



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**Relatorio de Estágio Profissional**

**PROJECCÃO DE UMA MÁQUINA PARA RETIRAR LONA NO PATIM DE  
FREIO PARA OS AUTOCARROS DA EMTPM**

**Autor:** Xadrique Francisco Reis

**Supervisore da faculdade:**

Eng<sup>o</sup> Roberto David

**Supervisor da Empresa:**

Eng<sup>o</sup> António Rico Raimundo Artur

Maputo, 2025

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**Relatorio de Estágio Profissional**

**PROJECCÃO DE UMA MÁQUINA PARA RETIRAR LONA NO PATIM DE  
FREIO PARA OS AUTOCARROS DA EMTM**

**Relatório submetido ao Departamento de  
Engenharia Mecânica, Faculdade de  
engenharia, da Universidade Eduardo  
Mondlane, como requisito parcial para a  
obtenção do grau de Licenciado**

**Autor:** Xadrique Francisco Reis

**Supervisore da faculdade:**

Eng<sup>o</sup> Roberto David

**Supervisor da Empresa:**

Eng<sup>o</sup> António Rico Raimundo Artur

Maputo, 2025

## **TERMO DE ENTREGA DO TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante Xadrequê Francisco Reis, com número de estudante \_\_\_\_\_, entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/2025 as três cópias do relatório do seu trabalho de licenciatura com referência: \_\_\_\_\_

Intitulado: **PROJECCÃO DE UMA MÁQUINA PARA RETIRAR LONA NO PATIM DE FREIO PARA OS AUTOCARROS DA EMTPM.**

Maputo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025

Chefe da secretaria

\_\_\_\_\_

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Xadrequê Francisco Reis

### PROJECCÃO DE UMA MÁQUINA PARA RETIRAR LONA NO PATIM DE FREIO PARA OS AUTOCARROS DA EMTPM.

Trabalho de licenciatura aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025 como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, pelos professores:

Prof. \_\_\_\_\_

(Orientador)

Prof. \_\_\_\_\_

(Co-orientador)

Prof. \_\_\_\_\_

(Coordenador do Curso)



**PROJECCÃO DE UMA MÁQUINA PARA RETIRAR LONA NO PATIM DE FREIO PARA OS  
AUTOCARROS DA EMTPM.**

**XADREQUE FRANCISCO REIS**

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Declaro, sob palavra de honra, que o presente trabalho de licenciatura foi realizado por mim com base nos recursos que no mesmo se fazem referência, e que o conteúdo é original e todas as fontes consultadas ao longo do trabalho foram devidamente citadas no texto e nas referências bibliográficas.

---

(Xadrequê Francisco Reis)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a toda família Reis, em particular a minha querida mãe Arminda João Chaima, ao meu pai Francisco Reis, que dentro das dificuldades, tudo fizeram para que a minha formação se tornasse uma realidade. Aos meus amigos Eng<sup>o</sup> Inácio Chilundo, Célia Tsambe e Haje Caetano pelo apoio incondicional.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus criador de todo o universo, pelo dom da vida e pelas bênçãos sobre mim e pela minha família.

Endereço-os também à todos os docentes e funcionários do DEMA – FENG- UEM, em particular ao meu supervisor, Prof. Eng.º Roberto David, pelo apoio, pela disponibilidade em todos os momentos, pela paciência, sugestões, e pelos ensinamentos transmitidos para a realização deste trabalho. Também expresso meus agradecimentos aos meus colegas que directa ou indirectamente prestaram apoio para a realização do trabalho.

Agradeço a EMTPM pela oportunidade de realizar o estágio como forma de culminação dos estudos, em especial ao técnico Neves, por toda disponibilidade, ensinamentos e paciência, sacrificando seus momentos de trabalho, descanso e lazer.

E finalmente à minha família pelo incentivo e apoio de todas as formas.

Muito Obrigado!

## **Resumo**

Actualmente, nas oficinas gerais da EMTPM, na manutenção do sistema de freio dos autocarros, a remoção das lonas nos patins de freio dos autocarros é feito manualmente, recorrendo a martelos, talhadeiras e alavancas metálicas, esse procedimento demanda muita mão-de-obra e é bastante lento, além da morosidade na manutenção, exige esforço físico significativo por parte dos técnicos e apresenta riscos operacionais consideráveis, como acidentes de trabalho, danos estruturais às peças e imprecisão na execução do serviço.

No presente trabalho visa-se projectar uma máquina que permita remover as lonas do patim de forma mecânica, segura, padronizada e eficiente, para os autocarros da EMTPM de modo a reduzir o esforço físico empregue pelos trabalhadores durante a remoção das lonas nos patins de freio, garantindo as condições ergonómicas e de segurança. Para a elaboração do projecto fez-se pesquisas bibliográficas sobre o sistema de freios dos autocarros, consulta em manuais e catálogos para a projecção de uma máquina para retirar lona no patim de freio de modo que este reúna os requisitos mecânicos, ergonómicos, facilidade de manutenção e que seja economicamente viável. Com a implementação deste projecto espera-se redução do tempo de manutenção, redução dos riscos de acidentes e lesões.

Palavras-chaves: Retirar lona no patim de freio, Sistema de Freios, EMTPM.

## **Abstract**

Currently, in the general workshops of EMTPM, during the maintenance of the bus braking system, the removal of brake linings from bus brake shoes is carried out manually, using hammers, chisels, and metal levers. This procedure requires substantial labor and is quite slow. In addition to the delay in maintenance, it demands significant physical effort from technicians and presents considerable operational risks, such as workplace accidents, structural damage to components, and lack of precision in the execution of the service.

The present work aims to design a machine that enables the mechanical, safe, standardized, and efficient removal of brake linings from brake shoes for EMTPM buses, in order to reduce the physical effort exerted by workers during the removal process, while ensuring ergonomic and safety conditions. For the development of this project, bibliographic research was conducted on bus braking systems, along with consultation of manuals and catalogs for the design of a machine to remove brake linings from brake shoes, ensuring that it meets mechanical and ergonomic requirements, ease of maintenance, and economic feasibility.

With the implementation of this project, a reduction in maintenance time, as well as a decrease in the risk of accidents and injuries, is expected.

**Keywords:** Brake lining removal from brake shoe, Braking System, EMTPM.

## Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA .....	i
DEDICATÓRIA .....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
Resumo .....	iv
Capítulo I: Introdução.....	1
1.1. Considerações gerais.....	1
1.2. Relevância da manutenção nos sistemas de freios.....	2
1.3. Problematização .....	3
1.4. Estrutura do projecto.....	4
1.5. Objectivos .....	6
1.6. Metodologia .....	7
Capítulo II: Revisão bibliográfica .....	8
2. Fundamendacao teórica .....	8
2.1. Sistema de freio com lona .....	8
2.2. Características e materiais das lonas de freio.....	15
2.3. Procedimentos de manutenção e desafios na remoção manual.....	15
2.4. Princípios de engenharia na concepção de dispositivos de desmontagem.....	16
2.5. Tipos de dispositivos similares existentes para a remoção de lonas de freio....	16
2.6. Riscos do método de remoção manual.....	17
2.7. Tipos de Ferramentas e Máquinas Similares para a remoção de lonas de freio	20
2.8. Conceitos de Projeto Mecânico Aplicáveis à Máquina para Remoção de Lona no Patim de Freio da EMTPM.....	22
Capítulo III: Contextualização da pesquisa .....	24
3. Contextualização da investigação.....	24
3.1. Apresentação da empresa .....	24
3.2. Actividades realizadas durante o período de estágio na EMTPM .....	29
3.3. Processo de Retirada da lona no patim de freio na EMTPM .....	30
3.4. Inconvenientes da retirada da lona no patim de freio por meio de golpes.....	31
Capítulo IV: Metodologia da resolução do problema .....	32
3.5. Levantamento das necessidades da oficina .....	32

3.6. Medições e Características Técnicas dos Patins de Freio da Frota EMTPM....	33
Capítulo V: Apresentação, análise e discussão de resultados .....	34
4. Definição dos requisitos da máquina.....	34
4.1. Escolha do material .....	34
4.2. Materiais necessários para a construção do equipamento.....	36
4.3. Força de Cisalhamento nos Rebites (Força de Remoção).....	36
4.4. Escolha do macaco pneumático .....	37
4.5. Cálculos do acionamento.....	38
5.5.2. Cálculo da potência .....	42
4.5. Plano de manutenção do equipamento .....	43
4.6. Estimativa de Orçamento .....	44
Capítulo VI: Conclusões e recomendações .....	46
5. Conclusões e recomendações .....	46
6. Bibliografia.....	47

## Índice de Figuras

Figura 1: Sistema de freio com lona .....	8
Figura 2: sistema de freio a tambor com “Came S” .....	10
Figura 3: Sistema de freio do autocarro antes da desmontagem .....	10
Figura 4: Sistema de freio do autocarro com tambor de freio desmontado.....	11
Figura 5: Esquema de cálculo de freio radial com "Came- S" .....	12
Figura 6: Riscos de acidentes e lesões ocupacionais .....	17
Figura 7: Danos aos componentes mecânicos .....	18
Figura 8: Organograma da EMTPM.....	26
Figura 9: departamento de engenharia da manutenção .....	27
Figura 10: Brigada de motores. ....	28
Figura 11: Brigada de reparações gerais. ....	28
Figura 12: Secção de electricidade .....	28
Figura 13: Retirada da lona no patim de freio .....	30
Figura 14: Sistema de Fixação das Lonas nos Patins .....	34

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Resumo dos principais impactos negativos do método manual .....	20
Tabela 2: comparação dos diferentes tipos de equipamentos.....	22
Tabela 3: Actividades realizadas durante o período de estágio:.....	29
Tabela 4: Necessidades da oficina.....	32
Tabela 5: Composição química do aço AISI 1035 e AISI 1045 .....	35
Tabela 6: Propriedades físicas do AISI 1035 e AISI 1045.....	35
Tabela 7: Propriedades mecânicas do aço AISI 1035 e AISI 1045.....	35
Tabela 8: Propriedades térmicas do aço AISI 1035 e AISI 1045.....	36
Tabela 9: equações iniciais.....	41
Tabela 10: equações finais.....	41
Tabela 11: parâmetros dimensionais do motor.....	43
Tabela 12: especificações técnicas do motor.....	43
Tabela 13: Plano de manutenção dos elementos do remodor da lona de freio.....	44

## Capítulo I: Introdução

### 1.1. Considerações gerais

A invenção da roda foi um marco importante na história da humanidade. Com ela foi possível reduzir significativamente o atrito entre um objecto e a superfície de rolamento, necessitando de uma força menor para movê-los e possibilitando o transporte de itens de interesse. Desde a invenção da roda, com o passar do tempo surgiram os automóveis, em geral estes têm sido um dos meios mais utilizados para locomoção das pessoas nas zonas urbanas.

A utilização da roda em veículos trouxe grandes vantagens, porém, tornou-se necessário controlar a velocidade, para evitar acidentes com o meio a sua volta. Em função disso, houve a necessidade do desenvolvimento dos sistemas de freio.(DE BARBOZA, 2016). Os sistemas de freio aplicados em veículos automóveis possuem como requisitos básicos, impedir a movimentação indesejada do veículo quando estiver estacionado, possibilitar o controlo da velocidade e prever acelerações indesejadas durante percursos de descida.

Os automóveis assim como qualquer máquina ou equipamento existem elementos que sofrem desgaste e avarias no decorrer do tempo. Em geral um autocarro pode apresentar falhas no sistema de freios, avaria da caixa de velocidades, avaria do motor de combustão interna, falhas no sistema eléctrico e outros componentes do autocarro. Estas avarias comprometem a disponibilidade dos autocarros, assim como a segurança dos ocupantes do autocarro, portanto, a correcção dessas avarias em tempo recorde é de extrema necessidade dada a crise de transporte que a capital Maputo apresenta nas horas de ponta e o risco existente na falha de alguns destes elementos.

A Empresa Municipal de Transporte Rodoviários de Maputo (EMTPM), é uma empresa vocacionada ao transporte rodoviário em Maputo. Uma grande parte dos munícipes da Cidade de Maputo depende desses autocarros da EMPTM para a sua chegada nos postos de trabalho, escolas, hospitais e outros fins. A EMTPM possui oficinas para serviços de manutenção dos seus autocarros, desde manutenção preventiva a manutenção correctiva de modo a garantir a disponibilidade dos autocarros.

## **1.2. Relevância da manutenção nos sistemas de freios**

A manutenção dos sistemas de freio é um dos aspectos mais críticos na operação de veículos de transporte coletivo, como os autocarros da EMTPM. Esses sistemas são responsáveis por garantir a segurança dos passageiros, dos condutores e de todos os utentes das vias públicas. Um sistema de freio em mau estado pode levar a falhas graves, como aumento da distância de travagem, superaquecimento ou até falha total do mecanismo de frenagem, colocando vidas em risco.

Além da segurança, a manutenção eficiente dos freios também está diretamente ligada à durabilidade dos componentes do sistema e à redução de custos operacionais. Quando feita de forma inadequada ou com ferramentas não apropriadas, como o uso de martelos para remover as lonas de freio, pode provocar danos nos patins, deformações estruturais e desgaste prematuro das peças. Isso gera a necessidade de substituições mais frequentes, aumenta o tempo de inatividade dos veículos e, conseqüentemente, impacta negativamente no funcionamento da frota.

Dessa forma, investir na modernização dos processos de manutenção, por meio da introdução de máquinas especializadas, contribui não apenas para maior precisão e eficiência técnica, mas também para a segurança e sustentabilidade das operações da empresa.

### **1.3. Problematização**

Durante o estágio realizado na EMTPM, foi possível observar que o processo de remoção das lonas nos patins de freio dos autocarros é feito manualmente, recorrendo a martelos e outras ferramentas rudimentares. Esse método, além de exigir esforço físico significativo por parte dos técnicos, apresenta riscos operacionais consideráveis, como acidentes de trabalho, danos estruturais às peças e imprecisão na execução do serviço.

O uso contínuo desse processo manual compromete a qualidade da manutenção, podendo afetar o desempenho do sistema de frenagem e gerar falhas recorrentes. Adicionalmente, verifica-se uma elevada exigência de tempo e mão-de-obra, o que reduz a produtividade da oficina e aumenta o tempo de imobilização dos veículos, afetando a disponibilidade da frota da empresa.

Diante desse cenário, identificou-se a necessidade de projetar uma máquina que permita remover as lonas do patim de forma mecânica, segura, padronizada e eficiente, promovendo a modernização do processo de manutenção e melhorando os indicadores operacionais da EMTPM.

**Problema:** como podemos retirar lona no patim de freio nos autocarros da EMTPM com rapidez e segurança?

## **1.4. Estrutura do projecto**

O presente projecto possui a seguinte estrutura:

### **Capítulo I: Introdução**

- Neste capítulo é feita a introdução do projecto, a definição do problema, a contextualização, justificativo, os objectivos do trabalho e a metodologia usada para a concepção do mesmo.

### **Capítulo II: Revisão bibliográfica**

- Neste capítulo é feito o desenvolvimento do trabalho, abordando todos aspectos relevantes para o tema em causa de modo a colocar a fundamentação teórica do mesmo.
- Este capítulo apresenta também a fundamentação teórica sobre o funcionamento, descrição do sistema de freio dos autocarros da EMTPM e difunde-se algumas teorias e conceitos de manutenção.

### **Capítulo III: Apresentação da empresa e do problema**

- é apresentada a contextualização da investigação, desde a apresentação da empresa, a estrutura da empresa e as actividades realizadas pelo autor durante o período de estágio na EMPTM, neste capítulo também se faz descrição da forma como é actualmente feita a retirada da lona no patim de freio e apresenta-se também os inconvenientes da actual maneira da retirada da lona no patim de freio e também do uso dessas ferramentas para desmontagem das lonas no patim de freio

### **Capítulo IV: Metodologia da resolução do problema**

- Neste capítulo são demonstrados todos os métodos, usados desde o planeamento, até a obtenção do produto final, onde se faz de forma detalhada a projecção da máquina de retirar a lona do patim de freio, desde a escolha dos elementos estruturais, a projecção do fuso, escolha do macaco hidráulico até a chave pneumática.

#### **Capítulo IV: Apresentação da viabilidade económica**

Apresenta avaliação económica, neste capítulo faz o estudo de custo do material e a percentagem de uso do material por unidade da máquina de retirar lona do patim de freio produzido.

#### **Capítulo V: Conclusões e recomendações**

- Neste capítulo são apresentadas as últimas considerações do trabalho respondendo a cada objectivo específico. São ainda apresentadas as dificuldades enfrentadas durante a concepção do mesmo dando assim algumas recomendações.

#### **Capítulo VI: Referências bibliográficas**

- Neste capítulo são mostradas as fontes usadas para a realização do presente projecto.

## **1.5.Objectivos**

### **1.5.1. Objectivo geral**

- Projectar uma máquina para retirar lona no patim de freio

### **1.5.2. Objectivos específicos**

- Analisar o sistema de retirada da lona no patim de freio para os autocarros da EMTPM;
- Dimensionar os principais elementos estruturais da máquina para retirar lona no patim de freio;
- Projectar a máquina com uma estrutura simples e de pouca manutenção e eficiente

## **1.6. Metodologia**

A metodologia usada para a elaboração do presente relatório de forma a alcançar os objectivos citados são pesquisa bibliográfica, consulta em manuais e catálogos e a colecta de dados na empresa EMTPM.

### **a) Pesquisa bibliográfica**

Pesquisas em vários artigos da internet, trabalhos de licenciatura e manuais de diversos autores com vista confrontar alguns conceitos e apresentar a fundamentação teórica sobre o sistema de freio dos autocarros e sobre a projecção damáquina para retirar lona no patim de freio para os autocarros da EMTPM.

### **b) Consulta em manuais e catálogos**

Consulta em catálogos e manuais para a extracção dos dados sobre perfis metálicos, chaves pneumáticas e outros materiais.

### **c) Colecta de dados**

Colecta de dados tais como parâmetros geométricos da lona do patim de freio, altura de montagem, a massa do patim de freio entre outros.

### **d) Para projeccao do equipamento**

- Levantamento das necessidades da oficina da EMTPM;
- Medições dos patins de freio (dimensões, materiais, fixação da lona);
- Definição dos requisitos da máquina (força necessária, tipo de acionamento hidráulico, pneumático ou manual com alavanca, etc.);
- Elaboração de esboços/projetos no AutoCAD ou SolidWorks;
- Simulações (se aplicável).
- Custo do projecto

## Capítulo II: Revisão bibliográfica

### 2. Fundamentação teórica

#### 2.1. Sistema de freio com lona

Os sistemas de freio a tambor com lonas são largamente utilizados em veículos pesados, como autocarros, por sua durabilidade e capacidade de dissipação térmica em frenagens prolongadas. Abaixo temos a figura que ilustra a composição desse tipo de sistema freio:

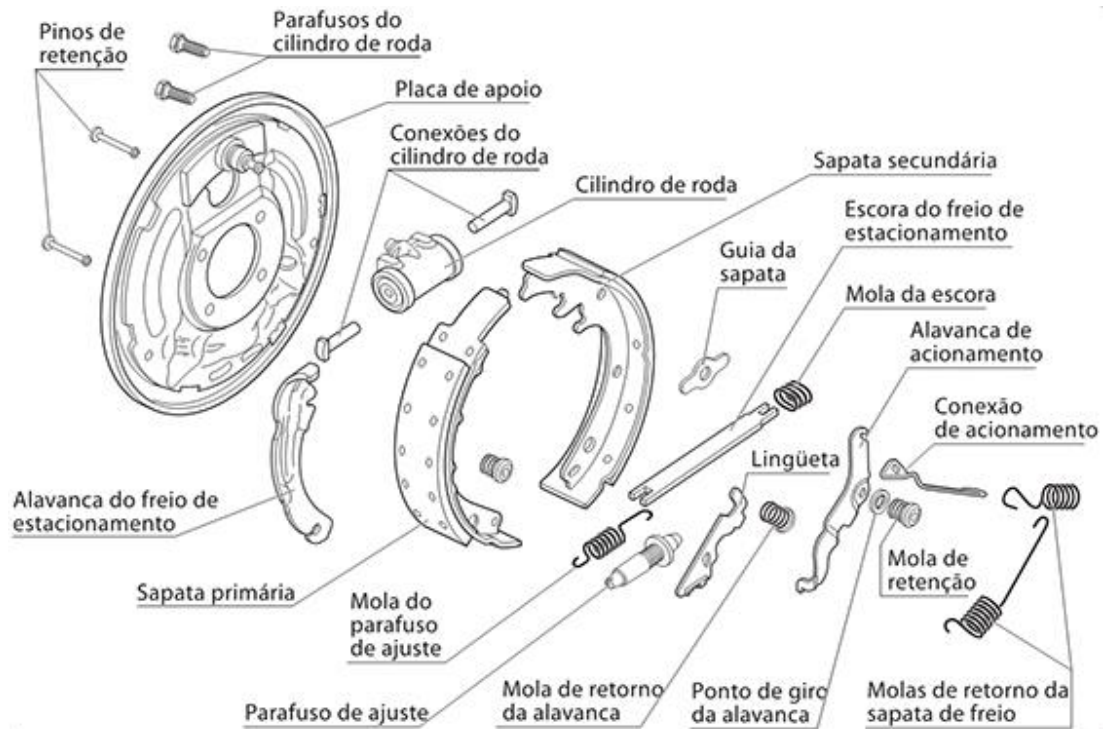


Figura 1: Sistema de freio com lona

Nesse tipo de sistema, a frenagem ocorre por meio do atrito entre as lonas fixadas nos patins e a superfície interna do tambor. Esse atrito gera calor e resistência ao movimento do veículo, promovendo a desaceleração (HART, 2011).

As lonas são componentes sujeitos a desgaste constante e, portanto, requerem substituições periódicas. Sua fixação aos patins pode ser feita por meio de rebites ou sistemas mecânicos similares. A remoção dessas lonas para substituição é parte essencial do processo de manutenção do sistema de freios (STOESSEL; GARCIA, 2018).

Também segundo (Hillier e Coombs, 2012), os freios a tambor apresentam vantagens como simplicidade estrutural, menor custo de produção e facilidade de manutenção. No entanto, requerem manutenção regular e precisa para garantir a integridade do sistema e evitar falhas como travamentos, ruídos ou perda de eficiência de frenagem.

### **2.1.1. Sistema de freio dos autocarros da EMTPM**

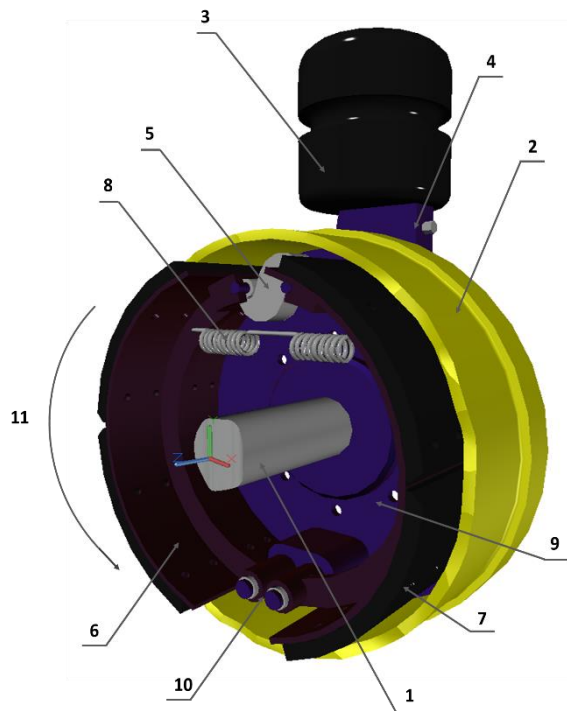
Para veículos de alta tonelagem usam-se os freios do tipo radial. Os autocarros da EMTPM utilizam freios do tipo radial devido ao alto factor de freio e pelo facto de exigirem um menor esforço de actuação. Também por serem veículos pesados, o circuito hidráulico é substituído por um circuito pneumático.

Ao contrário sistema de freio a tambor em que o accionamento é hidráulico, os cilindros de freio hidráulicos são substituídos por eixo de accionamento chamado de “came S”. A pressão do circuito pneumática é, por meio da válvula pedal, liberada para o cilindro de freio que a transforma num torque para girar o came S.

#### **2.1.1.1. Descrição e funcionamento do sistema de freio a tambor com “Came S”**

O semieixo (1) fornece o torque necessário para a rotação roda junto com o tambor de freio (2) por meio do sistema de transmissão do autocarro. Quando o pedal de freio é accionando pelo motorista, o ar comprimido armazenado nos reservatórios de pressão actua sobre a câmara de freio (actuador) (3) que geralmente é um diafragma controlado por meio de válvulas.

O freio por came S (5) utiliza um arranjo de sapatas primária – secundária (6 e7) nas quais são aplicadas forças radiais contra o tambor de freio por meio da rotação do came com forma de S (5) que empurra as sapatas (6 e7) contra o tambor de freio (2) gerando o atrito da frenagem. A rotação do came S (5) é realizada por meio da alavanca ajustadora (4) que esta conectada ao actuador (diafragma) (3) ligado ao circuito pneumático. Quando o freio deixa de ser accionado alivia-se o came S (5) e a mola de retorno (8) mantem as sapatas fechadas.



### Legenda

- 1- Semieixo;
- 2- Tambor de freio;
- 3- Actuador (Câmara de Serviço/ Estacionamento);
- 4- Alavanca ajustadora;
- 5- Eixo de accionamento (Came S);
- 6- Sapata primária;
- 7- Sapata Secundária;
- 8- Mola de retorno das sapatas;
- 9- Espelho;
- 10- Articulação;
- 11- Sentido de rotação do tambor;

*Figura 2: sistema de freio a tambor com "Came S"*

*Fonte: EP, Samuel Simango, 2023*

A alavanca ajustada garante a perfeita folga entre a lona de freio e o tambor de freio, porém com o uso, a folga tende a aumentar, o que reduz a eficiência do sistema de freio. Se a folga não for corrigida, com folga exagerada podem não se produzir o atrito de frenagem, pelo que existe uma extrema necessidade de controlo e ajuste dessa folga. Actualmente existem alavancas ajustadoras de folga que corrigem essa folga automaticamente com o uso do veículo por meio de um sistema de catraca.



*Figura 3: Sistema de freio do autocarro antes da desmontagem*

*Fonte: Imagem obtida pelo autor*



Figura 4: Sistema de freio do autocarro com tambor de freio desmontado

Fonte: Imagem obtida pelo autor

Viveiros (2010), afirma que a maior vantagem do freio a tambor sobre o freio a disco é o seu elevado factor de freio, embora a maior desvantagem seja o fato de que pequenas variações no coeficiente de atrito entre lona e tambor podem causar picos de torque no freio e travamento prematuro das rodas.

#### 2.1.1.2. Dinâmica do sistema de freio radial com “Came-S”

A análise dinâmica do sistema de freio radial com “Came-S”, será feita segundo a abordagem do manual de LIMPET (2011). A seguir apresentadas e deduzidas as expressões matemáticas de alguns parâmetros importantes da análise dinâmica deste sistema de freio:

##### 2.1.1.2.1. Factor de frenagem

*Brake Factor* (Factor de frenagem), um coeficiente que varia em função do atrito entre tambor e lonas e da geometria do freio e calculado conforme equação (2.1):

$$BF = \frac{4 * BF_1 * BF_2}{BF_1 + BF_2} \quad (2.1)$$

Onde:

$BF$  – *Brake Factor*;

$BF_1$  – *Brake Factor* na sapata primária;

$BF_2$  – *Brake Factor* na sapata secundária.

A figura 6 mostra o esquema com os ângulos utilizados para os cálculos dos factores de frenagem.

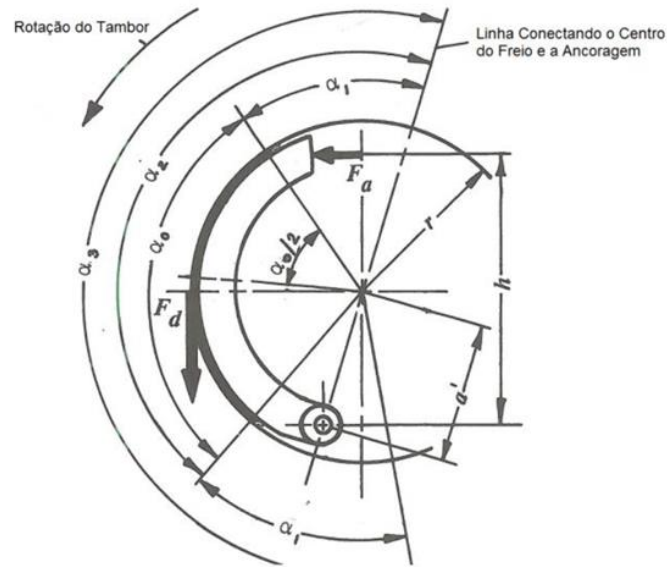


Figura 5: Esquema de cálculo de freio radial com "Came- S"

Fonte: Adaptado de (LIMPERT, 2011)

$$BF_1 = \frac{F_{d1}}{F_{a1}} \quad (2.2)$$

$$BF_1 = \frac{\mu_L * h/r}{\left(\frac{a'}{r}\right) \left[ \frac{\alpha'_0 - \sin(\alpha_0) * \cos(\alpha_0)}{4 \sin\left(\frac{\alpha_0}{2}\right) * \cos\left(\frac{\alpha_3}{2}\right)} - \mu_L \left( 1 + \left(\frac{a'}{r}\right) * \cos\left[\left(\frac{\alpha_0}{2}\right)\left(\frac{\alpha_3}{2}\right)\right] \right) \right]} \quad (2.3)$$

Onde:

$F_{d1}$  –força de atrito entre a lona e tambor de freio na sapata primária, em [N];

$F_a$  –força aplicada sobre o patim de freio pelo “came s”, em [N];

$\mu_L$  –coeficiente de atrito entre a lona de freio e o patim de freio;

$\alpha_0$  –ângulo de contacto entre a lona e o tambor de freio, em [°];

$r$  –raio do externo da lona de freio, em [mm];

$h$  –braço da força  $F_a$ , em[mm];

$a'$  –distancia entre o centro do pino da articulação e o centro da sapata, em [mm];

O factor de frenagem da sapata secundária é calculado usando sinal positivo na equação (2.4):

$$BF_2 = \frac{\mu_L * h/r}{\left(\frac{a'}{r}\right) \left[ \frac{\alpha'_0 - \sin(\alpha_0) * \cos(\alpha_0)}{4 \sin\left(\frac{\alpha_0}{2}\right) * \cos\left(\frac{\alpha_3}{2}\right)} + \mu_L \left(1 + \left(\frac{a'}{r}\right) * \cos\left[\left(\frac{\alpha_0}{2}\right)\left(\frac{\alpha_3}{2}\right)\right]\right) \right]} \quad (2.4)$$

Para efeitos de cálculos o *Brake Factor* típico de freios “came S” é de aproximadamente  $BF = 1,6$ , considerando um coeficiente de atrito entre lona e tambor de aproximadamente  $\mu_L = 0,35.2$

#### 2.1.1.2.2. Torque de frenagem

O torque de frenagem pode ser determinado pela equação (2.5):

$$T = (P_1 - P_0)A_c * BF * \eta_m * \rho * f_a * f_F * r_t \quad (2.5)$$

Onde:

$(P_1 - P_0)$  – pressão na entrada da câmara, em [bar];

$BF$  – *Brake Factor*;

$f_a$  – factor de redução devido ao ajuste do freio;

$f_a = 0$  → para frenagem completamente ineficiente devido ao excesso do curso da câmara.

$f_a = 1$  → para um freio bem ajustado;

$f_F$  – factor de redução devido ao efeito *fade*;

$r_t$  – raio interno do tambor de freio, em [mm];

$\eta_m$  – rendimento mecânico;

$\rho$  – Ganho mecânico na aplicação do freio. Para freios “came-S”, é dado pela equação (2.6):

$$\rho = \frac{l_s}{2 * l_c} \quad (2.6)$$

Onde:

$l_c$  – raio efectivo do came;

$l_s$  – comprimento efectivo do braço de alavanca do ajustador.

O efeito de *fade* ocorre devido a fadiga térmica, que diminui o coeficiente de atrito da lona em função do aumento da temperatura. a determinação desse coeficiente é complexa por isso é comum considerar  $f_F = 1$ .

### 2.1.1.2.3. Força de frenagem

A força de frenagem na periferia de cada pneu é calculada pela relação do torque de frenagem e o raio dinâmico de cada pneu e pode ser escrito pela equação (2.7):

$$F_x = \frac{T}{R} = \frac{(P_1 - P_0)A_C * BF * \eta_m * \rho * f_a * f_F * r_t}{R} \quad (2.7)$$

Onde:

$T$  – Torque de frenagem em cada roda, em  $[kN \cdot m]$ ;

$R$  – Raio dinâmico do pneu, em  $[mm]$ . Este raio tem em conta a deformação elástica do pneu sobre a superfície rolante.

### 2.1.1.2.4. Desaceleração do veículo

Com base no torque total de frenagem e peso total do veículo aplicando a segunda lei de Newton, tem-se a desaceleração do veículo, equação (2.9).

$$F = m * a \quad (2.8)$$

$$F_x = \frac{T}{R} \quad (2.7)$$

$$a = \frac{T_{tot}}{R * W} \quad (2.9)$$

Onde:

$T_{tot}$  – torque total de frenagem, em  $[kN \cdot m]$ ;

$R$  – raio dinâmico do pneu, em  $[mm]$ ;

$W$  – massa total do veículo,  $[kg]$ ;

### 2.1.1.2.5. Distância de frenagem

No cálculo da distância de parada, há vários tempos que influenciam, nomeadamente: tempo de percepção do motorista ( $t_r$ ); tempo de reacção do motorista ( $t_a$ ); tempo de

aplicação de força no pedal ( $t_b$ ) e por fim, tempo que o veículo leva para desacelerar depois que o freio é aplicado ( $t_c$ ). Deste modo a distância de frenagem é calculada pela equação (2.10) e o gráfico (1) indica com detalhes esses tempos.

$$S = V_1 \left( \frac{t_r + t_a + t_b}{2} \right) + \frac{V_1^2}{2 * a} - \frac{a * t_b^2}{24} \quad (2.10)$$

Onde:

( $t_r$ ); ( $t_a$ ); ( $t_b$ ) – são os tempos em [s];

$V_1$  – velocidade de cruzeiro, em [m/s];

$a$  – a desaceleração, em [m/s<sup>2</sup>];

## 2.2. Características e materiais das lonas de freio

As lonas de freio são revestimentos compostos por materiais de alta resistência térmica e ao atrito, geralmente sem amianto em sua formulação moderna. São fixadas nos patins por rebites ou sistemas adesivos industriais, dependendo da aplicação. Segundo Ribeiro et al. (2020), as principais exigências para o material das lonas incluem, resistência ao desgaste por abrasão, estabilidade térmica até temperaturas superiores a 300 °C, coeficiente de atrito constante em diferentes condições de uso e baixa geração de ruído.

O desgaste progressivo das lonas é inevitável, exigindo inspeções e trocas periódicas conforme quilometragem ou condição de uso. A troca deve ser feita com precisão para evitar desalinhamento dos componentes ou falhas mecânicas subsequentes (STOESSEL; GARCIA, 2018).

## 2.3. Procedimentos de manutenção e desafios na remoção manual

A manutenção dos freios, especialmente a substituição das lonas, deve seguir procedimentos técnicos padronizados. No entanto, em muitas oficinas de transporte coletivo, ainda são utilizados métodos manuais e rudimentares. A retirada da lona geralmente é feita com martelos, talhadeiras e alavancas metálicas, o que compromete a integridade física do técnico e das peças.

De acordo com Dias e Mendes (2019), o uso de força bruta em tarefas de desmontagem está entre as principais causas de lesões em oficinas. Além disso, a remoção forçada pode

causar, a deformações no patim, danos aos rebites ou aos furos de fixação, rachaduras por impacto, perda de tempo e produtividade, e dificuldade na padronização do serviço.

A falta de dispositivos específicos obriga os técnicos a improvisarem soluções, o que leva a uma baixa repetibilidade nos processos e falhas na qualidade final da manutenção (RIBEIRO et al., 2020).

#### **2.4.Princípios de engenharia na concepção de dispositivos de desmontagem**

A projeção de uma máquina para retirar a lona exige a aplicação de fundamentos clássicos da engenharia mecânica. Entre os princípios fundamentais aplicáveis estão:

- Transmissão de força: uso de alavancas, roscas trapezoidais, engrenagens ou acionamentos hidráulicos para amplificar a força humana ou de um motor (SHIGLEY et al., 2017);
- Segurança operacional: o operador deve estar protegido contrapartes móveis, forças excessivas e instabilidades estruturais;
- Precisão de movimento: uso de guias lineares, mecanismos de centralização e controle do curso de extração;
- Ergonomia: a altura de trabalho, postura e esforço físico devem ser otimizados, minimizando fadiga e riscos ocupacionais (DIAS; MENDES, 2019);
- Facilidade de uso e manutenção: a máquina deve ser simples de operar, de fácil fabricação e com custo viável para a realidade da empresa.

Hillier e Coombs (2012) reforçam que, para qualquer ferramenta automotiva, a repetibilidade, o controle da força e a confiabilidade são fatores indispensáveis para garantir a durabilidade das peças e a segurança do operador.

#### **2.5.Tipos de dispositivos similares existentes para a remoção de lonas de freio**

Existem equipamentos no mercado voltados para a desmontagem de componentes automotivos, como extratores hidráulicos de rolamentos, separadores de discos de freio e desmontadores de embreagens. Esses dispositivos seguem princípios semelhantes ao proposto neste trabalho, embora não exista um modelo padrão para remoção de lonas em patins de freio de autocarros, o que justifica a necessidade de desenvolvimento de uma solução customizada.

Empresas como a Bosch, Raven e Kuken desenvolvem ferramentas automotivas especializadas, mas a maioria é voltada ao setor leve ou a veículos de passeio. Em Moçambique, a realidade das oficinas obriga a adaptação de processos e o uso de soluções criadas internamente muitas vezes sem apoio técnico formal (RIBEIRO et al., 2020).

## **2.6. Riscos do método de remoção manual**

A realidade atual das oficinas da EMTPM, a remoção das lonas de freio dos patins é feita manualmente, utilizando martelos, talhadeiras e alavancas metálicas. Embora esse método seja de baixo custo inicial, ele apresenta uma série de problemas técnicos, operacionais e humanos que comprometem a segurança, a qualidade do serviço e a produtividade.

### **2.6.1. Riscos de acidentes e lesões ocupacionais**

Segundo Dias e Mendes (2019), as atividades que exigem força repetitiva e manuseio de ferramentas de impacto, como martelos, estão entre as principais causas de lesões musculoesqueléticas em ambientes industriais. Os riscos incluem, cortes e esmagamentos nos dedos e mãos, lesões por esforço repetitivo devido ao uso contínuo de força física, riscos auditivos, em razão do ruído gerado pelos impactos metálicos constantes, exposição a partículas e poeiras, especialmente quando o freio contém resíduos de material abrasivo. Além disso, o uso prolongado de força em posições desconfortáveis pode levar a fadiga muscular, dores lombares e afastamentos médicos, aumentando os custos com saúde ocupacional e prejudicando o ritmo de trabalho (RIBEIRO et al., 2020).



*Figura 6: Riscos de acidentes e lesões ocupacionais*

*Fonte: imagem capturada pelo autor*

### 2.6.2. Danos aos componentes mecânicos

A aplicação de impactos diretos e descontrolados sobre os patins pode gerar deformações mecânicas, trincas ou desgaste nas áreas de fixação. Isso compromete a geometria da peça, o alinhamento das novas lonas, a durabilidade do conjunto de freio após a substituição.

Segundo Hart (2011), as superfícies de apoio da lona devem manter tolerâncias dimensionais rigorosas. Qualquer dano pode gerar vibrações, ruído, frenagem irregular ou até falha total do sistema. Abaixo temos um dos casos onde, o patim de freio foi deformado, devido a vários impactos, durante a desmontagem manual.



*Figura 7: Danos aos componentes mecânicos*

*Fonte: imagem capturada pelo autor*

### 2.6.3. Baixa padronização e controle de qualidade

O processo manual é fortemente dependente da habilidade individual do operador, o que dificulta a padronização da qualidade do serviço. Em muitos casos, a lona é retirada de forma irregular, o patim sofre marcas de impacto não controlado e o tempo de serviço varia de operador para operador.

Conforme Hillier e Coombs (2012), oficinas que não seguem processos repetitivos e padronizados apresentam maior índice de retrabalho, falhas em testes de rodagem e desgaste precoce dos componentes.

#### **2.6.4. Ineficiência produtiva**

A remoção manual é um processo moroso e ineficiente. Estima-se que o tempo médio gasto para retirar uma lona manualmente pode ser 3 a 4 vezes maior do que o necessário com uma máquina especializada. Isso causou aumento do tempo de imobilização dos autocarros, redução da disponibilidade da frota e o atraso na manutenção preventiva programada.

Além disso, o alto tempo de execução reduz a capacidade produtiva da oficina e aumenta os custos operacionais com mão-de-obra e horas extras (RIBEIRO et al., 2020).

#### **2.6.5. Alto esforço físico e desgaste humano**

A atividade exige o levantamento e o manuseio de componentes pesados em posturas ergonomicamente desfavoráveis, exigindo força nos braços, pulsos, costas e pernas. Isso contribui para a desmotivação da equipa técnica, a fadiga física e mental e a rotatividade de pessoal por desgaste ou lesões.

O uso de máquinas e ferramentas com acionamento mecânico ou hidráulico pode eliminar até 80% do esforço físico nessas operações, melhorando as condições de trabalho (DIAS; MENDES, 2019).

#### **2.6.6. Falta de inovação e modernização técnica**

A ausência de equipamentos especializados nas oficinas de manutenção pode ser interpretada como uma limitação tecnológica da empresa. A permanência de métodos arcaicos, dificulta o treinamento de novos operadores, afasta investimentos em modernização da infraestrutura e impede a coleta de dados padronizados para indicadores de manutenção (MTBF, MTTR, etc.).

Segundo Stoessel e Garcia (2018), a adoção de soluções mecânicas ou automáticas melhora a confiabilidade dos processos e contribui para a evolução técnica das equipas.

Na tabela a seguir, temos o resumo dos principais impactos negativos do método manual:

*Tabela 1: Resumo dos principais impactos negativos do método manual*

<b>Problema observado</b>	<b>Impacto direto</b>	<b>Categoria afetada</b>
Esforço físico excessivo	Lesões e fadiga	Segurança e saúde
Golpes imprecisos	Danos ao patim	Qualidade técnica
Tempo elevado	Atrasos e perdas	Produtividade
Falta de padronização	Serviços irregulares	Controle de qualidade
Ambiente ruidoso e agressivo	Riscos ocupacionais	Condições de trabalho
Ausência de inovação	Baixa eficiência operacional	Gestão de manutenção

## **2.7. Tipos de Ferramentas e Máquinas Similares para a remoção de lonas de freio**

Na manutenção de sistemas de freios, especialmente nos freios a tambor de veículos pesados, a remoção das lonas desgastadas é um processo crítico que impacta diretamente a segurança, a produtividade e a durabilidade do sistema. O desafio reside em conciliar a eficácia da remoção com a minimização de danos às peças e riscos aos operadores. A seguir, apresento uma análise crítica dos métodos e equipamentos existentes, com foco na aplicabilidade para a realidade da EMTPM.

### **2.7.1. Ferramentas Manuais Especializadas**

As ferramentas manuais especializadas representam a evolução direta dos métodos convencionais, buscando mitigar os riscos do uso de martelos e talhadeiras comuns. Exemplos incluem extratores mecânicos ajustáveis, que utilizam sistemas de alavancas e garras para liberar a lona de forma controlada, reduzindo impactos (Hillier&Coombs, 2012). Também são usados martelos de borracha ou nylon para aplicação de força sem danificar superfícies metálicas, além de espátulas e ferramentas de impacto controlado, desenhadas ergonomicamente para maximizar o conforto do operador e minimizar esforço (Dias & Mendes, 2019). No entanto, essas ferramentas ainda dependem do esforço físico significativo, o que pode gerar fadiga e variação na qualidade da remoção. O processo é relativamente lento para volumes elevados de manutenção, mantendo um risco residual de danos às peças e ao operador devido ao manuseio incorreto.

### **2.7.2. Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos: Automação Parcial com Eficiência**

O emprego de sistemas hidráulicos e pneumáticos tem se tornado comum para operações repetitivas e que exigem força elevada, destacando-se as prensas hidráulicas específicas para compressão e liberação do conjunto de freio, extratores pneumáticos de lonas que utilizam pressão de ar para desacoplar componentes sem impacto mecânico direto, e ferramentas motorizadas portáteis para desmontagem rápida de parafusos e fixadores (Dias & Mendes, 2019). Esses sistemas proporcionam redução significativa do esforço físico e dos riscos ocupacionais, aumento da velocidade operacional e padronização da remoção, além de maior segurança para o operador. Contudo, o alto custo de aquisição e manutenção, a necessidade de infraestrutura como compressores e fontes hidráulicas, e a complexidade operacional com treinamento especializado são desafios relevantes.

### **2.7.3. Soluções Robóticas e Sistemas Automáticos Integrados: Tecnologia de Ponta**

Na indústria automotiva de ponta, linhas de montagem automatizadas incorporam robôs industriais com alta precisão para desmontagem e montagem de componentes de freios, além de sistemas modulares inteligentes para diagnóstico, remoção e substituição, integrados com sensores para monitoramento em tempo real (Hart, 2011). Essas soluções apresentam máxima eficiência, qualidade e segurança operacional. Entretanto, o elevado custo de implementação, a necessidade de infraestrutura altamente especializada e a complexidade operacional tornam essas tecnologias inviáveis para o contexto atual da EMTPM.

### **2.7.4. Equipamentos Personalizados para Oficinas: A Solução Ideal**

Diversos centros de pesquisa e oficinas têm desenvolvido máquinas compactas e adaptadas para remoção de lonas, que combinam mecanismos motorizados de alavanca e roldanas para extração sem impacto, guias e suportes reguláveis para diferentes modelos de freios e sistemas de segurança integrados que protegem o operador durante a operação. Essas soluções destacam-se pela adaptabilidade a diferentes tipos de freios usados nos autocarros, custo acessível e viabilidade técnica para implementação local. Além disso, promovem redução do esforço físico, aumento da produtividade e segurança.

O projeto da máquina para a EMTPM deve priorizar simplicidade e robustez no design para facilitar operação e manutenção, segurança do operador eliminando impactos manuais

e esforço repetitivo, custo-benefício adequado para o orçamento e infraestrutura local, além de flexibilidade para diferentes modelos e tamanhos de freios usados nos autocarros.

A seguir temos, a tabela que demonstra a comparação dos diferentes tipos de equipamentos, juntamente com as suas vantagens, limitações e viabilidade para a empresa EMTPM.

*Tabela 2: comparação dos diferentes tipos de equipamentos*

<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Limitações</b>	<b>Aplicabilidade na EMTPM</b>
Ferramentas manuais especializadas	Baixo custo, facilidade de uso	Esforço físico, tempo elevado	Parcialmente viável
Máquinas hidráulicas/pneumáticas	Maior rapidez e segurança	Custo alto, necessidade de infraestrutura	Limitada pela infraestrutura
Sistemas automáticos integrados	Alta eficiência e precisão	Muito caro, alta complexidade	Inviável no contexto atual
Equipamentos específicos sob medida	Adaptabilidade, ergonomia	Necessidade de projeto e investimento inicial	Ideal para o projeto proposto

## **2.8. Conceitos de Projeto Mecânico Aplicáveis à Máquina para Remoção de Lona no Patim de Freio da EMTPM**

O desenvolvimento de uma máquina destinada à remoção eficiente e segura das lonas de freio dos autocarros da EMTPM demanda uma abordagem rigorosa nos fundamentos do projeto mecânico. Nesse contexto, três pilares se destacam: a transmissão de força, os sistemas de fixação e a segurança operacional. A compreensão e a aplicação criteriosa desses conceitos garantem a eficácia, a confiabilidade e a segurança do equipamento, além de otimizar a ergonomia e a produtividade do operador.

### **2.8.1. Transmissão de Força: Eficiência e Controle na Conversão de Energia**

A transmissão de força representa o mecanismo pelo qual a energia gerada pela fonte motriz que pode ser elétrica, hidráulica ou manual é convertida em movimento e força específicos para remover a lona do patim de freio. A seleção do sistema ideal de

transmissão deve levar em conta a magnitude do torque requerido, a velocidade de operação, a precisão do movimento e as condições de espaço e manutenção.

Sistemas baseados em engrenagens helicoidais ou cônicas são frequentemente preferidos por sua capacidade de transmitir torque elevado com baixa perda de energia e operação silenciosa (Shigley, 2011). Alternativamente, o emprego de transmissões por correias trapezoidais ou polias pode facilitar o ajuste de velocidade e torque, proporcionando flexibilidade operacional e facilidade de manutenção (Norton, 2013).

A escolha entre acionamentos elétricos, hidráulicos ou manuais impacta diretamente a complexidade e o desempenho do sistema. Motores elétricos DC ou AC com controle de velocidade por inversores permitem precisão e automação, enquanto sistemas hidráulicos oferecem força elevada em espaços compactos, essenciais para oficinas com restrições físicas. O projeto deve ainda considerar amortecimento de vibrações e proteção contra sobrecargas para assegurar durabilidade e segurança operacional.

### **2.8.2. Sistemas de Fixação, Estabilidade e Adaptabilidade para Diferentes Modelos**

A estabilidade do conjunto a ser trabalhado é fundamental para evitar movimentos indesejados que possam comprometer a remoção da lona e a integridade das peças. Sistemas de fixação devem garantir rigidez e permitir ajustes para acomodar diferentes modelos e dimensões de patins de freio, comuns na frota da EMTPM.

A aplicação de grampos de alta resistência, suportes reguláveis e dispositivos de bloqueio mecânico são soluções comprovadas para manter a peça firmemente posicionada (Juvinall&Marshak, 2012). A escolha dos materiais para esses componentes deve priorizar resistência à fadiga, corrosão e abrasão, garantindo longa vida útil mesmo em ambiente de oficina sujeito a umidade e contaminantes.

O projeto inteligente de sistemas de fixação deve ainda considerar a facilidade de uso, permitindo rápida instalação e remoção, minimizando o tempo de parada do veículo para manutenção e garantindo segurança para o operador durante todo o processo (Budynas&Nisbett, 2015).

### **2.8.3. Segurança Operacional, Integridade do Operador e Conformidade Normativa**

A segurança do operador deve ser o princípio norteador no desenvolvimento da máquina, especialmente considerando os riscos inerentes à substituição do método manual, que utiliza martelos e talhadeiras, expondo o trabalhador a impactos, projeção de partículas e esforço físico elevado.

O projeto deve incorporar proteções físicas que impeçam o contato acidental com partes móveis, sistemas de parada de emergência acessíveis e sensores que detectem condições anormais de operação (Groover, 2010). Além disso, a ergonomia deve ser valorizada para evitar posturas prejudiciais e esforços repetitivos, o que contribui para a redução de lesões ocupacionais (Dias & Mendes, 2019).

O atendimento às normas técnicas e regulamentos de segurança do trabalho, nacionais e internacionais, é obrigatório para garantir a aceitação do equipamento no ambiente corporativo e para assegurar que o investimento traga retorno em produtividade e bem-estar.

### **Capítulo III: Contextualização da pesquisa**

#### **3. Contextualização da investigação**

##### **3.1. Apresentação da empresa**

###### **3.1.1. Breve historial da empresa**

A empresa EMTPM, é uma empresa de transportes rodoviários que foi fundada em 1936 pelo industrial privado Paulino dos Santos Gil, inicialmente com uma frota de 16 autocarros em substituição dos carros eléctricos do então Lourenço Marques na década 50, passou para a tutela de então Câmara Municipal com designação de (S.M.V), com uma área de exploração a zona urbanizada da então cidade de Lourenço Marquês.

Depois da independência, através do decreto 20/77 de 28 de abril, passou para a tutela do Ministério de Transporte e Comunicações com a designação (TPU). Em 1979, a Companhia de Transportes de Moçambique é integrada na TPU e alargando-se a exploração cobrindo as cidades de Maputo, Matola e arredores.

Em 1988, a TPU é juridicamente constituída através do Diploma Ministerial 140/88 e toma o nome de Transportes Público de Maputo (TPM-EE). Em 1996 passa à Empresa Pública (TPM-EP) através do Decreto n.º 7/96, de 20 de março, dirigida por um Conselho de Administração, apoiada por quatro direcções executivas. Em 2006 procedeu-se a reestruturação da Empresa, nomeando-se um novo Conselho de Administração, tendo sido alterada a estrutura Organizacional da Empresa.

Por força da resolução da Assembleia Municipal de Maputo, de 17 de março de 2011, publicado no Boletim da República, terceira série, número 19 que, autoriza a criação da Empresa Municipal de Transportes Rodoviário de Maputo e aprova os respectivos

estatutos. Assim, foi constituída a Empresa Municipal de Transportes Rodoviários de Maputo (EMTPM), por escritura pública de 10 de fevereiro de 2012.

### **3.1.2. Estrutura orgânica da empresa**

A EMTPM possui hoje uma nova estrutura orgânica e funcional que privilegia, mobilidade e multidisciplinaridade das suas funções bem como o melhoramento na qualidade da gestão da Empresa:

- Operações de Tráfego;
- Manutenção;
- Recursos Humanos; e
- Finanças.

Desde a sua implementação em 2015, para além da Secretaria-geral, foram adicionados os sectores de:

- Planificação, Estatística e Sistemas de Informação;
- Assessoria;
- Auditoria Interna; e
- Comunicação e Imagem Corporativa.

Abaixo, temos o ornoograma da empresa EMTPM:

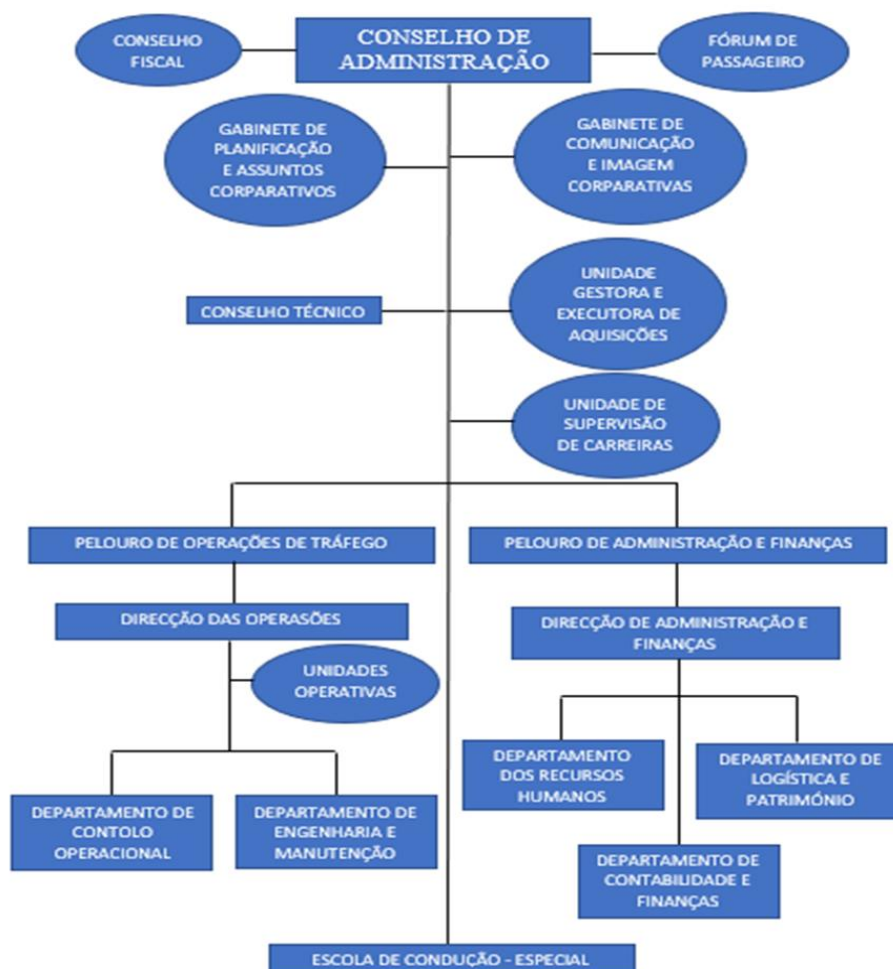


Figura 8: Organograma da EMTPM

Fonte: [www.TPM.co.mz/](http://www.TPM.co.mz/)

### 3.1.3. Departamento de engenharia de manutenção

O departamento de Engenharia de Manutenção da EMTPM é responsável pela manutenção da frota nominal dos autocarros da empresa. Ele coordena as suas actividades juntamente com o Conselho Técnico da manutenção e suas actividades são directamente ligadas ao Conselho de Administração Geral da Empresa.

Os serviços de manutenção da EMTPM são divididos por dois sectores, o de oficinas gerais e o de Piquete, estes subdivididos em (secções) que dependem directamente da Direcção da Manutenção. O sector de oficinas gerais está dividido nas seguintes secções:



*Figura 9: departamento de engenharia da manutenção*

Fonte: Imagem capturada pelo autor

#### **3.1.4. Secção de reparação mecânica**

Esta Secção é responsável pela parte mecânica dos veículos da empresa e é composta por uma equipe de mecânicos, distribuídos por quatro (4) brigadas, a saber:

- Brigada de motores;
- Brigada de reparações gerais;
- Brigada de revisores;
- Brigada de Laboratório Diesel (para o sistema de alimentação)



*Figura 10: Brigada de motores.*



*Figura 11: Brigada de reparações gerais.*

Fonte:imagenscaptu

### **3.1.5. Secção de electricidade auto**

Esta Secção é responsável pela parte eléctrica dos veículos da empresa e é composta por uma equipe de electricistas, distribuídos, e todos fazem parte da brigada de electricidade.



*Figura 12: Secção de electricidade*

Fonte: imagem capturada pelo autor

### **3.1.6. Secção de carroçaria**

Esta Secção é responsável pela parte estrutural dos veículos da empresa. Todos os veículos acidentados são encaminhados para esta secção. Esta secção é composta pelos técnicos de diferentes áreas, distribuídos por cinco (5) brigadas, a saber:

- Brigada de Serralharia;
- Brigada de Pintura;
- Brigada de bate-chapa;
- Brigada de montadores;
- Brigada de tornos.

### 3.2. Actividades realizadas durante o período de estágio na EMTPM

O estágio teve a duração de três (3) meses e foi realizado na secção mecânica no sector Oficinas Gerais do Departamento de manutenção das EMPTM. Durante o estágio eram realizadas actividades de manutenção programada, assim como manutenção correctiva nos autocarros.

*Tabela 3: Actividades realizadas durante o período de estágio:*

Actividade	Descrição da actividade
Montagem de balatas	- Descravar maxilas; - Cravagem balatas; - Afiinação do sistema de freio
Sistema de transmissão	Troca cruzetas; Troca apoios do motor; Troca apoios do veio de transmissão
Sistema de embraiagem	- Montagem do kit de embraiagem; - Afiinação do sistema de embraiagem; - Reparação das bombas primária e secundária do sistema de embraiagem.
Sistema de suspensão	- Desmontagem e montagem dos feixes de mola; - Desmontagem e montagem dos amortecedores.
Sistema de ar	- Troca de válvulas; - Secagem e retorno do ar.
Sistema de arrefecimento	- Desmontagem de radiadores; - Limpeza de radiadores; - Montagem de radiadores.
Revisões	- Troca de óleo e filtro de óleo do motor; - Troca de filtros de gasóleo; - Troca de filtro de ar.

Fonte: O autor

### 3.3. Processo de Retirada da lona no patim de freio na EMTPM

O processo de retirar a lona dos patins começa com a desmontagem dos tambores de freio, mas para tal desafia-se as balatas ou cepos seguidos da desmontagem roda e suspensão do autocarro sobre cavaletes, depois destas operações segue-se a desmontagem dos patins, estando os patins de freio soltos retira se a lona que fica acoplado no patim por meio de rebites.

O processo da retira da lona é feita mediante uma martelagem sucessiva sobre o patim de freio. A retirada por meio da aplicação de golpes à partir do uso do martelo, torna esse processo bastante moroso. Uma vez que também é imprevisível tempo de retirada da lona, visto que os golpes são dados até que o não se veja a cobertura da lona gasta sobre o patim.



*Figura 13: Retirada da lona no patim de freio*

Fonte: imagens capturadas pelo autor

### **3.4. Inconvenientes da retirada da lona no patim de freio por meio de golpes**

Em Maputo existem um grande número de munícipes que dependem exclusivamente do transporte público para chegarem aos seus postos de trabalho, escolas, hospitais e em outros locais, em que a disponibilidade desses autocarros é de extrema necessidade, visto que a capital já vem apresentado uma crise de transporte. A seguir estão apresentados alguns inconvenientes da retirada da lona no patim de freio por martelagem do patim:

- Tempo de desmontagem: O método de desmontagem do tambor de freio ate a fase da retirada da lona no patim de freio actualmente em uso na EMTPM faz com que o tempo de desmontagem, retirada da lona nos dois patins de freio seja mais lento, o que de certa forma acarreta os custos da manutenção a ser desenvolvida.
- Desgaste físico dos trabalhadores: O uso da força humana para golpear o patim de freio com um martelo, faz com que os trabalhadores fiquem facilmente desgastados, para além de exigir um número considerável de trabalhadores para esta operação. O desgaste físico gerado aos trabalhadores durante esta operação de desmontagem, condiciona que estes possam executar outras actividades no autocarro.
- Risco de acidentes e lesões: o facto de se usar um martelo consideravelmente pesado para golpear os patins de freio, o trabalhador fica sujeito a um elevado o risco de contrair lesões, bem como acidentes por escorregamento (por se tratar de uma oficina mecânica pode existir rezidos de graxas e óleos no chão, o que torna os trabalhadores susceptíveis ao desequilíbrio) ou projecção pela inércia.

## Capítulo IV: Metodologia da resolução do problema

### 3.5. Levantamento das necessidades da oficina

O levantamento das necessidades da oficina da EMTPM foi conduzido com o objetivo de identificar as principais dificuldades enfrentadas no processo atual de remoção das lonas nos patins de freio, bem como as condições ambientais, operacionais e técnicas que influenciam o desenvolvimento da máquina projetada.

Através de visitas técnicas, observação direta e entrevistas com os operadores e técnicos responsáveis pela manutenção dos autocarros, foi possível mapear os seguintes pontos críticos:

Tabela 4: Necessidades da oficina

Pontos críticos	Implicações
Método manual de remoção	A operação de retirada das lonas é feita manualmente com o uso de martelos e ferramentas rudimentares, o que demanda esforço físico elevado, tempo excessivo e apresenta riscos de acidentes e lesões ocupacionais
Variabilidade dos patins de freio	A frota da EMTPM possui diferentes modelos de autocarros, com variações nos tamanhos e tipos dos patins de freio, exigindo que a máquina seja versátil e ajustável para atender a essas diferenças
Condições do ambiente de trabalho	A oficina apresenta limitações de espaço e infraestrutura, incluindo a necessidade de manuseio seguro em áreas confinadas e a exposição a poeira e resíduos metálicos.
Necessidade de redução do tempo de manutenção	A demanda por rapidez no atendimento dos veículos é alta, o que torna essencial que a máquina permita uma operação ágil, reduzindo o tempo de parada dos autocarros.
Segurança do operador	Foram identificados riscos associados ao método manual, como impactos acidentais, projeção de partículas e esforços repetitivos, que justificam a automação do processo com foco na proteção dos trabalhadores.
Facilidade de manutenção e operação	A máquina deve ser de fácil operação para os técnicos da oficina, com comandos intuitivos e manutenção simplificada, assegurando alta disponibilidade e baixo custo operacional.

Esse levantamento embasou a definição dos requisitos técnicos, garantindo que o projeto da máquina seja alinhado às reais necessidades da EMTPM e contribua para a melhoria da qualidade e eficiência dos serviços de manutenção.

### **3.6. Medições e Características Técnicas dos Patins de Freio da Frota EMTPM**

Para o desenvolvimento eficaz da máquina projetada para a remoção das lonas nos patins de freio, foi realizado um levantamento técnico detalhado das dimensões, materiais e sistemas de fixação dos patins presentes nos autocarros da EMTPM. Essa análise possibilitou a adequação do equipamento a diferentes modelos e padrões utilizados.

#### **3.6.1. Dimensões dos Patins de Freio**

Os patins de freio analisados apresentam variações dimensionais conforme o modelo e ano dos autocarros, porém, foram identificados parâmetros médios para padronização do projeto consoante aos que existem na EMTPM, e vem no desenho de patins de freio em anexo:

Essas dimensões são essenciais para dimensionar os sistemas de fixação e as ferramentas de remoção na máquina projetada, garantindo versatilidade e eficiência.

#### **3.6.2. Materiais dos Patins de Freio**

Os patins são geralmente fabricados em aço carbono ou ferro fundido, selecionados por sua resistência mecânica e capacidade de suportar altas temperaturas e esforços durante a frenagem. A superfície de contato com a lona pode apresentar tratamentos superficiais para aumentar a durabilidade, como revestimentos por cromagem ou nitretação. A escolha do material para o projeto da máquina deve levar em conta a compatibilidade com esses patins, prevenindo danos durante a remoção da lona e assegurando resistência do equipamento.

#### **3.6.3. Sistema de Fixação das Lonas nos Patins**

A lona é fixada aos patins de freio por meio de pregos, rebites ou grampos metálicos específicos, que garantem a aderência necessária para o funcionamento do sistema de frenagem. Essa fixação pode variar em tipo e posicionamento conforme o fabricante do patim e modelo do autocarro. Para facilitar a remoção, a máquina deve ser capaz de atuar

sobre esses pontos de fixação, aplicando força adequada para desencaixar ou retirar os fixadores sem causar danos às peças. Além disso, deve haver adaptabilidade para diferentes configurações de fixação.

Compreender as dimensões e características dos patins permite o desenvolvimento de dispositivos de fixação da máquina que acomodem diferentes formatos, bem como mecanismos de atuação que garantam a remoção eficiente e segura das lonas. Esses dados também influenciam a escolha dos motores, sistemas de transmissão e dispositivos de controle do equipamento. No nosso caso dos autocarros da EMTPM, foram usados rebites para a fixação da lona de freios.



*Figura 14: Sistema de Fixação das Lonas nos Patins*

## **Capítulo V: Apresentação, análise e discussão de resultados**

### **4. Definição dos requisitos da máquina**

#### **4.1. Escolha do material**

Foi escolhido dois tipos de materiais de aço para a construção deste equipamento. Aço AISI 1045 para a parte que do órgão executivo e aço AISI 1020 para o corpo do equipamento. A especificação do material de cada componente foi especificada na legenda do desenho de fabrico de cada componente.

A escolha do aço AISI 1045 para o acionamento do mecanismo, deve se ao facto do aço possuir boa resistência ao impacto, tanto em condições normalizadas quanto laminadas a quente, o que o torna adequado para aplicações que exigem a choques e impactos. E também apresenta boa tenacidade dutibilidade e resistência a fadiga, dependendo do tratamento térmico aplicado. Possui boa usinabilidade e soldabilidade, o que o torna versátil para vários tipos de aplicações. E pode ser usado na fabricação de resistência engrenagens, pinos, bielas e componentes que exigem alta resistência mecânica.

E como podemos notar, o nosso mecanismo, sofrera vários impactos o que torna útil a utilização deste material.

No caso do aço AISI 1020, apenas será usado para o corpo do equipamento, onde não sofrerão vários impactos, apenas as vibrações durante o funcionamento do mecanismo.

Tabela 5: Composição química do aço AISI 1035 e AISI 1045

Elemento	Quantidade (%)	
	AISI 1020	AISI 1045
Ferro (Fe)	98,69-99,09	≈ 98
Manganês (Mn)	0,60-0,90	0,60-0,90
Carbono (C)	0,310-0,380	0,43-0,50
Enxofre (S)	≤ 0,050	0,05 max
Fósforo (P)	≤ 0,040	0,04 max

Tabela 6: Propriedades físicas do AISI 1035 e AISI 1045

Propriedade	Valor métrico	
	AISI 1020	AISI 1045
Densidade, $\gamma$	7.85 g/cm <sup>3</sup>	

Tabela 7: Propriedades mecânicas do aço AISI 1035 e AISI 1045

Propriedades	Valor métrico	
	AISI 1020	AISI 1045
Resistência à tracção (máxima), $\sigma_r$	585 MPa	700 Mpa
Resistência à tracção (escoamento), $\sigma_r$	370 MPa	570 Mpa
Módulo de elasticidade, $E$	190-210 GPa	210 GPa
Módulo de volume	140 GPa	160 GPa
Módulo de cisalhamento	80 GPa	100GPa
Coefficiente de Poisson	0.27- 0.30	0.27- 0.30
Alongamento na ruptura (50mm)	30%	33%

Tabela 8: Propriedades térmicas do aço AISI 1035 e AISI 1045

Propriedade Térmica	Valor métrico	
	AISI 1020	AISI 1045
Coeficiente de expansão térmica (@20°C°C)	11 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	11 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$
Condutividade térmica	51.9 W/m.k	79.3 W/m.k

#### 4.2. Materiais necessários para a construção do equipamento

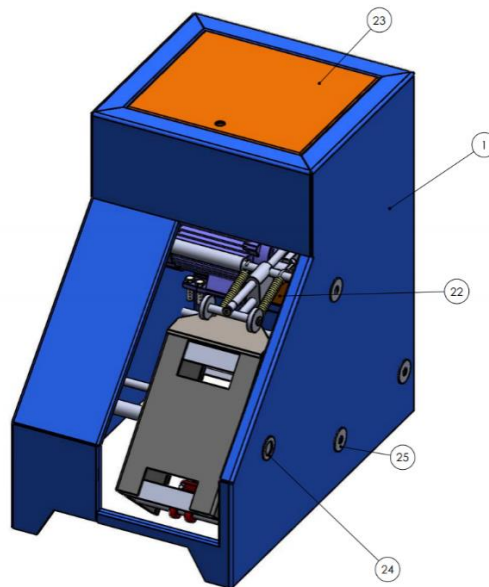


Figure 15: Máquina de remover lona de freio

Nota: a lista dos materiais esta especificado nos desenhos anexo.

#### 4.3. Força de Cisalhamento nos Rebites (Força de Remoção)

Considerando que os rebites são os principais responsáveis pela fixação da lona, a força total necessária para removê-los pode ser estimada pela soma das forças de cisalhamento sobre cada rebite. E para o cálculo da tensão de cisalhamento temos:

$$\tau_{cis} = \frac{4 * F_t}{\pi * d^2 * z * i} \leq [\tau_{cis}] \quad (3.1)$$

**Sendo:**

Z – número de rebites

$[\tau_{cis}]$  – Tensao de cisalhamento admissivel dos rebites [80...140 Mpa]

$P_{tr}$  – Pressao de trabalho [2, 4, 6, 8 ou 12 Bar]

d – Diâmetro do rebite [mm]

Da tabela de tensões admissíveis do manual (SITOE, rebites, pág. 67, 2005) obtemos a tensão admissível dos rebites, e outros dados iniciais são obtidos a partir dos patins com a lona de freio dos autocarros da EMTPM.

$$[\tau_{cis}] = 80 \dots 140 \text{ Mpa}, P_{tr} = 2 \text{ Bar} = 2 \cdot 10^5, i = 1, z = 4, d = 6.75$$

Usando modelações matemáticas, obtemos:

$$F_t = \frac{[\tau_{cis}] \pi \cdot d^2 \cdot z \cdot i}{4} = F_t = \frac{100 \cdot \pi \cdot 6.75^2 \cdot 4 \cdot 1}{4} = 14\,313.9 \text{ N}$$

#### 4.4. Escolha do macaco pneumático

A escolha do macaco é feita em 4 passos a seguir:

Passo 1: Cálculo da força de avanço

$$F_A = F_{t,teoric} \cdot \varphi = 143.14 \cdot 1.35 = 193.2 \text{ N}$$

Onde:  $\varphi = 1.35$  – Recomendação da tabela da página 67, manual de R.V. Siteo, Rebites, 2005

Passo 2: Cálculo da área do cilindro

$$A_C = \frac{F_A}{P_{tr}} = \frac{193.2}{2 \cdot 10^5} = 0.966 \text{ mm}^2$$

Passo 3: Cálculo do diâmetro do cilindro

$$D_C = 2 \sqrt{\frac{A_C}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{0.966}{\pi}} = 35 \text{ mm} \geq D_{c,escolhido}$$

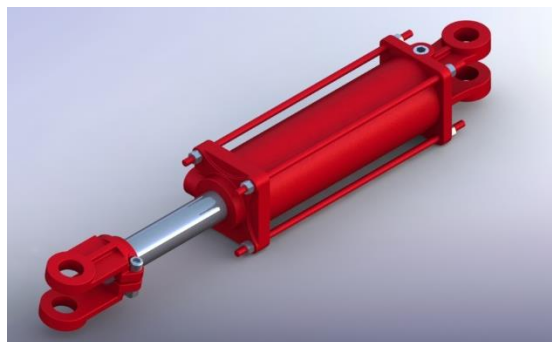


Figure 16: macaco pneumático escolhido

Diâmetro do cilindro	Diâmetro da haste	Rosca da haste	Rosca para conexões	Pressão	Força do cilindro(kgf)	
					Extensão	Retenção
40mm	16mm	M12x1.25	G1/4"	2Bar	25.6	21.5

#### 4.5. Cálculos do acionamento

##### 5.5.1. Cálculo de posição, velocidade e aceleração

Numa primeira fase, calculamos a posição inicial, a velocidade e aceleração do mecanismo.

Sabendo que:  $L_1 = 30\text{mm}$ ,  $L_2 = 103\text{mm}$ ,  $\theta_1 = 90^\circ$ ,  $n = 500\text{rpm}$ ,  $h = 30\text{mm}$

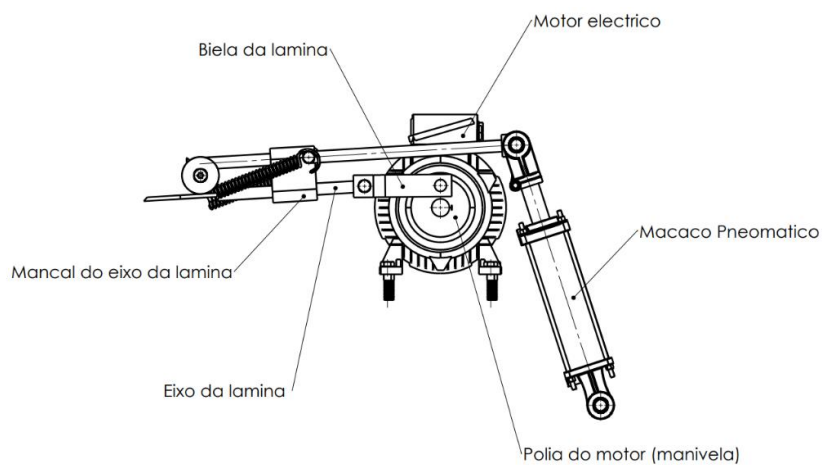


Figure 17: Esquema do mecanismo

Diagrama do corpo livre

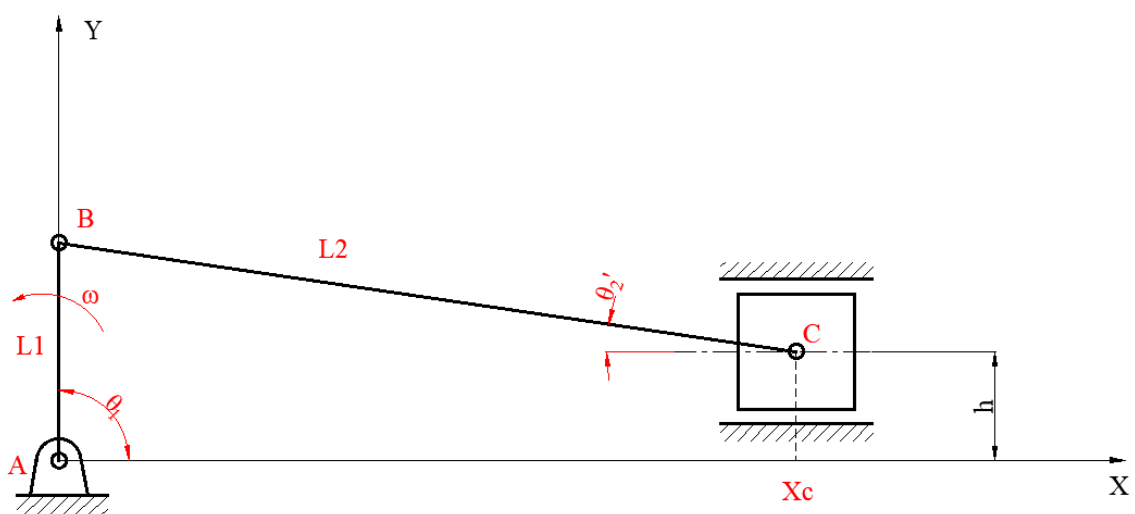


Figure 18: Diagrama do corpo livre

$$\text{Sendo: } Ca = L_1 \cos \theta_1$$

$$Co = L_1 \sin \theta_1 + \theta_2 = 180^\circ$$

$$Ca' = L_2 \cos \theta_2' \quad Co' = L_2 \sin \theta_2'$$

$$x: L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos \theta_2' - X_c = 0 \quad (3.1)$$

$$y: L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2' - h = 0 \quad (3.2)$$

$$(3.1) \quad L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos(180^\circ - \theta_2) - X_c = 0$$

$$(3.2) \quad L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin(180^\circ - \theta_2) - h = 0$$

Da matemática sabemos que:

$$\cos(a-b) = \cos(a)\cos(b) + \sin(a)\sin(b)$$

$$\sin(a-b) = \sin(a)\cos(b) - \sin(b)\cos(a)$$

Logo:

$$\cos(180^\circ - \theta_2) = \cos(180^\circ)\cos(\theta_2) + \sin(180^\circ)\sin(\theta_2) = -\cos(\theta_2)$$

$$\sin(180^\circ - \theta_2) = \sin(180^\circ)\cos(\theta_2) - \sin(180^\circ)\sin(\theta_2) = \sin(\theta_2)$$

Então as equações da posição ficam:

$$x: L_1 \cos \theta_1 - L_2 \cos \theta_2 - X_c = 0$$

$$y: L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 - h = 0$$

$$X_c = L_1 \cos \theta_1 - L_2 \cos \theta_2 \quad (3.3.)$$

$$\theta_2 = \frac{L_1 \cos \theta_1 - h}{L_2 \cos \theta_2} \quad (3.4)$$

A equação da velocidade é obtida a partir da derivação da equação da posição, logo:

$$x: L_1 \frac{d \cos \theta_1 \cdot d \theta_1}{d \theta_1 \cdot dt} - L_2 \frac{d \cos \theta_2 \cdot d \theta_2}{d \theta_2 \cdot dt} - \dot{X}_c = 0 \quad (3.5)$$

$$y: L_1 \frac{d \sin \theta_1 \cdot d \theta_1}{d \theta_1 \cdot dt} + L_2 \frac{d \sin \theta_2 \cdot d \theta_2}{d \theta_2 \cdot dt} = 0 \quad (3.6)$$

$$(3.5) - L_1 \cdot \dot{\theta}_1 \sin \theta_1 + L_2 \cdot \dot{\theta}_2 \sin \theta_2 - \dot{X}_c = 0$$

$$(3.6) \quad L_1 \cdot \dot{\theta}_1 \cos \theta_1 + L_2 \cdot \dot{\theta}_2 \cos \theta_2 = 0$$

$$\dot{X}_c = L_1 * \dot{\theta}_1 * \text{Sen}\theta_1 - L_2 * \dot{\theta}_2 * \text{Sen}\theta_2 \quad (3.7)$$

$$\dot{\theta}_2 = \frac{L_1 * \dot{\theta}_1 * \text{Cos}\theta_1}{L_2 * \text{Cos}\theta_2} \quad (3.8)$$

A equação da aceleração é obtida a partir da derivação da velocidade, logo:

$$x: -L_1 * \frac{d(\dot{\theta}_1 * \text{Sen}\theta_1)}{dt} - L_2 * \frac{d(\dot{\theta}_2 * \text{Sen}\theta_2)}{dt} - \frac{d\dot{X}_c}{dt} = 0 \quad (3.9)$$

$$y: L_1 * \frac{d\text{Sen}\theta_1 * d\theta_1}{d\theta_1 * dt} - L_2 * \frac{d\text{Sen}\theta_2 * d\theta_2}{d\theta_2 * dt} = 0 \quad (3.10)$$

Derivando a equação(3.9), temos :

$$-L_1 * \left[ \frac{d\dot{\theta}_1 * \text{Sen}\theta_1}{dt} + \dot{\theta}_1 * \frac{d(\theta_1 * \text{Sen}\theta_1)}{dt} \right] + L_2 * \left[ \frac{d\dot{\theta}_2 * \text{Sen}\theta_2}{dt} + \dot{\theta}_2 * \frac{d(\theta_2 * \text{Sen}\theta_2)}{dt} \right] - \ddot{X}_c = 0$$

$$-L_1 * [\dot{\theta}_1 \text{Sen}\theta_1 + \dot{\theta}_1 \text{Cos}\theta_1 \dot{\theta}_1] + L_2 * [\dot{\theta}_2 \text{Sen}\theta_2 + \dot{\theta}_2 \text{Cos}\theta_2 \dot{\theta}_2] - \ddot{X}_c = 0$$

$$-L_1 * [\dot{\theta}_1 \text{Sen}\theta_1 + \dot{\theta}_1^2 \text{Cos}\theta_1] + L_2 * [\dot{\theta}_2 \text{Sen}\theta_2 + \dot{\theta}_2^2 \text{Cos}\theta_2] - \ddot{X}_c = 0$$

$$\ddot{X}_c = -L_1 * [\dot{\theta}_1 \text{Sen}\theta_1 + \dot{\theta}_1^2 \text{Cos}\theta_1] + L_2 * [\dot{\theta}_2 \text{Sen}\theta_2 + \dot{\theta}_2^2 \text{Cos}\theta_2]$$

Derivando a equação (3.10), temos :

$$L_1 * \left[ \frac{d\dot{\theta}_1 * \text{Cos}\theta_1}{dt} + \dot{\theta}_1 * \frac{d\text{Cos}\theta_1 * d\theta_1}{dt * d\theta_1} \right] - L_2 * \left[ \frac{d\dot{\theta}_2 * \text{Cos}\theta_2}{dt} + \dot{\theta}_2 * \frac{d\text{Cos}\theta_2 * d\theta_2}{dt * d\theta_2} \right] = 0$$

$$L_1 * [\dot{\theta}_1 \text{Cos}\theta_1 + \dot{\theta}_1^2 \text{Sen}\theta_1] - L_2 * [\dot{\theta}_2 \text{Cos}\theta_2 - \dot{\theta}_2^2 \text{Sen}\theta_2] = 0$$

$$\dot{\theta}_2 = \frac{L_1 * [\dot{\theta}_1 \text{Cos}\theta_1 + \dot{\theta}_1^2 \text{Sen}\theta_1] + L_2 * \dot{\theta}_2^2 \text{Sen}\theta_2}{L_2 * \text{Cos}\theta_2}$$

### 4.3.3.2. Calculo dos esforços do mecanismo

Aplicando o método de Newton-Euler temos:

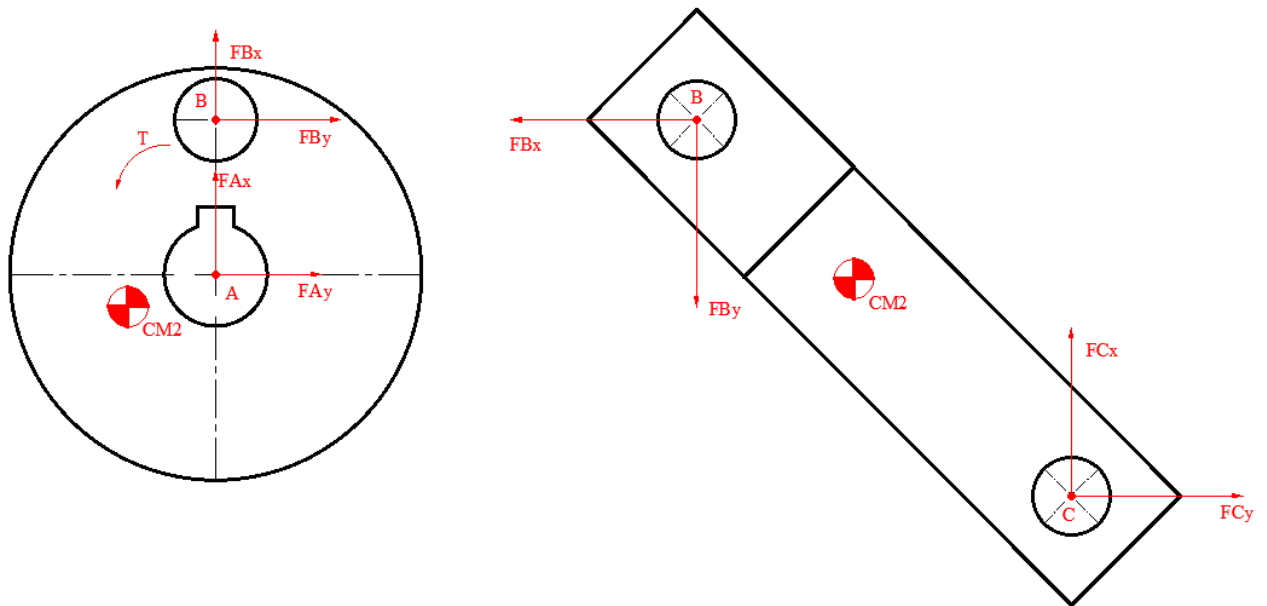


Figure 19: Diagrama do corpo livre

Tabela 9: equações iniciais

Manivela		Biela	
$F_{Ax} + F_{Bx} = m_1 \ddot{P}_{1x}$	1	$F_{Cx} + F_{Bx} = m_2 \ddot{P}_{2x}$	4
$F_{Ay} + F_{By} = m_1 \ddot{P}_{1y}$	2	$F_{Cy} + F_{By} = m_2 \ddot{P}_{2y}$	5
$\vec{L}_1 * \vec{F}_B + \vec{T} = I_1^A \vec{\ddot{\theta}}_1$	3	$\vec{R}_B * \vec{F}_B + \vec{R}_C * \vec{F}_C = I_2^A \vec{\ddot{\theta}}_2$	6

Calculando as equações e convertendo vectores e produtos escalares as equações ficam:

Tabela 10: equações finais

N	Equação
1	$F_{Ax} + F_{Bx} = m_1 \ddot{P}_{1x}$
2	$F_{Ay} + F_{By} = m_1 \ddot{P}_{1y}$
3	$B_x * F_{Ay} - B_y * F_{By} + T = I_1^A \ddot{\theta}_1$

4	$F_{C_x} + F_{B_x} = m_2 \ddot{P}_{2_x}$
5	$F_{C_y} + F_{B_y} = m_2 \ddot{P}_{2_y}$
6	$-(B_x - P_{2_x})F_{B_y} + (B_y - P_{2_y})F_{B_x} + (X_c - P_{2_x})F_{C_y} - (h - P_{2_y})F_{C_x} = I_2^A \ddot{\theta}_2$

$$F_{C_x} = F_t = 11\,964\text{N}$$

$$F_{B_x} = m_2 \ddot{P}_{2_x} = 5\,320\text{N}$$

$$F_{A_x} = m_1 \ddot{P}_{1_x} - F_{B_x} = 2\,300\text{N}$$

$$F_{B_y} = 6\,000.3\text{N}$$

$$F_{C_y} = m_2 \ddot{P}_{2_y} - F_{B_y} = 0$$

$$F_{A_y} = m_1 \ddot{P}_{1_y} - F_{B_y} = 4\,320.4\text{N}$$

$$T =$$

### 5.5.2. Cálculo da potência

$$P = T \cdot \omega$$

Onde: P – potência do motor [kW]

T – Torque [Nm]

$\omega$  – Velocidade angular da manivela [rad/s]

Logo:

$$P = 2.03$$

$$P \leq P_{\text{motor, escolhido}}$$

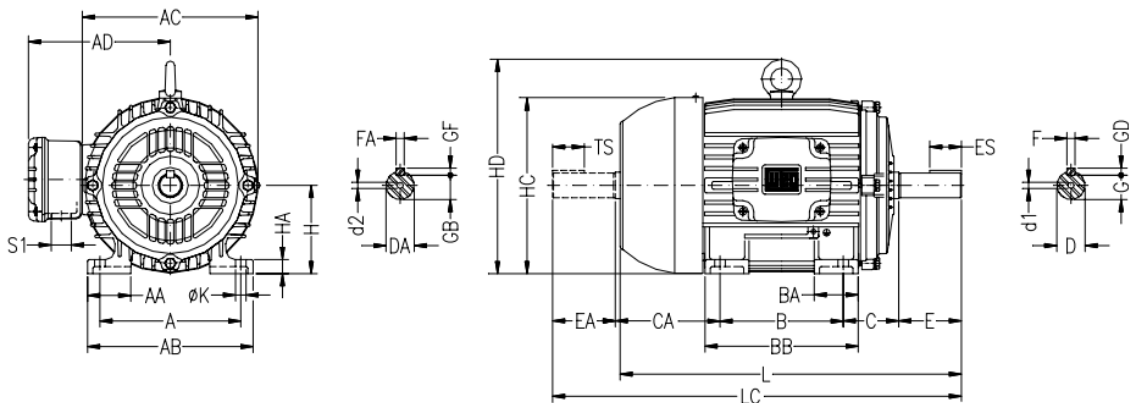


Tabela 11: parâmetros dimensionais do motor

mm											
A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB	C	CA	H	HA
125	35	149	159	136	100	40	125,5	50	93	80	13
D	E	ES	F	G	GD	DA	EA	TS	FA	GB	GF
19j6	40	28	6	15,5	6	14j6	30	18	5	11	5
HC	HD	K	L	LC							
157		10	276	313							

Tabela 12: especificações técnicas do motor

Dados técnicos	Valor
Potencia	2.2 KW (2HP)
Número de rotações	2850RPM
Corrente nominal em 220V	5,46A
Rendimento	75%
Fator de segurança	1,15
Nível medio de pressão sonora	62dB
Peso aproximado	15Kg

*Fonte: catálogo da Weg Motores*

#### 4.5. Plano de manutenção do equipamento

É um documento que tem como objectivo relatar quais são as frequências e periodicidade das actividades de manutenção. Para além disso detalha em quais equipamentos essas actividades devem ser executadas, tudo isso de forma simples e clara. Para o presente projecto, foi escolhida a manutenção preventiva como o tipo de manutenção recomendável, para a disponibilidade do equipamento durante o seu período de vida útil.

O plano propriamente dito, pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 13: Plano de manutenção dos elementos do remodor da lona de freio

3 meses	Eixos e cubo em atrito	- Verificar o desgaste das superfícies e a cilindricidade
	Mancais de apoios	- Verificar o desgaste dos mancais
6 meses	Motor	- Analisar o óleo lubrificante - Monitorar a temperatura do trabalho - Analisar as vibrações
	Estrutura	Verificar os elementos de ligações, como parafusos e a própria estrutura
3 a 6 meses	Lâmina de corte	- Verificar a afiação das lâminas e as condições de resistências
	Macaco Pneumático	- Verificar se ainda suporta a carga a pressão necessária

Fonte: desenhado pelo autor

#### 4.6. Estimativa de Orçamento

Table1: Estimativa dos gastos

Componentes	Preço unitário (MT)	Quantidade	Preço
Macaco Pneumático	1, 100	2	2 200
Molas de tração	330	2	660
Chapa 1200x3000x3mm	3, 500	1	3 500
Varãoø16x1000mm	1, 080	3	3 240
Parafusos M10x1.5-45	10	6	60
Porca M10x1.5	5	6	30
Parafuso M8x10x10-N	5	3	15
Varãoø30x1000mm	1800	1	1800
Peças a serem fundidas	1 500	3	4 500
Motor electric 2.2kW	3 300	1	3 300
Total			19 305

Considerando a mão de obra de 5 000Mt, e um aumento de 10% como segurança então o valor total fica:

$$C_t = V_{Mp} + V_{MO} = (19\,305 + 19\,305 \cdot 0.10) + 5000 = 26\,235.5MT$$

## Capítulo VI: Conclusões e recomendações

### 5. Conclusões e recomendações

O presente trabalho teve como objetivo central a projecção de uma máquina para retirar a lona do patim de freio dos autocarros da EMTPM, substituindo o atual processo manual que se baseia no uso de martelos e ferramentas improvisadas. Durante o desenvolvimento, foi possível compreender a real necessidade da oficina em otimizar o tempo de serviço, garantir maior segurança dos operadores e preservar a integridade dos patins reutilizáveis. Com base na análise da situação atual e nos princípios de engenharia mecânica, foi proposto um equipamento robusto, funcional e seguro. A máquina possui um sistema de fixação do patim, um mecanismo de extração com garraseum acionamento que pode ser manual ou motorizado, adaptando-se à realidade da EMTPM.

A projeção da máquina não apenas proporciona eficiência no processo de substituição da lona de freio, como também eleva os padrões de ergonomia e segurança no trabalho, reduzindo acidentes e fadiga dos técnicos. Adicionalmente, o uso de materiais acessíveis e de fácil fabricação torna a implementação viável economicamente, o que é vital para o setor público ou empresas com orçamento limitado.

#### **Recomenda-se:**

Com base nos estudos realizados e no modelo preliminar da máquina, são feitas as seguintes recomendações:

- Construção de um protótipo funcional da máquina, com base nos desenhos técnicos, para testes em ambiente real da oficina.
- Testes práticos com diferentes tipos de patins elonas utilizados na frota da EMTPM, a fim de validar a eficiência e robustez do sistema de extração.
- Escolha do tipo de acionamento mais adequado (manual, hidráulico ou elétrico), conforme a frequência de uso e disponibilidade de energia na oficina.
- Capacitação dos operadores para uso adequado do novo equipamento e boas práticas de manutenção.
- Possível ampliação do projeto para outros serviços mecânicos, como prensagem de novas lonas ou inspeção visual com iluminação embutida.
- Parceria com uma empresa metalúrgica local ou instituto técnico para construção e melhoria contínua do modelo.

## 6. Bibliografia

- [1] BROSSI, A.A. 2002.*ESTUDO DE DESEMPENHO DE FRENAGEM DE UM ONIUS BIARTICULADO*. Escola de Engenharia de sao Carlos, Universidade de Sao Paulo. Sao Paulo : s.n., 2002.
- [2] DE BARBOZA, Thiago. 2016.*COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO EM FRENAGEM DE VEÍCULO COM SISTEMA*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Santa Catarina : s.n., 2016.
- [3] DIAS, R.; MENDES, A. *Ergonomia aplicada à manutenção de sistemas automotivos*. São Paulo: Blucher, 2019.
- [4] HART, H. *Sistemas de freios automotivos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- [5] HILLIER, V. A. W.; COOMBS, P. *Hillier's Fundamentals of Motor Vehicle Technology*. 6th ed. Oxford: Nelson Thornes, 2012.
- [6] RIBEIRO, M.; FERREIRA, C.; LIMA, F. *Manutenção preventiva e segurança em oficinas de veículos pesados*. Revista Engenharia & Manutenção, v. 6, n. 2, p. 45–55, 2020.
- [7] SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. *Projeto de engenharia mecânica*. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2017.
- [8] STOESSEL, R.; GARCIA, A. *Manutenção de sistemas de freio em veículos comerciais*. Curitiba: UTFPR, 2018.
- [9] BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. *Projeto mecânico: análise e design*. 10ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2015.
- [10] DIAS, R.; MENDES, A. *Ergonomia aplicada à manutenção de sistemas automotivos*. São Paulo: Blucher, 2019.
- [11] GROOVER, M. P. *Fundamentos da manufatura moderna*. 4ª ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- [12] JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M. *Fundamentos do projeto de máquinas*. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- [13] NORTON, R. L. *Projeto de máquinas: análise e síntese de sistemas mecânicos*. 4ª ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- [14] SHIGLEY, J. E. *Projeto de máquinas*. 9ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2011.

- [15] BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. *Projeto mecânico: análise e design*. 10ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2015.
- [16] DIAS, R.; MENDES, A. *Ergonomia aplicada à manutenção de sistemas automotivos*. São Paulo: Blucher, 2019.
- [17] GROOVER, M. P. *Fundamentos da manufatura moderna*. 4ª ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- [18] JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M. *Fundamentos do projeto de máquinas*. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- [19] NORTON, R. L. *Projeto de máquinas: análise e síntese de sistemas mecânicos*. 4ª ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- [20] SHIGLEY, J. E. *Projeto de máquinas*. 9ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2011.

