



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

**PROJECCÃO E DIMENSIONAMENTO DE UM SUPORTE DE CAIXA PARA  
APLICAÇÃO EM UM MACACO DE HASTE LONG RAM**

**Discente:**

Zishumba, Tapiwa ML

**Supervisores:**

Eng. Raul R. Camareno- UEM

Tec. Francisco Gama- JFS

Maputo, Outubro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

**PROJECCÃO E DIMENSIONAMENTO DE UM SUPORTE DE CAIXA PARA  
APLICAÇÃO EM UM MACACO DE HASTE LONG RAM**

**Discente:**

Zishumba, Tapiwa ML

**Supervisor da UEM:**

---

Eng. Raul R. Camareno

**Supervisor da JFS**

*Tec. Francisco Gama*

Maputo, Outubro de 2022

*A vida é como uma estrada de sentido único, o triste é que alguns a percorrem na retaguarda, presos em memórias, arrependimentos e ódios do passado. Infelizmente despertam já na terceira idade, onde o vigor e o tempo de recuperar não são mais uma realidade.*

*O autor.*

## Índice

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABELAS.....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS UTILIZADAS .....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.1.1. Apresentação da Empresa.....	1
1.2. Problemática.....	3
1.3. Problema.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.5. Hipóteses/ proposições.....	4
1.6. Perguntas da investigação .....	4
1.7. Importância ou razões que motivam o estudo.....	4
1.7.1. Conveniência.....	4
1.7.2. Relevância social .....	4
1.7.3. Implicações praticas.....	5
1.8. Metodologia .....	6
1.9. Estrutura do trabalho .....	6
2. CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. Sistema de Transmissão .....	7
2.1.1. Partes constituintes do sistema de transmissão.....	7
2.1.1.1. Embreagem.....	8
2.1.1.2. Caixa de Velocidades.....	8
2.1.1.3. Veio de transmissão (Transmissão articulada) .....	9
2.1.1.4. Diferencial .....	9
2.1.1.5. Semieixos (semi-arvore).....	10
2.1.2. Particularidade de veículos 4x4 (caso Toyota Hilux D4D) .....	10
2.2. Manutenção do sistema de transmissão .....	11

2.2.1.	Material usado no revestimento do disco de embreagem .....	12
2.2.1.1.	Amianto .....	12
2.2.1.1.1.	Consequências da exposição ao amianto.....	12
2.3.	Macaco de Caixa .....	13
2.3.1.	Importância do Macaco de caixa para oficinas mecânicas .....	13
2.3.2.	Suporte do macaco de caixa.....	14
3.	CAPÍTULO III: CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO.....	14
3.1.	Estado atual do objecto da investigação.....	14
4.	CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA.....	16
4.1.	Escolha do macaco Hidráulico.....	16
4.2.	Escolha do material de construção.....	17
4.3.	Dimensionamento do Suporte .....	17
4.3.1.	Dimensionamento do quadro de Montagem Peça 01 .....	17
4.3.1.1.	Resumo:.....	20
4.3.2.	Dimensionamento do suporte do prato, Peça 02.....	21
4.3.2.1.	Resumo, Peça 02.....	22
4.3.3.	Dimensionamento do prato principal Peça 03 .....	22
4.3.3.1.	Resumo .....	24
4.3.4.	Dimensionamento das barras laterais.....	24
4.3.5.	Dimensionamento dos pinos maiores 1° & 2° escalão.....	26
4.3.6.	Dimensionamento dos pinos Menores .....	27
4.3.7.	Pinos menores, sem furo roscado.....	28
4.3.8.	Parafuso regulador. ....	29
4.3.9.	Elemento para fixação da carga. ....	30
4.3.9.1.	Apoio do gancho.....	31
4.3.9.2.	Gancho.....	32
4.4.	Estudo resistência.....	32
4.4.1.	Par Roscado .....	32
4.4.1.1.	Diagrama simplificado das forcas que atuam na Peça 01 .....	33
4.4.2.	Cálculo testador dos pinos .....	35
4.4.2.1.	Resistência ao cisalhamento dos pinos.....	36
4.5.	AValiação Económica do Projecto .....	38

4.5.1. Levantamento dos preços.....	38
5. CONCLUSOES E RECOMENDAÇÕES .....	39
5.1. Conclusões .....	39
5.2. Recomendações .....	39
6. Bibliografia.....	40
7. ANEXOS .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Instalações da sede da Técnica Industrial Maputo .....	2
Figura 2 Esquema do sistema de transmissão longitudinal, tração nas rodas de trás (Fonte: STA pág. 17) .....	7
Figura 3 Sistema mecânico de embreagem (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva) .....	8
Figura 4 Caixa de Velocidades (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva).....	8
Figura 5 Veio de Transmissão (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva).....	9
Figura 6 Diferencial (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva).....	9
Figura 7 Semi-eixos /semiarvores, (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva) .....	10
Figura 8 Caixa de transferência Toyota Hilux D4D (fonte JFS) .....	10
Figura 9 Disco de Embreagem (Web I) .....	11
Figura 11 Macaco de caixa do tipo Jacaré. WEB .....	13
Figura 10 Macaco de haste para caixa de velocidade. WEB .....	13
Figura 12 Adaptação em uso para a montagem e desmontagem .....	14
Figura 13 Long RAM Hydraulic Jack, Sorrokin 3.855 (Fonte: Catálogo Sorrokin) .....	16
Figura 14 Esboço do Quadro de Montagem Peça 01. (Fonte Autor).....	18
Figura 15 Esboço do suporte do prato, Peça 02. (Fonte Autor).....	21
Figura 16 Esboço do prato principal, Peça 03. (Fonte: Autor) .....	23
Figura 17 Esboço das barras laterais (Fonte: Autor) .....	25
Figura 18 Esboço dos pinos maiores (Fonte: Autor) .....	26
Figura 19 Esboço dos pinos menores (Fonte: Autor) .....	27
Figura 20 Esboço dos parafusos Reguladores (Fonte: Autor) .....	29
Figura 21 Esboço do apoio para Gancho de fixação (Fonte: Autor) .....	31
Figura 22 Esboço do gancho de fixação (Fonte: Autor) .....	32
Figura 23 Diagrama do corpo livre da Peça 0 (Fonte: Autor) .....	33
Figura 24 Representação dos parâmetros geométrico e tensões que actuam nas roscas. Rosca Métrica a esquerda e Rosca Quadrada a direita. (Fonte: Manual de OM1, RVS).....	34

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Características técnicas do macaco Hidráulico SOROKIN 3.855 .....	16
Tabela 2 Propriedades mecânicas do Aço SAE 1045 (Fonte: Manual dos Aços) .....	17
Tabela 3 Dimensões nominais da Peça 01 (Fonte: Autor).....	20
Tabela 4 Dimensões nominais da Peça 02 (Fonte: Autor).....	22
Tabela 5 Dimensões nominais da Peça 03 (Fonte: Autor).....	24
Tabela 6 Tensões admissíveis de alguns aços. (Fonte: Manual de OM1, RVS) .....	35
Tabela 7 Levantamento de Preços (Fonte: Autor) .....	38

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, e pela certeza da salvação por meio de Cristo Jesus.

Aos meus pais Leonardo Tapiwa Zishumba e Sónia Marta Niquisse pelo suporte, apoio, e em especial pelas orações.

Aos meus irmãos Tafadzwa, Wadzanai, Tessa, Saula, Marcelino e Leonardo Jr.

A minha melhor amiga, conselheira e cúmplice em todos momentos, Vânia Lucinda Tule.

Aos meus amigos e companheiros da turma de Mecânica 2018.

A equipe de mecânica do grupo JFS Técnica Industrial, Nampula em especial aos Técnicos, Francisco Gama e Amisse Marcelo, pela paciência e instrução durante a realização do estágio.

Agradeço aos professores pelo rigor, empenho e persistência ao longo da minha estadia na Universidade, e em especial ao Eng<sup>o</sup> Raul R. Camareno, pela assistência, acompanhamento e disposição, pela supervisão deste trabalho.

**Ndinotenda !!**

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Tapiwa Melbouane Leonardo Zishumba declaro por minha honra que o presente Projecto Final do Curso é exclusivamente de minha autoria, resultante do estágio profissional feito no grupo João Ferreira dos Santos (JFS) Técnica industrial Nampula, não constituindo cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

Maputo, Outubro de 2021

---

(Tapiwa ML Zishumba)

## **LISTA DE ABREVIATURAS UTILIZADAS**

ISO- International Organization for Standardization

JFS- João Ferreira dos Santos

INNOQ- Instituto nacional de normalização e qualidade

CDM- Cervejas de Moçambique

CDN- Corredor de desenvolvimento do Norte

EDM- Energias de Moçambique

DIN- Deutsches Institut für Normung, (Instituto Alemão para Normatização)

SAE- Society of Automotive Engineers

## **RESUMO**

O tema do trabalho consiste em projectar e dimensionar um suporte de caixa para auxiliar no processo de retirada e reposição da caixa de velocidades. Os atrasos na manutenção, os riscos a que os trabalhadores se expõem e o risco de queda das caixas de velocidade durante a movimentação destas por pessoas são os problemas cujo projecto uma vez implementado deverá solucionar. O objectivo do projecto é buscar maneiras para que o processo de manutenção seja realizado de forma mais eficaz proporcionando menos riscos ao operador e danos as caixas de velocidades. Através do estudo e planeamento do projeto, desenvolveram-se especificações e ideias que resultaram em um equipamento para auxiliar na elevação e movimentação de caixas de velocidades em oficinas dedicadas a mecânica automóvel. Uma vez que os objetivos estabelecidos foram alcançados e bem-sucedidos através da projeção do suporte, será então possível utilizar os resultados e aplicá-los de forma a expandir o horizonte do seu uso.

Palavras – chave: Projectar, dimensionar, macaco hidráulico e caixa de velocidades.

## **ABSTRACT**

The topic of this project consists of designing and dimensioning a gearbox carrier to assist in the process of removing and replacing the gearbox. Delays in maintenance, the risks to which workers are exposed and the risk of gearboxes falling when people are moving them are the problems that the project, once implemented, will have to solve. The objective of the project is to find ways for the maintenance process to be carried out more effectively, providing less risk to the operator and damage to the gearboxes. Through the study and planning of the project, specifications and ideas were developed that resulted in an equipment to assist in lifting and moving gearboxes in workshops dedicated to automotive mechanics. Once the established objectives have been reached and successful through the projection of the carrier, it will then be possible to use the results and apply them in order to expand the horizon of its use.

Keywords: Design, dimension, hydraulic jack and gearbox.

## **1. CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO**

### **1.1.Introdução**

A Técnica industrial é uma empresa que actua no sector de venda, distribuição, assistência e reparação de veículos automóveis. Foi fundada em 1958 e possui certificação ISO 9001 pelo Instituto Nacional de Normalização e Qualidade. Sendo a maior actividade desempenhada nesta instituição à manutenção de veículos automóveis é então necessário que se faça com zelo e com especial atenção à detalhes a execução destes trabalhos. O presente trabalho é resultado do estágio profissional realizado no Grupo João Ferreira dos Santos (JFS), Técnica industrial Nampula, de março de 2022 à setembro 2022 e consiste na projeção e dimensionamento de um suporte ajustável para aplicação em macaco hidráulico para caixa de velocidades

O processo de retirada e colocação das caixas de velocidade representa um trabalho pesado e o mesmo exige cuidado, e em sua grande maioria é realizado manualmente de maneira que é necessário um esforço físico do trabalhador, além da má postura. O reparo necessita que a caixa seja removida completamente do veículo, (peso aproximado de uma caixa de velocidade é 200 kg e 300 kg), tornando – se uma prática de grande risco, podendo causar graves acidentes.

#### **1.1.1. Apresentação da Empresa.**

A Técnica Industrial, SA é a empresa mais antiga e referência no sector automóvel de Moçambique, representante exclusiva de um portfolio diversificado de marcas reconhecidas, capaz de satisfazer as necessidades do cliente em qualquer segmento, dos ligeiros aos pesados, passando pelos motociclos, tratores e equipamento agrícola. Tudo isto suportado por uma rede nacional de concessionários, altamente especializados na venda e assistência técnica dos seus produtos.

A empresa inclui uma unidade de importação e distribuição (localizada em Maputo), que se relaciona diretamente com os fabricantes e que assiste diretamente uma rede de 6 concessionários localizados nos pontos estratégicos do país.

A empresa tem sido alvo de uma reestruturação profunda, com forte investimento em instalações, equipamentos, pessoas e sistemas de trabalho. Possui a certificação ISO 9001:2008 pelo Instituto Nacional de Normalização e Qualidade (INNOQ).



Figura 1 Instalações da sede da Técnica Industrial Maputo

A empresa tem como principais marcas representadas a nível nacional as seguintes: Alfa Romeo, Fiat, Fuso, Mitsubishi Motors, New Holland, Nardi, Piaggio.

### **Missão**

Desenhar soluções e oferecer o melhor serviço, capaz de gerar valor e impacto para o cliente, para os parceiros e colaboradores e para a sociedade em geral

### **Visão**

Ser uma referência global no sector automóvel e de mobilidade sustentável

### **Valores**

- ✓ Paixão,
- ✓ Eficácia,
- ✓ Responsabilidade,
- ✓ Inovação,
- ✓ Tecnologia

## 1.2. **Problemática**

Um dos desafios enfrentados pela equipe de manutenção mecânica é a remoção recorrente da caixa de velocidades, remoção esta que se deve a trabalho de manutenção da mesma, assim como para simples facilitação do acesso a outros componentes e elementos do veículo como o kit de embreagem que com certa frequência requer substituição.

O processo de remoção da caixa de velocidade consiste na remoção de parafusos da caixa localizados na união caixa-motor e a união desta com o veio de transmissão. Este processo torna-se difícil uma vez que a caixa de velocidade é pesada e de configuração variada e complexa requerendo assim auxílio de mais de 3 pessoas para o manuseio.

A equipe faz uso de uma coluna metálica adaptada de prumo de cofragem com rodízios acoplados, o tubo interno é freado apos o seu ajustamento a altura requerida com um parafuso longo e de diâmetro relativamente menor para penetrar nos orifícios de ajustamento. Este processo não transmite segurança para o trabalhador e induz a paradas não programadas por parte dos técnicos que abandonam seus postos para ajudar no manuseio da caixa.

## 1.3. **Problema**

A oficina da Técnica industrial do grupo JFS, não dispõe de um macaco de caixa funcional.

## 1.4. **Objetivos.**

### **Geral.**

Projectar e Dimensionar um suporte ajustável, e regulável com pelo menos 2 graus de liberdade, para aplicação em macaco hidráulico de haste para caixa de velocidades.

### **Específicos**

1. Compreender e aferir as características relevantes das diferentes caixas de velocidade;
2. Escolher o macaco hidráulico de haste aplicável para o projecto;
3. Analisar e escolher o material de construção aplicável para o projecto.
4. Projectar e desenhar o suporte com aplicação das normas que regem o processo projectivo e desenho técnico-mecânico.

### **1.5. Hipóteses/ proposições**

Se conseguir dimensionar e desenhar um suporte flexível aplicável então será possível construir o mesmo e aplicar nas oficinas do grupo JFS.

### **1.6. Perguntas da investigação**

1. Quais são as características técnicas das caixas de velocidades de veículos 4x4?
2. Quais são os materiais recomendados e utilizáveis para a construção de um suporte que aguente as cargas caracterizadas no ponto anterior.?
3. Quais são as características técnicas dos macacos hidráulico disponíveis em catálogos?
4. Quais parâmetros são relevantes para o cálculo projectivo?

### **1.7. Importância ou razões que motivam o estudo.**

#### **1.7.1. Conveniência**

Entendendo que neste tipo de instituição pelo tipo de serviços prestados é crucial que haja muita flexibilidade e uso de mão-de-obra mínima possível em cada trabalho, convém que se invista tempo e recursos para desenvolver este trabalho que visa a projeção de um suporte flexível para macaco de caixa de velocidades.

Nesta instituição são recebidos com maior frequência veículo e caráter 4x4 o que significa que a caixa de transmissão destas viaturas tem maior peso em relação a outros veículos de tração simples e dianteira pelo que este tem na disposição a caixa de transferência.

Até o momento os trabalhos de remoção da caixa de velocidade são feitos com uso de uma coluna metálica de altura ajustável porém fixa que serve somente para segurar a caixa durante o posicionamento dos técnicos para o trabalho manual. A proposta é que com um suporte flexível acoplado a um macaco de haste com bomba de pedal possa ser possível flexibilizar o trabalho, tornando não necessário o uso de mão-de-obra excessiva e reduzir ao máximo o tempo gasto durante o processo.

#### **1.7.2. Relevância social**

A nível de Nampula a Técnica industrial tem como clientes várias empresas cujos serviços tem impacto direto na sociedade como CDM, CDN, EDM, entre muitos outros. Isto traz a empresa grande responsabilidade social para que estas e muitas outras empresas possam manter os seus

serviços a sociedade ininterruptas. Olha sob ponto de vista do dever da instituição para com os seus colaboradores torna-se importante que haja dentro das instalações da empresa equipamentos certos, mantidos e seguros para não colocar em risco a saúde e a vida dos colaboradores na execução de seus trabalhos, daí a necessidade de flexibilizar, e garantir segurança aos trabalhadores durante este processo de remoção e montagem das caixas de velocidade. O projeto em causa visa contribuir tornando isso possível.

### **1.7.3. Implicações práticas.**

O projeto tem como implicações práticas para empresa assim como para a sociedade os seguintes factos:

#### **Para a empresa:**

- Aumento da produtividade
- Aumento da segurança no trabalho por reduzir o risco de quedas e desgastes ergonómicos dos colaboradores.
- Redução do risco que danificar as caixas de velocidade por quedas durante a movimentação.
- Redução do risco de exposição dos técnicos ao amianto.

#### **Para a sociedade**

- Redução do número de viaturas parados devida lentidão do processo atual de execução do trabalho.
- Aumento da disponibilidade de veículos de trabalho dos clientes.
- Redução do número de ocorrências de acidentes de trabalho na sociedade.

## 1.8. Metodologia

O projecto desenvolve-se através de um processo sequenciado de consultas, primeiramente consultas aos técnicos das oficinas da Técnica Industrial do Grupo JFS Nampula, para aferir as dificuldades enfrentadas e ouvir destes que soluções poderiam ser aplicados de forma a facilitar e dinamizar o seu trabalho. Feito isso passa-se por um processo de consultas bibliográficas, em literaturas relacionadas para proceder com a projeção seguindo princípios, já existentes e já estudados e aprovados pelo conselho científico: Normas, estudo de materiais e equipamentos mecânicos.

Passa-se também por um momento de profunda reflexão e análise de ideias pelo autor do projecto, para otimizar a melhor forma de solucionar os problemas enfrentados em cada etapa do projecto, para por fim propor a solução geral para o problema do Grupo JFS, Técnica Industrial Nampula.

## 1.9. Estrutura do trabalho

Este projecto é constituído de 6 capítulos, incluindo o capítulo da introdução. O **capítulo 1** é o capítulo introdutório aonde faz-se uma breve explicação da problemática e da inconveniência da situação actual da oficina da técnica industrial Nampula, faz-se também menção dos objectivos que se espera alcançar ao final deste trabalho.

O **capítulo 2** desenrola o marco teórico que nada mais é do que a busca e menção das teorias que sustentam o tema em estudo fala-se do sistema de transmissão de veículos automóveis assim como da inconveniência da falta de equipamentos no processo de manutenção deste sistema.

No **capítulo 3** temos o estado actual da oficina do grupo JFS de forma específica ao tema em estudo.

O **capítulo 4** desenrola o processo solucionador, fazendo a projeção e dimensionamento do suporte de macaco de caixa, e estudo da resistência deste às solicitações de trabalho.

No **capítulo 5** encontra-se a conclusão do trabalho e algumas recomendações deixadas pelo autor.

No **capítulo 6** temos as referências bibliográficas, manuais, catálogos, artigos e sites de internet cujo conteúdo sustenta o trabalho.

## 2. CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1. Sistema de Transmissão

A transmissão comunica às rodas a potência do motor transformada em energia mecânica. Num automóvel convencional, com motor dianteiro, a transmissão tem início no volante do motor e prolongasse através da embreagem, da caixa de velocidades, do veio de transmissão e do diferencial até as rodas de trás. Os automóveis com motor à frente e com tração dianteira ou com o motor atrás e tração nas rodas de trás dispensam o veio transmissão sendo, neste caso, o movimento transmitido por meio de eixos curtos. A embreagem, que se situa entre o volante do motor e a caixa de velocidades, permite desligar a energia motriz da parte da restante da transmissão para libertar esta do torque quando as mudanças são engrenadas ou mudadas. (*Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva, pág. 17*)

#### 2.1.1. Partes constituintes do sistema de transmissão

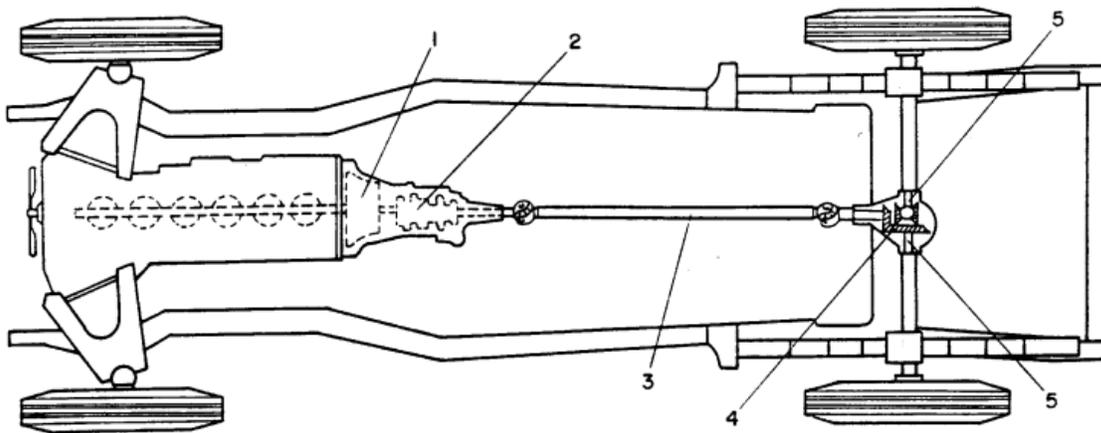


Figura 2 Esquema do sistema de transmissão longitudinal, tração nas rodas de trás (Fonte: STA pág. 17)

1. Embreagem;
2. Caixa de velocidades;
3. Veio de transmissão (transmissão articulada);
4. Diferencial;
5. Semieixos.

### 2.1.1.1. Embreagem

Instalada entre o motor e a caixa de mudanças, a embreagem é um conjunto de peças que se articulam entre si, com a finalidade de acoplar e desacoplar o motor, do restante do sistema de transmissão. (Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva, pág. 17)

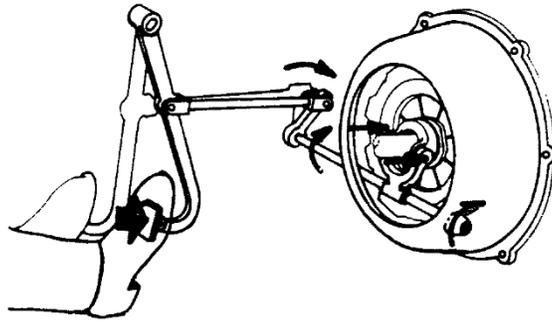


Figura 3 Sistema mecânico de embreagem (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva)

### 2.1.1.2. Caixa de Velocidades.

É um conjunto de elementos que faz variar, convenientemente, a relação entre o número de rotações do motor e o número de rotações das rodas motrizes do veículo. Possui vários conjuntos de engrenagens separados em várias proporções ligadas a eixos. Tem a função de desmultiplicar ou de reduzir a velocidade de rotação para o diferencial ou diretamente para as rodas, de forma a transformar a potência do motor em força ou velocidade, dependendo da necessidade, assim como fazer a inversão de sentido.

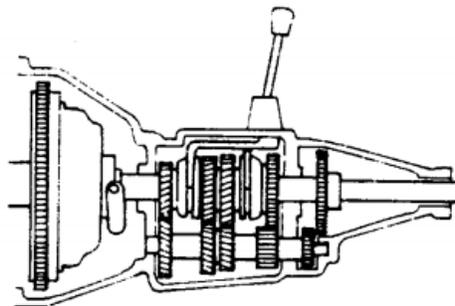


Figura 4 Caixa de Velocidades (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva)

A caixa de velocidades permite que a relação de transmissão entre o motor e as rodas de acionamento mude à medida que a velocidade do carro aumente ou diminua. Trocam-se as mudanças para que o motor se mantenha abaixo do limite e próximo da faixa de rotação do seu melhor desempenho. (*Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva, pág. 19*)

#### 2.1.1.3. Veio de transmissão (Transmissão articulada)

Transmite o movimento de rotação da árvore secundária, da caixa de mudanças, ao diferencial, permitindo a variação de ângulo e de comprimento da transmissão, através das juntas universais e elásticas. (*Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva, pág. 21*)

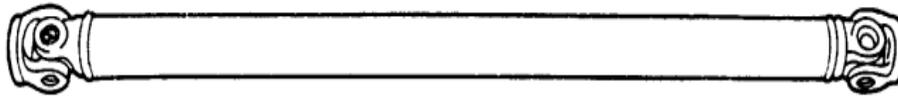


Figura 5 Veio de Transmissão (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva)

#### 2.1.1.4. Diferencial

É um conjunto de engrenagens de aço, que se combinam, entre si, para permitir rotações diferentes das rodas motrizes do veículo, quando esse se desloca nas curvas. (*Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva, pág. 24*)

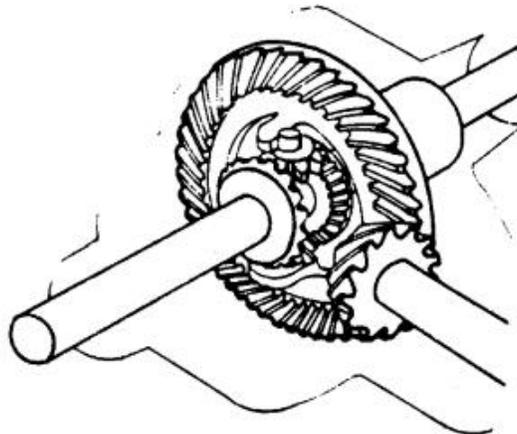


Figura 6 Diferencial (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva)

### 2.1.1.5. Semieixos (semi-arvore)

Transmite o movimento de rotação, do diferencial às rodas motrizes, do veículo. (Jessé Luís. *Sistema de transmissão automotiva*, pág. 24)

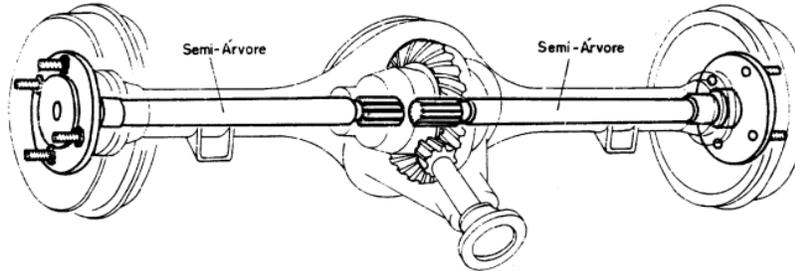


Figura 7 Semi-eixos /semiarvoretos, (Fonte: Jessé Luís. Sistema de transmissão automotiva)

### 2.1.2. Particularidade de veículos 4x4 (caso Toyota Hilux D4D)

Para que parte do torque seja transmitido para todos os eixos, o sistema de transmissão deve possuir um componente que faça a distribuição de torque entre esses eixos. A caixa de transferência é frequentemente dotada de um sistema de redução que possibilita ao veículo mais torque para superar terrenos acidentados, subidas íngremes, solos arenosos e situações extremas.

O comando da caixa de transferência é feito através de uma alavanca existente dentro da cabine do veículo, cuja posição pode ser: desengatada, quando usada em estradas normais. Nesse caso o movimento da rotação da caixa de mudanças é transferido somente para o eixo de traz, ou então é engatada, para terrenos de difícil acesso. Nessa situação, faz-se necessário o movimento de rotação da caixa de mudanças, que é transmitido para o eixo traseiro e para o dianteiro. (Santana Júnior António)



Figura 8 Caixa de transferência Toyota Hilux D4D (fonte JFS)

## 2.2. Manutenção do sistema de transmissão

Diante da complexidade do sistema de transmissão, a manutenção automotiva periódica se faz necessária. Isso porque qualquer falha em uma das peças pode prejudicar todo o processo mecânico e acarretar em outros defeitos por sobrecarga.

Recomenda-se a manutenção automotiva a cada 20 ou 30 mil quilômetros. Na ocasião, geralmente, troca-se o óleo e o filtro de transmissão. Já a limpeza mais profunda do conjunto, é indicada entre os 40 e 60 mil quilômetros rodados. Através desses cuidados automotivos, é possível identificar de forma precoce desgastes de peças, fazendo a troca antes que surjam falhas no sistema.

Uma das razões que com mais frequência leva a desmontagem da caixa de velocidade é a necessidade de fazer-se inspeção e/ou substituição do kit de embreagem composto por uma Prensa de embreagem e o respectivo disco.

O problema mais comum com embreagens é com o material de atrito do disco que se desgasta. Quando isso ocorre, ela passa a patinar e, conseqüentemente, a não transmitir a força do motor para as rodas. Outro sintoma que algumas vezes está associado com embreagens é o desgaste de seu rolamento. Este desgaste é caracterizado por um ruído contínuo sempre que se pisa no pedal de embreagem. (Web I)

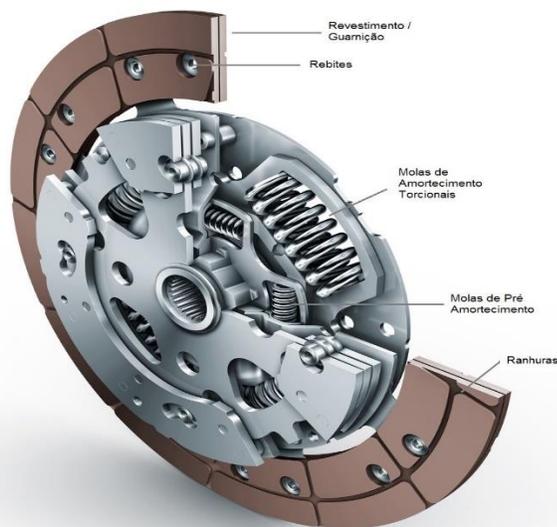


Figura 9 Disco de Embreagem (Web I)

## **2.2.1. Material usado no revestimento do disco de embreagem**

### **I. Amianto**

O amianto é utilizado em revestimentos por sua resistência mecânica e habilidade de atrito. Entretanto, o material traz riscos à saúde por liberar de partículas cancerígenas durante o uso.

### **II. Não-Amianto**

O revestimento é composto por fios cobre e fibra de vidro. Esses materiais unidos conseguem substituir a ausência do amianto e fornecer a estabilidade de atrito e a resistência mecânica necessária para evitar quebras. No entanto, existe uma desvantagem no uso do material substituto: o elevado custo de produção. Isso porque o cobre é uma matéria-prima nobre bem mais cara que o amianto. (*Web II*)

#### **2.2.1.1. Amianto**

O amianto é um mineral natural cujas fibras podem ser separadas em fios finos e duradouros. Tem sido amplamente utilizado em muitas indústrias porque as fibras são excelentes isolantes (resistentes ao calor, ao fogo e aos produtos químicos e não conduzem a eletricidade). É frequentemente utilizado para reforçar o cimento e outros materiais. (*Web II*)

##### **2.2.1.1.1. Consequências da exposição ao amianto**

Segundo a OMS, amianto (designação comercial do “asbesto”) é um grupo de minerais fibrosos serpentínicos ou anfibólicos de ocorrência natural, muito utilizado devido à sua extraordinária resistência à ruptura, reduzida condução do calor e relativa resistência ao ataque químico. As principais variedades do amianto são o crisótilo, que é pentínico, e a crocidolite, amosite, antofilite, tremolite e actinolite, que são anfibólicos.

A exposição ao amianto, incluindo o crisótilo, causa cancro do pulmão, laringe e ovários, mesotelioma (cancro das membranas pleurais e peritoneais) e asbestose (fibrose pulmonar). (*Web II*)

### 2.3. Macaco de Caixa

É um dispositivo mecânico para elevação de carga, que usa o princípio de pascal em oficinas mecânicas este princípio encontra aplicação na execução de várias tarefas. No mercado existem vários tipos de macacos usados para caixa de velocidades. Para o estudo importa apenas referir dois: Macaco do tipo Jacaré e macaco de Haste.



Figura 11 Macaco de caixa do tipo Jacaré. WEB



Figura 10 Macaco de haste para caixa de velocidade. WEB

#### 2.3.1. Importância do Macaco de caixa para oficinas mecânicas

Como referido em capítulos anteriores, o processo de remoção e colocação das caixas de velocidade é extremamente trabalhoso e requer uma atenção especial. Caso seja realizado de forma manual, sem o equipamento necessário, é possível que o profissional sofra um grande desconforto físico, uma vez que será necessário empregar muita força em posição ergonomicamente desconfortável. A depender do tipo de reparo, seria necessário a presença de 3 a 5 pessoas para auxiliar.

Para realizar reparos, peças pesadas e delicadas devem ser retiradas e recolocadas de forma precisa e segura. O macaco para câmbio é a solução mais eficaz e ágil para otimizar o trabalho e proporcionar maior segurança no ambiente.

### **2.3.2. Suporte do macaco de caixa**

O suporte do macaco de caixa é a parte superior do macaco onde se assenta a carga durante o carregamento. Este suporte com tempo sofreu várias modificações e melhorias. No mercado são encontrados vários suportes com variadas configurações e diferentes graus de liberdade.

## **3. CAPÍTULO III: CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO**

### **3.1. Estado atual do objecto da investigação**

Devido a necessidade de flexibilizar os trabalhos executados na oficina mecânica da Técnica industrial Nampula Grupo JFS, a equipe faz uso como referido num dos capítulos acima de uma coluna adaptada de prumo de cofragem vede a figura abaixo:



Figura 12 Adaptação em uso para a montagem e desmontagem da caixa de velocidade na oficina da técnica industrial JFS

Com uso desta adaptação o processo de desmontagem da caixa de velocidades segue a seguinte sequência.

- Aliviar e retirar os parafusos do veio e da caixa, deixando apenas dois na caixa para segurar a mesma enquanto se coloca a coluna para apoiar a caixa, e segue-se a procura de apoio de mais ou menos 5 pessoas.
- Segura-se a caixa e carrega-se para que seja possível remover por fim a coluna e os parafusos restantes.
- Segue o processo de abanar a caixa manualmente com o peso da mesma sobre os ombros dos técnicos, para que este possa sair dos pinos de centragem e por fim remove-se a caixa para colocar na bancada.

O processo inverso representa o processo de montagem da caixa de velocidades no lugar.

Esta forma de trabalho como referido acima coloca os técnicos em grande risco e desconforto ergonómico, pelo que esta caixa dispõe de uma distribuição irregular da massa e consequentemente do peso. Pode cair e ferir, pode inclinar o peso para o técnico mais fraco, o técnico mais baixo em altura sofre maior incidência de peso e o mais alto sofre de muito desconforto ergonómico.

Uma nota a considerar é o facto de o disco de embreagem ter o seu revestimento feito de amianto e o pó deste amianto encontrar-se dentro da caixa no local que contempla o orifício para o kit de embreagem, fazendo com que o manuseio descuidado da caixa leve a inalação deste material que tanto afeta negativamente a saúde humana.

## 4. CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

### 4.1. Escolha do macaco Hidráulico

Para a escolha do macaco Hidráulico na qual far-se-á, a aplicação do suporte em projeção atenta-se para as características médias das caixas de velocidade. Tendo como base o sistema de transmissão longitudinal com ou sem tração dianteira o peso medio de caixas de cambio é de 200 - 220 kg

Importa também atentar as condições de trabalho para aferir a altura máxima necessária para o alcance do macaco, e com isso constata-se que na maior parte das vezes os trabalhos são feitos em elevadores Hidráulicos com capacidade de elevar a carga à uma altura de +/- 2m.

Com essa análise escolhe-se o modelo:

#### Sorokin NR 3.855

- ✓ Modelo telescópico de duas lanças.
- ✓ Pedal de elevação
- ✓ Rodízios de deslocação
- ✓ Material Aço



Figura 13 Long RAM Hydraulic Jack, Sorrokin 3.855 (Fonte: Catálogo Sorrokin)

Modelo	Capacidade de carga (t)	Peso Bruto (kg)	Peso Líquido (kg)	Dimensões (mm)	Altura de elevação (mm)
Sorokin 3.855	1	87.5	77	560x385x850	1365 / 1845

Tabela 1 Características técnicas do macaco Hidráulico SOROKIN 3.855

## 4.2. Escolha do material de construção

Para a construção do suporte escolhe-se o Aço C45 (DIN), SAE 1045, escolhe-se esse aço devidas suas propriedades como:

1. Resistência mecânica
2. Dureza
3. Resistência a corrosão (devida exposição à óleos e fluidos com potencial corrosivo)
4. Soldabilidade
5. Disponibilidade
6. E custo de aquisição relativamente baixo

O aço C45, é caracterizado por conter na sua composição:

$(0.37 - 0.44)C, 0.25\% Mo, (0.15 - 0.35)Si, (0.5 - 0.8)Mn, P \leq 0.045, S \leq 0.045$

Dureza HB	(155-230)
Densidade	$7.845 \text{ g/cm}^3$
Resistência a tração	620 MPa
Limite de escoamento	415a

Tabela 2 Propriedades mecânicas do Aço SAE 1045 (Fonte: Manual dos Aços)

## 4.3. Dimensionamento do Suporte

### 4.3.1. Dimensionamento do quadro de Montagem Peça 01

O quadro de montagem é a peça que se acopla ao tirante do macaco hidráulico, e neste são acopladas todas outras peças pertencentes ao conjunto suporte flexível.

Esta peça recebe a incidência de todas as forças derivadas do peso da carga, e será acoplado o regulador do suporte.

Para a construção deste suporte e precisamente par o quadro de montagem escolhe-se chapas de aço com uma espessura de 5 mm. (Catálogo PAULISTEEL Ferro e Aço).

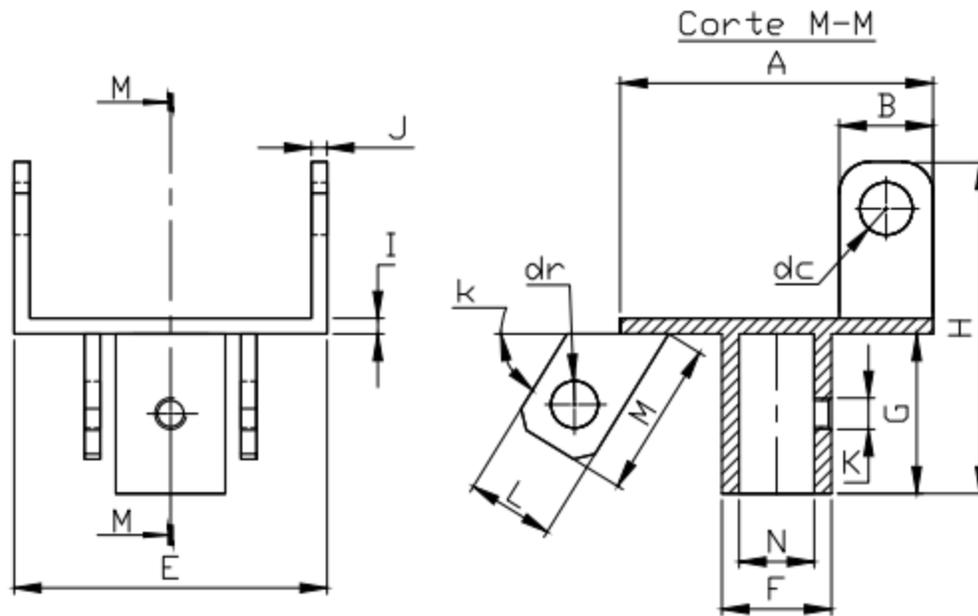


Figura 14 Esboço do Quadro de Montagem Peça 01. (Fonte Autor)

As dimensões A e E, são obtidas no processo de recorte da chapa e estas são escolhidas de modo que não sejam demasiadamente largas para reduzir a resistência a flexão nas abas, e nem demasiadamente curtas para que os restantes componentes possam assentar com uma distribuição uniforme do peso.

Assim sendo as dimensões A e E, serão de 150mm, e assim perfil da chapa principal desta peça será quadrada.

$$A = E = 150mm$$

$$\text{A altura } H = 136mm$$

$$J = I = 5mm \quad L = B = 30mm$$

$$M = 65mm \quad G = 60mm$$

O diâmetro externo F será  $F = 60mm$ , pois este é o cilindro que estará diretamente acoplado ao tirante do macaco, então devera resistir as decomposições laterais dos esforços nesta região.

Todas as dimensões não conjugadas do projecto são projetadas com o grau de tolerância para todas dimensões não conjugadas devera ser  $IT14/2$ .

A seguir faz-se dimensionamento das superfícies conjugadas.

### **Furos para pinos *dc*, *dr***

Estes furos estarão acoplados com pinos de flexão e roscado. O pino de flexão acoplado ao furo *dc* permitira que o prato possa abrir e fechar para o caso de necessidade de fazer a descarga assim como manipular o angulo de colocação da carga. O pino roscado acoplado ao furo *dr* permitira a regulação do prato através um parafuso de relógio.

Assim sendo visto que a funcionalidade destes furos é igual escolhe-se para ambos um ajustamento com folga de classe **H** e um grau de tolerância **IT8**.

Ajustamento com folga **H8**.

$$EI = 0, ES = IT = 0.033mm$$

O diâmetro nominal para os furos  $d_{nom} = 16mm$

$$D_{max} = d_{nom} + ES = 16mm + 0.033mm = 16.033mm$$

$$D_{min} = d_{nom} = 16mm$$

### **Dimensionamento do furo N**

O furo N tem como diâmetro nominal  $dn = 40mm$ , neste estará acoplado o tirante do macaco hidráulico com 40mm de diâmetro nominal, e o ajustamento deste acoplamento será o ajustamento inserto, com o desvio fundamental *Js* e tolerância IT7.

Assim sendo:

$$ES = EI = \pm IT/2$$

$$D_{max} = d_{nom} + \frac{IT7}{2} = 40mm + 0.025mm = 40.025$$

$$D_{min} = d_{nom} - \frac{IT7}{2} = 40mm - 0.025mm = 39.975mm$$

### Dimensionamento do furo K

O furo K representa o furo roscado para acoplar-se nela um parafuso de aperto para aumentar o aperto do acoplamento em N, para isto este furo devera ter diâmetro nominal. A rosca métrica caracteriza-se por ser ma rosca de fixação e escolhe-se o passo fino devidas dimensões do projecto e também por esta apresentar melhores propriedades de fixação em pecas de dimensões relativamente pequenas.

E escolhe-se para este furo a rosca métrica de passo fino  $M10x0.75$ . (Anexo 1)

### Chanfros

Para os chanfros serão de  $5mmx5mmx45^\circ$ .

### Cantos arredondados

Os cantos arredondados serão feitos com um raio de  $10mm$

### Angulo k

O ângulo k deverá ser tal que permite que o parafuso regulador possa funcionar livre de impedimento pelas abas da peça e o ângulo para tal e de  $45^\circ$ .

#### 4.3.1.1. Resumo:

Dimensão	Valor nominal (mm)
A,E	150
H	136
J,I	6
M	65
L,B	32
F	60
dc,dr	20
dn	40
K	$M10x0.75$
G	60
Chanfros	$5x5$
Cantos arredondados	R10

Tabela 3 Dimensões nominais da Peça 01 (Fonte: Autor)

Para o desenho de fabrico desta peça vede o Anexo **UEM-FE-DEMA-01**

#### 4.3.2. Dimensionamento do suporte do prato, Peça 02

A Base flexionável, é a peça que se acopla a base fixa por meio de um pino que serve como dobradiça, e do outro lado através de um parafuso longo que servira como regulador para o suporte. Para poder proporcionar ao prato principal 2 graus de liberdade esta peça devera ter apoios para pino na sua parte superior para que seja unido através do mesmo com o prato principal. Terá também na sua parte superior dois apoios para frear o prato uma vez assentado com a carga.

A seguir o esboço da peça 02.

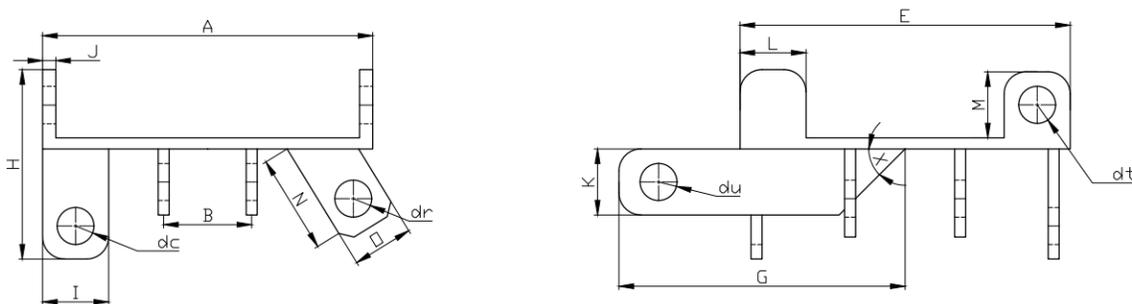


Figura 15 Esboço do suporte do prato, Peça 02. (Fonte Autor)

$$A = E = 150\text{mm}$$

$$H = 92\text{mm}$$

$$I = K = L = 30\text{mm}$$

$$J = 5\text{mm}$$

$$B = 50\text{mm}$$

#### Dimensionamento dos furos dc, dr, dt e du.

Ajustamento com folga **H8**.  $d_{nom} = 16\text{mm}$

$$EI = 0, ES = IT = 0.033\text{mm}$$

$$D_{max} = d_{nom} + ES = 20\text{mm} + 0.033\text{mm} = 16.033\text{mm}$$

$$D_{min} = d_{nom} = 16\text{mm}$$

$$M = 35mm$$

$$N = 65mm$$

$$O = 30mm$$

O ângulo  $X = 45^\circ$

$$G = 160mm$$

#### 4.3.2.1. Resumo, Peça 02.

Dimensão	Valor nominal (mm)
A,E	150
B	50
dc, dr ,du, dt	16
H	92
I, K, L	30
G	160
J	5
M	35
N	65
O	30
Chanfros	5x5
Cantos arredondados	R10

Tabela 4 Dimensões nominais da Peça 02 (Fonte: Autor)

Para o desenho de fabrico desta peça vede o Anexo **UEM-FE-DEMA-02**

#### 4.3.3. Dimensionamento do prato principal Peça 03

O prato principal é a peça por onde a carga assenta, esta peça devera ter dimensões que permita o assentamento equilibrado da carga e que não sofra danos por flexão.

Para esta peça escolhe-se chapa de 6 mm de espessura. Na sua parte inferior terá apoios para os pinos de flexão e pino para o regulador respetivamente, para permitir que o prato possa ser regulável abrindo e fechando.

A seguir o esboço da peça 03.

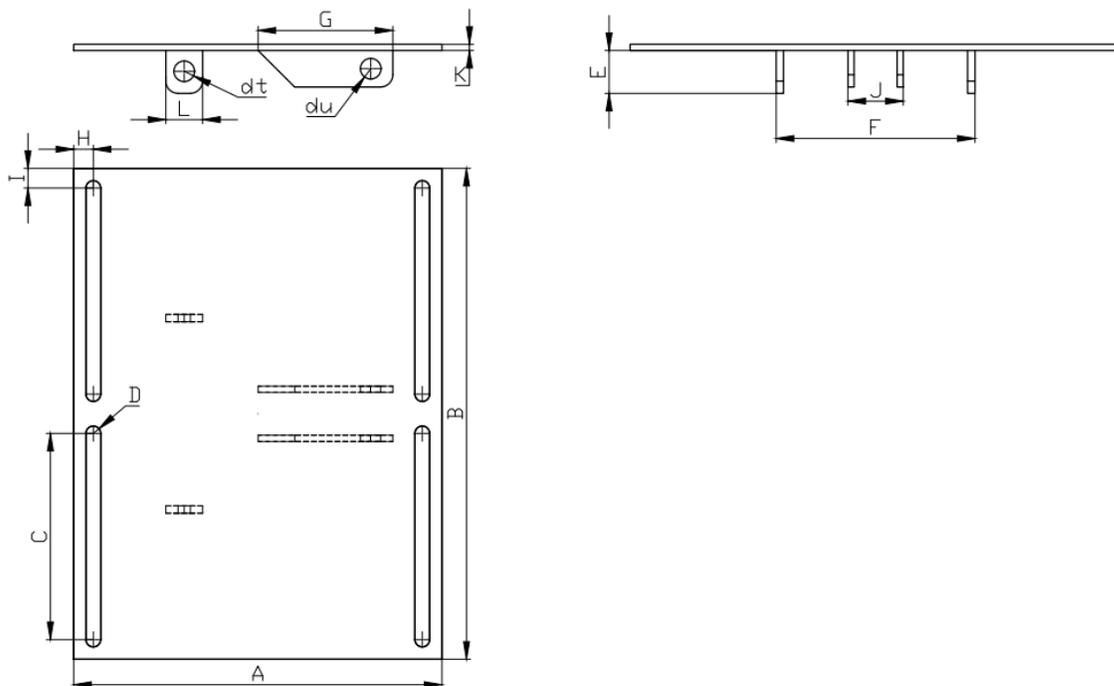


Figura 16 Esboço do prato principal, Peça 03. (Fonte: Autor)

Espessura  $K = 5mm$

$F = 162mm$

$A = 300mm$

$B = 400mm$

$C = 168mm$

$H = I = 10mm$

O raio  $D = 6mm$

$J = 45mm$

$L = 30mm$

$E = 35mm$

Como referido anteriormente as dimensões não conjugadas serão obtidas com um grau de tolerância IT14/2.

### Dimensionamento dos furos dt e du.

Ajustamento com folga **H8**.  $d_{nom} = 16mm$

$$EI = 0, ES = IT = 0.033mm$$

$$D_{max} = d_{nom} + ES = 20mm + 0.033mm = 16.033mm$$

$$D_{min} = d_{nom} = 16mm$$

#### 4.3.3.1. Resumo

Dimensão	Valor nominal (mm)
A	300
B	400
C	168
D	6
E	35
F	162
G	120
H,I	10
du, dt	16
J	45
L	30
Chanfros	5x5
Cantos arredondados	R10

Tabela 5 Dimensões nominais da Peça 03 (Fonte: Autor)

Para o desenho de fabrico desta peça vede o Anexo **UEM-FE-DEMA-03**

#### 4.3.4. Dimensionamento das barras laterais

As barras laterais são responsáveis por barrar o possível deslizamento da carga pelas laterais e também servem de fixadores da corrente esticadora para aumentar a segurança da carga.

A seguir o esboço da barra lateral.

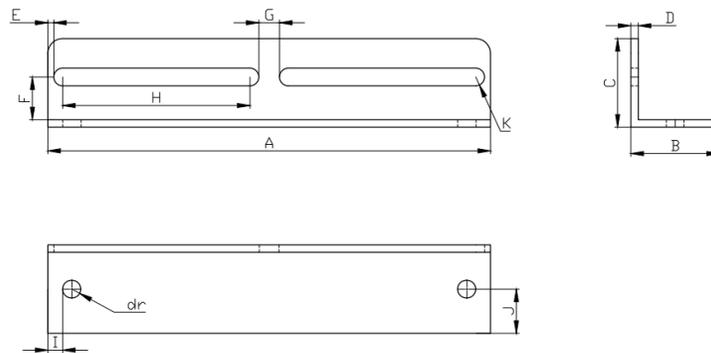


Figura 17 Esboço das barras laterais (Fonte: Autor)

Esta peça será feita de cantoneira de abas iguais cujas dimensões são  $60 \times 60 \times 5 \text{ mm}$ , isto é, as dimensões B,C e D são:

$$B = C = 60 \text{ mm} \quad D = 5 \text{ mm}$$

A dimensão **A** deverá ser igual à largura do prato principal.

$$A = 300 \text{ mm}$$

As restantes dimensões serão:

$$E = 5 \text{ mm}, \quad G = 20 \text{ mm}, \quad F = 20 \text{ mm}, \quad H = 127 \text{ mm}$$

$$I = 10 \text{ mm}; \quad J = 20 \text{ mm}, \quad K = 6 \text{ mm}$$

O furo **dr** terá diâmetro nominal de 12mm, e este será um ajustamento com folga demasiada de classe H8 no sistema de veio base, pelo que neste será inserido com folga um parafuso que permitira que haja regulagem das barras laterais.

$$EI = 0, ES = IT = 0.033 \text{ mm}$$

O diâmetro nominal para os furos  $d_{nom} = 12 \text{ mm}$

$$D_{max} = d_{nom} + ES = 12 \text{ mm} + 0.033 \text{ mm} = 12.033 \text{ mm}$$

$$D_{min} = d_{nom} = 12 \text{ mm}$$

Para o desenho de fabrico desta peça vede o Anexo **UEM-FE-DEMA-04**

#### 4.3.5. Dimensionamento dos pinos maiores 1° & 2° escalão

Os pinos maiores são os pinos que servirão de dobradiça para o suporte do prato com a base **1° escalão**, e para o suporte do prato com o prato **2° escalão**. Estes pinos serão projetados com mesmas dimensões e tolerâncias diferindo somente no seu comprimento.

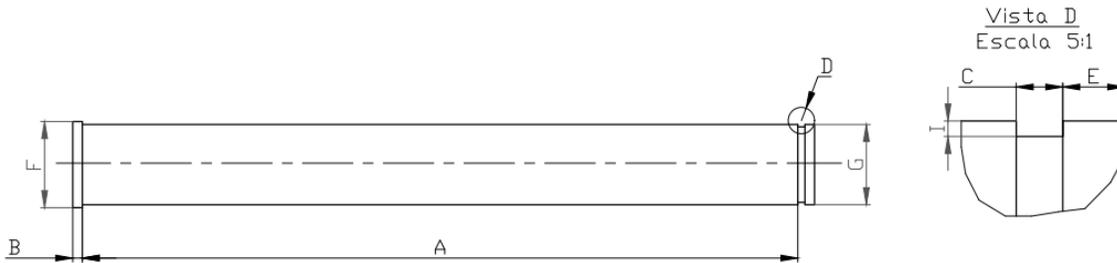


Figura 18 Esboço dos pinos maiores (Fonte: Autor)

A dimensão **A**, para o **1° escalão** será  $A = 150mm$ , e para o **2° escalão**  $A = 162mm$ ,

$$B = E = 2mm$$

$$F = 18mm$$

O diâmetro externo  $G = 16h7$

$$ei = -IT7 = -0.021mm, \quad es = 0$$

O diâmetro nominal do veio  $d_{nom} = 16mm$

$$d_{max} = d_{nom} = 16mm$$

$$d_{min} = d_{nom} - ei = 15.979mm$$

O rebaixo C, devera contemplar nele um freio para impedir a fácil cedência do pino, e as suas dimensões serão:

$$C = 2mm$$

$$I = 1,5mm$$

Para o desenho de fabrico desta peça vede o Anexo **UEM-FE-DEMA-05**

#### 4.3.6. Dimensionamento dos pinos Menores

Os pinos menores serão 4, divididos dois a dois, sendo dois deles roscados e dois não roscados. Estes serão usados para regular a abertura do suporte do prato e do próprio prato com uso de um parafuso com mecanismo de volante.

As dimensões serão as mesmas com exceção dos comprimentos sendo o maior comprimento para os pinos do 1º escalão.

A seguir os esboços e o dimensionamento.

#### Pinos com furo roscado

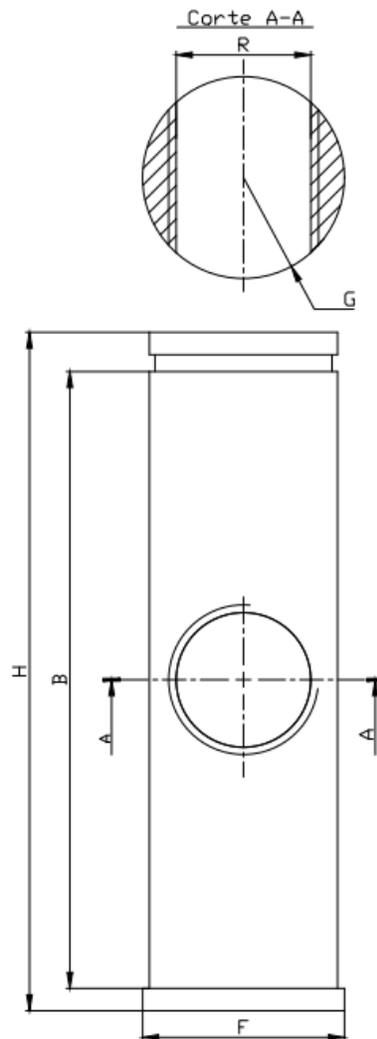


Figura 19 Esboço dos pinos menores (Fonte: Autor)

Este pino é o que estará em uma união roscada com o parafuso regulador, permitindo que o aperto desta união possa abrir o prato e o desaperto feche o prato.

As demais dimensões são iguais para os dois escalões, diferindo somente no comprimento **B**, sendo:

Para o primeiro escalão  $B = 55mm$ .

Para o segundo escalão  $B = 45mm$ .

$$H = B + 6mm$$

$$F = 18mm$$

O furo **R** será roscado e será aplicado uma rosca de movimento. Para o projecto se escolhe a rosca retangular  $R12x1,75$  (Anexo 01)

#### **Para o diâmetro G**

O diâmetro externo  $G = 16h7$

$$ei = -IT7 = -0.021mm, \quad es = 0$$

O diâmetro nominal do veio  $d_{nom} = 16mm$

$$d_{max} = d_{nom} = 16mm$$

$$d_{min} = d_{nom} - ei = 15.979mm$$

Para o desenho de fabrico desta peça vede o Anexo **UEM-FE-DEMA-06**

#### **4.3.7. Pinos menores, sem furo roscado.**

Para os pinos sem furo roscado, far-se-á a projeção igual aos pinos com furo roscado tanto para o primeiro escalão assim como para o segundo porem a diferença será no furo R que neste será um furo simples.

O diâmetro R para os pinos sem furo roscado será:

$$R = 12mm$$

#### 4.3.8. Parafuso regulador.

O para fuso regulador era responsável por auxiliar o operador na abertura e fechamento do suporte e do prato principal durante o trabalho.

Este para fuso deveria ser logo o suficiente, pois este determina o quanto o prato e o suporte do prato poderão ser abertos. Para melhor projeção este terá um manipulador do tipo relógio para dar um ligeiro braço potente para assim exigir menor força para rotacioná-lo, vede o esboço e o próprio dimensionamento, a seguir.

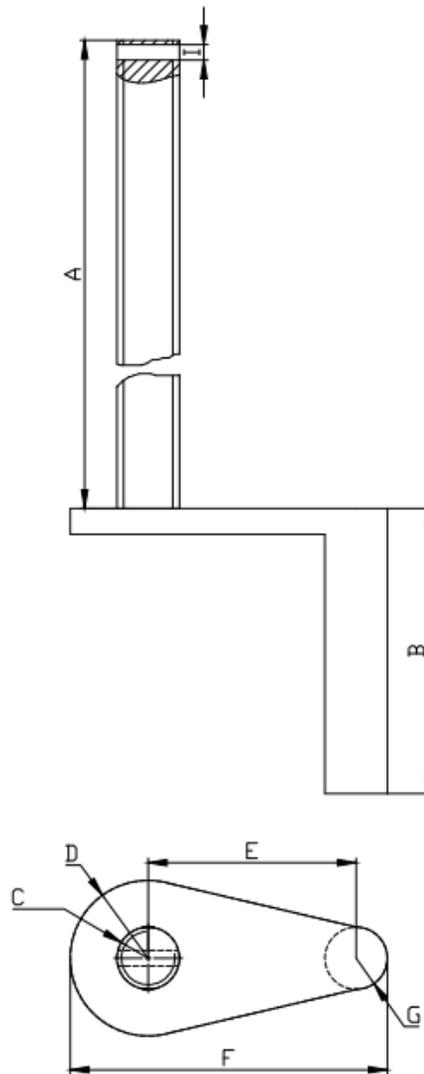


Figura 20 Esboço dos parafusos Reguladores (Fonte: Autor)

$$F = 61mm \quad A = 170mm$$

$$D = 30mm \quad B = 60mm$$

$$G = 12mm$$

$$C = R12x1.75 \text{ (Anexo 1)}$$

O furo I, serve para nele ser inserido um freio para impedir a soltura da porca que irá se colocar neste ponto.

$$I = 4mm$$

$$E = 40mm$$

Para o desenho de fabrico desta peça vede o Anexo **UEM-FE-DEMA-07**

#### **4.3.9. Elemento para fixação da carga.**

A fixação da carga neste suporte pode ser auxiliada de um sistema de cordas como em trailers de caminhões, mas para o projecto julga-se conveniente a aplicação de um sistema simples e prático que é o sistema de corrente e gancho.

Os rasgos superiores das barras laterais deverão permitir que este sistema possa ser aplicado e permitir que ele seja regulável.

Este elemento adicional será projectado para que uma vez colocada a corrente possa ser possível apertar usando porcas de aperto manual e assim segurar firmemente a carga por cima do prato principal.

Passa-se a apresentar os esboços do apoio e do gancho.

#### 4.3.9.1. Apoio do gancho

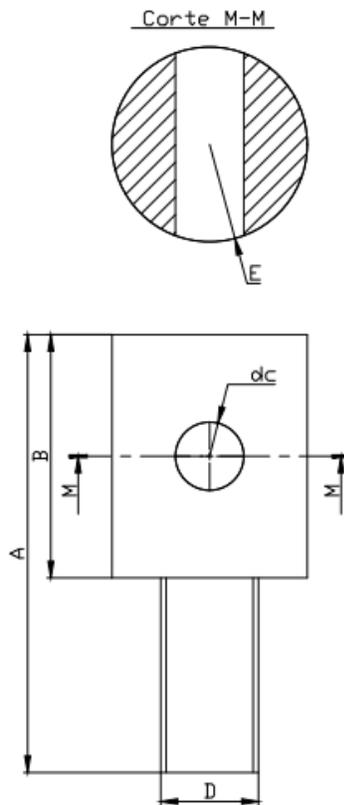


Figura 21 Esboço do apoio para Gancho de fixação (Fonte: Autor)

$$A = 45mm$$

$$E = \varnothing 20mm$$

$$B = 25mm$$

$$D = M10 \times 0.75 \text{ (Anexo 1)}$$

O furo dc será:

Ajustamento com folga **H8**.  $d_{nom} = 7mm$

$$EI = 0, ES = IT = 0.033mm$$

$$D_{max} = d_{nom} + ES = 7mm + 0.033mm = 7.033mm$$

$$D_{min} = d_{nom} = 7mm$$

Para o desenho de fabrico desta peça vede o Anexo **UEM-FE-DEMA-08**

#### 4.3.9.2. Gancho

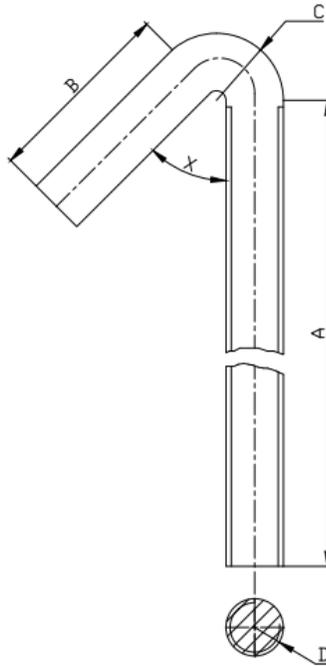


Figura 22 Esboço do gancho de fixação (Fonte: Autor)

$$A = 70mm \quad D = M7x0.75$$

$$C = 12mm \quad B = 20mm$$

Para o desenho de fabrico desta peça vede o Anexo **UEM-FE-DEMA-09**

#### 4.4. Estudo resistência

##### 4.4.1. Par Roscado

Várias uniões roscadas do projecto não são de grande responsabilidade sendo apenas para fixação e ajuste, ajuste este que poderá ser feito a mão e por conta disso assume-se que tais pares roscados seja resistentes as solicitações sofridas, e far-se-á o cálculo somente para os parafusos reguladores.

A análise do par roscado consiste em analisar o perfil, a configuração e a resistência do par roscado quanto as solicitações sofridas por este.

Para melhor estudar a resistência do para roscado e necessário primeiramente aferir o quanto de carga será sujeito o apoio B, que e o apoio feito pelo regulador, isto para saber a carga axial que agirá neste parafuso.

#### 4.4.1.1. Diagrama simplificado das forcas que atuam na Peça 01

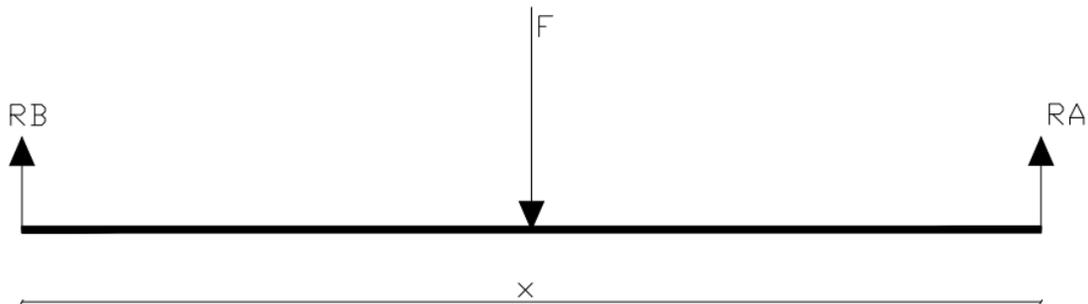


Figura 23 Diagrama do corpo livre da Peça 0 (Fonte: Autor)

$$F=2.2kN$$

$$X=150mm$$

**Reações de apoio:**

$$\begin{cases} \sum F_x=0 \\ \sum M_B=0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} RA+RB-F=0 \\ RA*x-F*\frac{x}{2}=0 \end{cases}$$

Daí conclui-se que na posição plana a força que actua nos pontos A e B é:

$$RA = 1.1kN$$

$$RB = 1.1kN$$

### Esquema de forças

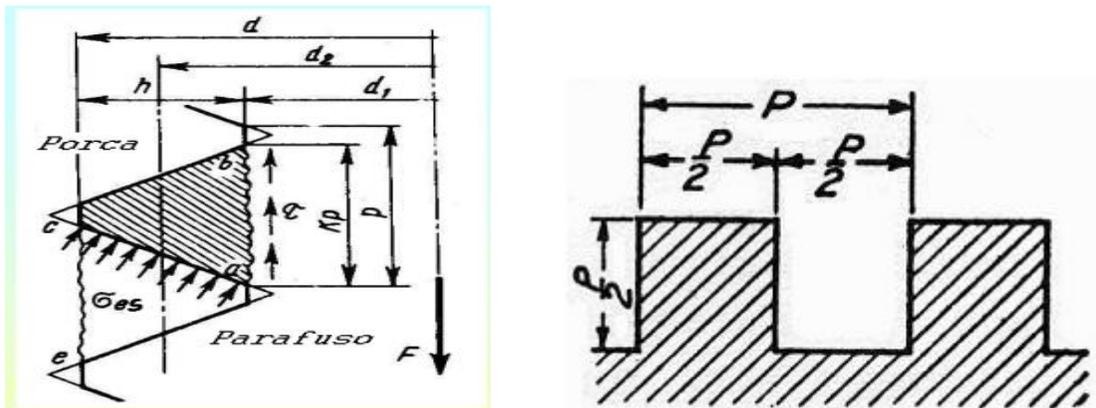


Figura 24 Representação dos parâmetros geométrico e tensões que actuam nas roscas. Rosca Métrica a esquerda e Rosca Quadrada a direita. (Fonte: Manual de OM1, RVS)

Os parafusos reguladores, os pinos nos quais estes são acoplados e as porcas de fixação serão fabricados em Aço 45, e por isso far-se-á o cálculo somente para o parafuso.

Condição de resistência:

$$\tau_{cis} = \frac{F}{\pi d_1 * H * K * K_{irr}} \leq [\tau] \quad [1]$$

Onde:

$F$ : Força axial

$K$ : Coeficiente de enchimento, para rosca quadrada  $K=0,5$

$K_{irr}$ : Coeficiente de irregularidade  $K_{irr} = 0.6...0.7$

*Quando o material do parafuso coincide com o da porca calcula-se apenas a tensão de cisalhamento do parafuso visto que  $d_1 < d$ . Nestas condições, a altura da porca normalizada é  $H = 0,8 \cdot d$ . (RVS pag 135)*

$d$  &  $d_1$ : diâmetro externo e interno respectivamente.

Aplicando a equação 1 tem-se:

$$\tau_{cis} = \frac{F}{\pi d_1 * H * K * K_{irr}} = \frac{1100N}{\pi * 11.125 * 9.6 * 0.5 * 0.66}$$

$$\tau_{cis} = 9.93Mpa$$

Marca do aço	Limite de escoamento, $\sigma_r$ , em MPa	Limite de escoamento, $\sigma_e$ , em MPa	Limite de fadiga, $\sigma_{-1f}$
Cт 3 e 10	340	200	160
20	400	240	170
35	500	300	180
45	600	360	240
30X	800	640	280
30X ГСА	1000	900	300
BT16	1200	-	350

Tabela 6 Tensões admissíveis de alguns aços. (Fonte: Manual de OM1, RVS)

Pela relação

$$[\tau] = 0.2 \dots 0.3\sigma_e$$

$$\sigma_e = 360Mpa$$

$$\text{Tem -se que } [\tau] = 0.25\sigma_e = 90Mpa$$

Dai pode se concluir que a rosca resiste ao cisalhamento pois  $\tau < [\tau]$ .

#### 4.4.2. Cálculo testador dos pinos

O Cálculo testador tem como objetivo verificar a resistência das peças críticas, visto que o dimensionamento não se considerou até então as solicitações de serviço que sofrera o suporte. De entre os tipos de solicitação tomar-se-á em consideração somente o corte por cisalhamento.

- Resistência ao cisalhamento dos pinos

#### 4.4.2.1. Resistência ao cisalhamento dos pinos

Observa-se que os pinos maiores, os pinos para o mecanismo de dobradiça são suscetíveis a sofrer corte por cisalhamento com dois planos de corte em cada um dos pinos. Tendo sido dimensionados com o mesmo diâmetro e com a mesma aplicação faz-se o cálculo de resistência ao cisalhamento.

Condição de resistência ao cisalhamento:

$$\tau_{cis} \leq [\tau] \leftrightarrow \sigma_{cis} \leq [\sigma]$$

Onde:

- ❖  $F_t$ : Força cisalhante, Força ou carga, N, que age perpendicularmente ao eixo da peça. (No caso o peso da caixa de velocidades)
- ❖ S: Área de secção existente ao cisalhamento, Secção transversal da peça.
- ❖ Z: Número de planos de corte.
- ❖  $\tau_{cis}$ : Tensão de cisalhamento.
- ❖  $[\tau_{adm}]$ : tensão admissível do material, tensão tangencial. relação da tensão normal com a tensão tangencial:  $\tau_{cis} = (0.6 - 0.8)\sigma_{cis}$

O cálculo de cisalhamento será feito considerando, a carga máxima a que o pino terá que suportar, e esta se verifica quando o prato esta aberto ao seu ângulo máximo deixando maior parte da carga sobre o pino no apoio A (Figura 22). Assim sendo testa-se o pino para que seja capaz de resistir ao corte por cisalhamento com uma carga de 100% do total.

$$F_t = 2200N$$

Os pinos são dimensionados com um diâmetro de 16mm.

$$E z = 2$$

Tensão de cisalhamento

$$\tau_{cis} = \frac{4F_t}{\pi D^2 * 2} = \frac{8800}{3.14 * 16^2 * 2}$$

$$\tau_{cis} = 5.47Mpa$$

Da relação

$$\tau_{cis} = 0.6\sigma_{cis}$$

Tem-se a tensão normal

$$\sigma_{cis} = \frac{10 * \tau_{cis}}{6} \rightarrow \sigma_{cis} = 9.12Mpa$$

Poe se verificar que para pinos com 16mm de diâmetro, satisfaz-se a condição de resistência ao cisalhamento com dois planos de corte.

$$\sigma_{cis} = 9.12Mpa$$

$$[\sigma_{adm}] = 435Mpa$$

A tensão admissível e extraída do anexo 2

$$\sigma_{cis} \leq [\sigma_{adm}]$$

## 4.5. AVALIAÇÃO ECONÓMICA DO PROJECTO

Como forma de aferir o valor necessário para o projecto em termos de custos totais directos e secundários faz-se então a avaliação económica para este levantamento. Este levantamento baseia-se em preços dos produtos disponíveis em catálogos assim como ate onde for possível preços reais de materiais disponíveis em ferragens e oficinas.

### 4.5.1. Levantamento dos preços

Material	Preco USD	Quantidade	Fonte
Macaco Hidráulico Long RAM	778,03	1	Loja do mecânico
Chapa de aço 45	300	1	Intermetal S.A
Cantoneira de abas iguais	150	1	Paulisteel
Barra de Aço	150	1	Intermetal SA
Parafusos e Porca M12x1,75	0.5	12	Parafusos Djuba
Tubo de aço	0.5	1	Intermetal S.A
Freios	0.5	12	Parafusos Djuba
Varão de Aço diâmetro 15mm	150	1	Intermetal SA
Total	-	1 540.53 USD	

Tabela 7 Levantamento de Preços (Fonte: Autor)

Assumindo que o cambio esta na casa dos 70 MT por dólar o custo de fabricação do suporte e aplicação do macaco hidráulica esta avaliado em 98 332.03 MZN, a esse valor deve se acrescentar os custos de mão de obra e de consumíveis de fabricação nomeadamente energia elétrica, elétrodos, deve-se também contar com o valor de transportação de alguns equipamentos que serão importados. Pela falta de dados concisos e pelas flexibilidades do mercado cambial faz-se uma estimativa de 60 000 MT, para cobrir isso e possível mudança do cambio ate ao momento de aquisição, com isso prevê-se que a fabricação deste suporte esta avaliado em 158 332.03 MZN

## **5. CONCLUSOES E RECOMENDAÇÕES**

### **5.1. Conclusões**

Concluído o projecto pode-se afirma que:

- ❖ Fez-se o estudo das características das caixas de velocidades e aferiu-se que as caixas de velocidades de veículos automóveis diferem tanto na forma geométrica, quanto no peso e por esta razão tomou-se em consideração o peso médio para a projeção do trabalho.
- ❖ Observa-se que a tensão de cisalhamento calculada é muito menor que a tensão de cisalhamento admissível o que significa que o suporte aguenta cargas um pouco acima do considerado no projecto e isso traz segurança no uso da mesma.
- ❖ O objectivo proposto inerente a escolha de material de construção alcançou-se com a escolha do aço SAE 1045 que é um aço muito versátil e com boas propriedades mecânicas, boa usinabilidade e soldabilidade, tornando-se assim adequado para o projecto.
- ❖ De acordo com a carga a que se espera manusear com este suporte acoplado ao macaco de caixa de cilindro longo, aferiu-se que existem macacos com melhores e maiores capacidades de carga que podem ser usados em caso de fazer-se a projeção para cargas maiores.

### **5.2. Recomendações**

- I. Para ampliar a o horizonte do projecto recomenda-se que se faça um estudo de como pode se eliminar o mecanismo de regulação mecânico e usar-se meios hidropneumáticos ou ainda reguladores elétricos para a abertura e fechamento do prato.
- II. Este suporte é projectado tendo como foco o uso para caixa de velocidades, mas pode ser usado para elevar vários tipos de cargas necessárias em oficinas assim sendo recomenda-se a não se limitar no uso somente para caixa de velocidade e sempre que necessário, fazer certificando que a carga esta dentro da margem de capacidade do suporte.
- III. Visto que este projecto foca-se em no uso de macaco de haste, recomenda-se a fazer um estudo e achar formas de aplicar o mesmo para um macaco do tipo jacaré para que possa ser usado na ausência de elevadores hidráulicos como no caso de oficinas de media e pequena escala.

## 6. Bibliografia

1. PADILHA, Jessé Luis. **Sistema de transmissão automotiva**. 1. ed. – Brasília: NT Editora, 2018.
2. Jr. SANTANA, António Carlos da Silva. **Análise técnica e comparativa de caixa de câmbio manual e automática**. UFSC. Joinville 2018
3. COSTA André Luís Mendes, et al. **Macaco hidráulico construído com peças reutilizadas**. Instituto federal Minas gerais. Arcos-MG 2018
4. BORTEGA, Lucas. **Projeto macaco hidráulico para caixa de cambio de caminhões**. Faculdade Horizontina. HORIZONTINA 2012.
5. OLIVEIRA Carlos Alexandre, et al. **Mecânica de Automóveis, Motores de combustão interna- Álcool e Gasolina**. SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem industrial). Santa Maria 2003.
6. KOURBATOV, Alexandre. **Guia de oficinas Gerais**. Quinta edição. Maputo 2005.
7. CHERKASSKY, Hessel Horácio. **Elementos de Maquinas I**. SENAI, Telecurso 2000.
8. PAULISTEEL, Ferro e Aço. **Catálogo dos aços**. São Paulo Brasil. 2000.
9. INTERMETAL SA. **Catálogo dos materiais ferrosos**. Rua Comandante Baeta Neves, 53 • C.P. 1162 • Maputo – Moçambique
10. Rui V. Siteo. **Manual de Órgãos de Máquinas I - Ligações roscadas - 2005**
11. HIFORCE. **Hydraulic tools catalogo de equipamentos hidraulicos**.
12. CHIARAVALLI group. **mechanical worm screw jacks chd aluminium series, Catalogo de equipamentos hidraulicos**.
13. JASINEVICIUS Renato Goulart. SEM 0343 **Processos de Usinagem. Metodo de furação**
  - I. [https://ec.europa.eu/taxation\\_customs/dds2/SAMANCTA/PT/Safety/Asbestos\\_PT.htm](https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/PT/Safety/Asbestos_PT.htm)  
Acessado a 12 de outubro de 2022
  - II. [https://www.google.com/search?q=revestimento+de+guarni%C3%A7%C3%A3o+discos+de+embreagem&rlz=1C1YTUH\\_pt\\_PTMZ1021MZ1021&oq=revestimento+de+guarni%C3%A7%C3%A3o+discos+de+embreagem&aqs=chrome..69i57j33i160.14549j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=revestimento+de+guarni%C3%A7%C3%A3o+discos+de+embreagem&rlz=1C1YTUH_pt_PTMZ1021MZ1021&oq=revestimento+de+guarni%C3%A7%C3%A3o+discos+de+embreagem&aqs=chrome..69i57j33i160.14549j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8) Acessado a 12 de outubro de 2022
  - III. [www.intermetalsarl.co.mz](http://www.intermetalsarl.co.mz), Acessado a 28 de outubro de 2022

## 7. ANEXOS

### Anexo 1

**Tabela de combinação diâmetro/ passo**

Diâmetro nominal*			Passo Grosso	Passo fino**				$d_3^{***}$			$A_i^{****}$					
								Passo			Passo					
1	2	3		1	2	3	4	PG	1	2	3	PG	1	2	3	
1,6			0,35	0,2												
	1,8		0,35	0,2												
2			0,4	0,25												
	2,2		0,45	0,25												
2,5			0,45	0,35												
3			0,5	0,35												
	3,5		0,6	0,35												
4			0,7	0,5												
	4,5		0,75	0,5												
5			0,8	0,5												
	5,5			0,5												
6			1	0,75												
	7		1	0,75												
8			1,25	1	0,75											
	9		1,25	1	0,75											
10			1,5	1,25	1	0,75										
	11		1,5	1	0,75											
12			1,75	1,5	1,25	1										
	14		2	1,5	1,75	1										
	15			1,5	1											
16			2	1,5	1	1										
	17			1,5	1											
	18		2,5	2	1,5	1										
20			2,5	2	1,5	1										
	22		2,5	2	1,5	1										
24			3	2	1,5	1										
	25			2	1,5	1										
	27		3	2	1,5	1										
	28			2	1,5	1										
30			3,5	3	2	1,5	1									
	32			2	1,5											
	33		3,5	3	2	1,5										
	35			1,5												
36			4	3	2	1,5										
	39		4	3	2	1,5										
	40			3	2	1,5										
42			4,5	4	3	2	1,5									
.																
.																
.																
.	300		4													

\* Deve-se dar preferência aos diâmetros da coluna 1. Havendo necessidade pode-se optar pelos da coluna 2. Os diâmetros da coluna 3 devem ser evitados.

\*\* A melhor opção para a escolha do passo é o da série grossa. Nos casos necessários a preferência é sempre do maior passo fino.  
Quanto menor o passo para um determinado diâmetro, maior a dificuldade de fabricação da rosca no que diz respeito às tolerâncias.

\*\*\* Diâmetro menor da rosca externa. Também chamado de diâmetro do núcleo da rosca.

\*\*\*\* Área correspondente ao menor diâmetro da rosca externa. Usada para fins de resistência.

## Anexo 2

### TENSÕES MÉDIAS E ALONGAMENTO APROXIMADO DOS MATERIAIS

MATERIAL	Tensão de Ruptura (MPa = N/mm <sup>2</sup> )			σ escam. Tração MPa	Alongam. λ %	OBSERVAÇÕES
	Tração σ <sub>r</sub>	Compres. σ <sub>r-c</sub>	Cisalh.σ <sub>r-s</sub>			
Aço estr.	400	400	300	200	30	Aços carbonos, recozidos ou normalizados
SAE 1010	350	350	360	130	33	
SAE 1015	385	385	290	175	30	
SAE 1020	420	420	320	193	26	
SAE 1025	465	465	350	210	22	
SAE 1030	500	500	375	230	20	
SAE 1040	580	580	435	262	18	
SAE 1050	650	650	490	360	15	
SAE 1070	700	700	525	420	9	
SAE 2330	740	740	550	630	20	Aço Níquel, Recozido ou Normalizado
SAE 2340	700	700	525	485	25	
SAE 3120	630	630	475	530	22	Aço Níquel – cromo, recozido ou normalizado
SAE 3130	680	680	510	590	20	
SAE 3140	750	750	560	650	17	
SAE 4130	690	690	520	575	20	Aço cromo – molibdênio, recozido ou normalizado
SAE 4140	760	760	570	650	17	
SAE 4150	815	815	610	690	15	
SAE 4320	840	840	630	650	19	Aço Níquel – cromo – molibdênio, recozido ou normalizado
SAE 4340	860	860	650	740	15	

## **Outros Anexos**

UEM-FE-DEMA-01

UEM-FE-DEMA-02

UEM-FE-DEMA-03

UEM-FE-DEMA-04

UEM-FE-DEMA-05

UEM-FE-DEMA-06