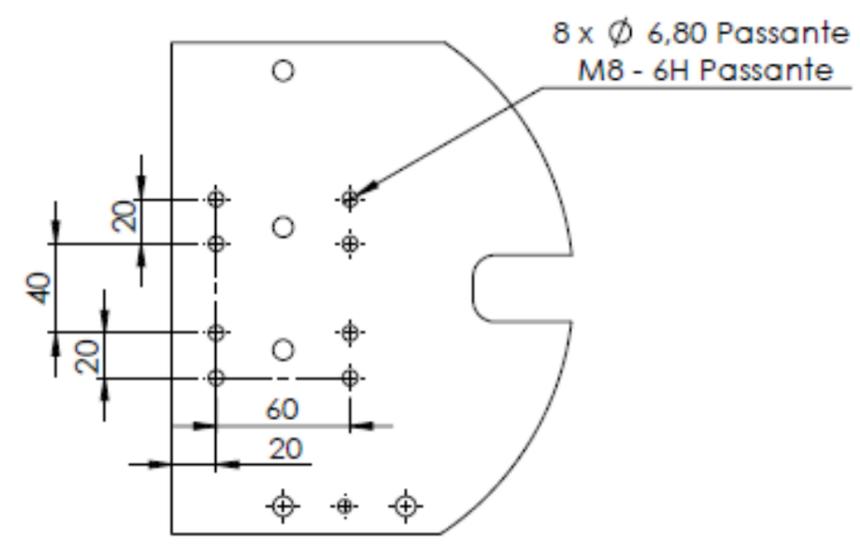
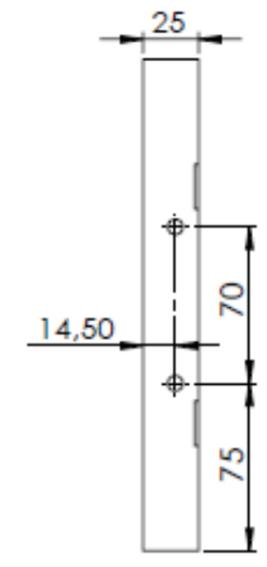
ESCALA 1 : 4



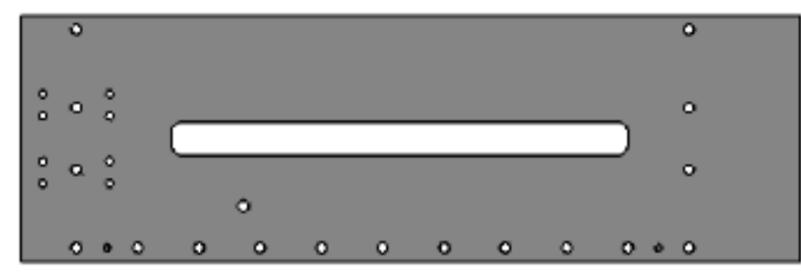
Descrição: Chapa 1						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Cinza				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1045		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 10 - 41	



ESCALA 1 : 3

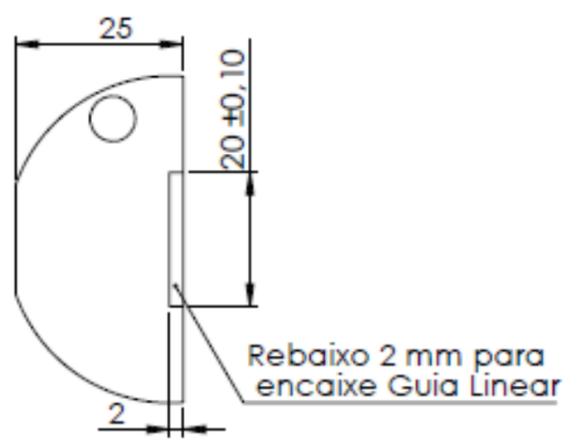
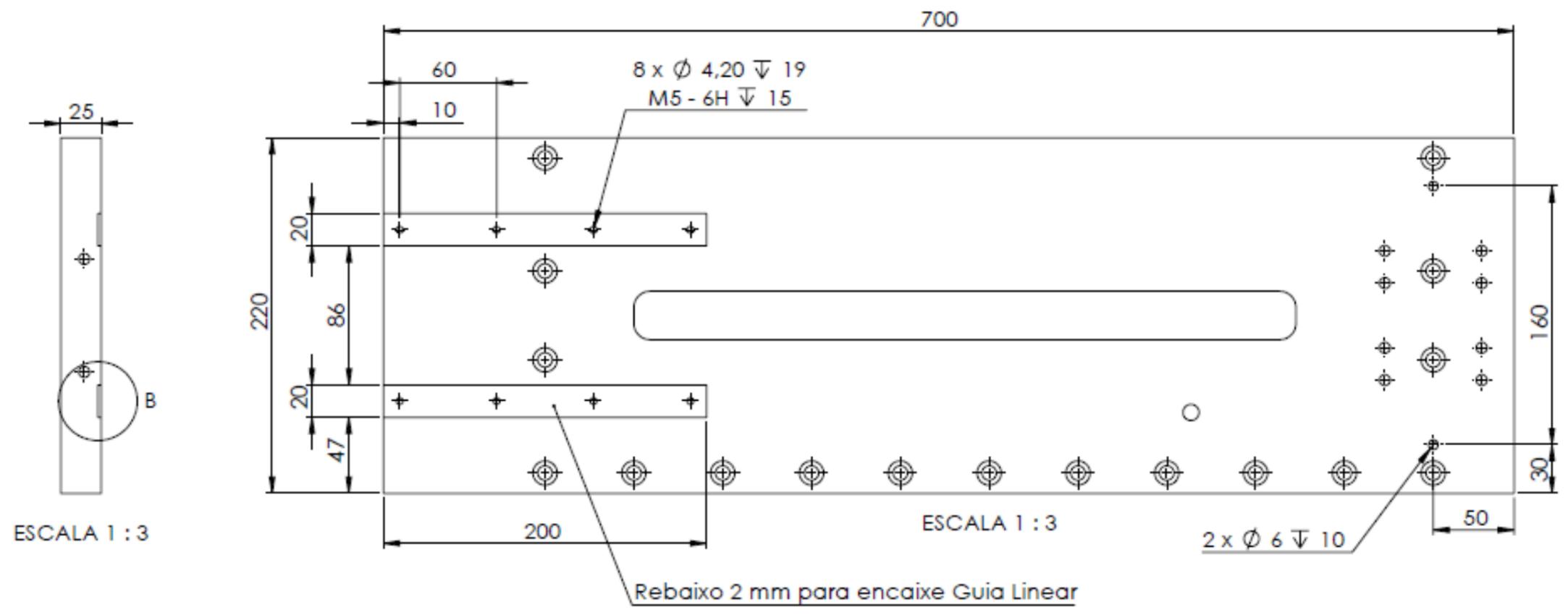


DETALHE A
ESCALA 1 : 3

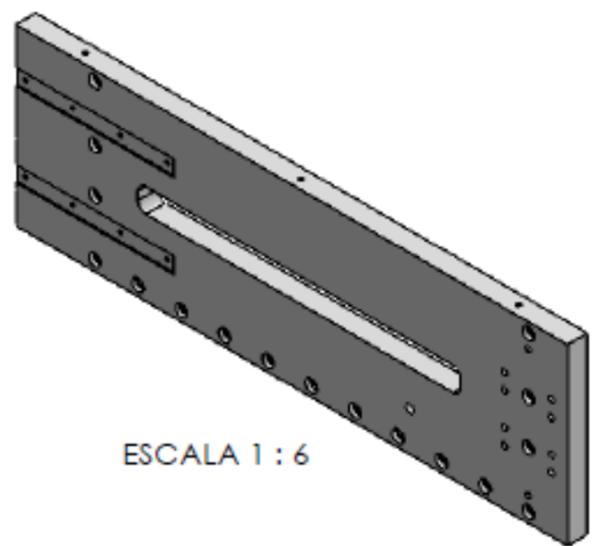


ESCALA 1 : 6

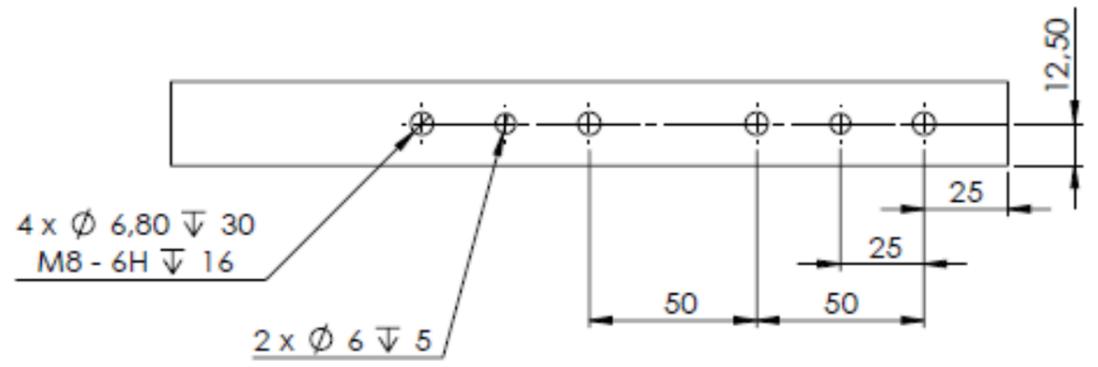
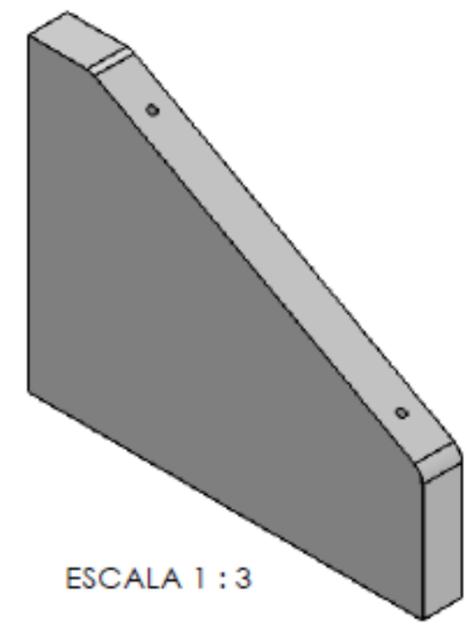
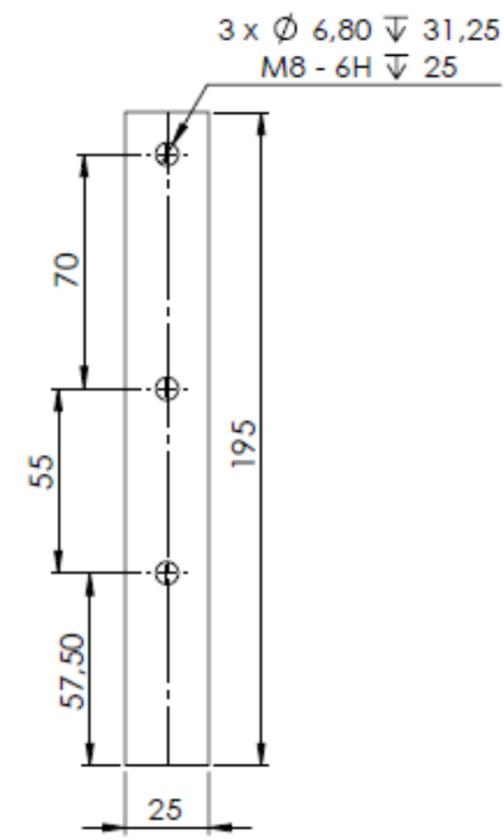
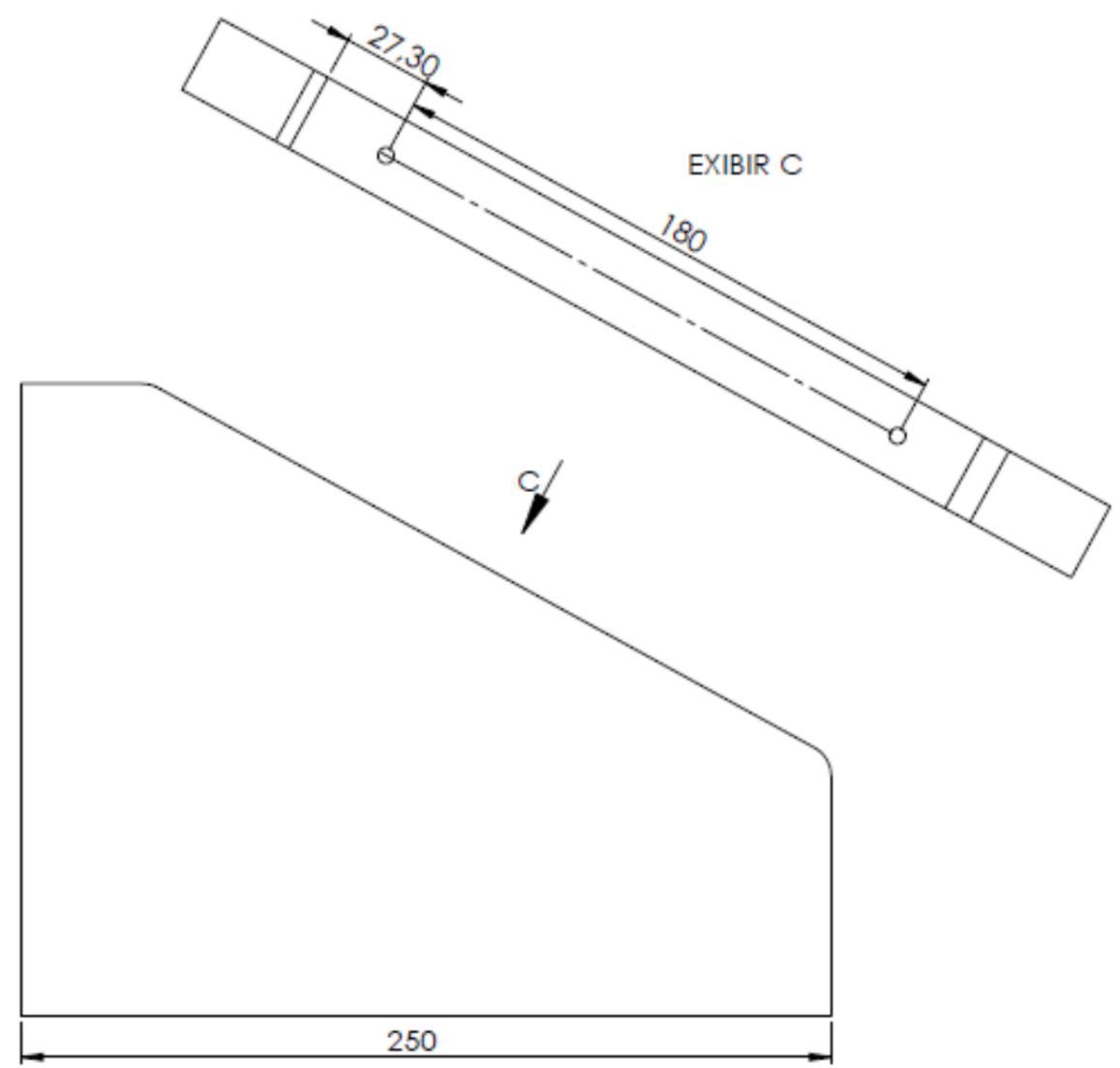
Descrição: Chapa 2					Referência: PROJETO TCC		
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Cinza				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1045		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 11 - 41	



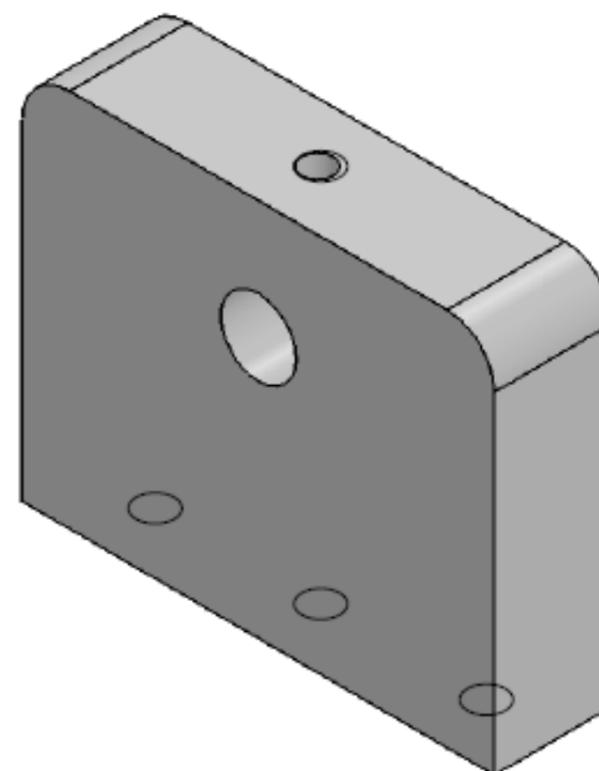
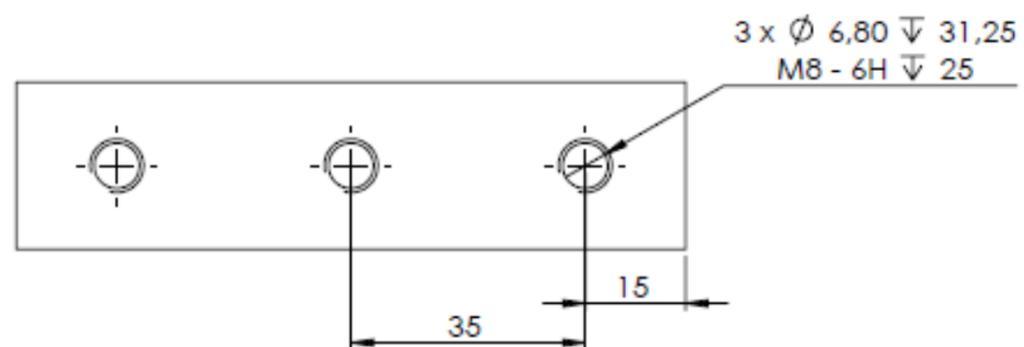
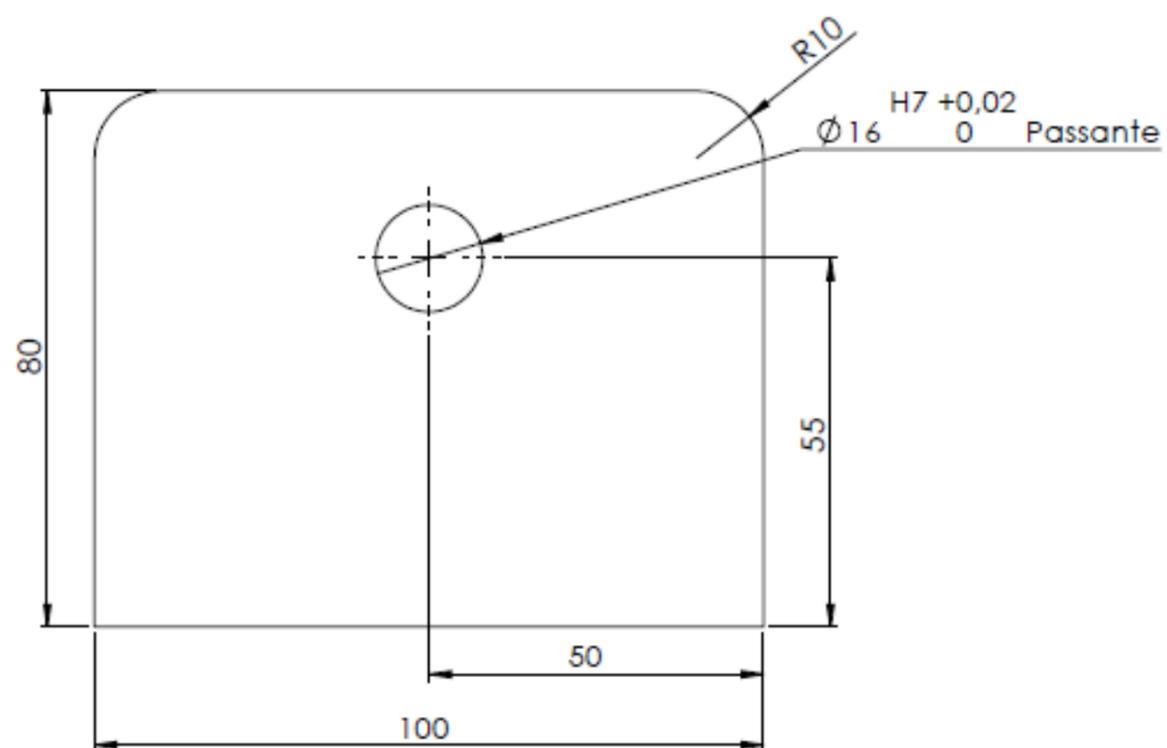
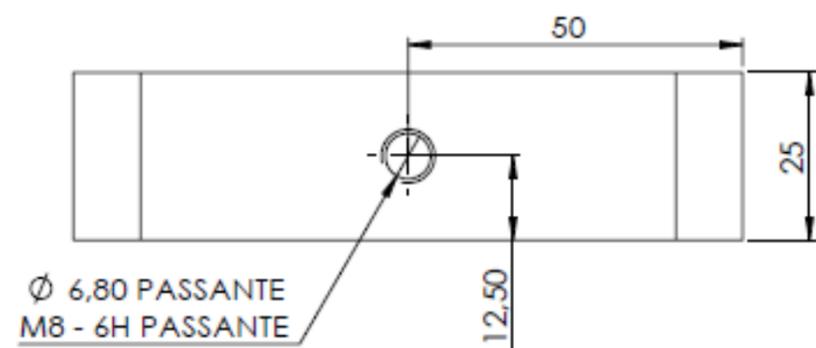
DETALHE B
ESCALA 1 : 1



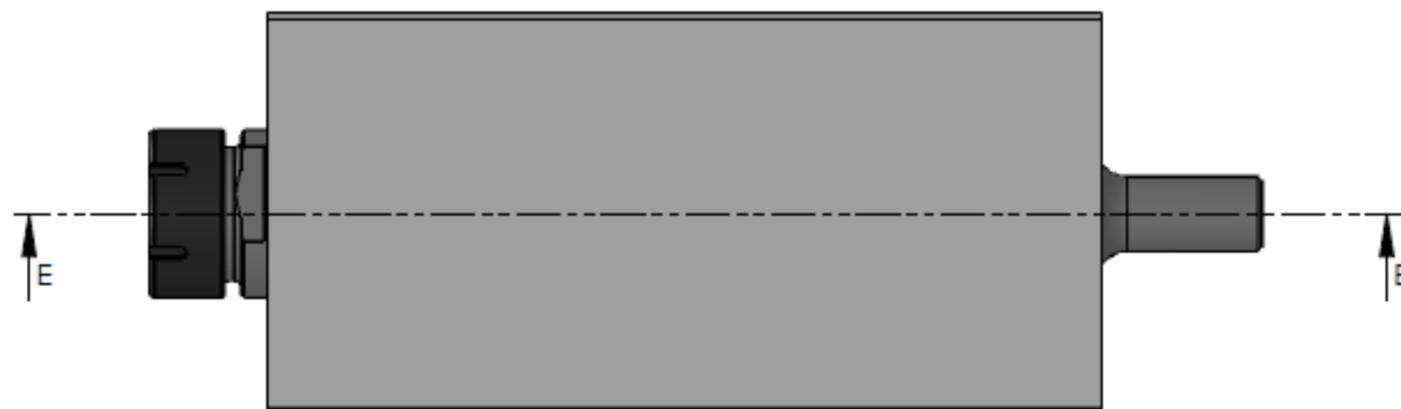
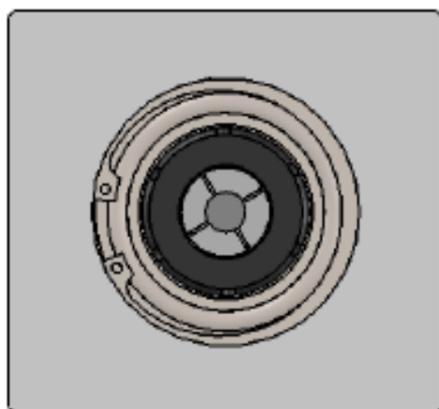
Descrição: Chapa 2						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Cinza				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1045			Quantidade: 1			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 12 - 41	



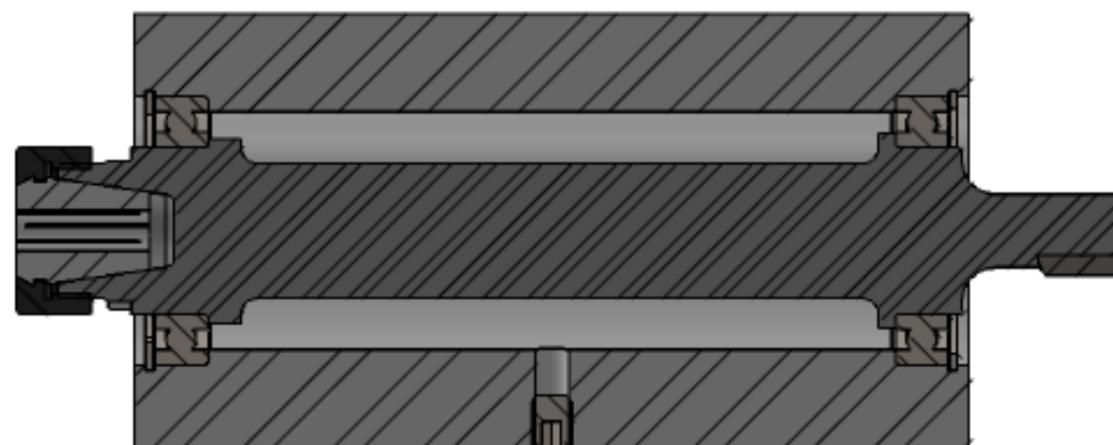
Descrição: Chapa 3		Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO			Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300
300-1000	1000-2000	2000-4000	
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5
			+0,8
			+1
			+2
Cor: Cinza		Desenho: William Altissimo	
Material: Aço AISI 1045		Quantidade: 2	Escala:
Nota:			Folha: A3 ISO
			Página: 13 - 41



Descrição: Conjunto guia cabo de aço						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Cinza				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1045			Quantidade: 2			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 15 - 41	

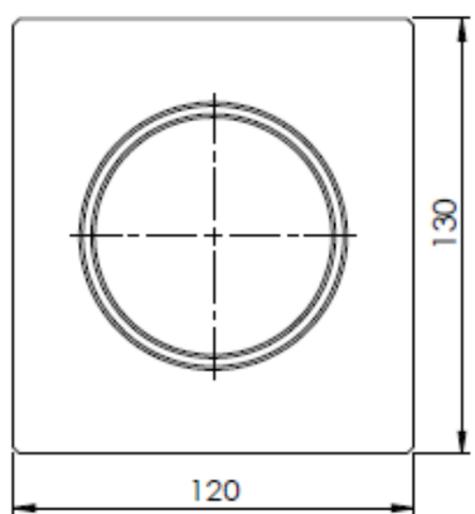


Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	QTD.
1	Caixaça 1	1
2	Rolamento SKF 6010 - RS1	2
3	Anel elástico 80 x 2.5	2
4	Pirna ER32	1
5	Porca ER32	1
6	Eixo 1	1
7	Tampão Allen M12 x 16	3
8	Chaveta 8x7	1
9	Chave	1

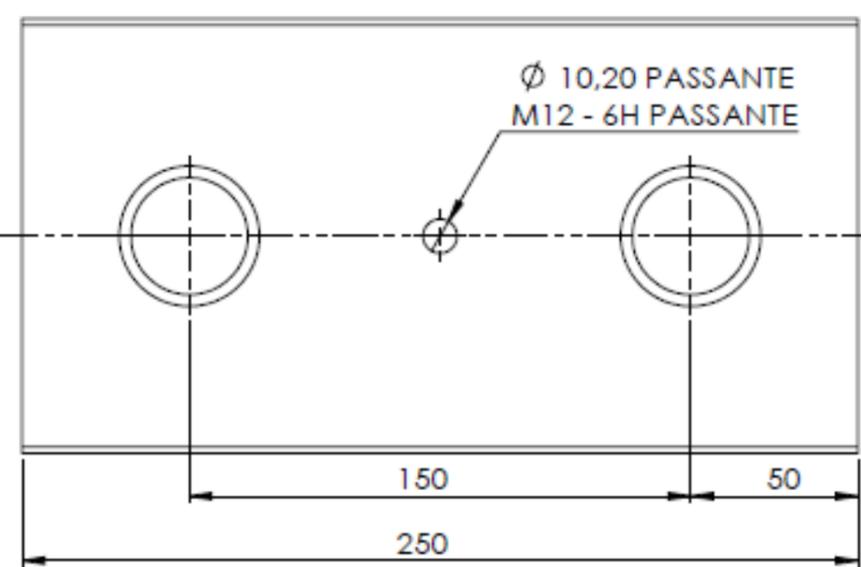


SEÇÃO E-E
ESCALA 1 : 2

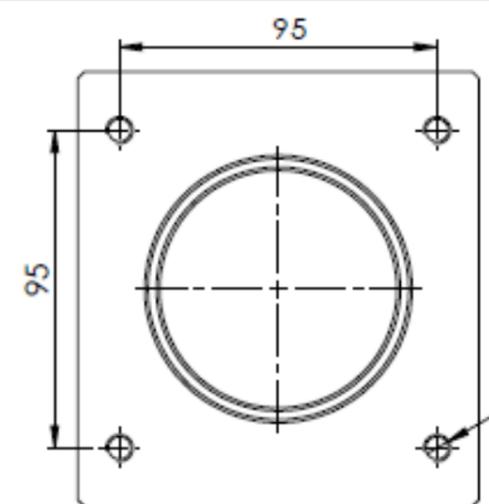
Descrição: Montagem 2		Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO			Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300
300-1000	1000-2000	2000-4000	
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5
		+0,8	+1
			+2
Cor:		Desenho: William Altissimo	
Material:	Quantidade: 1	Escala:	
Nota:		Folha: A3 ISO	Página: 16 - 41



ESCALA 1 : 2



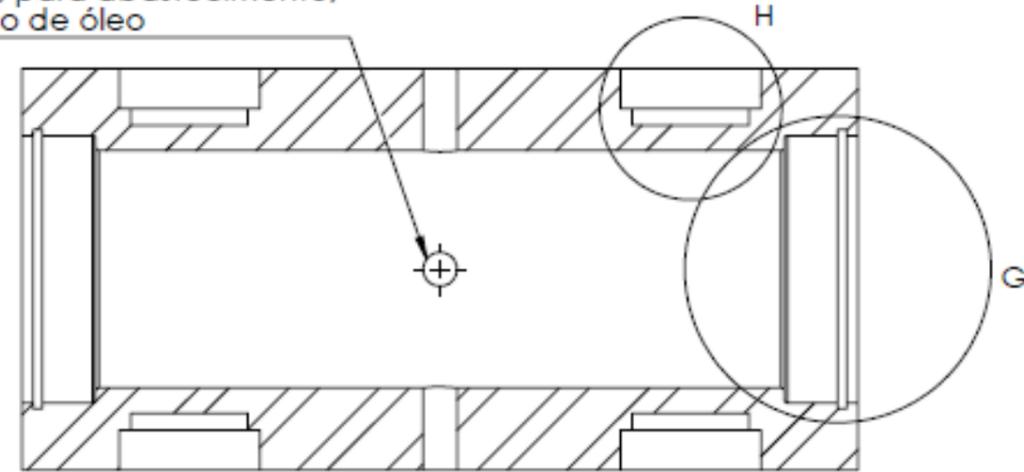
Ø 10,20 PASSANTE
M12 - 6H PASSANTE



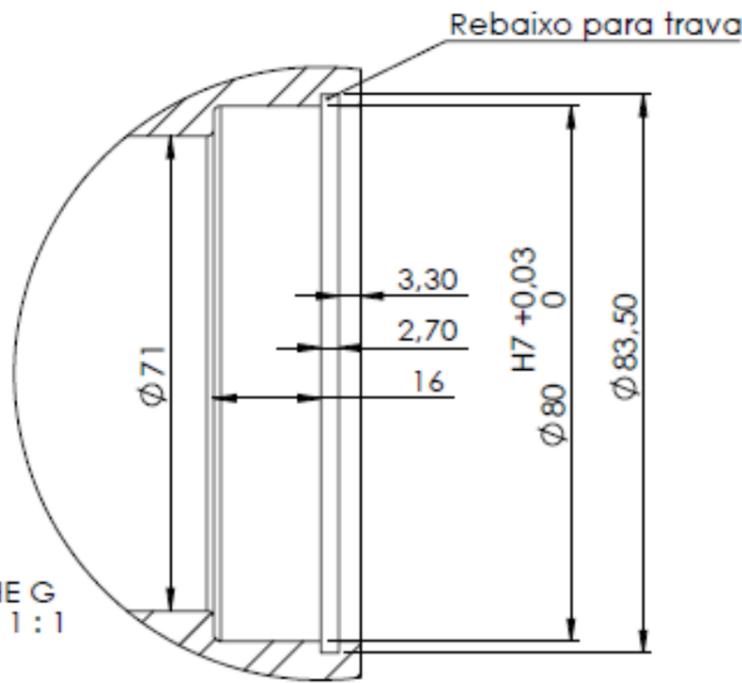
4 x Ø 6,80 √ 31,25
M8 - 6H √ 25

OBS: O componente Carcaça 2 e identico ao Carcaça 1, exceto pelo fato dos 4 furos M8 indicados não existirem no componente Chapa 2, sendo assim utilizar este desenho para poduzir o componente Carcaça 2.

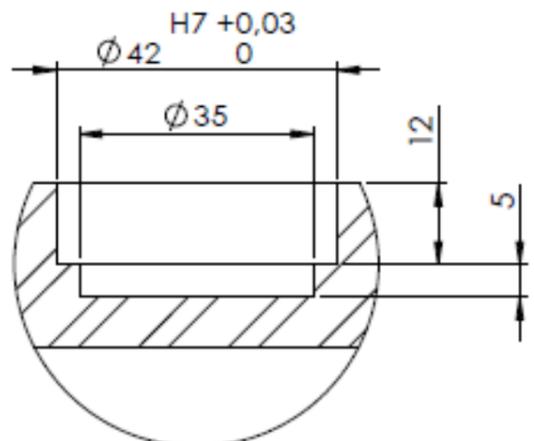
OBS: 3 furos, para abastecimento, nivel e dreno de óleo



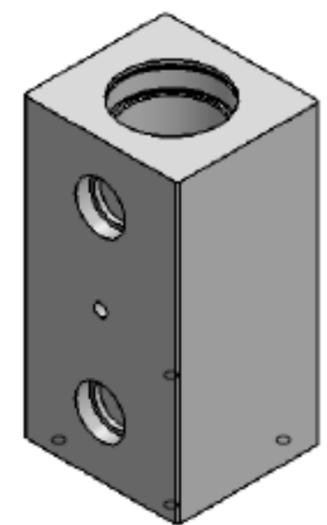
OBS: Chanfro 1 mm nas arestas



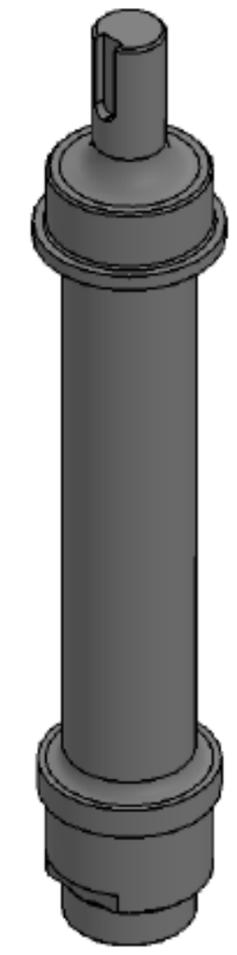
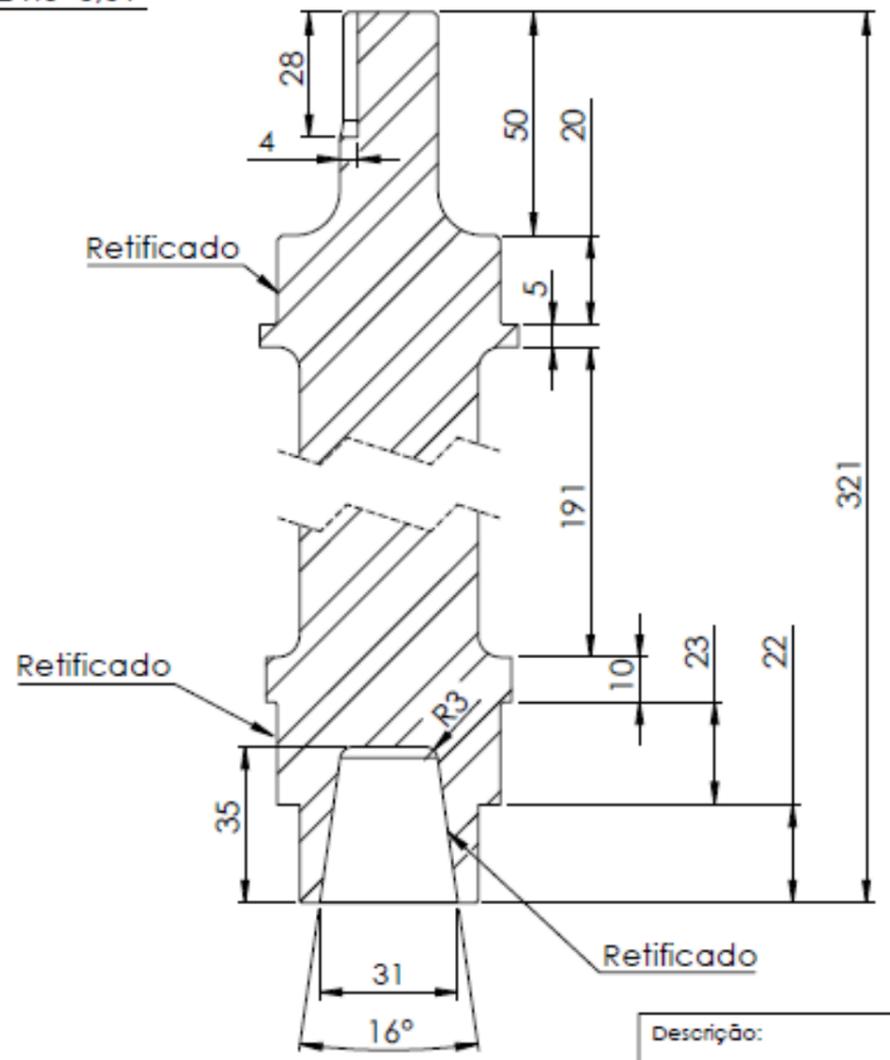
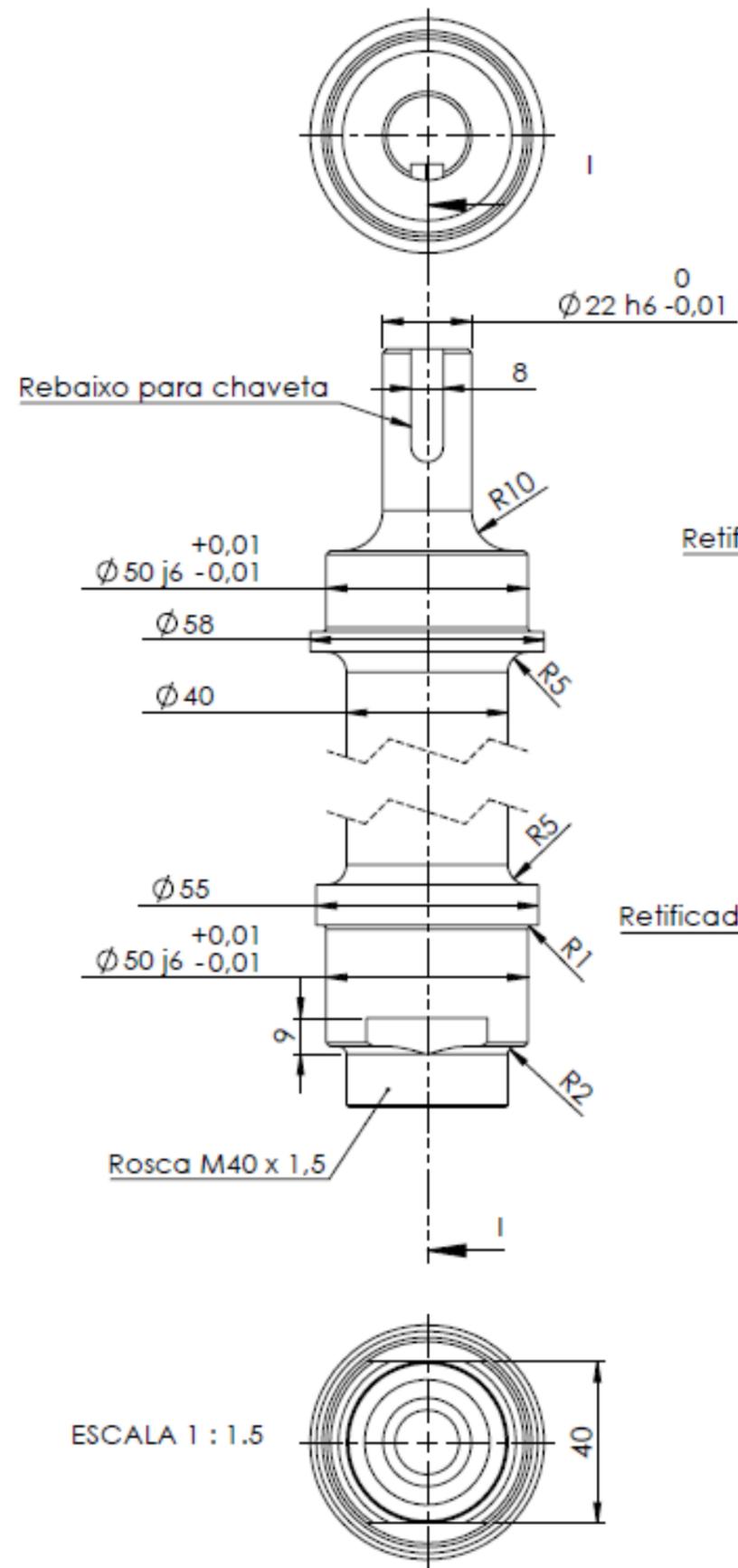
DETALHE G
ESCALA 1 : 1



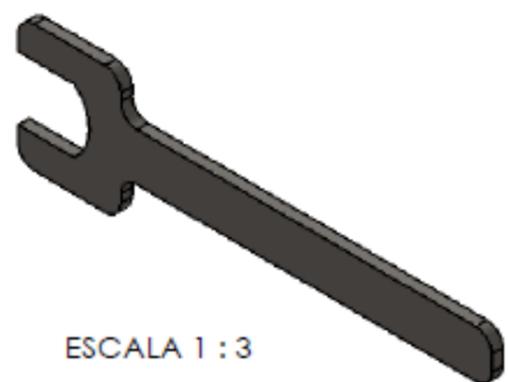
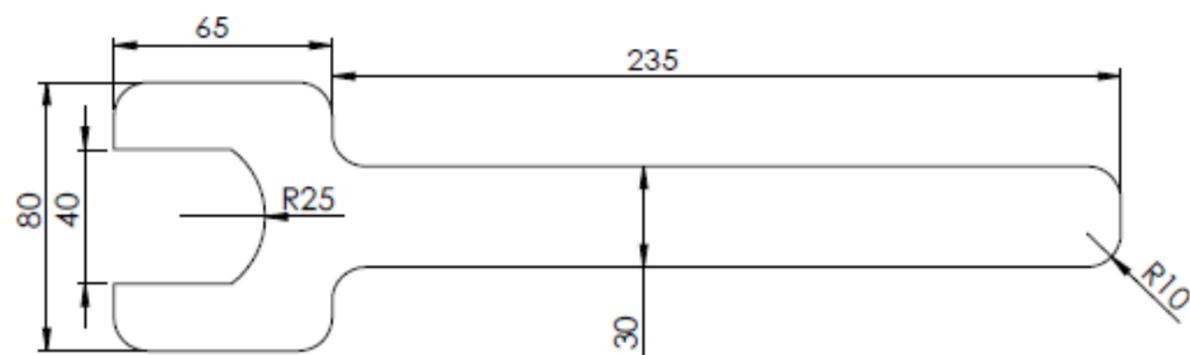
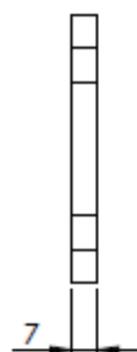
DETALHE H
ESCALA 1 : 1



Descrição: Carcaça 1						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Cinza				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1045		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 17 - 41	



Descrição: Eixo 1						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 4340		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 18 - 41	



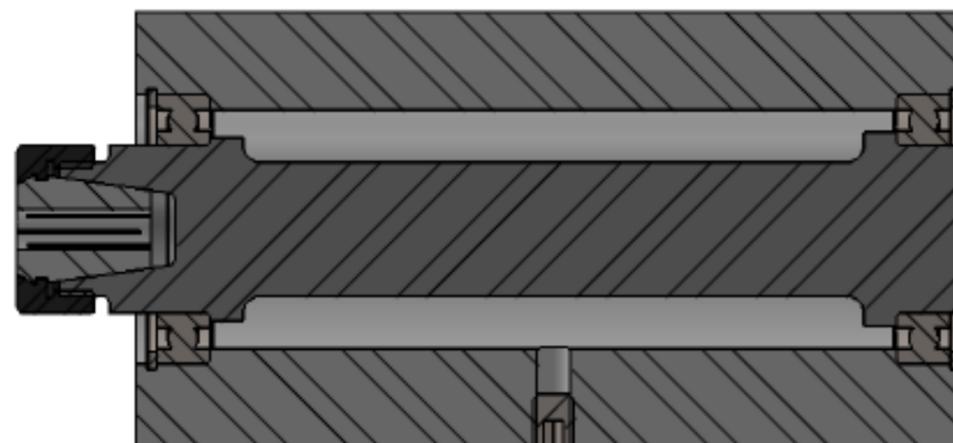
ESCALA 1 : 3

OBS: Esta chave serve para travar os eixos do mecanismos de aplicação de carga, é necessário a aquisição de uma chave para porca ER32 para afrouxar e apertar a pinça ER32. Optou-se por não projetar este componente, pois este é comercial e facilmente encontrado.

Descrição: Chave						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Preto				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AIS 1035			Quantidade: 1			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 19 - 41	

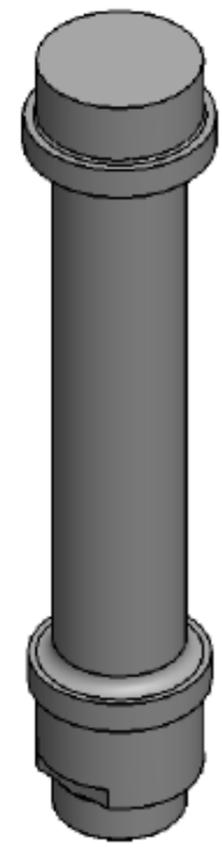
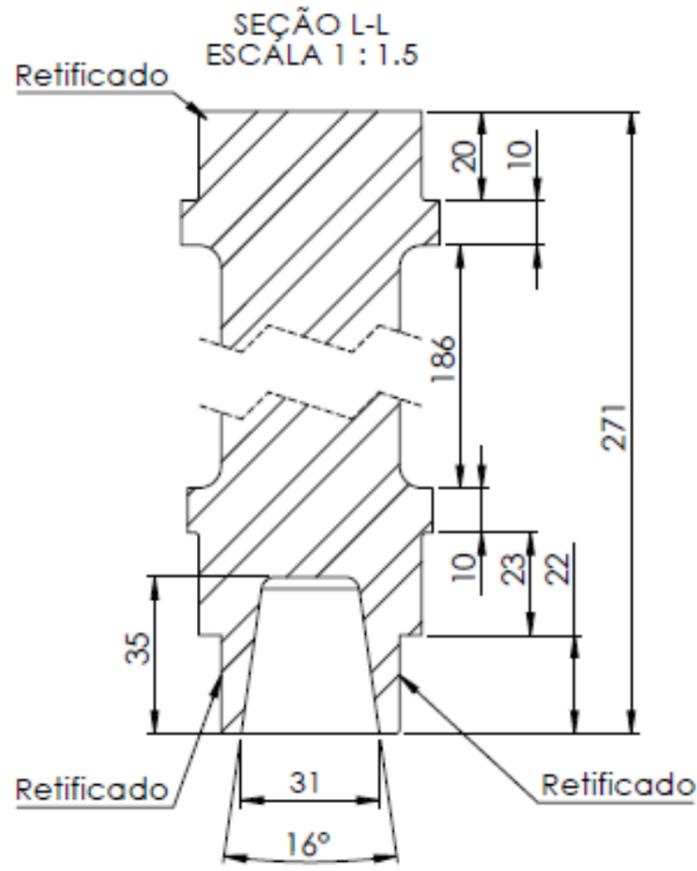
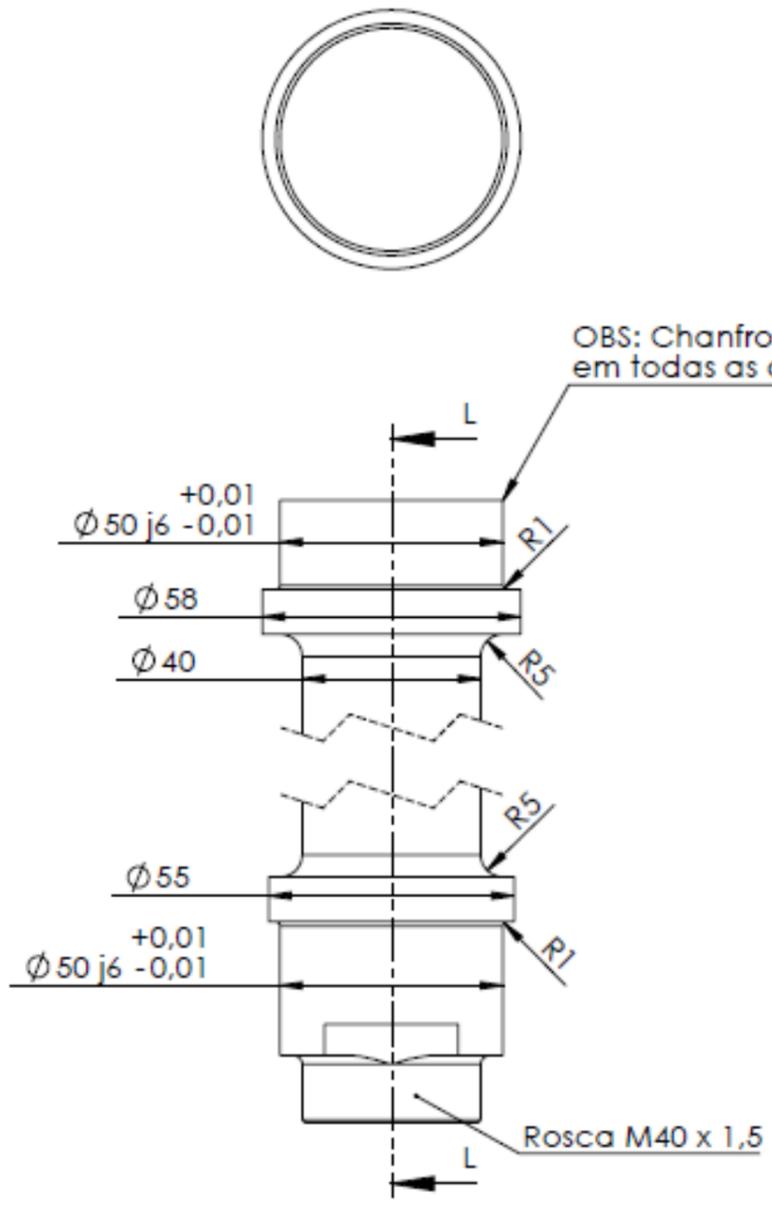


Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	QTD.
1	Eixo 2	1
2	Rolamento SKF 6010 - RS1	2
3	Circlip DIN 472 - 80 x 2.5	2
4	Pirna ER32	1
5	Porca ER32	1
6	Carcaça 2	1
7	DIN 913 - M12 x 16-N	3

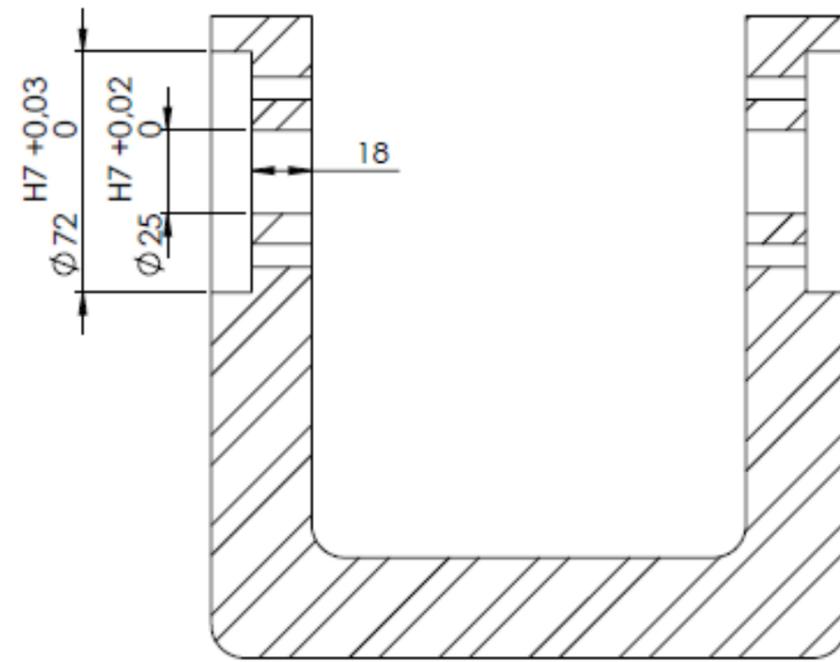
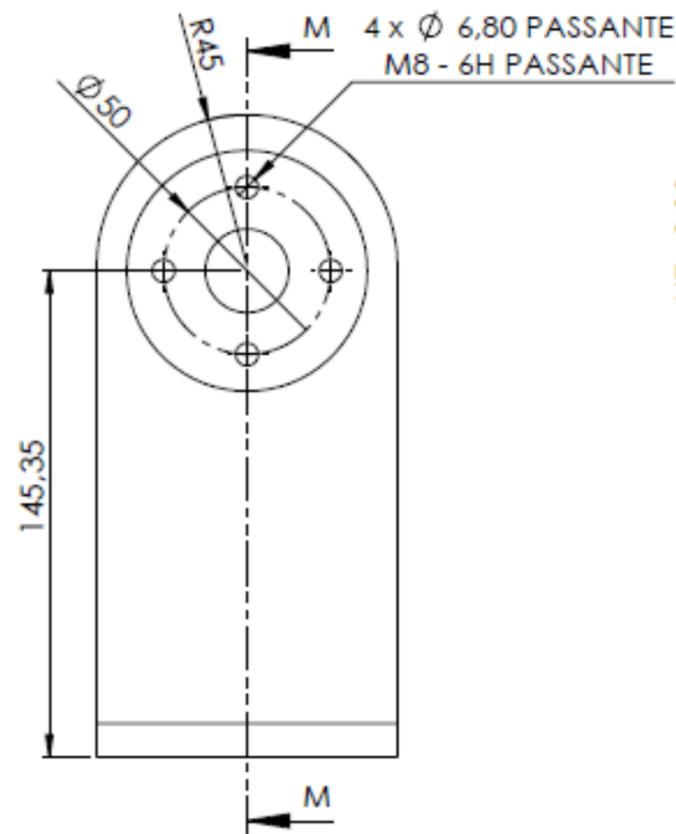
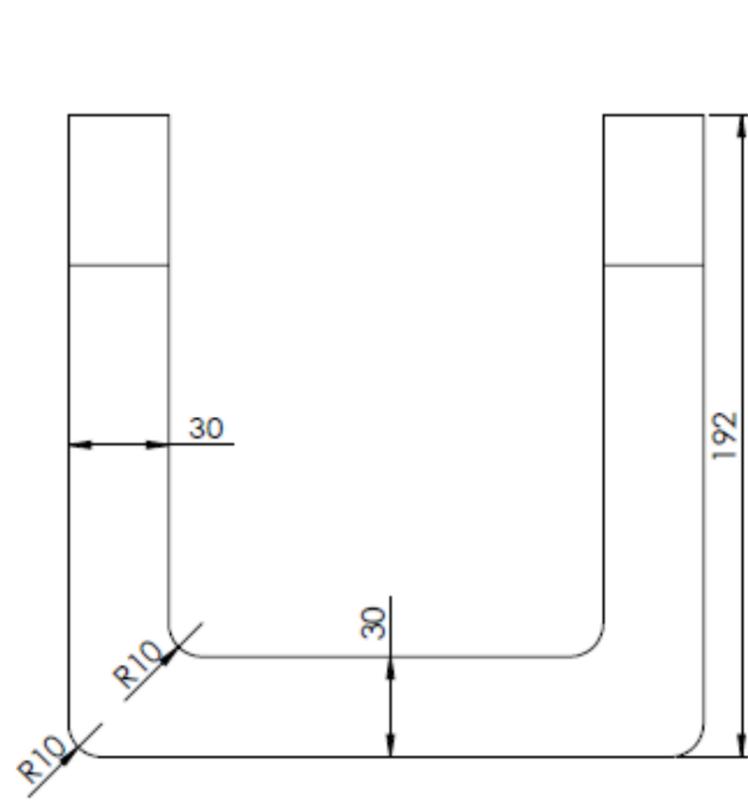


SEÇÃO J-J
ESCALA 1 : 2

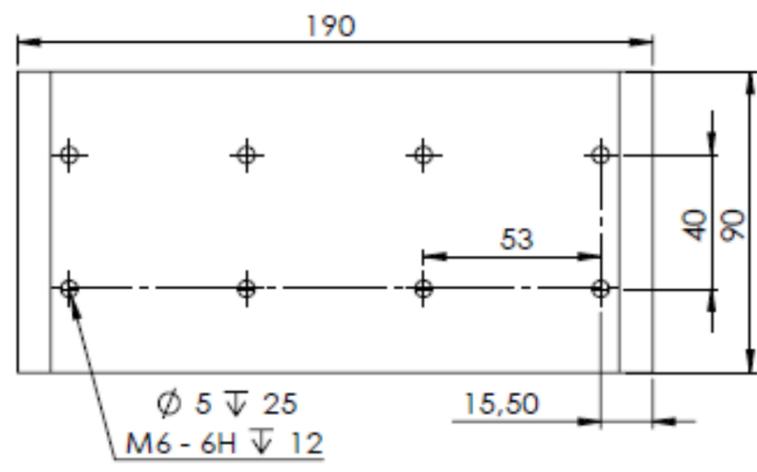
Descrição: Montagem 3		Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO			Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300
300-1000	1000-2000	2000-4000	
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5
+0,8	+1	+2	
Cor:		Desenho: William Altissimo	
Material:	Quantidade: 1	Escala:	
Nota:		Folha: A3 ISO	
		Página: 20 - 41	



Descrição: Eixo 2						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:						Desenho: William Altissimo	
Material: Aço AISI 4340			Quantidade: 1			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 21 - 41	

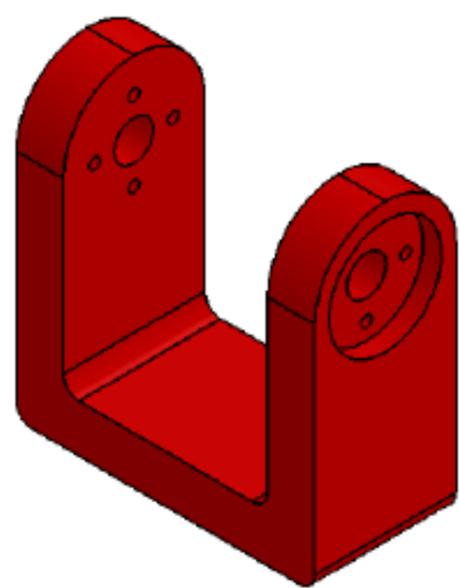


SEÇÃO M-M

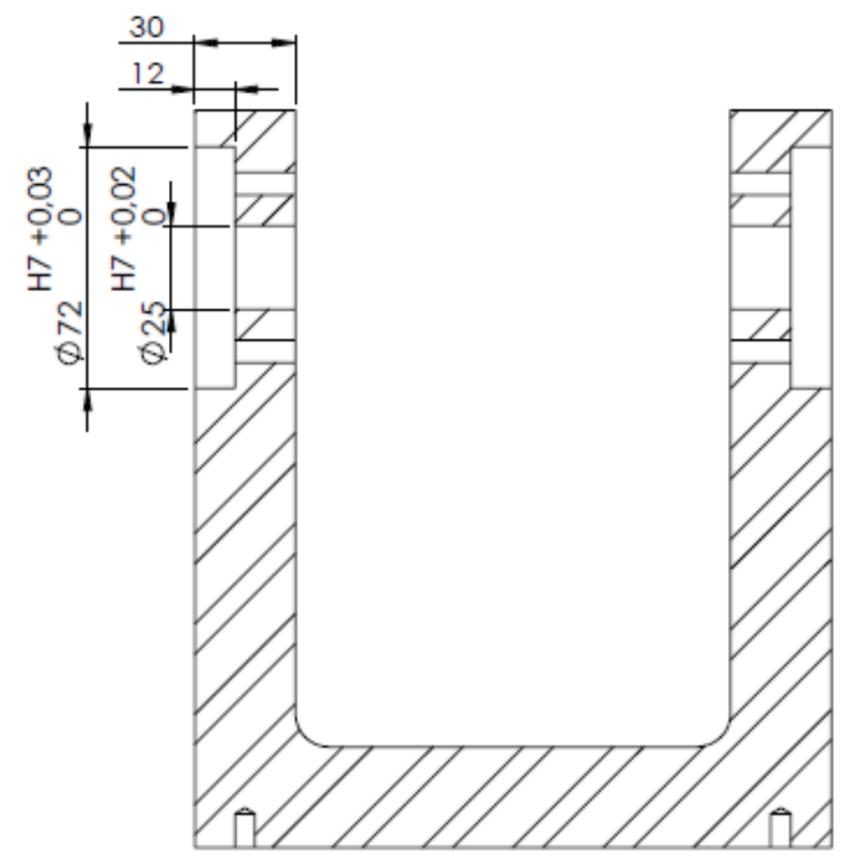
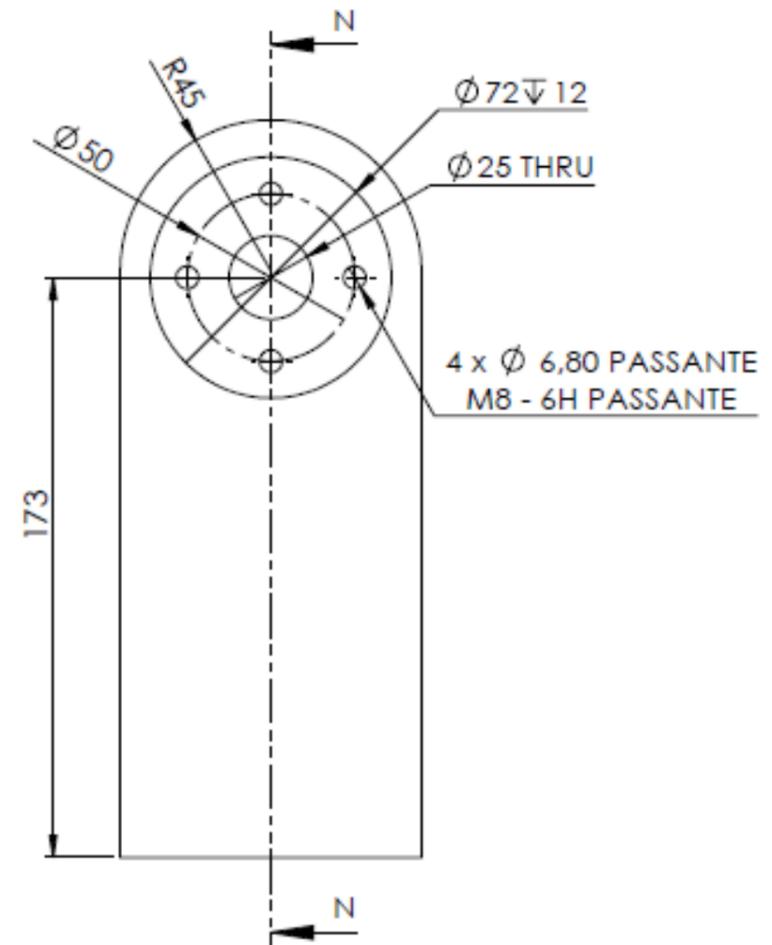
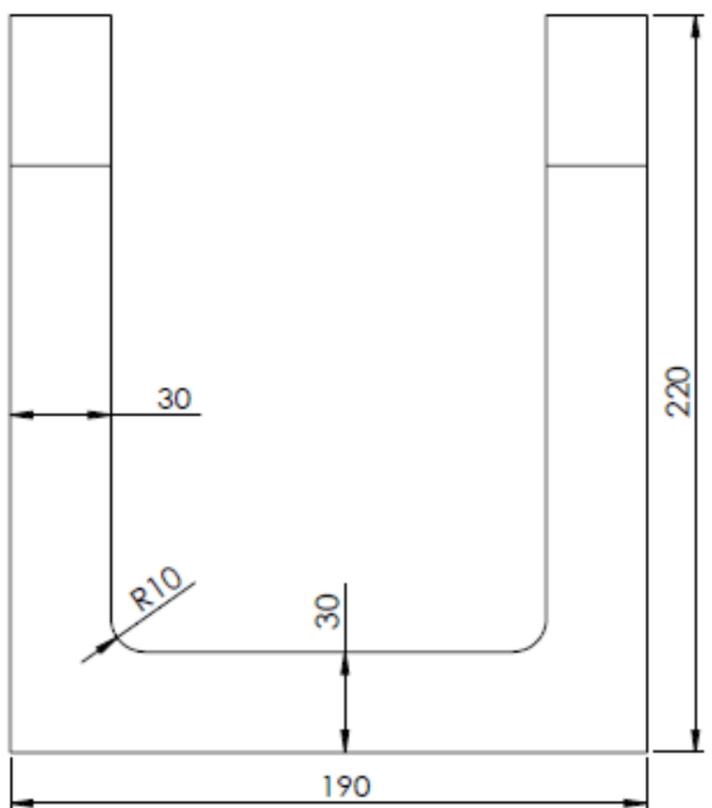


OBS: Chanfro de 1 mmx45° em todas as arestas

Escala 1:2

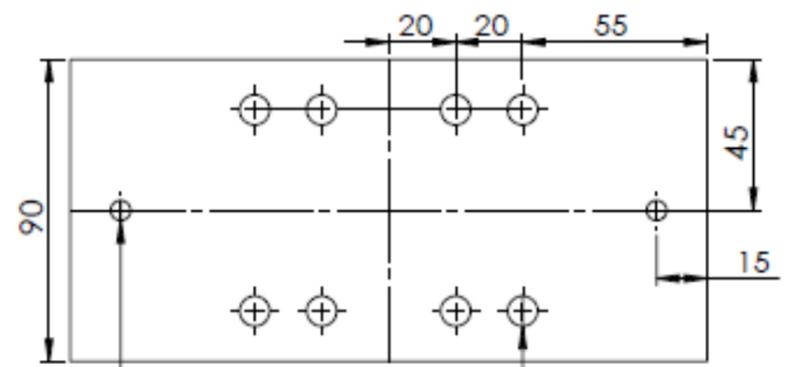


Descrição: Apoio 1		Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO			Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300
300-1000	1000-2000	2000-4000	
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5
		+0,8	+1
			+2
Cor: Vermelho		Desenho: William Altissimo	
Material: Aço AISI 1045	Quantidade: 1	Escala:	
Nota:		Folha: A3 ISO	
		Página: 22 - 41	



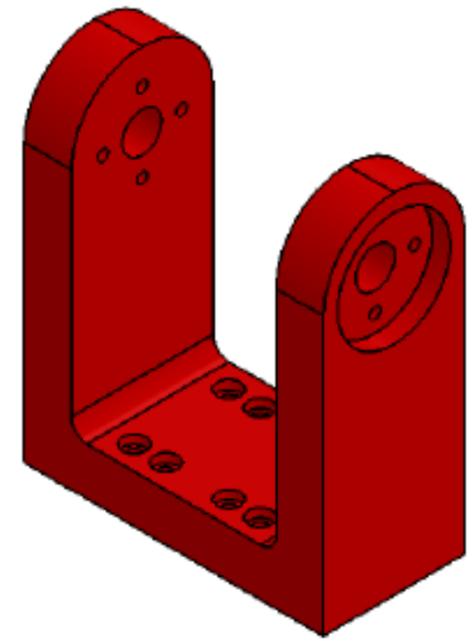
SEÇÃO N-N

OBS: Chanfro de 1 mmx45° em todas as arestas

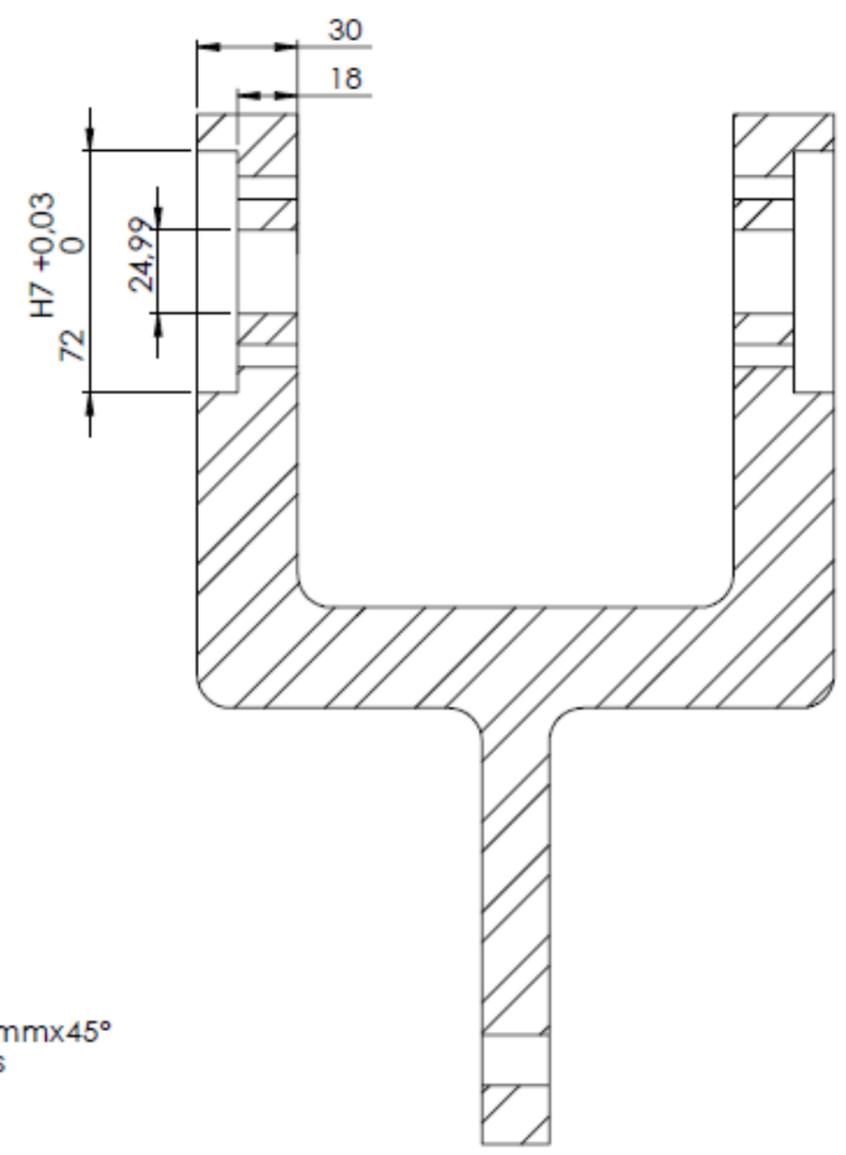
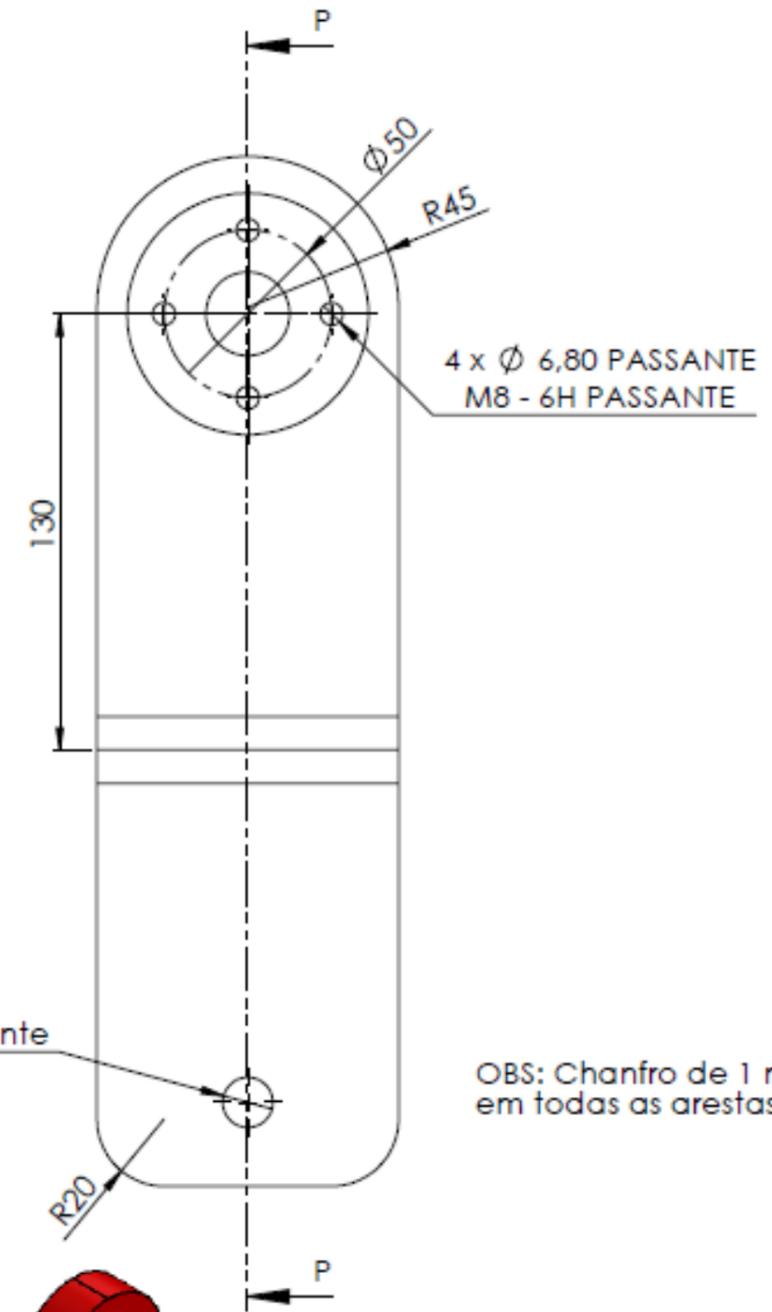
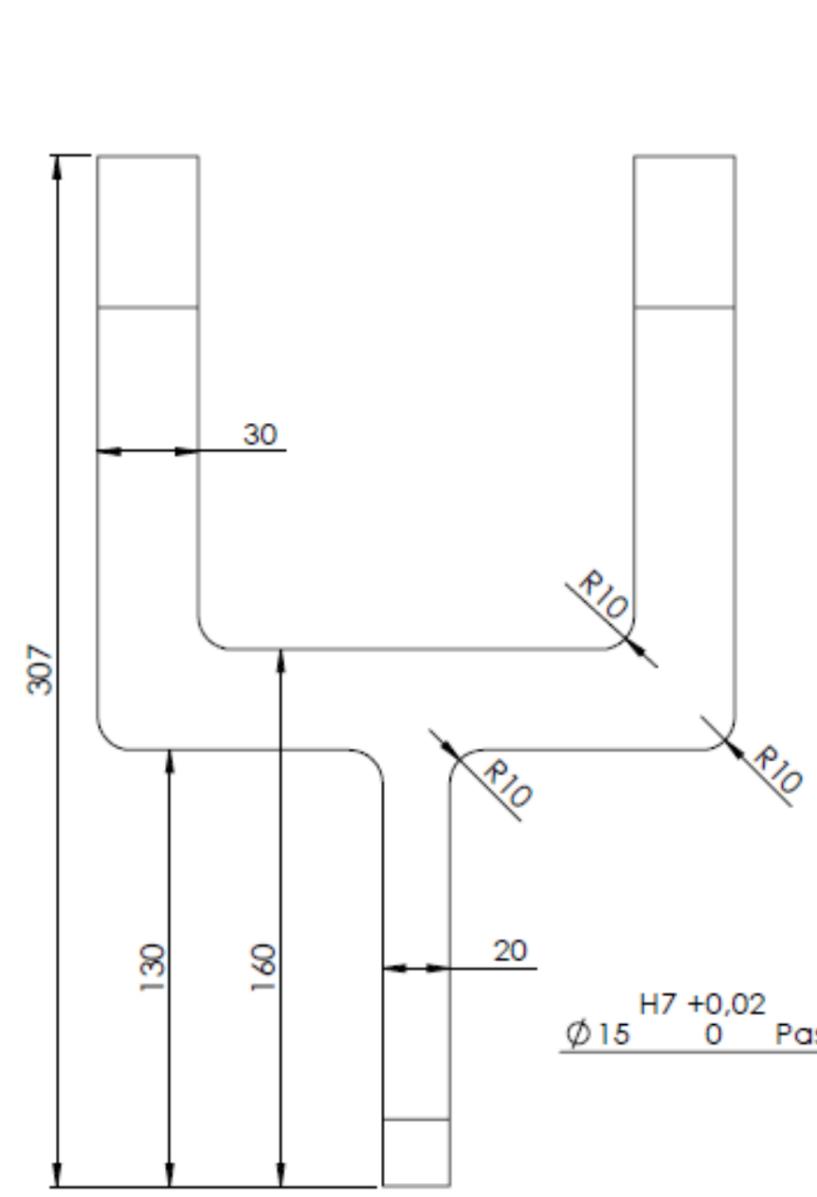


2 x $\varnothing 6$ H7 $\begin{matrix} +0,01 \\ 0 \end{matrix}$ $\nabla 10$ Furo pino guia
 8 x $\varnothing 9$ Passante $\begin{matrix} \square \\ \varnothing 15 \end{matrix}$ $\nabla 5,60$

Escala 1:2

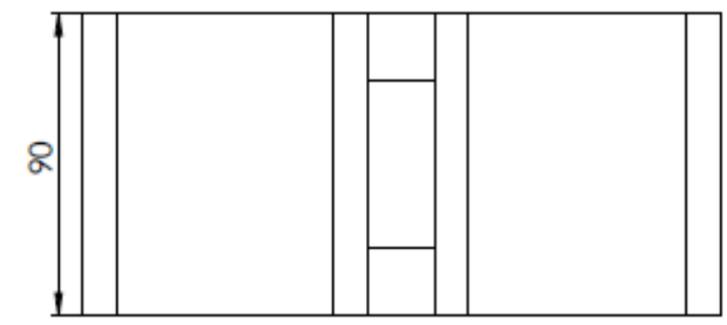


Descrição: Apoio 2				Referência: PROJETO TCC			
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Vermelho				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1045		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 23 - 41	

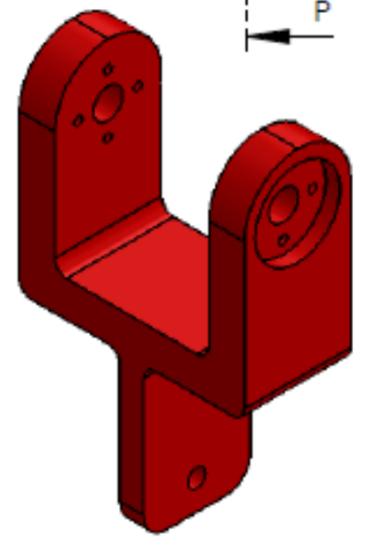


SEÇÃO P-P
ESCALA 1 : 2

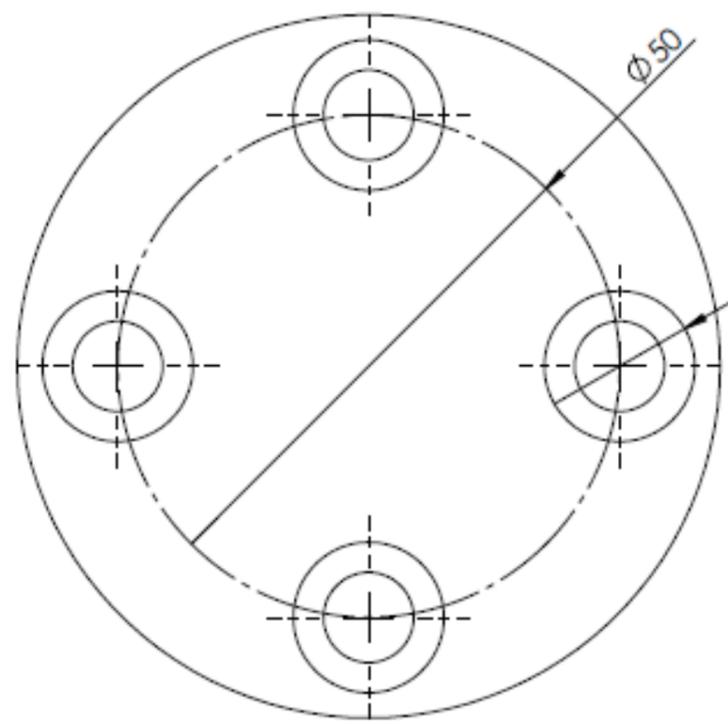
OBS: Chanfro de 1 mmx45°
em todas as arestas



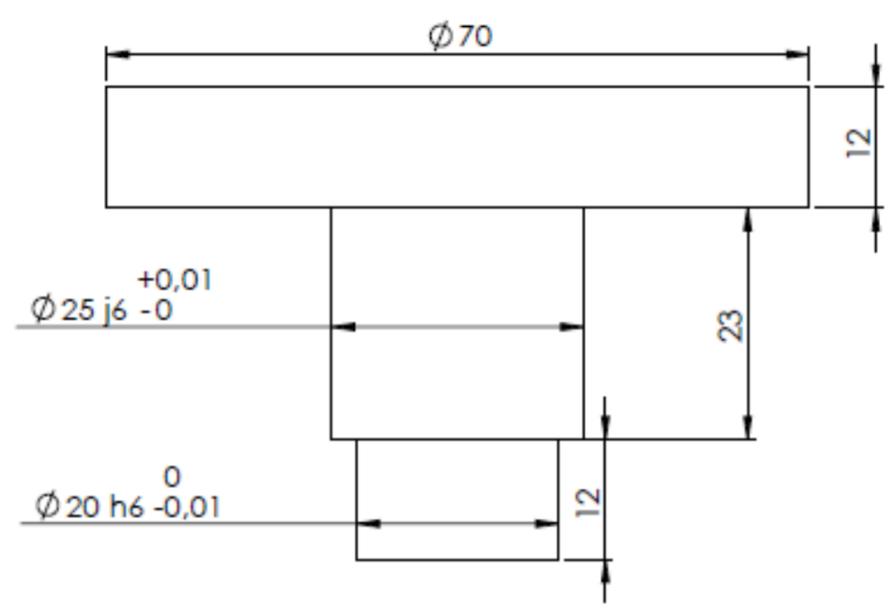
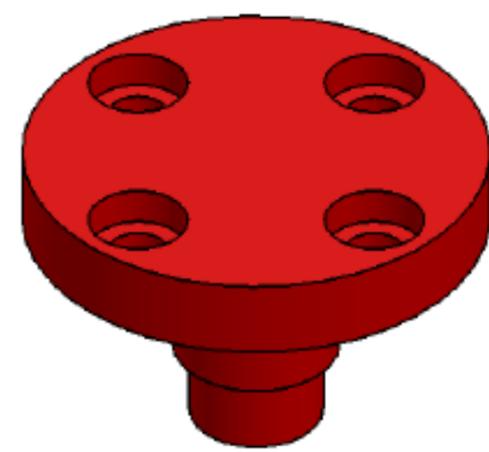
Escala 1 : 2



Descrição: Garfo						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Vermelho				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1045		Quantidade: 2		Escala:			
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 24 - 41	

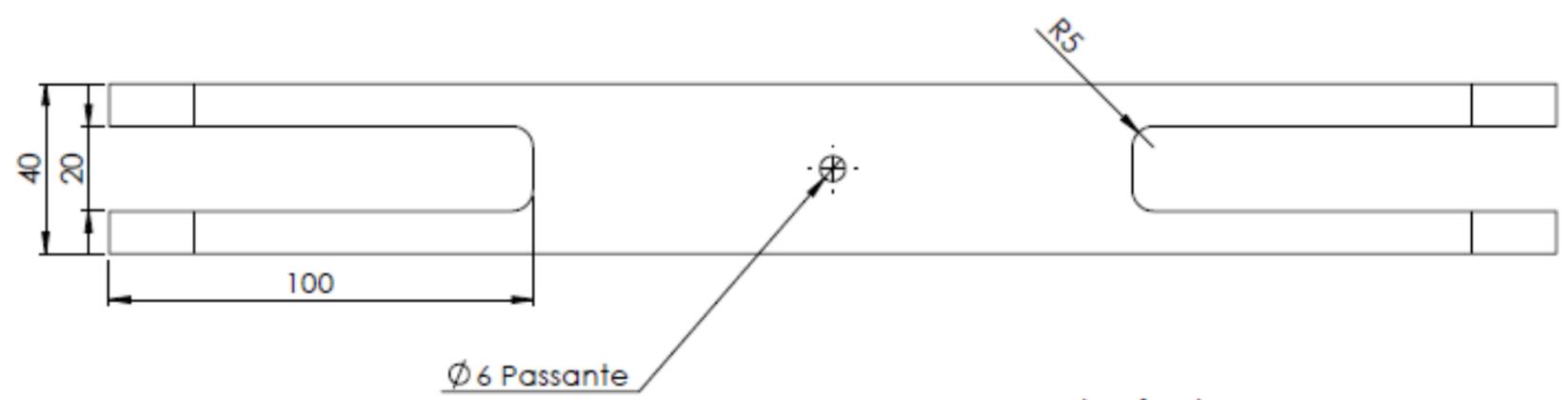


4 x Ø 9 PASSANTE TOTAL
 Ø 15 ∇ 5,60

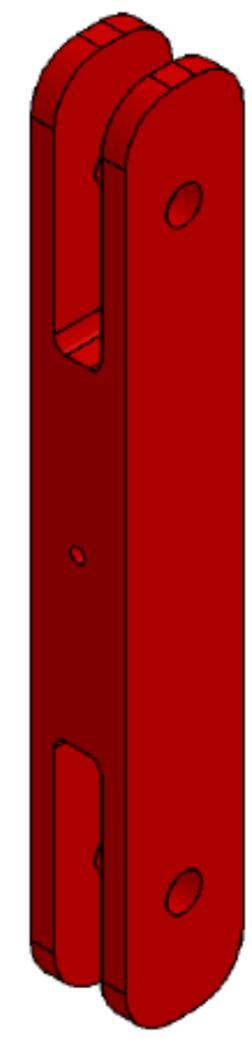


OBS: Chanfro de 1 mmx45°
 em todas as arestas

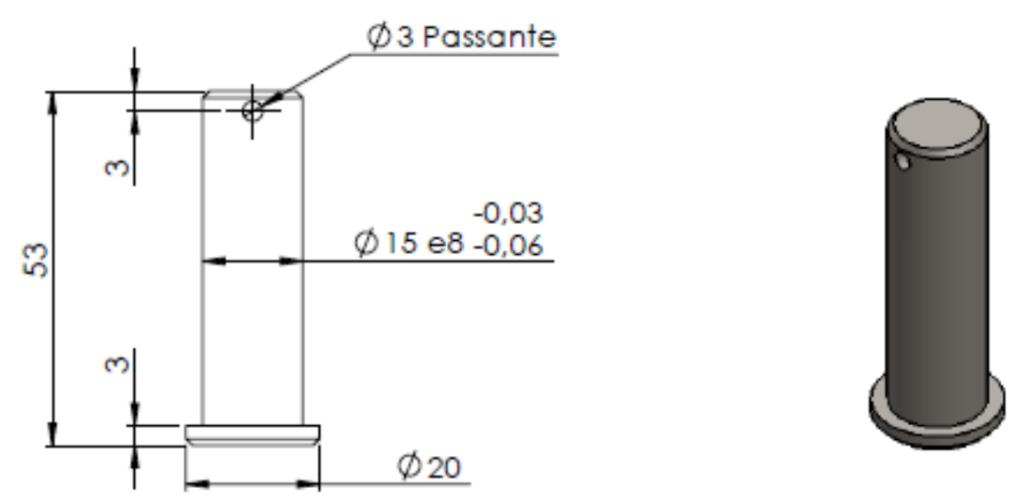
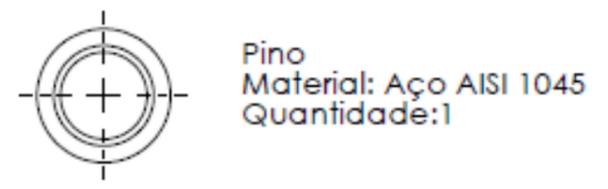
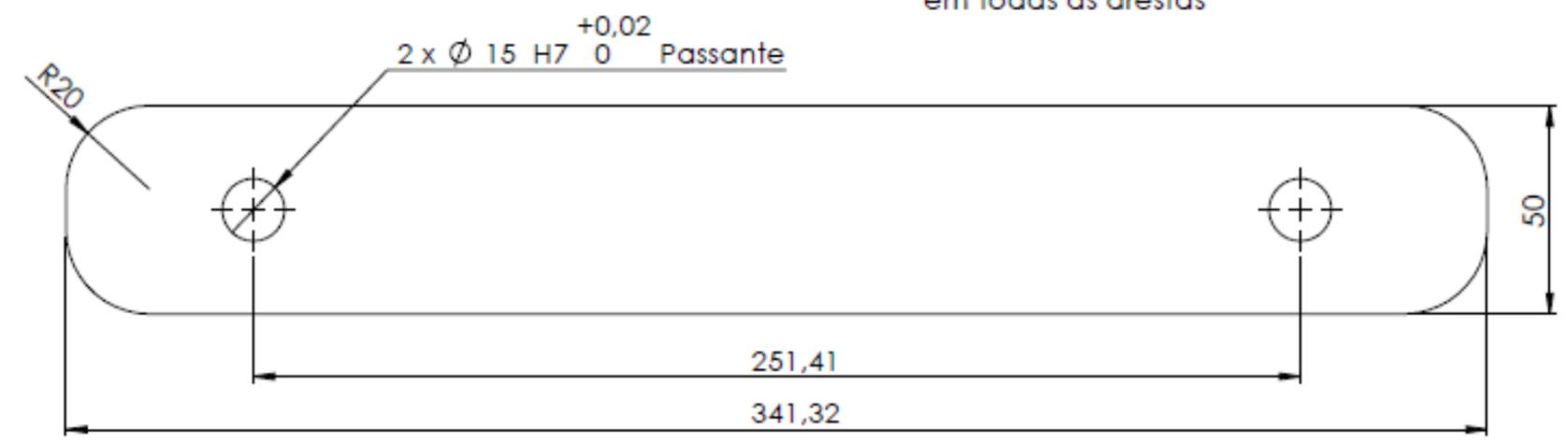
Descrição: Articulação		Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO			Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300
300-1000	1000-2000	2000-4000	
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5
+0,8	+1	+2	
Cor: Vermelho		Desenho: William Altissimo	
Material: Aço AISI 1045		Quantidade: 4	Escala:
Nota:			Folha: A3 ISO
			Página: 25 - 41



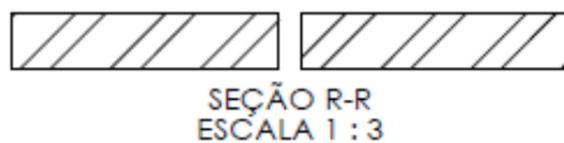
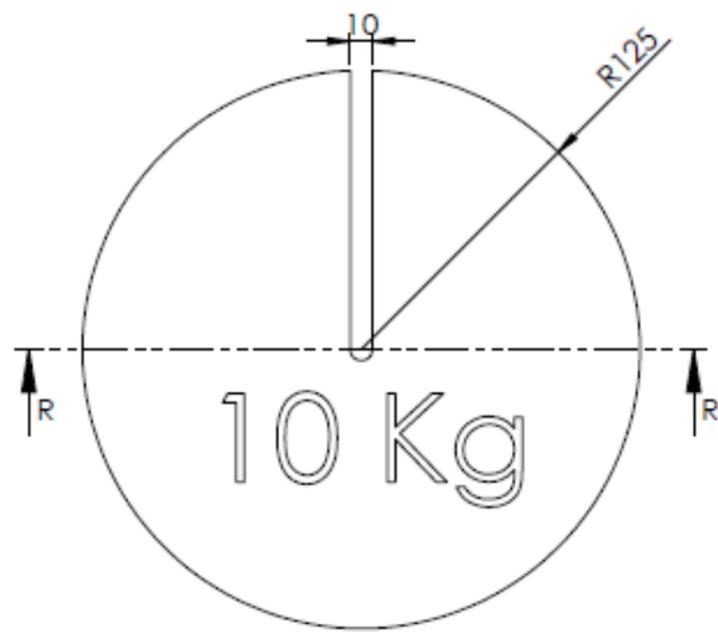
Travessa
Material: Aço AISI 1045
Quantidade:1



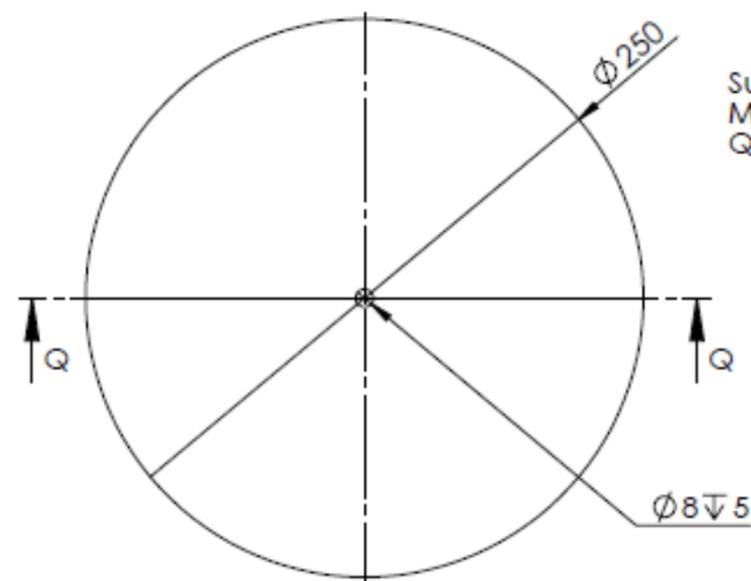
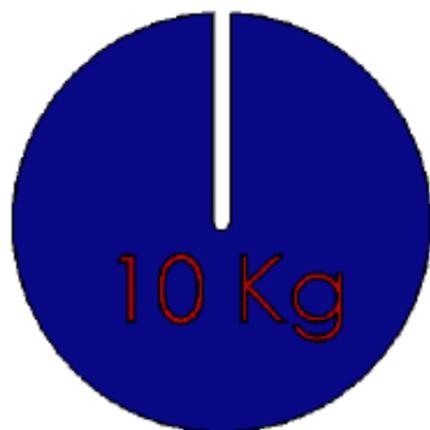
OBS: Chanfro de 1 mmx45° em todas as arestas



Descrição: Conjunto aplicação de carga						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:						Desenho: William Altissimo	
Material:			Quantidade:			Escala:	
Nota:							Folha: A3 ISO
							Página: 26 - 41

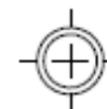


OBS: Altura irá variar de acordo com o peso desejado e material utilizado.
Após aferido, pintar o valor na superfície.

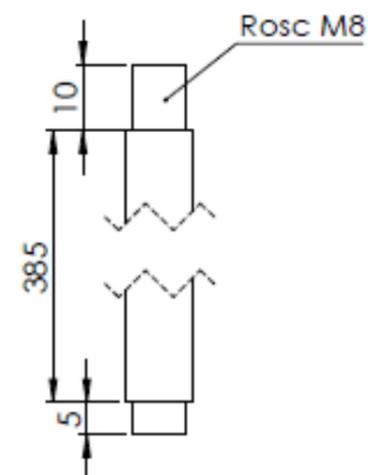
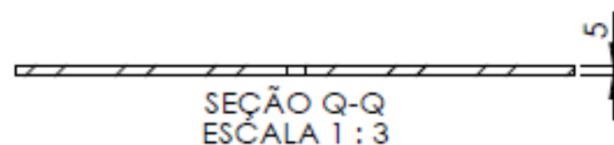


Suporte pesos
Material: Aço AISI 1020
Quantidade: 1

Vareta suporte pesos
Material: Aço AISI 1045
Quantidade: 1

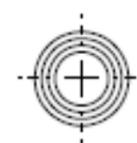
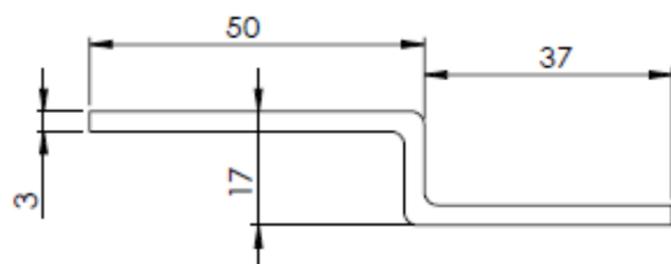


ESCALA 1 : 3

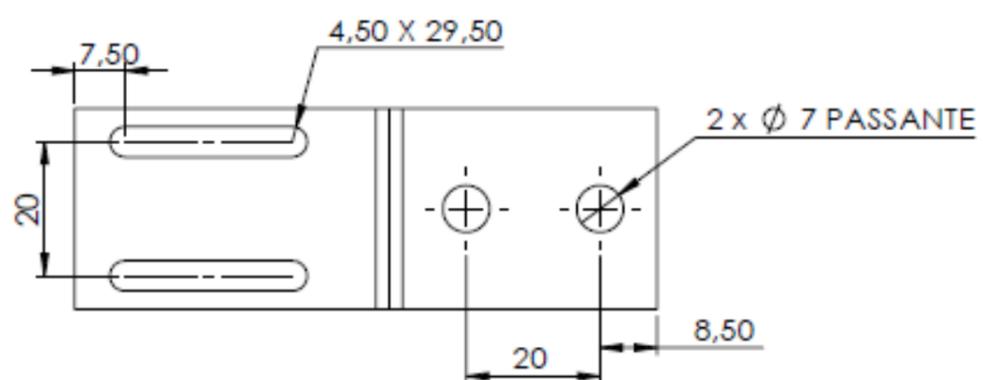


ESCALA 1 : 1

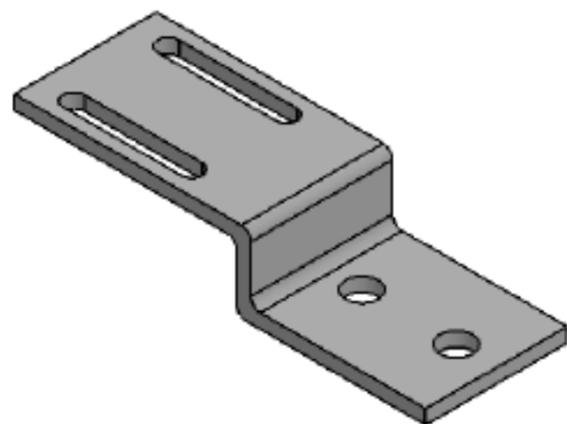
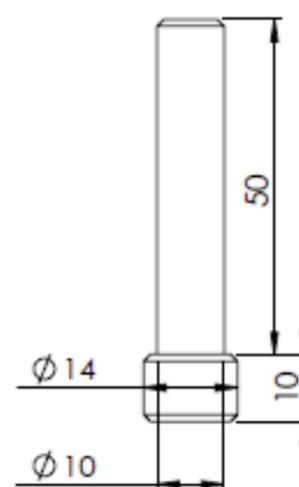
Descrição: Conjunto aplicação de carga						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:				Desenho: William Altissimo			
Material:		Quantidade:			Escala:		
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 27 - 41	



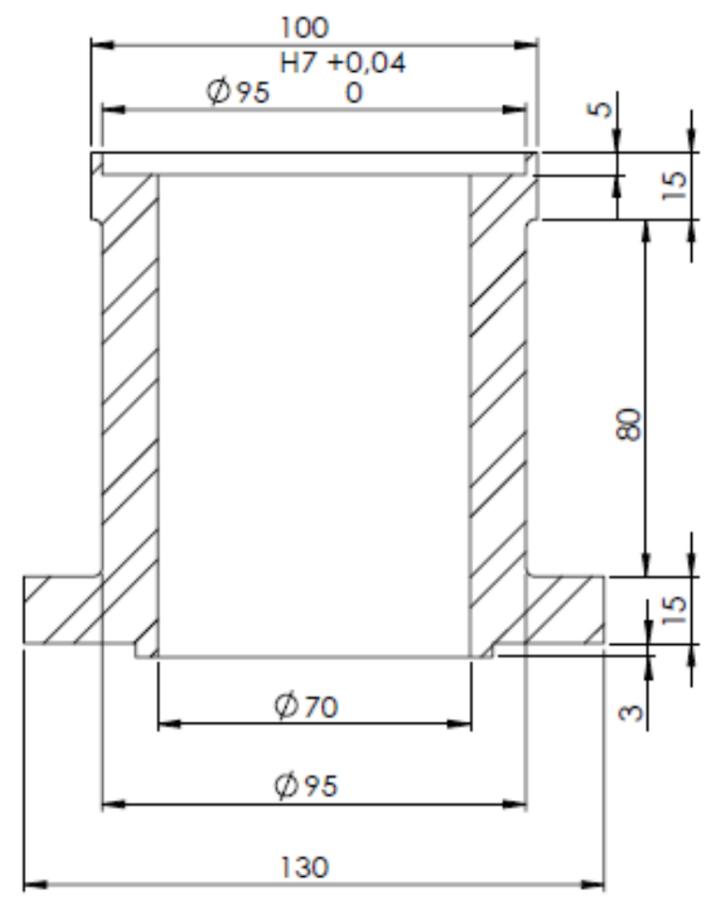
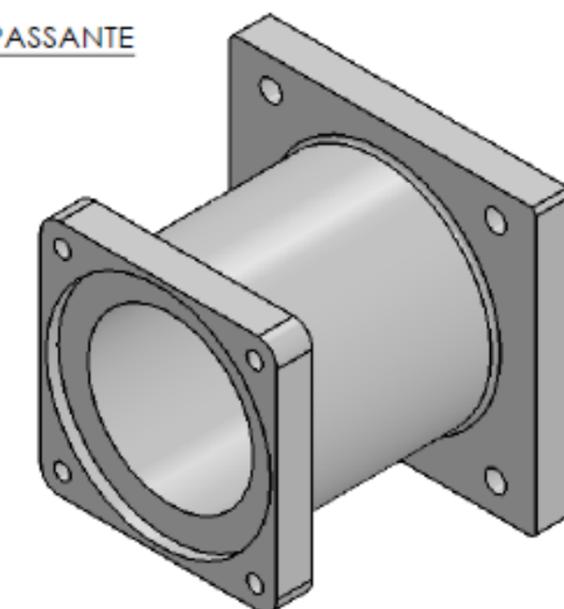
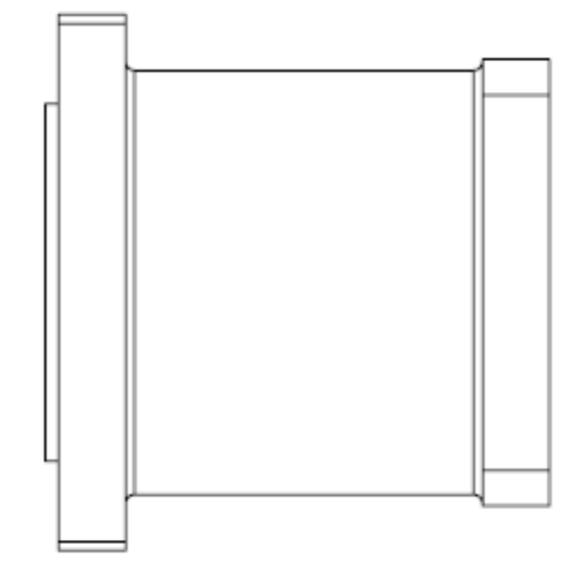
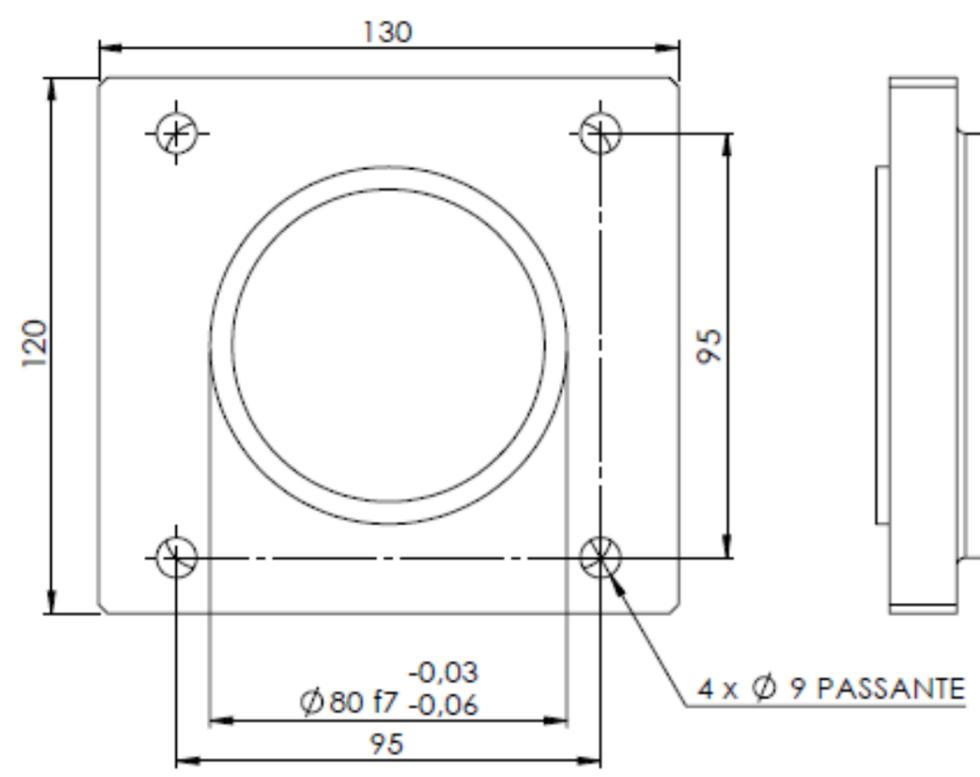
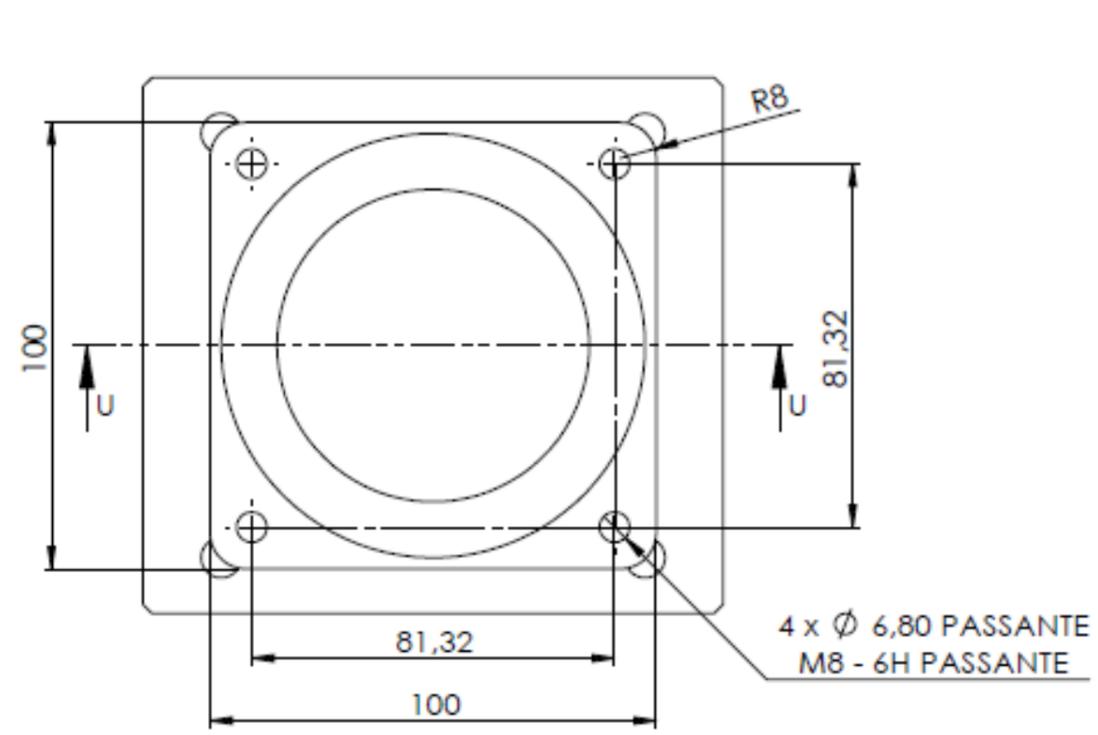
Acionamento Sensor Fim de Curso
Material: Aço AISI 1045
Quantidade: 1



Suporte Sensor Fim de Curso
Material: Aço AISI 1020
Quantidade: 1

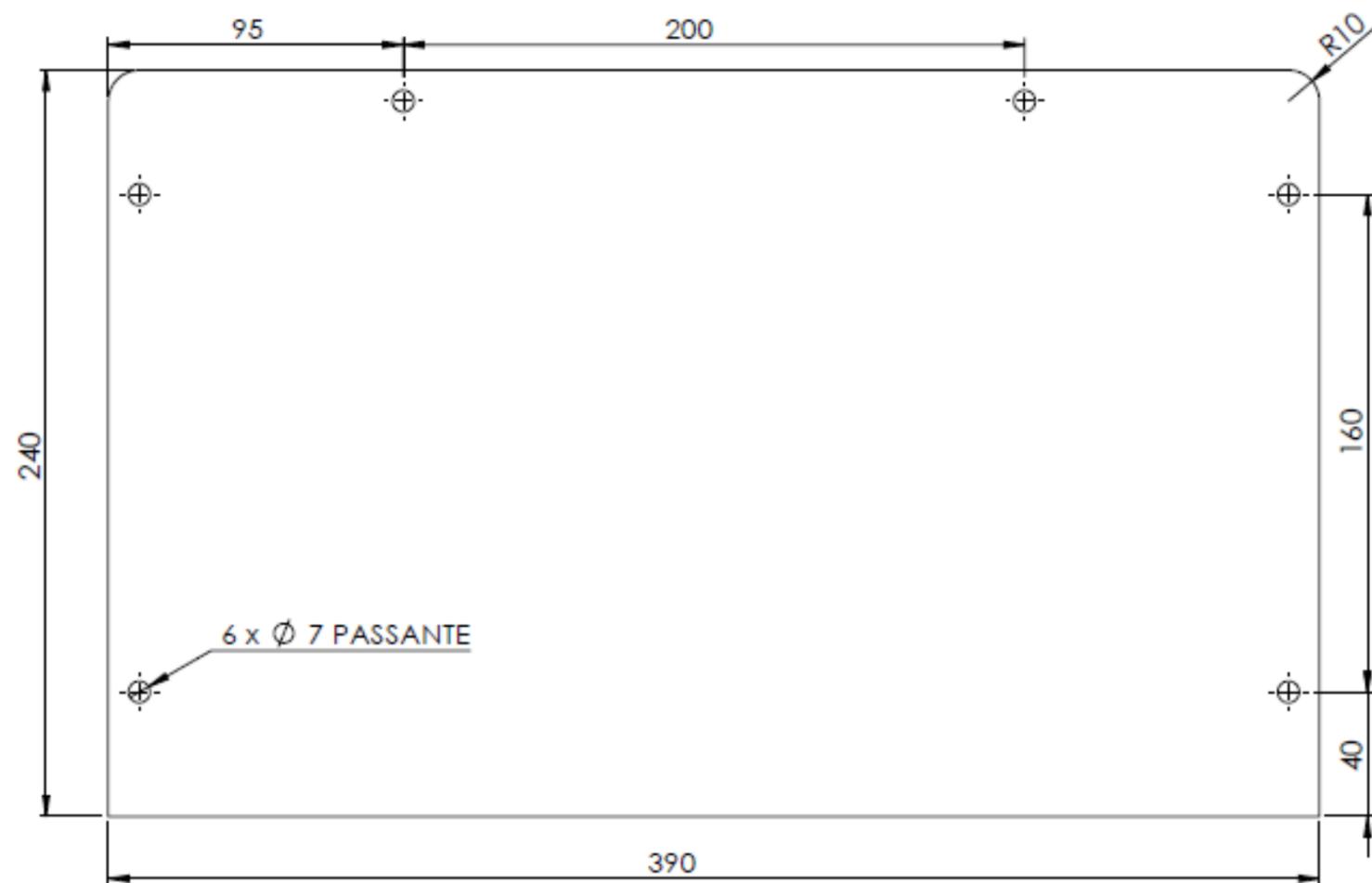


Descrição: Suporte e acionador sensor parada						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Cinza				Desenho: William Altissimo			
Material:			Quantidade:			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 28 - 41	

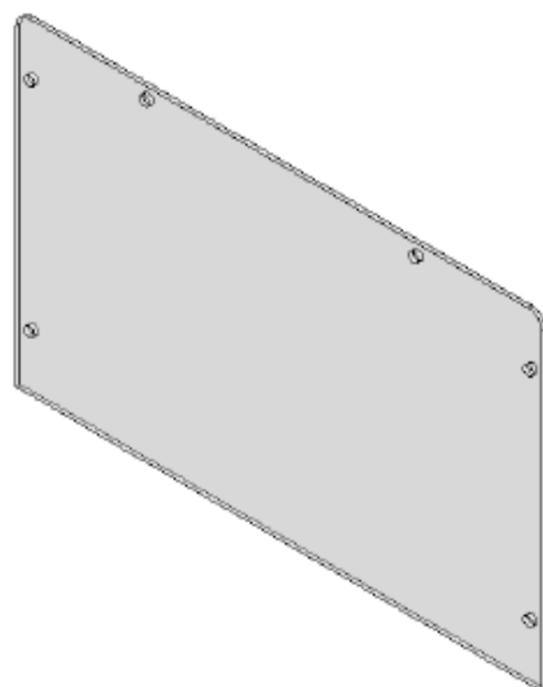


SEÇÃO U-U
ESCALA 1 : 1.5

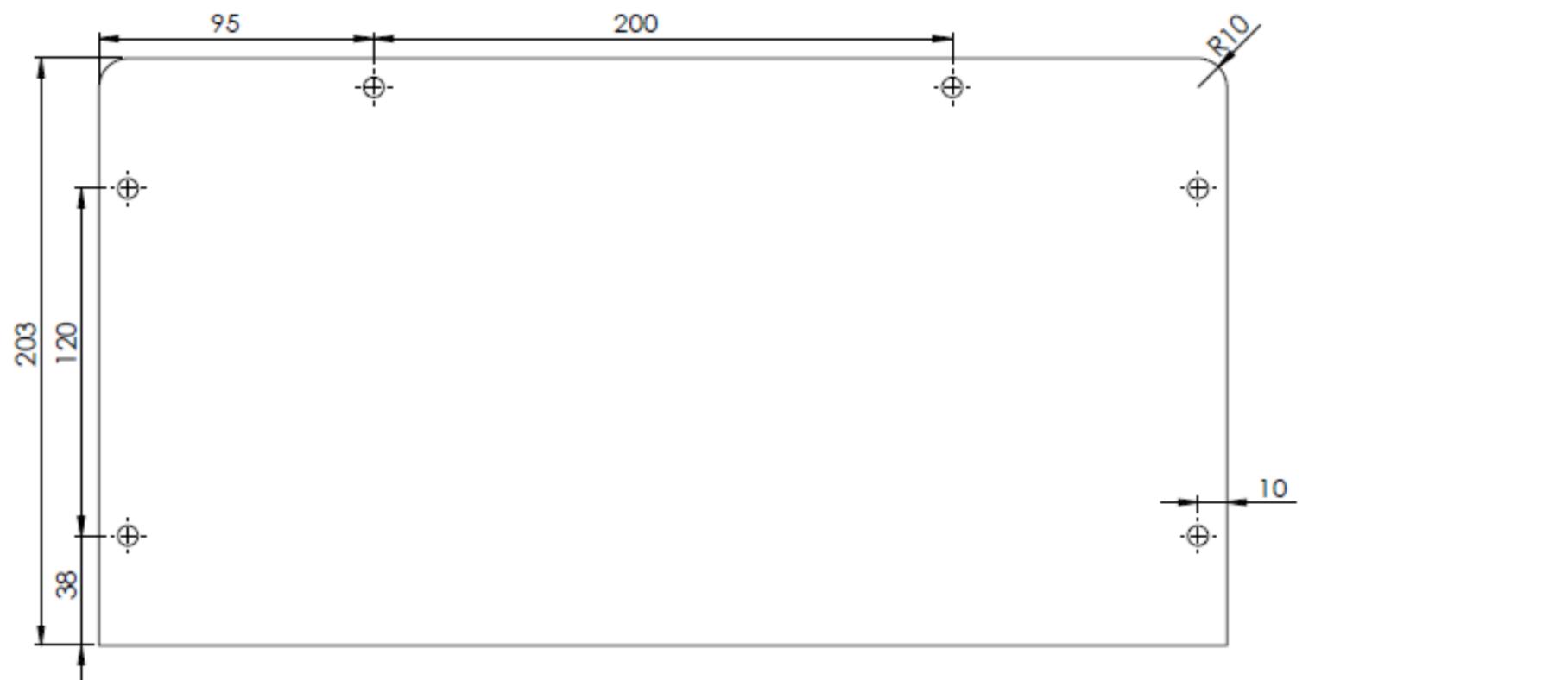
Descrição: Adaptador						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Cinza				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1045		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 29 - 41	



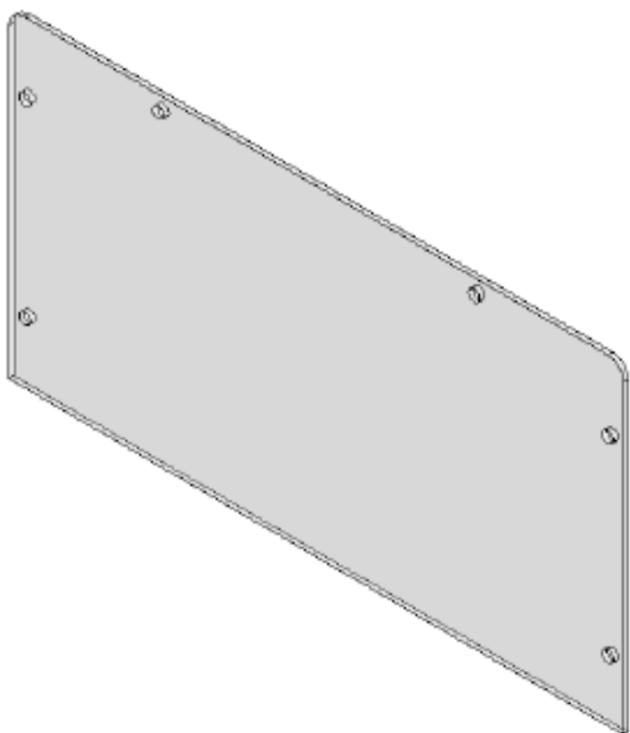
OBS: Espessura da chapa: 3mm



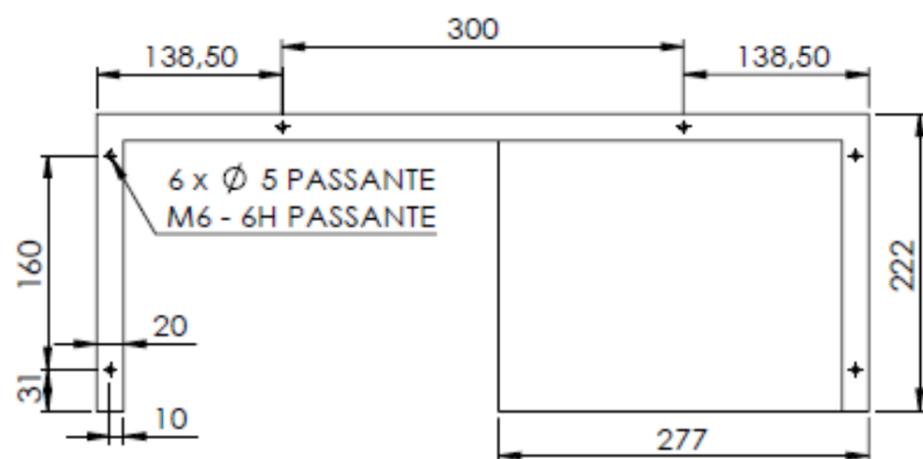
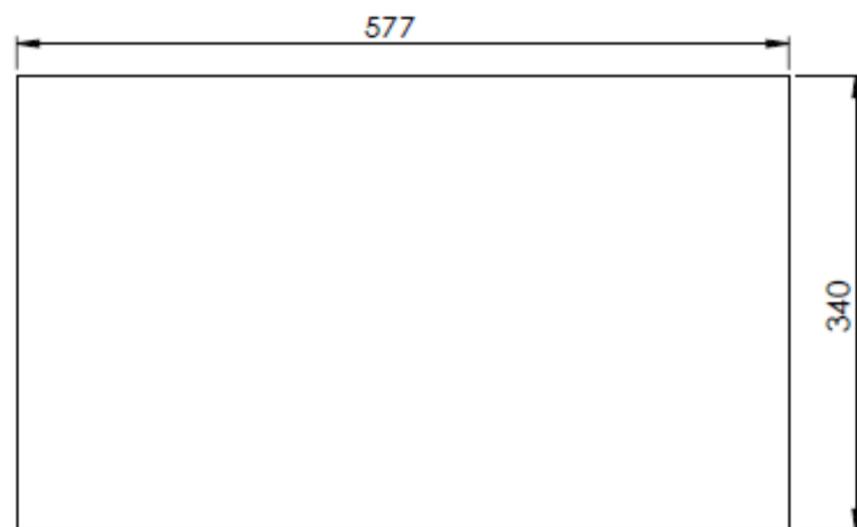
Descrição: Proteção 2						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:					Desenho: William Altissimo		
Material: Acrilico			Quantidade: 1			Escala:	
Nota:							Folha: A3 ISO
							Página: 31 - 41



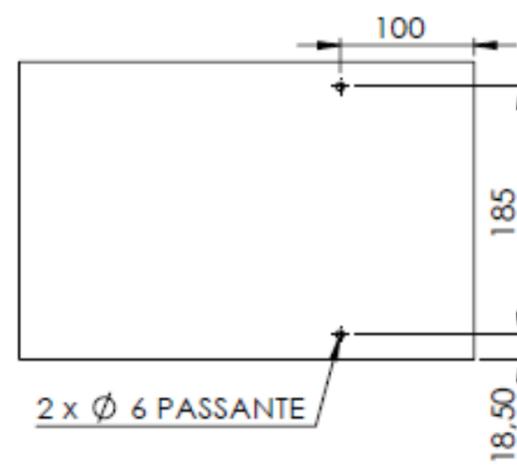
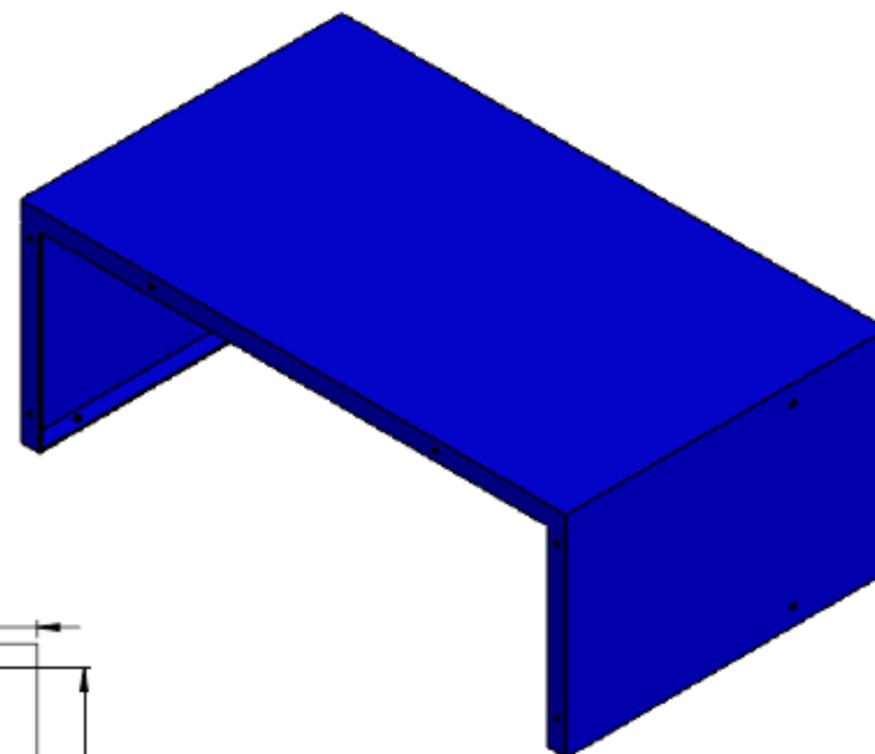
OBS: Espessura da chapa 3 mm.



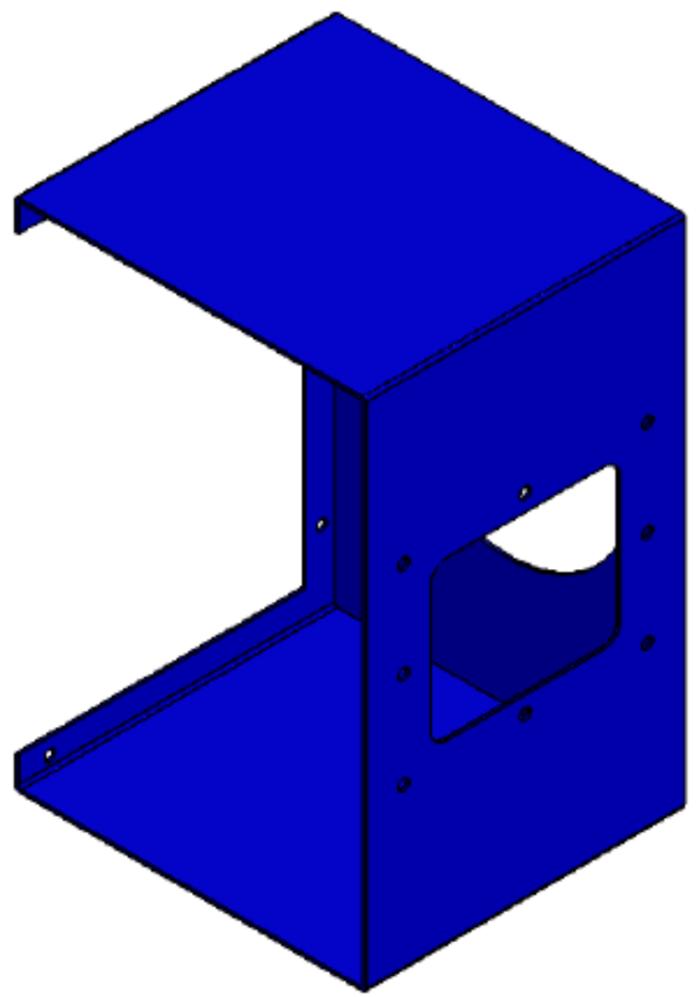
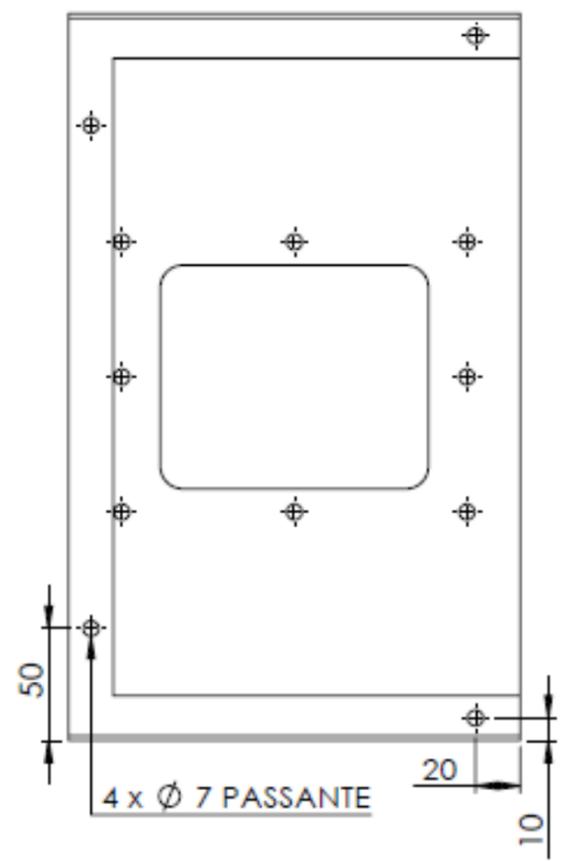
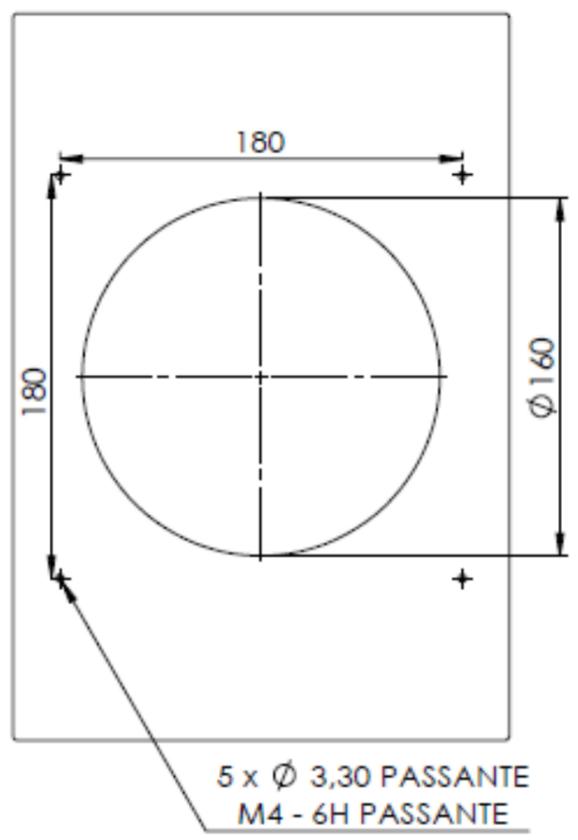
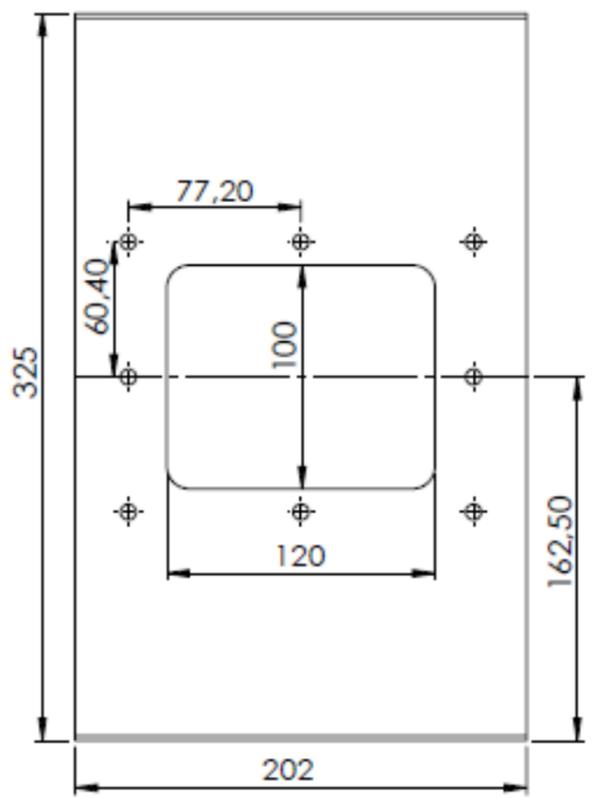
Descrição: Proteção 3						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:					Desenho: William Altissimo		
Material: Acrílico			Quantidade: 1		Escala:		
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 32 - 41	



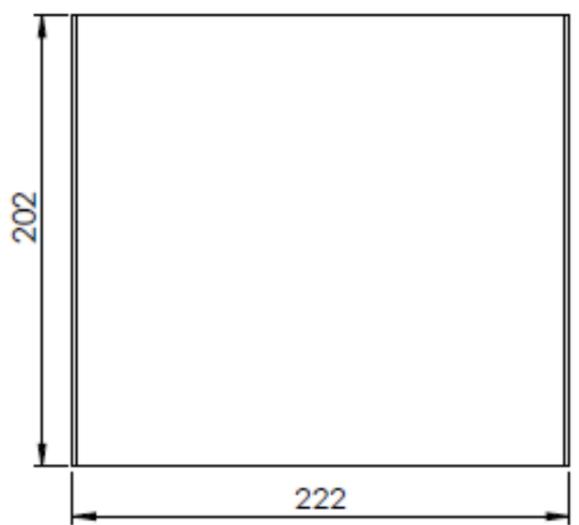
OBS: Espessura da chapa: 2mm



Descrição: Proteção 4						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Azul				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1020		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:							Folha: A3 ISO
							Página: 33 - 41

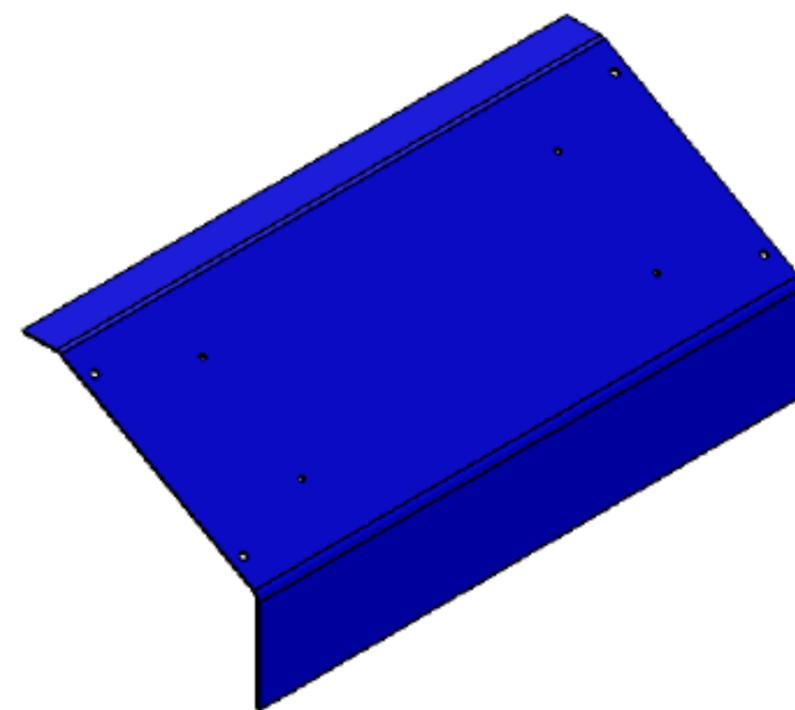
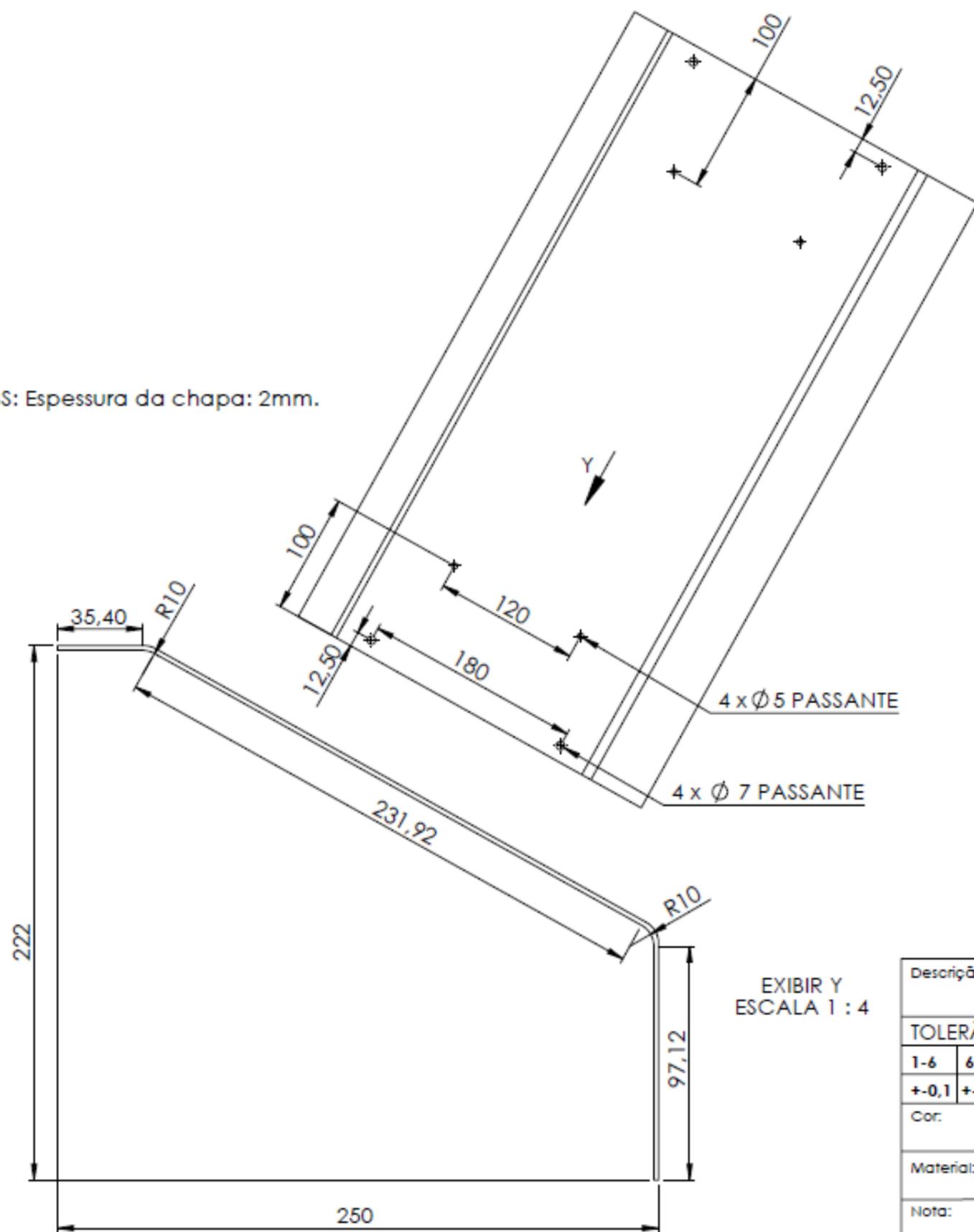


OBS: Espessura da chapa: 2mm e arestas com raio 2 mm.



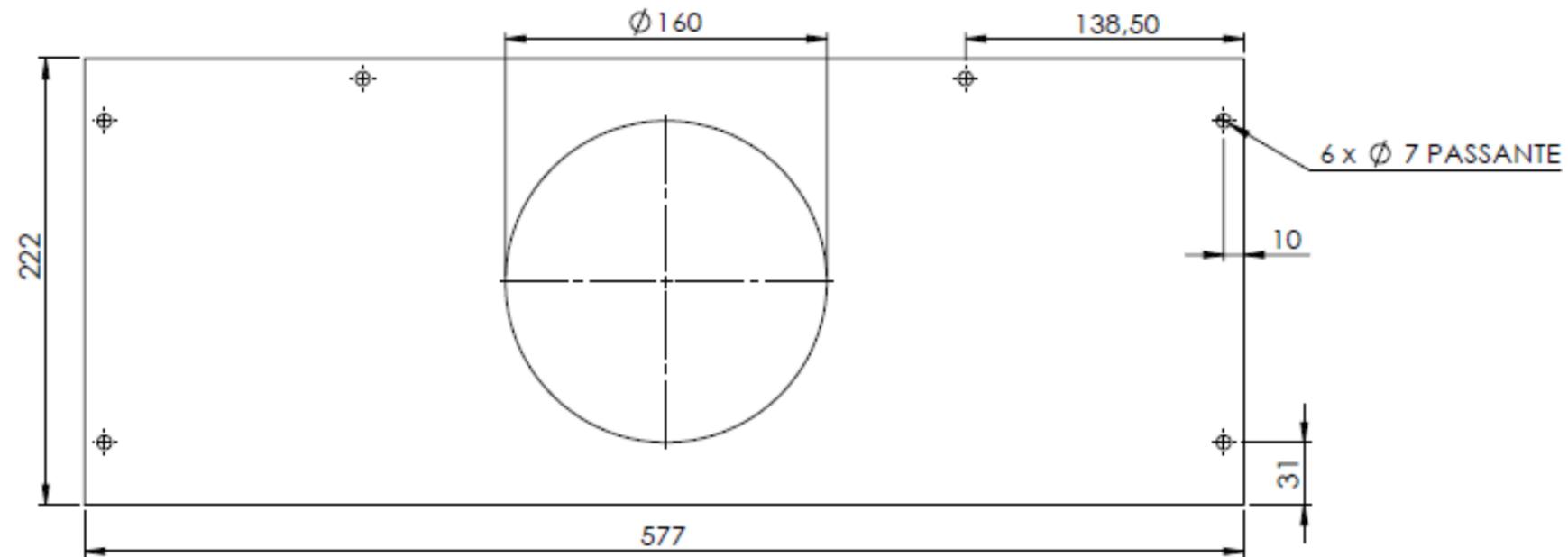
Descrição: Proteção 5					Referência: PROJETO TCC		
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Azul				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1020		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:							Folha: A3 ISO
							Página: 34 - 41

OBS: Espessura da chapa: 2mm.

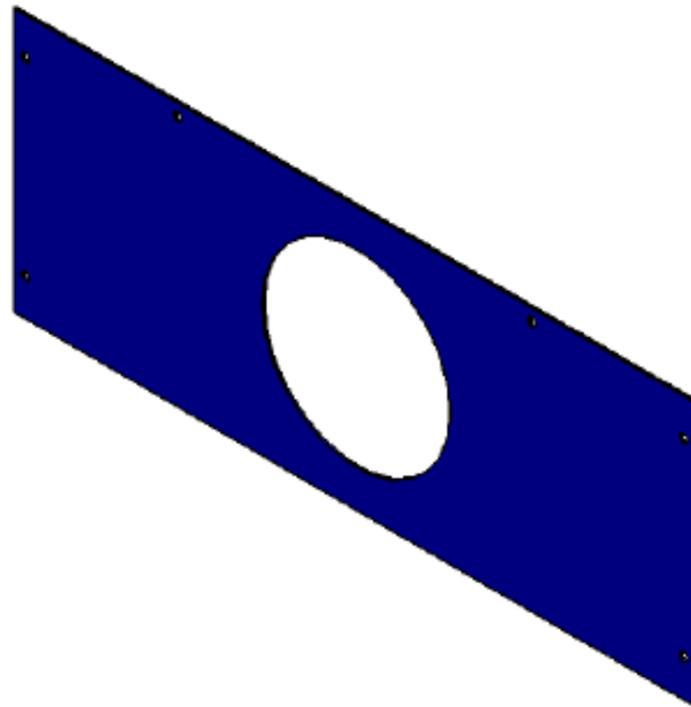


EXIBIR Y
ESCALA 1 : 4

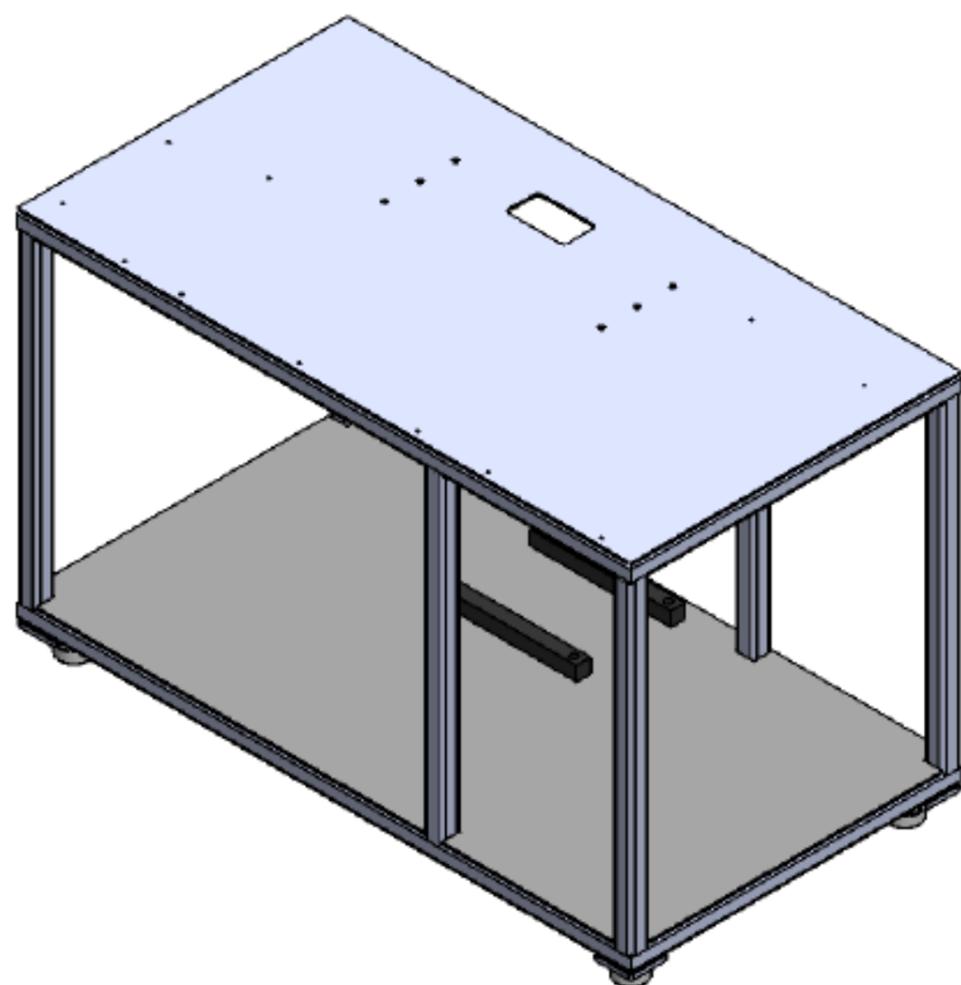
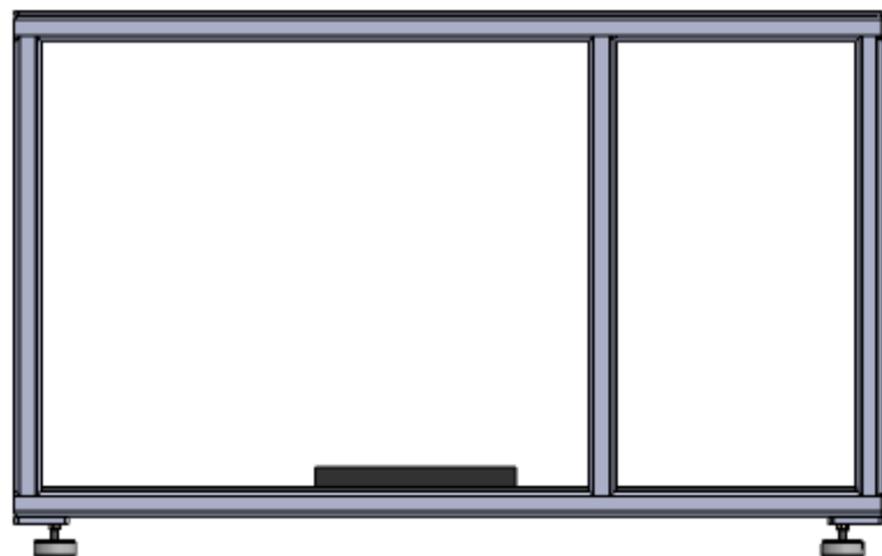
Descrição: Proteção 6					Referência: PROJETO TCC		
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Azul				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1020		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:				Folha: A3 ISO			
				Página: 35 - 41			



OBS: Espessura da chapa: 2mm.

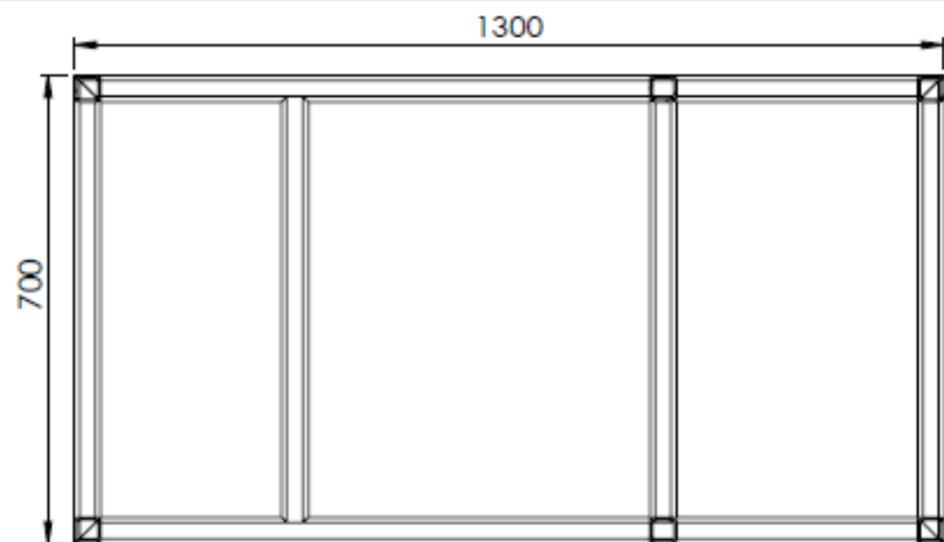


Descrição: Proteção 7						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Azul				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1020		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 36 - 41	

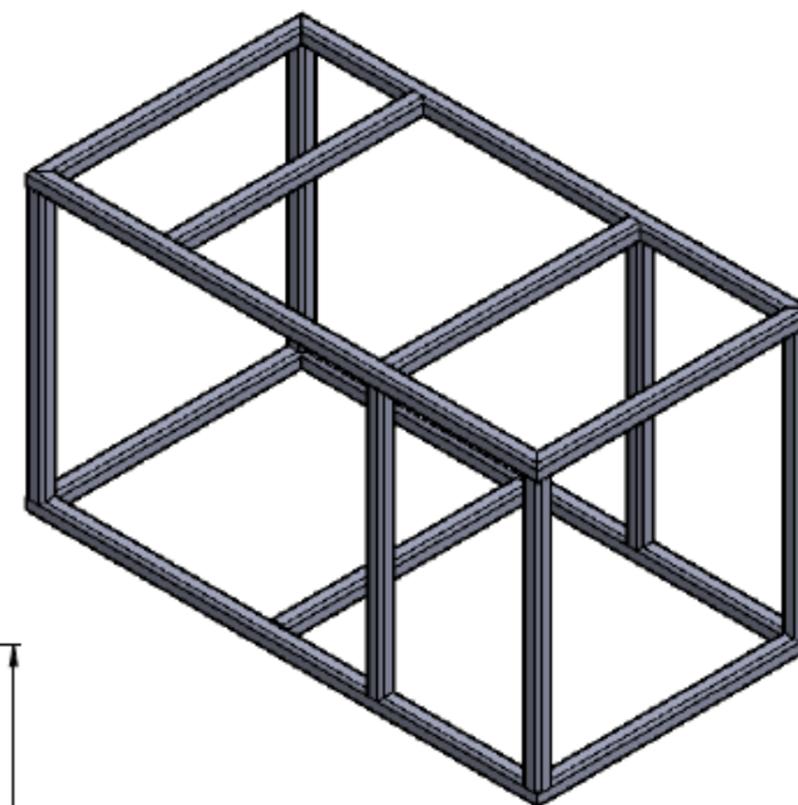
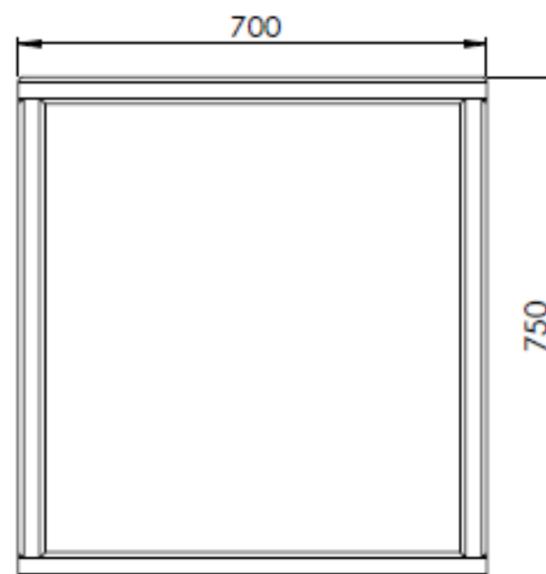
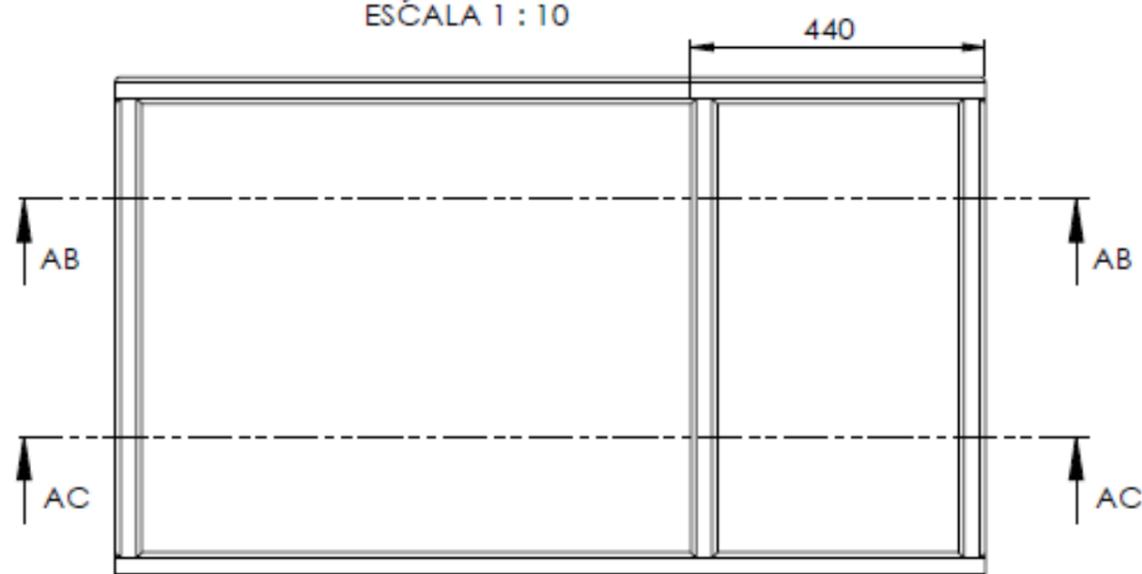


Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	QTD.
1	Estrutura bancada	1
2	Chapa bancada	1
3	Chapa base	1
4	Chapa suporte pé	4
5	Vibra Stop MAC	4
6	Porca M8	4
7	Coxim	2
8	Parafuso Allen M8 x 20	4

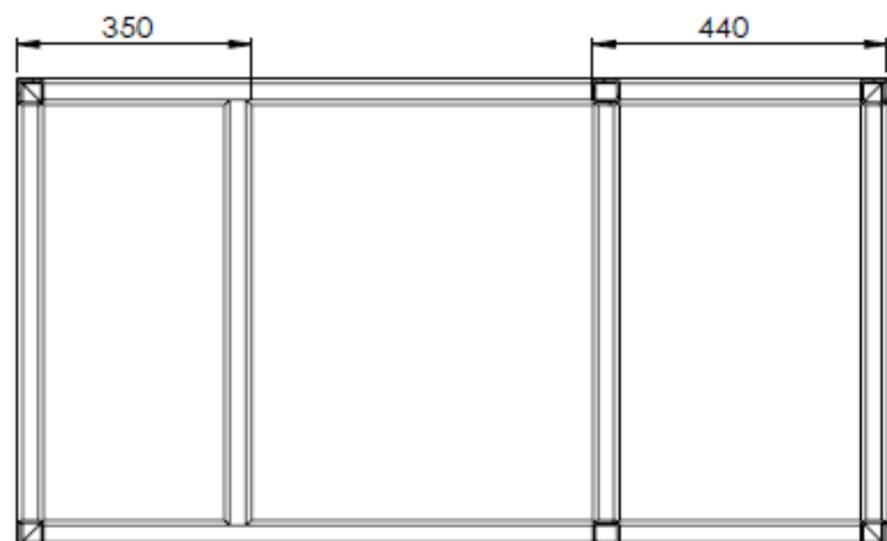
Descrição: Montagem 5		Referência: PROJETO TCC					
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO			Data: 12/08/2024				
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:		Desenho: William Altissimo					
Material:		Quantidade:		Escala:			
Nota:			Folha: A3 ISO				
			Página: 37 - 41				



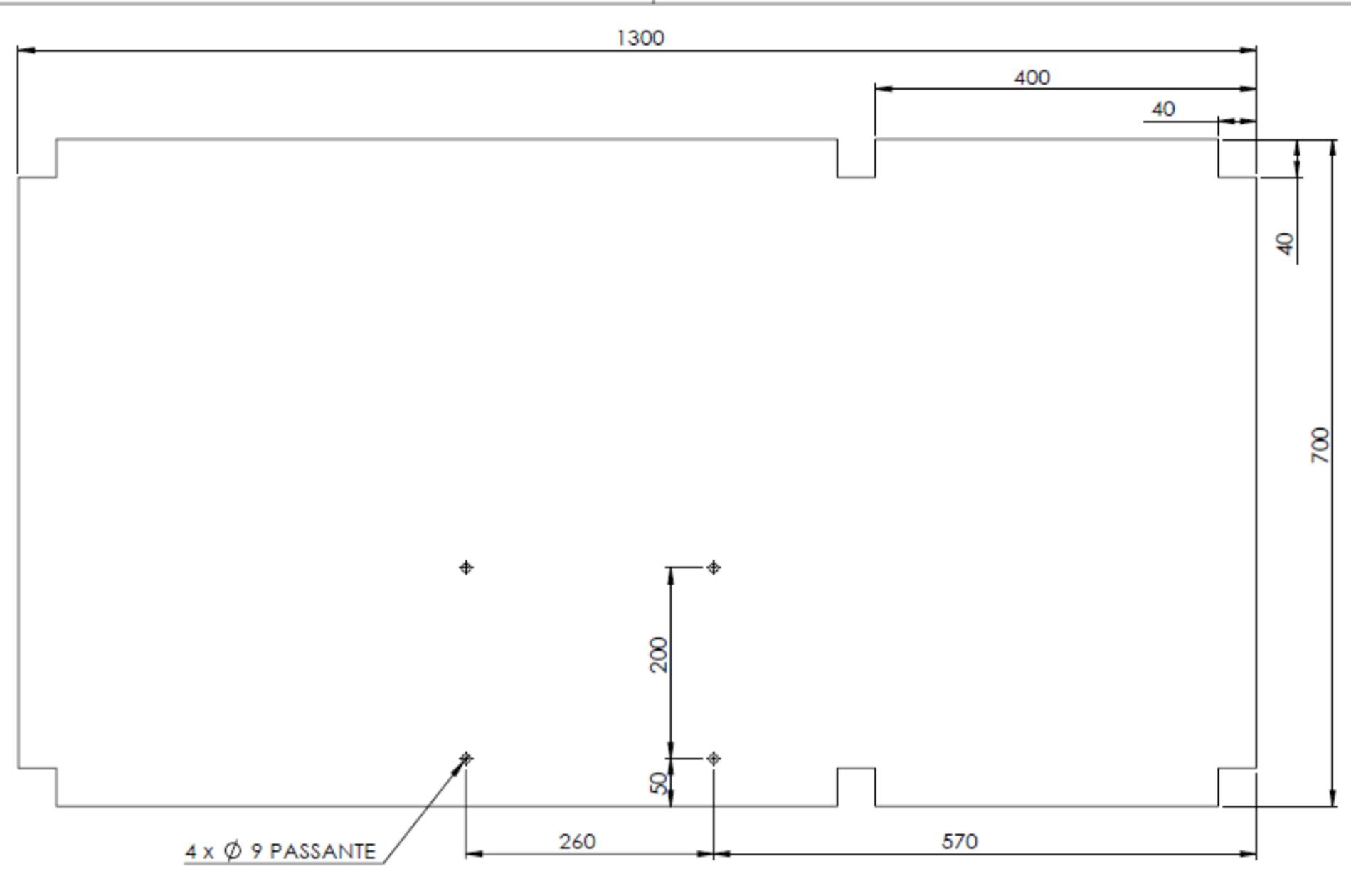
SEÇÃO AB-AB
ESCALA 1 : 10



OBS: Estrutura deve ser confeccionada com perfil de aço estrutural 40x40 mm e espessura de 3 mm.

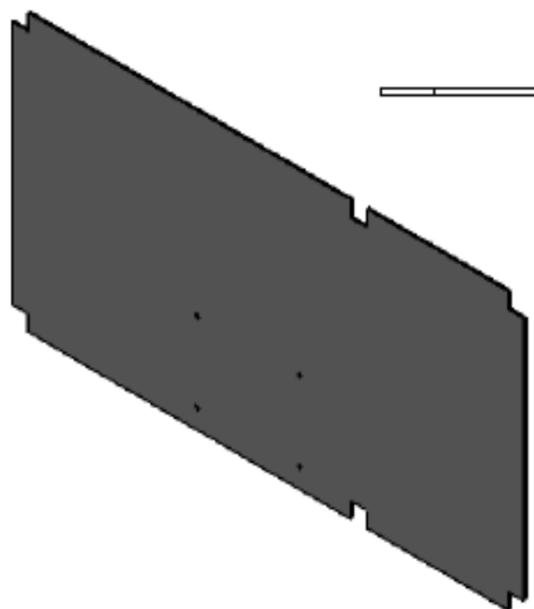


Descrição: Estrutura bancada						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Cinza				Desenho: William Altissimo			
Material:			Quantidade: 1			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 38 - 41	



OBS: Espessura da chapa: 5 mm.

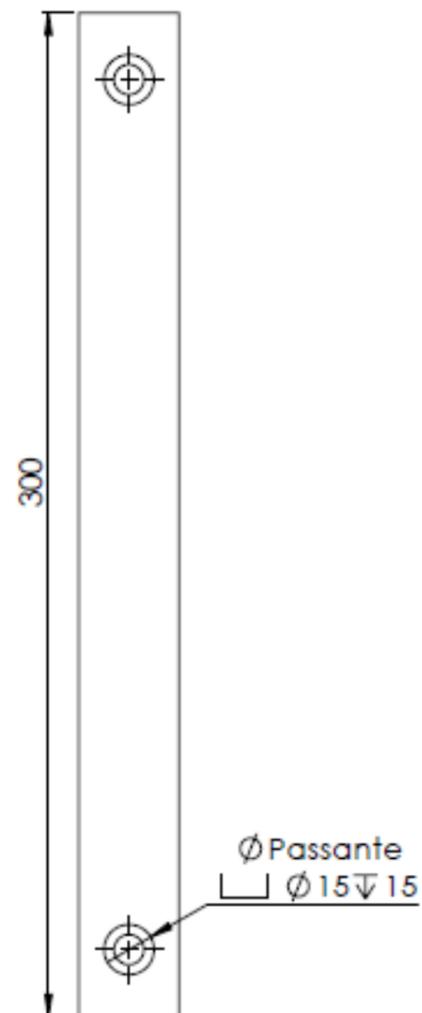
ESCALA 1 : 5



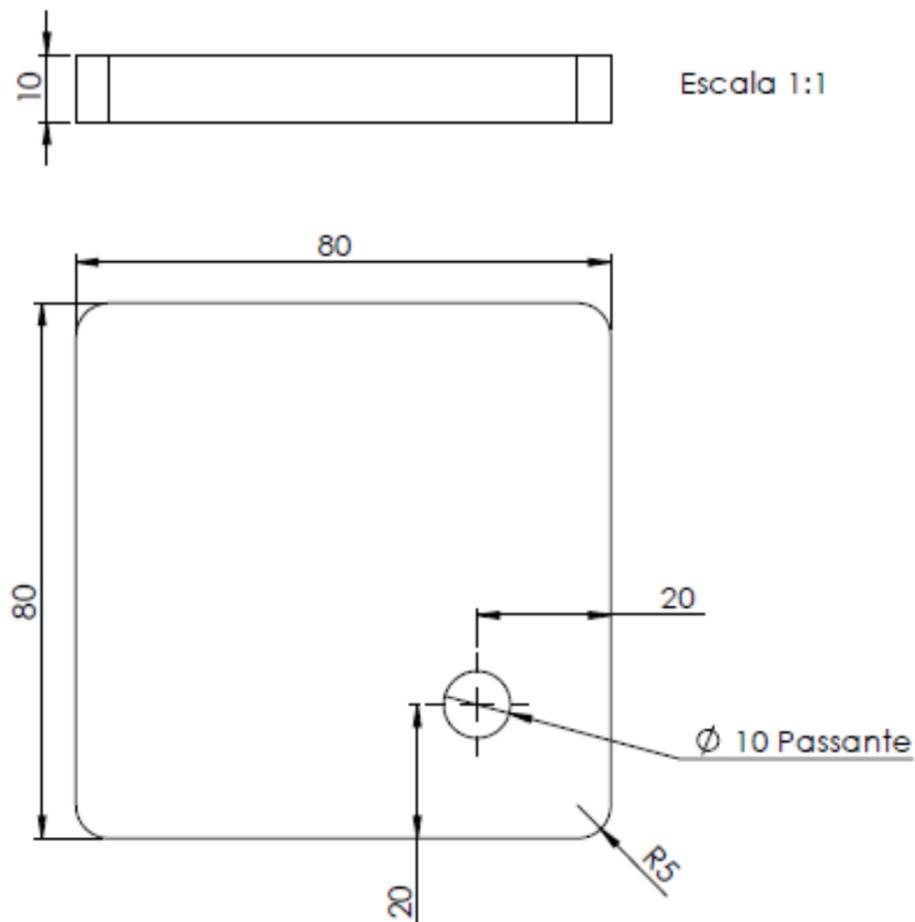
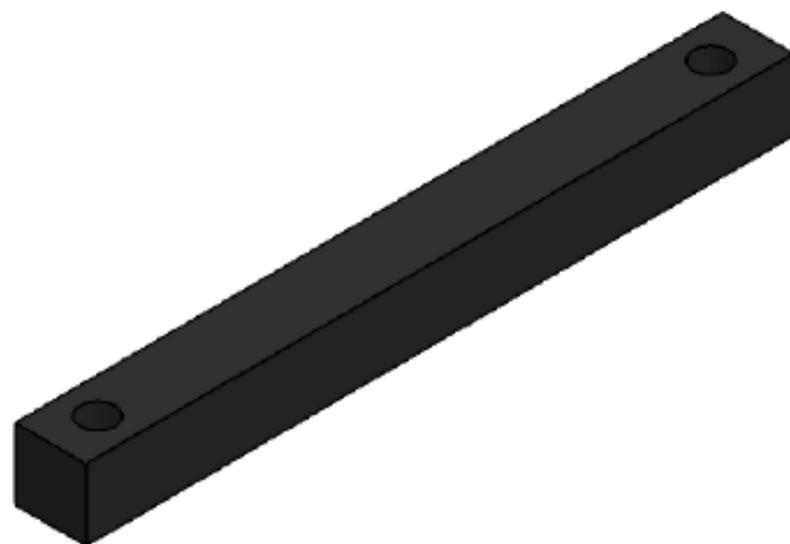
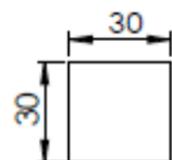
ESCALA 1 : 12

Descrição: Chapa Bancada 2						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor: Cinza				Desenho: William Altissimo			
Material: Aço AISI 1020		Quantidade: 1		Escala:			
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 40 - 41	

Coxim
Material: Borracha
Quantidade: 2

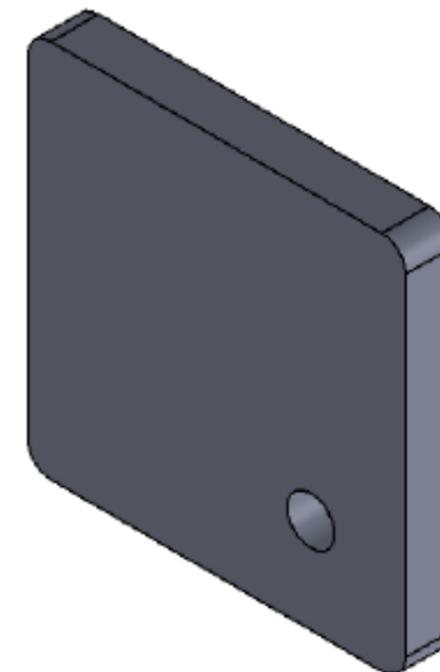


ESCALA 1 : 2



Escala 1:1

Suporte Vibra Stop
Material: Aço AISI 1020
Quantidade: 4



Obs: Peças devem ser soldadas a estrutura da bancada

Descrição: Coxim e chapa suporte Vibra Stop						Referência: PROJETO TCC	
TOLERÂNCIA NÃO INDICADA CONFORME DIN MEDIO							Data: 12/08/2024
1-6	6-30	30-100	100-300	300-1000	1000-2000	2000-4000	Unidade: mm
+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1	+2	
Cor:				Desenho: William Altissimo			
Material:			Quantidade:			Escala:	
Nota:						Folha: A3 ISO	
						Página: 41 - 41	