



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

RELATÓRIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL

APLICAÇÃO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PARA DESCRAVAGEM E
CRAVAGEM DE BALATAS DE AUTOCARROS

Discente:

José, Ésio Ventura

Supervisores:

Eng. Roberto L. David – UEM

Mestre Zefanias A. Nhanala – EMTPM

Maputo, Outubro de 2022



**UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E**

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

**APLICAÇÃO DE UM BRAÇO ROBÓTICO PARA DESCRAVAGEM E
CRAVAGEM DE BALATAS DE AUTOCARROS**

Discente:

José, Ésio Ventura

Supervisores:

Eng. Roberto L. David – UEM

Mestre Zefanias A. Nhanala – EMTPM

Maputo, Outubro de 2022



Aplicação de um braço robótico para descravagem e cravagem de balatas de autocarros

Ésio Ventura José

Seja qual for a sua ideologia, numa só coisa, todos nós concordamos, que um dia seremos réus de um severo juízo no qual não poderemos todos estar certos.

Autor.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	IV
ÍNDICE DE TABELAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
LISTA DAS ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	10
1.1. Introdução.....	10
1.2. Problemática.....	10
1.3. Problema.....	10
1.4. Objectivo geral	11
1.5. Objectivos específicos.....	11
1.6. Hipóteses/proposições	11
1.7. Perguntas de investigação	11
1.8. A importância ou razões que motivam o estudo	11
CAPÍTULO 2 SISTEMA DE TRAVAGEM A AR	13
2.1. Componentes do sistema de travagem a ar	13
2.2. Princípio de funcionamento do sistema de travão a ar.....	22
2.3. Manutenção do sistema de travão a ar	23

CAPÍTULO 3 CRAVAGEM E DESCRAVAGEM DE BALATAS	24
3.1. Estado actual da empresa quanto á manutenção de balatas dos autocarros	24
CAPÍTULO 4 METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	26
4.1. Escolha do tipo e modelo do robô.....	26
4.2. Dimensionamento dos apoios para as maxilas.....	32
4.3. Dimensionamento da bancada de trabalho.....	41
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	46
5.1. Conclusões	46
5.2. Recomendações.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS	48

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao Excelso pela vida e tudo quanto tem me dado a conhecer e fazer, é um milagre estar a respirar.

Agradeço grandemente os meus pais Ventura José e Glória Ratita Herculano pelo esforço imensurável que têm feito para que o meu percurso académico, e não só, seja um sucesso, pais vocês são incríveis.

Agradeço muito ao meu tio Aníbal José e sua esposa Isabel Justino, aos meus irmãos todos pela sua participação directa no meu percurso académico. Aos meus colegas de turma, corpo docente e em especial os meus supervisores.

Muito Obrigado!

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Ésio Ventura José declaro por minha honra que o presente Projecto Final do Curso é exclusivamente de minha autoria, não constituindo cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

Assinatura: _____

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Características técnicas do Robot M-10iD/16S. Fonte: Catálogo MDS-04100-EN	26
Tabela 4.2. Dimensões da ferramenta de corte. Fonte: ATI Industrial Automation.....	29
Tabela 3. Preços dos equipamentos	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Componentes do sistema de travagem a ar. Fonte: SGI.....	13
Figura 2.2. Estágios de admissão (a esquerda) e compressão (a direita) do compressor. Fonte: Northwest Territories Transportation	14
Figura 2.3. Estágio de descarregamento. Fonte: SGI.....	15
Figura 2.4. Reservatório. Fonte: Northwest Territories Transportation	16
Figura 2.5. Válvula de segurança. Fonte: Northwest Territories Transportation	16
Figura 2. 6. Válvula do pedal. Fonte: New Nouveau Brunswick	17
Figura 2.7. Componentes da câmara de travão a ar. Fonte: Northwest Territories Transportation	18
Figura 2.8. Funcionamento das balatas. Fonte: Northwest Territories Transportation	18
Figura 2.9. Pedal de travão pressionado	22
Figura 2. 10. Pedal de travão liberado	22
Figura 4.1. Robô M-10iD/16S. Fonte: Fanuc Robotic.....	27
Figura 4.2. ATI Multi-Eixo, ferramenta eléctrica de rebarbagem radialmente compatível. Fonte: ATI Industrial Automation	27
Figura 4.3. Ferramenta de corte. Fonte: ATI Industrial Automation.....	29
Figura 4.4. Montagem da ferramenta de corte. Fonte: ATI Industrial Automation.....	29
Figura 4. 5. Ferramenta de rebitagem automatizada. Fonte: Atlas Copco.....	30
Figura 4.6. Quadros do dispositivo de rebitagem. Fonte: TOX Riveting Technology	30
Figura 4.7. Servo electromecânico e pneuma hidráulico. Fonte: TOX Riveting Technology.	31
Figura 4.8. Sistema de rebitagem com módulo de alimentação. Fonte: Fonte TOX Riveting Technology	32

Figura 4.9. Balata apoiada. Fonte: Autor	33
Figura 4.10. Pernas. Fonte: Autor	33
Figura 4.11. Cavilhas. Fonte: Autor.....	34
Figura 4.12. Cubos. Fonte: Autor	34
Figura 4.13. Braço (a esquerda) e barra (a direita). Fonte: Autor.....	35
Figura 4.14. Dimensões das cavilhas. Fonte: Autor	35
Figura 4.15. Dimensões do cubo. Fonte: Autor	37
Figura 4.16. Dimensões das pernas das extremidades. Fonte: Autor	38
Figura 4.17. Dimensões da pena do meio. Fonte: Autor	39
Figura 4.18. Dimensões do braço. Fonte: Autor.....	40
Figura 4.19. Dimensões da barra. Fonte: Autor.....	40
Figura 4.20. Bancada de trabalho. Fonte: Autor.....	41
Figura 4.21. Design final do projecto: balata e braço robótico montados. Fonte: Autor.....	42
Figura 4.22. Design final do projecto: ferramenta de corte montada. Fonte: Autor.....	42
Figura 4.23. Design final do projecto: processo de corte de rebites. Fonte: Autor	43
Figura 4.24. Design final do projecto: ferramenta de cravagem montada. Fonte: Autor	43
Figura 4.25. Design final do projecto: processo de rebitagem. Fonte: Autor	44

LISTA DAS ABREVIATURAS UTILIZADAS

EMTPM – Empresa Municipal de Transporte de Maputo;

OMS – Organização Mundial da Saúde;

VW – Volkswagen

RESUMO

Uma das actividades imprescindíveis para o aumento da produtividade de uma empresa é a manutenção. A manutenção é a componente empresarial responsável pela dinamização das actividades quotidianas que garantem a boa saúde de uma empresa. Ela é importante, não só para garantir a disponibilidade de máquinas e equipamentos para uma melhor qualidade produtiva, mas também para a manutenção da saúde dos colaboradores da empresa.

Na empresa EMTPM, uma das actividades de manutenção dos autocarros consiste na substituição de balatas, elementos responsáveis pela travagem de veículos. Esta actividade é precedida por uma preparação das mesmas, que é a descravagem das balatas gastas e cravagem de novas nas maxilas que as suportam. Estes processos de descravagem e cravagem de balatas envolvem riscos que, embora numa vista geral pareçam leves, são profundamente graves, não só no manuseio dos equipamentos, mas principalmente na inalação de partículas (poeira) resultantes do desgaste das balatas que podem gerar e agravar criticamente doenças respiratórias.

Tendo em vista o aumento da produtividade da empresa, o melhoramento das condições de trabalho dos colaboradores e a manutenção da disponibilidade de meios de transporte aos cidadãos, surge este projecto que visa automatizar as actividades de descravagem e cravagem de balatas dos autocarros da empresa EMTPM, através da aplicação de um braço robótico para as actividades de risco.

Palavras-chave: manutenção, descravagem, cravagem e balata.

ABSTRACT

One of the essential activities for increasing the productivity of a company is maintenance. Maintenance is the business component responsible for boosting the daily activities that guarantee the good health of a company. It is important, not only to guarantee the availability of machines and equipment for better production quality, but also to maintain the health of the company's employees.

At the EMTPM company, one of the bus maintenance activities is the replacement of brake linings, elements responsible for vehicle braking. This activity is preceded by a preparation of the same, which is the loosening of the worn balatas and driving new ones in the jaws that support them. These processes of unclamping and crimping brake linings involve risks that, although in general they seem light, are profoundly serious, not only in the handling of the equipment, but mainly in the inhalation of particles (dust) resulting from the wear of the balatas that can generate and critically worsen respiratory diseases.

With a view to increasing the company's productivity, improving the working conditions of employees and maintaining the availability of means of transport to citizens, this project was created, which aims to automate the activities of unclamping and crimping of brake linings in the EMTPM company's buses, by applying a robotic arm to risky activities.

Keywords: maintenance, descavage, ergot and brake lining.

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1.Introdução

A manutenção de máquinas e equipamentos na indústria, é uma das principais actividades indispensáveis para o crescimento da mesma. A actividade de manutenção pode ser a simples tarefa de observação e ajustamento de componentes e/ou parâmetros de funcionamento de certa máquina, assim como pode ser a substituição duma máquina no seu todo por uma outra que satisfaça as novas dinâmicas de trabalho. Essa substituição pode ser também devido à descontinuidade de um certo modelo, pelo elevado custo de manutenção devido a pouca oferta de peças substitutas.

A manutenção de veículos automóveis, especificamente os de transporte de passageiros, é mais do que a preservação da máquina laboral, visa também preservar a saúde e segurança do público envolvido. Por se tratar de vidas humanas, a manutenção de autocarros merece uma atenção muito mais responsável.

Neste trabalho será proposto e desenvolvido um projecto para melhoria das actividades de manutenção de balatas de autocarros da empresa EMTPM (Empresa Municipal de Transporte Rodoviário de Maputo).

1.2.Problemática

Uma das actividades de manutenção dos autocarros da empresa EMTPM é a substituição de balatas do sistema de travagem. Para o efeito, desmontadas as balatas já gastas, faz – se a descravagem das balatas nas maxilas e cravagem de balatas novas.

O processo de descravagem de balatas é realizado manualmente com recurso à martelo e escopro, factor que leva à morosidade da manutenção, para além de perigar a saúde do trabalhador.

A cravagem das balatas é efectuada numa máquina pneumática de comando manual. Essa máquina é comandada por um pedal e o posicionamento da ferramenta é manual e repetitivo.

1.3.Problema

Por forma a executar o trabalho da manutenção das balatas dos autocarros de forma eficiente e segura, que inovações podem ser feitas?

1.4.Objectivo geral

Aplicar um braço robótico para descravagem e cravagem de balatas de autocarros.

1.5.Objectivos específicos

- ✓ Escolher o tipo e modelo do robô e as ferramentas necessárias para a descravagem e cravagem de balatas;
- ✓ Dimensionar os apoios para as balatas;
- ✓ Dimensionar a bancada de trabalho.

1.6.Hipóteses/proposições

Até que ponto a aplicação de um sistema robotizado pode acelerar os trabalhos de manutenção da empresa?

1.7.Perguntas de investigação

- i) Que melhorias este projecto poderá proporcionar à empresa?
- ii) Quais são os impactos que este projecto trará para o passageiro?
- iii) Quais serão as vantagens da implementação deste projecto para os trabalhadores?

1.8.A importância ou razões que motivam o estudo

✓ Conveniência

Este estudo é realizado como uma forma de propor uma solução para alavancar/impulsionar/dinamizar/flexibilizar o trabalho de manutenção dos autocarros no que diz respeito à substituição de balatas.

A balata é um conjunto montado composto por uma maxila e a balata propriamente dita unidos por meio de rebites. Quando a balata já está desgastada, ela não exerce a sua função de travagem das rodas do autocarro, daí a necessidade de substituição das balatas por outras novas.

A empresa EMTPM não dispõe de máquina alguma para descraçar balatas, sendo este trabalho realizado manualmente com martelo e escopro. A mesma dispõe de uma máquina para cravagem de balatas.

Simulação: supondo que um autocarro VW precisa de substituição de todas as balatas (de todas as quatro rodas); considerando quatro (4) trabalhadores afectos a este trabalho. A primeira tarefa é a suspensão do autocarro e desmontagem das rodas, dos tambores e das balatas; a segunda consiste na descravagem das oito (8) maxilas; a terceira é o posicionamento das balatas nas maxilas e introdução dos rebites (a introdução dos rebites é seguida de um arranjo dos mesmos de modo a que não caiam); a quarta tarefa consiste na rebitagem (fixação na máquina). Até esta tarefa já poderá ter se esgotado o tempo matinal (das 8:00 horas às 12:00 horas). A quinta tarefa é a de montagem das balatas, dos tambores e das rodas; a sexta e última tarefa consiste na afinação das balatas e experiência. Como se pôde perceber, só trabalhando intensamente é que se pode terminar este trabalho em u só dia. Mas, o mesmo resultado não se pode conseguir em autocarros Zongtong devido à grande dificuldade de desmontagem e montagem das balatas no cubo da roda, e actualmente, maior percentagem dos autocarros da empresa EMTPM são da marca Zongtong.

Portanto, para agilizar a manutenção das balatas, propõe – se aplicar um sistema semiautomático para descravagem das balatas e cravagem de modo a simplificar os trabalhos de preparação das mesmas.

✓ **Relevância social**

Devido ao grande trabalho de preparação das balatas, um autocarro pode permanecer indisponível para o serviço de tráfico por pelo menos dois (2) dias, faltando assim no seu compromisso social de transporte de passageiros. Pela maior demanda pelos serviços de locomoção que a cidade de Maputo enfrenta, um autocarro indisponível pode resultar em transtornos irreversíveis para a sociedade. Pelo que, este projecto visa minimizar os períodos de indisponibilidade dos autocarros devido á manutenção das balatas.

✓ **Implicações práticas**

Tanto para a empresa quanto para a sociedade em geral há implicações práticas, primeiro no que diz respeito à sociedade, o projecto maximizará a disponibilidade dos meios de transporte público na cidade de Maputo e não só. Segundo, para a empresa será um grande ganho a médio prazo, pois, ao suprimir o tempo de permanência de um autocarro na oficina, o mesmo estará a produzir receita que para aquele período representa payback pelo investimento no projecto e a médio ou curto prazo poderá ser um ganho total para a empresa.

CAPÍTULO 2 SISTEMA DE TRAVAGEM A AR

2.1. Componentes do sistema de travagem a ar

Os autocarros em operação na empresa EMTPM (Volkswagen e Zongtong) usam todos o sistema de travão a ar. Este sistema de travões usa o ar comprimido para accionar as balatas que em contacto com o tambor montado no cubo da roda consegue – se frear as rodas do autocarro.

O diagrama que se segue, ilustra os componentes usados para tornar a travagem por sistema de ar comprimido muito simples.

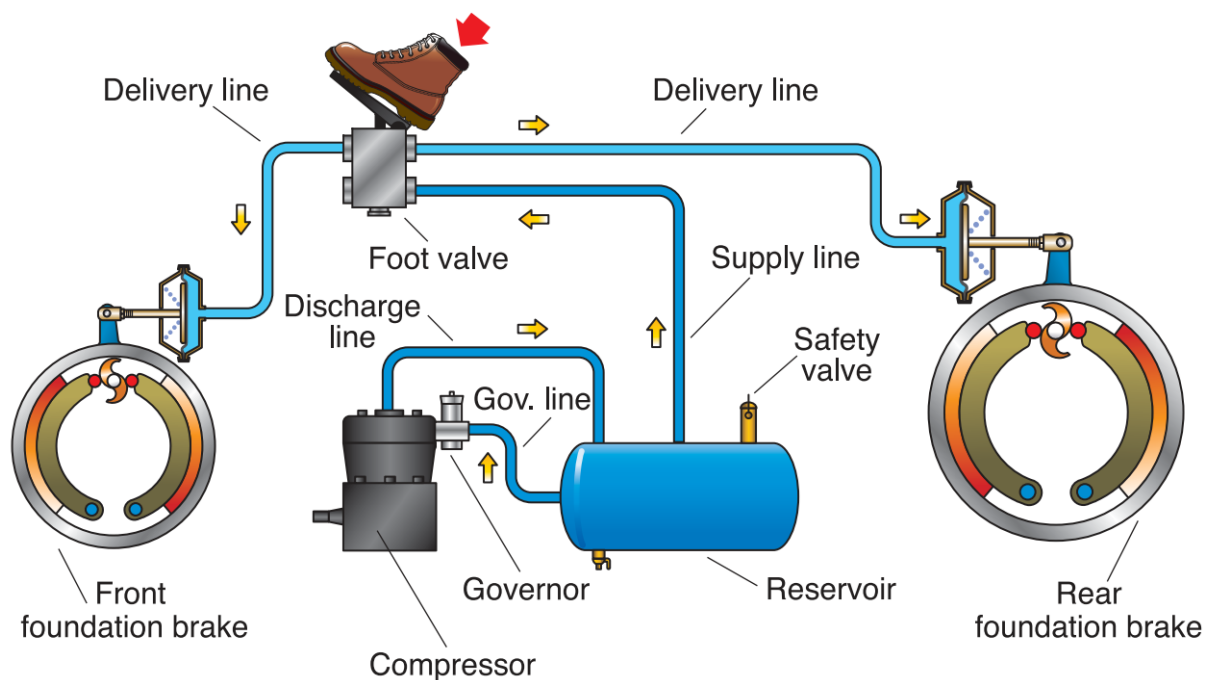


Figura 2.1. Componentes do sistema de travagem a ar. Fonte: SGI

Os componentes básicos do sistema de travagem a ar são: compressor; Válvula de controle (governor); tubagem de ar; reservatórios; pedal de travão e fundação dos travões.

2.1.1. Compressor

O primeiro requisito para se ter um sistema de travagem a ar é o meio de comprimir o ar e armazená-lo em tanques para que assim possa instantaneamente ser usado quando necessário.

A fonte de ar comprimido é o compressor que succiona o ar da atmosfera e o pressuriza. Após ser pressurizado, o ar é então bombeado através das tubagens (linhas de ar) para os reservatórios (tanques).

O compressor é montado directamente no motor do veículo (camião ou machimbombo), geralmente ao lado do motor através de engrenagens ou correias, enquanto o motor estiver funcionando o compressor também estará funcionando.

Segundo a Northwest Territories Transportation, o compressor deverá ser capaz de produzir uma pressão, no tanque, de 50 psi (344.5 kPa) a 90 psi (620.52 kPa) num intervalo de 3 minutos com o motor funcionando a 1200 rpm. Se o compressor não for capaz então deve se verificar a correia, se está bem tensionada ou não, verificar – se também o filtro do ar se está montado ou então pode ser falha do próprio compressor.

Geralmente, os compressores são lubrificados pelo mesmo sistema de lubrificação do motor, mas também existem compressores com o sistema próprio de lubrificação.

Antes do ar entrar no compressor, é imperioso que o ar passe por um filtro para garantir que o ar no sistema não tenha impurezas (poeiras, areia ou outras partículas estranhas) para não comprometer o funcionamento do sistema.

O pistão do compressor tem o mesmo princípio de funcionamento ao do motor, com os mesmos estágios de admissão e compressão.

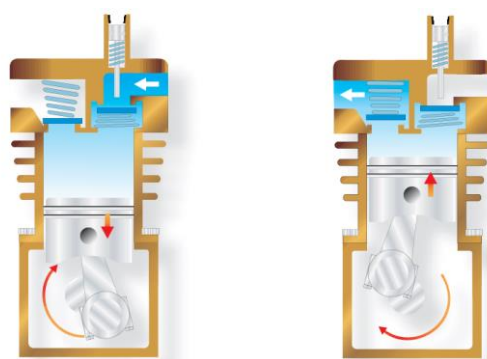


Figura 2.2. Estágios de admissão (a esquerda) e compressão (a direita) do compressor. Fonte: Northwest Territories Transportation

Estágio de admissão: a brusca descida do pistão cria um vácuo no cilindro que força a abertura da válvula de admissão e permite entrada do ar no cilindro.

Estágio de compressão: o movimento do pistão para cima comprime o ar no cilindro, a compressão do ar força o fechamento da válvula de entrada e também força a abertura da válvula de descarga quando o cilindro chega no topo e o ar sai e pela linha de descarga é direccionado para o reservatório.

2.1.2. Válvula de controle

O compressor é capaz de comprimir o ar até acima de 500 psi (3 448 kPa). Esta pressão está muito acima do necessário para operar o sistema de travões. Muitos sistemas de travões em uso operam a uma pressão máxima de 125 psi (862 kPa). Portanto, deve haver uma maneira de parar o ar uma vez atingida certa pressão de ar, de igual modo, quando a pressão cai deve haver uma maneira de retomar a compressão do ar. Para isso serve a válvula de controle. Quando a pressão no reservatório atinge o limite máximo, o compressor pára de bombear o ar para os reservatórios e entra no estágio de descarregamento.

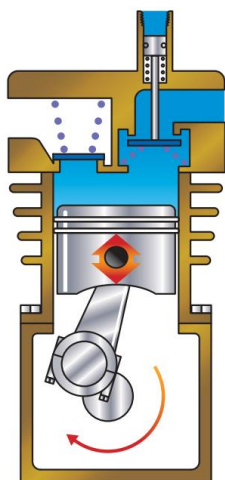


Figura 2.3. Estágio de descarregamento. Fonte: SGI

O estágio de descarregamento pode ser obtido direccionando o ar às válvulas de admissão do compressor, mantendo as válvulas abertas consegue-se bombear o ar de volta à atmosfera ao invés de comprimi-lo. Quando a pressão do ar no sistema cai, a válvula de admissão fecha fazendo o compressor retornar ao estágio de carregamento. A válvula de controle é o componente regulador do compressor, este deverá colocar o compressor no estágio de carregamento quando a pressão não for menor que 80 psi ou 20 psi abaixo da pressão máxima do sistema.

2.1.3. Reservatórios

Os reservatórios são tanques feitos de aço, usados para armazenar o ar comprimido proveniente do compressor. Estes devem suportar a pressão de ar necessária ao sistema.

Os tanques são equipados com uma válvula de segurança (safety valve) e uma válvula de dreno (drain valve).

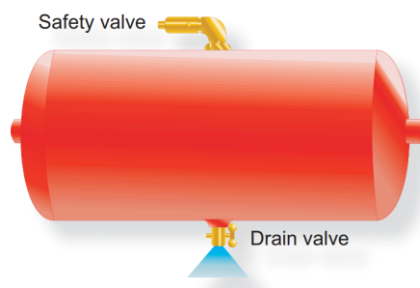


Figura 2.4. Reservatório. Fonte: Northwest Territories Transportation

➤ Válvula de segurança

Se a válvula de controle falhar ao cortar a potência do compressor, a válvula de segurança irá prevenir a formação de excesso de pressão no sistema, quando a pressão do ar no sistema excede 150 psi (1034 kPa), esta válvula abre e manda o ar para atmosfera, protegendo assim o sistema da sobrepressão.

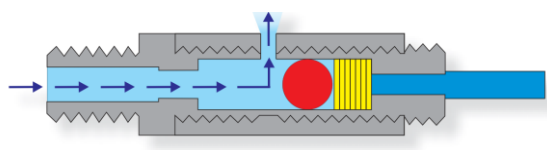


Figura 2.5. Válvula de segurança. Fonte: Northwest Territories Transportation

➤ Válvula de dreno

O ar fornecido pelo compressor, geralmente contém algum vapor de água que condensa em água líquida. Muitos compressores também deixam passar alguma quantidade de óleo e partículas de carbono. O óleo e outros contaminantes misturam-se e formam um lodo cinza. Se este lodo for deixado e acumular-se pode entrar no sistema de travões. O excesso de água no

sistema pode causar danos às válvulas e outros componentes. Em algumas regiões, no inverno, esta água pode congelar e causar mau funcionamento das válvulas e das câmaras de freio. A válvula de dreno tem a função de drenar esta mistura que se concentra no fundo do reservatório. Muitos fabricantes recomendam que se faça o dreno diariamente.

2.1.4. Válvula do pedal

A válvula do pedal (ou válvula do pé) aplica o ar para operar os travões quando for pressionada. A quantidade de ar enviada para os travões é medida pelo condutor dependendo da distância do veículo e das condições do pedal (se o pedal sofreu queda de pressão ou não). Quando o condutor larga o pedal, o ar em serviço é expelido através das portas de exaustão.

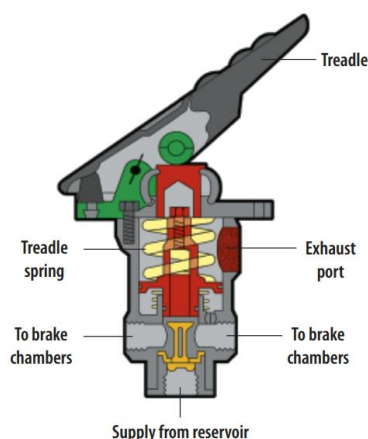


Figura 2. 6. Válvula do pedal. Fonte: New Nouveau Brunswick

2.1.5. Câmara de travão a ar

A câmara de travão a ar é composta por: câmara de ar, diafragma, mola de retorno, haste de impulso, ajustador de folgas, árvore de came e pelo S.

A câmara de travão a ar tem a função de converter a força do ar comprimido numa forte força mecânica através da haste de impulso e do ajustador de folgas.

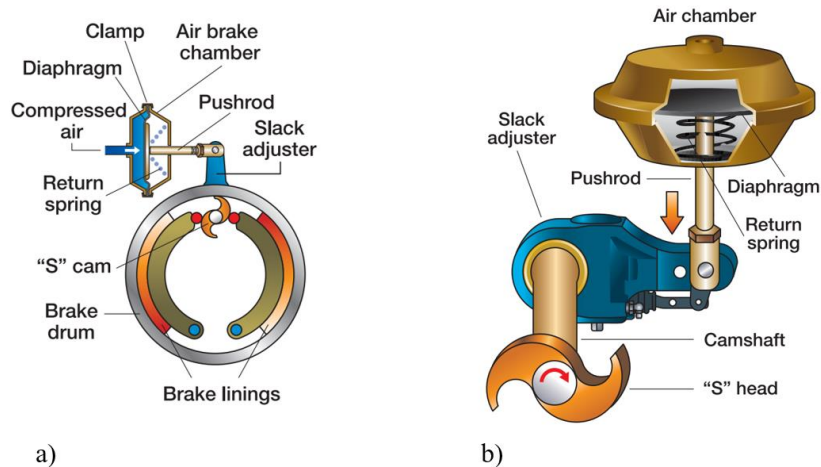


Figura 2.7. Componentes da câmara de travão a ar. Fonte: Northwest Territories Transportation

Na figura acima, o diagrama em a) ilustra o ar comprimido sendo admitido por um lado do diafragma, o diafragma empurra a haste de impulso que por sua vez a haste gira o ajustador de folgas posicionando-o em 90° relativamente à haste. O giro do “S” empurra as balatas contra o tambor freando assim as rodas do veículo.

2.1.6. Balatas

A balata (brake lining) é o componente que actua directamente no processo de travagem através do contacto deste com o tambor (brake drum). A balata é composta por dois elementos: a maxila e a sapata de freio (a balata propriamente dita).

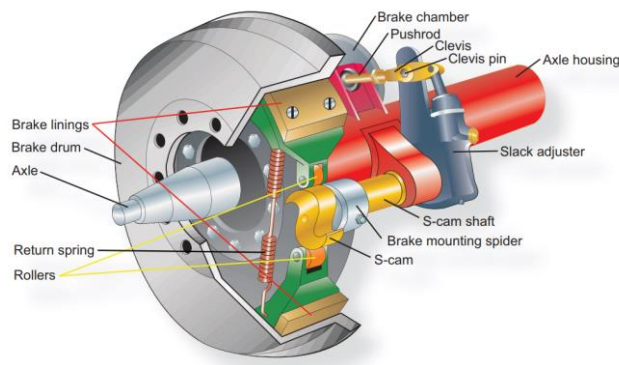


Figura 2.8. Funcionamento das balatas. Fonte: Northwest Territories Transportation

➤ **Material de fabrico das balatas**

A balata é fabricada de material de fricção termicamente resistente para trabalhar a altas solicitações de impacto e temperatura. Especificamente para as balatas de automóveis pesados como o caso dos autocarros, os materiais mais usados são o amianto e o ferrolho.

❖ **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, antofilita, 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).

➤ **A exposição ao amianto e respectivo impacto na saúde pública**

A exposição ao amianto ocorre através da inalação de fibras, principalmente no ar contaminado do ambiente de trabalho, mas também do ar ambiente na vizinhança de fontes pontuais ou ar interior de habitações ou edifícios que contêm materiais com amianto friáveis. Os níveis mais elevados de exposição ocorrem durante a reembalagem de contentores de amianto, a mistura com outras matérias-primas e o corte a seco de produtos contendo amianto com ferramentas abrasivas. A exposição pode também ocorrer durante a instalação e utilização de produtos contendo amianto na manutenção de veículos. Os materiais que contêm crisótilo e/ou anfibólio friáveis estão ainda presentes em muitos edifícios e continuam a dar origem à exposição ao crisótilo e aos anfibólios, quando ocorre manutenção, reforma, eliminação ou demolição.

Actualmente, cerca de 125 milhões de pessoas no mundo estão expostas ao amianto no local de trabalho. De acordo com estimativas mundiais, pelo menos 107 000 pessoas morrem todos os anos de cancro do pulmão, mesotelioma e asbestose resultantes da exposição ao amianto nas suas profissões. Para além disso, quase 400 mortes foram atribuídas à exposição não

profissional ao amianto. O número de doenças relacionadas com o amianto continua a subir, mesmo nos países que proibiram a sua utilização no início dos anos 90. Devido aos longos períodos de latência associados às doenças em questão, cessar a utilização do amianto agora só daqui a muitas décadas resultará num decréscimo do número de mortes por doenças com ele relacionadas.

➤ **Recomendações da OMS sobre a prevenção das doenças relacionadas com o amianto**

Tendo em conta que não há quaisquer provas para estabelecer um limiar relativo ao efeito carcinogénico do amianto, incluindo o crisótilo, e que foram observados riscos acrescidos de contrair cancro em populações expostas a níveis muito baixos, a via mais eficaz para a erradicação das doenças relacionadas com o amianto é deter a utilização de qualquer das suas formas. O uso continuado do fibrocimento na indústria da construção é particularmente preocupante, dado que envolve grande número de trabalhadores, a exposição é difícil de controlar e os materiais instalados são passíveis de se degradarem e constituírem um risco para quem proceda a reformas, manutenção ou demolição. Nas suas diversas aplicações, o amianto pode ser substituído por determinados materiais em fibra e por outros produtos com riscos menores ou nulos para a saúde.

Os materiais que contêm amianto devem ser encapsulados e, de uma forma geral, não é recomendável proceder a trabalhos que possam perturbar as suas fibras. Caso seja necessário, trabalhos tais como o encapsulamento, processos húmidos, ventilação por exaustão local com filtragem e limpeza regular, devem ser efectuados apenas sob medidas de controlo rigorosas, a fim de evitar a exposição ao amianto. Tal requer ainda a utilização de equipamento de protecção pessoal – respiradores especiais, óculos de protecção, luvas e vestuário de protecção – e a disponibilização de instalações especiais para a sua descontaminação.

A OMS está empenhada em trabalhar com os países para a erradicação das doenças relacionadas com o amianto cumprindo as orientações estratégicas que se seguem:

- ✓ reconhecendo que a forma mais eficaz de erradicar as doenças relacionadas com o amianto é acabar com a utilização de todos os tipos de amianto;

- ✓ fornecendo indicações sobre soluções de substituição do amianto por alternativas mais seguras e desenvolvendo mecanismos económicos e tecnológicos que estimulem a sua substituição;
- ✓ tomando medidas para evitar a exposição ao amianto instalado ou durante a sua remoção (redução);
- ✓ melhorando os serviços de diagnóstico precoce, tratamento e reabilitação das doenças relacionadas com o amianto e implementando registos das pessoas que a ele estão ou estiveram expostas.

A OMS recomenda veementemente o planeamento e implementação destas medidas, como parte de uma abordagem exaustiva para a erradicação das doenças relacionadas com o amianto. Tal abordagem deverá também incluir o desenvolvimento de perfis nacionais, acções de sensibilização, reforço das capacidades, um enquadramento institucional e um plano de acção nacional para a erradicação das doenças relacionadas com o amianto. A OMS irá colaborar com a OIT na implementação da Resolução relativa ao amianto, adoptada pela Nonagésima Quinta Sessão da Organização Internacional do Trabalho, e irá trabalhar com outras organizações intergovernamentais e a sociedade civil para a erradicação das doenças relacionadas com o amianto em todo o mundo.

❖ **Ferrolho**

Devido à proibição do uso de amianto em muitos países do mundo, incluindo Moçambique, adoptou-se o uso de balatas a base de ferrolho que é composto de fibras de carbono e ferro. Este material proporciona, mesmo que inferiormente, as mesmas propriedades da balata à base de amianto. A EMTPM utiliza balatas fabricadas de ferrolho.

Em termos de saúde, este material quando em forma de pó (poeira) é também tóxico, podendo causar sérios problemas respiratórios.

2.2.Princípio de funcionamento do sistema de travão a ar

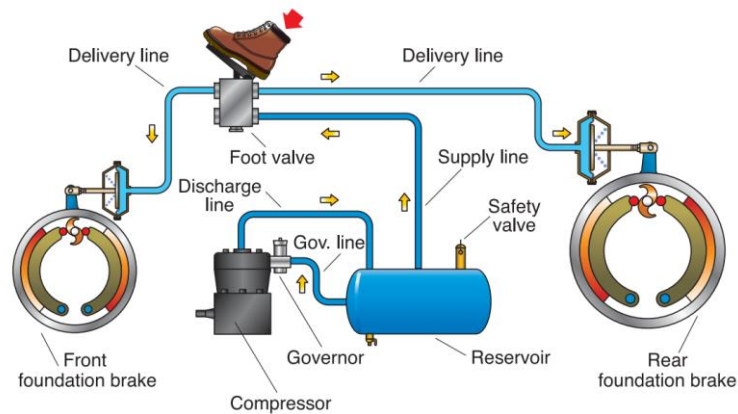


Figura 2.9. Pedal de travão pressionado

Quando o condutor pisa o pedal de travão, a válvula do pedal é aberta e o ar pressurizado proveniente do reservatório é direccionado para as bombas dos travões que através do giro do S empurram as balatas contra os tambores fazendo desse modo frear o veículo.

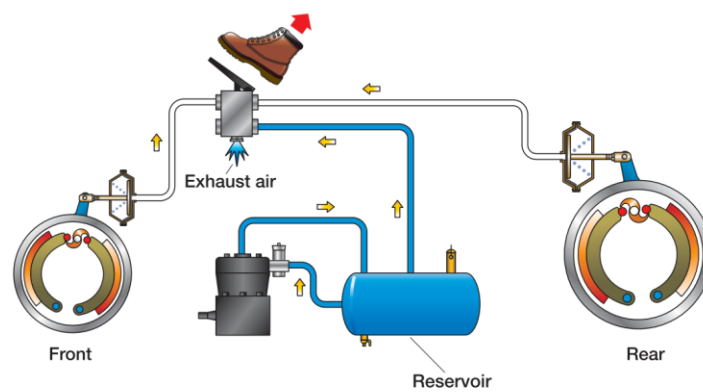


Figura 2. 10. Pedal de travão liberado

A figura 2.9 ilustra o momento em que o pedal de travão é liberado, quando isso acontece, a mola de retorno da câmara de ar empurra o diafragma e força o ar a retornar para a válvula do pedal. A válvula de pedal contém portas de exaustão por onde o ar escapa para a atmosfera.

2.3. Manutenção do sistema de travão a ar

Como qualquer outro sistema mecânico, o sistema de travão a ar necessita de manutenções periódicas para manter a integridade do sistema de travões. A manutenção pode ser para aferir a existência ou não de fugas de ar no sistema, desgaste das balatas e estado de funcionamento (saúde) das bombas de ar.

As fugas de ar no sistema são a causa raiz da maioria dos problemas do sistema, podem ocorrer principalmente devido ao surgimento de furos na tubulação e desgaste das anilhas de vedação nas junções de tubos.

A condição do sistema de fornecimento de ar indicará a saúde de todo o sistema. Um sistema de fornecimento empoeirado resultará num problema de controlo da fundação dos freios.

O desgaste das balatas é devido ao serviço de travagem do autocarro, o desgaste de balatas é esperado e, portanto, não é por definição uma avaria, mas sim um serviço rotineiro de manutenção da disponibilidade do sistema.

CAPÍTULO 3 CRAVAGEM E DESCRAVAGEM DE BALATAS

3.1. Estado actual da empresa quanto á manutenção de balatas dos autocarros

A EMTPM é uma empresa que opera no ramo de transporte urbano e suburbano de pessoas e bens. Esta empresa com mais de 85 anos, ainda desempenha as suas actividades usando infra estruturas, máquinas e equipamentos descontinuados. Pela demanda actual, dinâmica de trabalho e necessidade oferecer serviços de qualidades, as máquinas e equipamentos em uso dificultam largamente o cumprimento de sua missão. Pelo que, a EMTPM precisa de uma larga actividade de inovação ou modernização das máquinas e equipamentos de trabalho.

“Uma inovação de processo é a implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Incluem-se mudanças significativas em técnicas, equipamentos e/ou softwares. As inovações de processo podem visar reduzir custos de produção ou de distribuição, melhorar a qualidade, ou ainda produzir ou distribuir produtos novos ou significativamente melhorados” (OECD – MANUAL DE OSLO; 2005; p. 58 - 59).

Nesse âmbito, surge este trabalho que é de inovação direccionada a melhoria das condições de trabalho e aumento da produtividade da empresa através de implementação de máquinas modernas, mais fáceis de manusear, rápidas e eficazes.

A empresa EMTPM não dispõe de máquina alguma para descravar balatas dos autocarros, ou seja, a descravagem é inteiramente manual através de martelo e escopro. Para os trabalhadores, este processo manual periga a saúde pelos seguintes riscos:

- a) Risco de inalação de poeiras do material desgastável da balata;
- b) Risco de acidente no manuseio do martelo e escopro;
- c) Risco ergonómico (posição de trabalho desconfortável).

Para a empresa, este processo manual retém os autocarros por muito mais tempo na empresa devido à morosidade do trabalho porque são poucas as vezes que se tem um estoque de balatas prontas para a montagem, a falta de estoque dá-se muitas vezes por falta de maxilas extras para cravagem de balatas antecipadamente.

Actualmente, a empresa EMTPM dispõe de uma máquina antiga, de marca RENATO PICCINOTTI, de cravagem de balatas que é comandado por um sistema pneumático. Esta máquina não se encontra no seu estado pleno de funcionamento, com o manómetro avariado, ou seja, já não há regulação da pressão do ar nem controlo da força de rebitagem. Para uma maxila com dezasseis (16) furos, leva-se pelo menos 15 minutos para fixar todos os rebites e ter a balata pronta.

Em outras palavras, o estado actual da empresa no que concerne à manutenção das balatas dos autocarros é de baixa produtividade devido a tempos longos de indisponibilidade dos autocarros devido ao desgaste de balatas.

Para dinamizar a produtividade da empresa e reduzir os riscos no trabalho de manutenção de balatas dos autocarros surge este projecto que visa aplicar um braço robótico para realizar as tarefas repetitivas tanto na descravagem como na cravagem das balatas.

CAPÍTULO 4 METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

4.1. Escolha do tipo e modelo do robô.

A aplicação de uma máquina robotizada para a descravagem e cravagem de balatas de autocarros começará com a escolha do tipo e modelo do braço robótico ideal. Essa escolha deverá satisfazer os seguintes requisitos:

- ✓ Capacidade de movimentar a ferramenta para qualquer ponto da maxila;
- ✓ Capacidade de acoplar uma broca e uma prensa C de rebitagem;
- ✓ Baixo custo.

A empresa FANUC dispõe de variados tipos e modelos de robôs que se adequam aos requisitos acima levantados, embora a componente custo seja relativa comparativamente com outros fabricantes.

Pelo catálogo MDS-04100-EN da FANUC Robotics, página 11, escolheu – se o robô articulado **M-10iD/16S** com as seguintes características técnicas:

Tabela 4.1. Características técnicas do Robot M-10iD/16S. Fonte: Catálogo MDS-04100-EN

Modelo	Capacidade máxima de carregamento [Kg]	Alcance (x/y) [mm]	Peso do robô [Kg]	Potência média de consumo [kW]	Eixos controlados
M-10iD/16S	16	1103/1977	140	1	6

Informações adicionais e dimensionais sobre o robô encontram-se no anexo 1.



Figura 4.1. Robô M-10iD/16S. Fonte: Fanuc Robotica

4.1.1. Escolha da ferramenta de corte

Para a descravagem de balatas através do robô será necessária uma ferramenta para destruir as cabeças dos rebites formadas no acto da cravagem. Uma das formas de destruir as cabeças dos rebites é o corte por uma ferramenta de corte (fresa). A fresa será acoplada a um comando eléctrico para girar a ferramenta de corte.

A empresa ATI Industrial Automation é uma empresa estadunidense especializada na produção de ferramentas de corte acopláveis aos robôs. Pelos catálogos disponíveis no site www.ati-ia.com escolheu-se a ferramenta do modelo 9150-RCE-710.



Figura 4.2. ATI Multi-Eixo, ferramenta eléctrica de rebarbagem radialmente compatível. Fonte: ATI Industrial Automation

Tabela 4.2. Especificações técnicas da ferramenta de corte. Fonte: Manual da ferramenta¹

Parâmetro	Valor
Motor	Eléctrico
Velocidade de funcionamento (rpm)	0 – 15 000
Torque máximo	0.16 Nm
Potência	710 W
Peso	3.36 Kg
Compensação radial	+/- 8 mm (Recomendado)
Força de conformidade (medida no engaste)	6.7 – 53.4 N
Tamanho do engaste (padrão)	6 e 8 mm
Rotação máxima de trabalho (rpm)	13 000
Tensão requerida	120 VAC

Esta ferramenta é que faz a ligação entre o braço robótico e a ferramenta de corte, este é o accionamento que permitirá girar a ferramenta de corte. As especificações dimensionais e funcionais da peça estão apresentadas no anexo 2.

A ferramenta de corte que deverá ser montada no motor eléctrico para o corte de rebites é a ferramenta de modelo 9150-RC-B-24065 apresentada no mesmo catálogo do motor. Esta ferramenta é destinada a corte de metais não ferrosos como Alumínio e suas ligas e materiais termoplásticos. O material do rebite pela sua dureza pode se enquadrar nesta categoria da ferramenta.

¹ O manual da ferramenta “*Manual, Electric Deburring Tool, RCE*” no site www.ati-ia.com, documento numero 9610-50-1040-03



Figura 4.3. Ferramenta de corte. Fonte: ATI Industrial Automation

Tabela 4.2. Dimensões da ferramenta de corte. Fonte: ATI Industrial Automation

Parâmetro	Valor
Diâmetro médio	10 mm
Diâmetro do pé	6 mm
Comprimento médio	16 mm

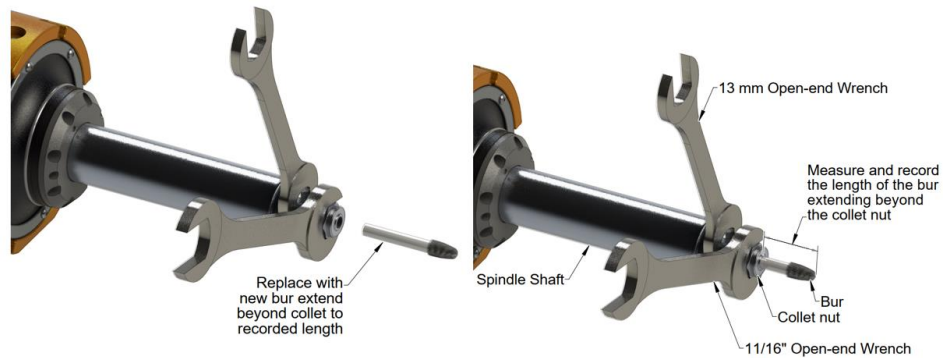


Figura 4.4. Montagem da ferramenta de corte. Fonte: ATI Industrial Automation

Para efeitos de manutenção das ferramentas e do comando eléctrico, o manual do artigo explica detalhadamente os procedimentos.

4.1.2. Escolha da ferramenta de rebitagem

A rebitagem automatizada é realizada através de dispositivos electromagnéticos, pneumáticos ou hidráulicos que são acoplados nos braços robóticos para agilizar os processos de rebitagem. Este sistema automatizado é muito empregue em indústrias automobilísticas para rebitagem de

carroçarias. Este mesmo sistema pode ser aplicado e programado para operar em qualquer tipo de projecto.



Figura 4. 5. Ferramenta de rebitagem automatizada. Fonte: Atlas Copco

❖ Componentes do dispositivo de rebitagem automática

O dispositivo de auto rebitagem é constituído por seguintes componentes:

i) Quadros

A força que ocorre durante a rebitagem é absorvida pelo quadro em C ou pelas colunas em quadros de colunas. O design do quadro influencia muito no peso total, acessibilidade das partes da peça, condições de trabalho e segurança ocupacional.

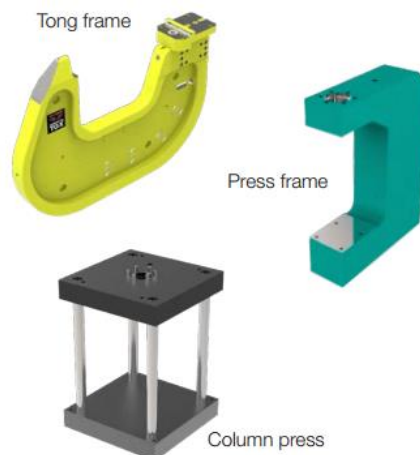


Figura 4.6. Quadros do dispositivo de rebitagem. Fonte: TOX Riveting Technology

ii) Unidades de força

Para possibilitar a rebiteagem, é necessária uma larga força para deformar o rebite e formar a ligação. Essas forças são geradas por servos electromecânicos ou pneuma-hidráulicos.



Figura 4.7. Servo electromecânico e pneuma hidráulico. Fonte: TOX Riveting Technology

Os servos electromecânicos são capazes de gerar forças de pressão de até 1000 kN. Para a rebiteagem são requeridos de 80 kN de força máxima. Maior parte dos servos electromecânicos usados na rebiteagem variam de 30 a 100 kN.

Por outro lado, os servos pneuma hidráulicos são mais fortes e os mais usados mundialmente são capazes de produzir força de pressão variável de 2 a 2000 kN.

Para este projecto, será feita uma combinação do quadro “Tong frame” com o servo electromecânico. A razão para essa escolha é a baixa força de pressão requerida para a rebiteagem de balatas pois os rebites são de metais não ferrosos e também para a simplificação do sistema, pois, escolher um sistema pneumático levaria a uma complexidade do projecto.

Este dispositivo de rebiteagem é composto também por um subsistema de alimentação, ou seja, os rebites são automaticamente posicionados pela máquina.

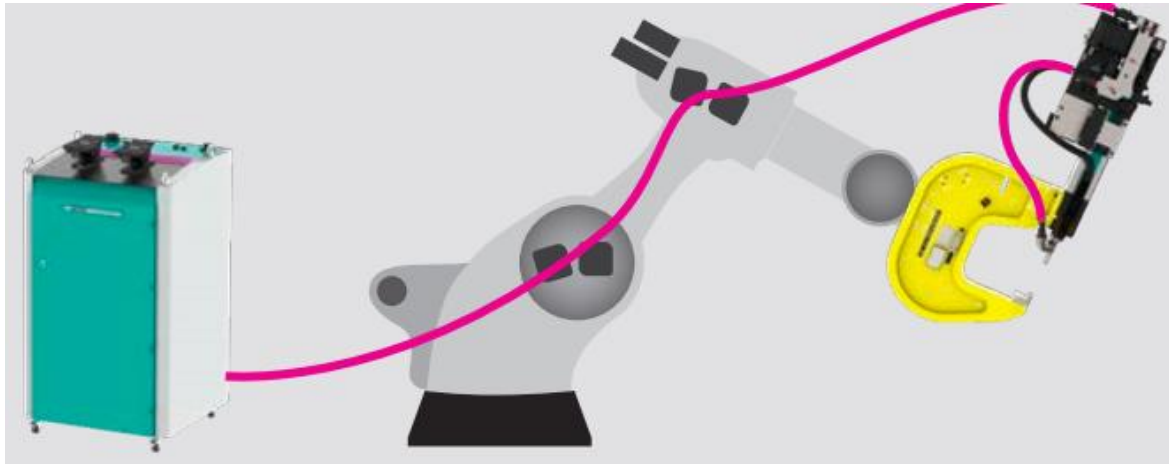


Figura 4.8. Sistema de rebiteamento com módulo de alimentação. Fonte: Fonte TOX Riveting Technology

4.2. Dimensionamento dos apoios para as maxilas

Tanto para a descravagem como para a cravagem das balatas, as maxilas deverão ser fixadas em apoios que possibilitem dar ao robô acesso livre às áreas de trabalho. O dimensionamento desses apoios consiste em determinar os seguintes componentes: o modelo de fixação e aperto das maxilas; a altura e distância de sua fixação tendo em conta o alcance do robô.

4.2.1. Definição do modelo de fixação e aperto das maxilas

A maxila do autocarro de marca VW dispõe de dois rasgos nas suas extremidades onde se montam as roldanas indispensáveis para o funcionamento da mesma no trabalho de travagem. Pelos mesmos rasgos, pode fixar-se a maxila por intermédio de eixos, e ao centro da maxila usar-se-á um apoio para evitar o deslocamento axial da maxila. A *figura 4.9* ilustra o design dos apoios fixos da maxila (maxila sobre os apoios).

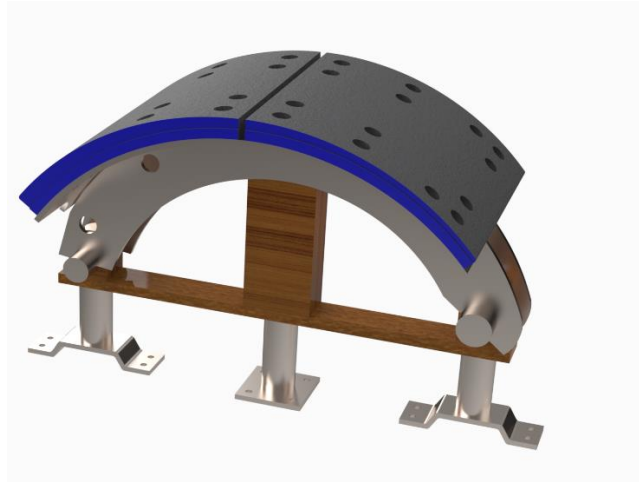


Figura 4.9. Balata apoiada. Fonte: Autor

❖ Elementos do conjunto apoio

Como ilustra a figura 4.9, a balata está apoiada num conjunto de apoios composto pelas seguintes partes: cavilhas, pernas, cubos, braço e barra de alinhamento.

- i) **Pernas:** as pernas são os apoios base, que permitem a montagem da balata sobre a bancada de trabalho. As pernas serão fabricadas de varão e chapa de aço C20, que possui boa qualidade de soldadura e dobramento a frio.

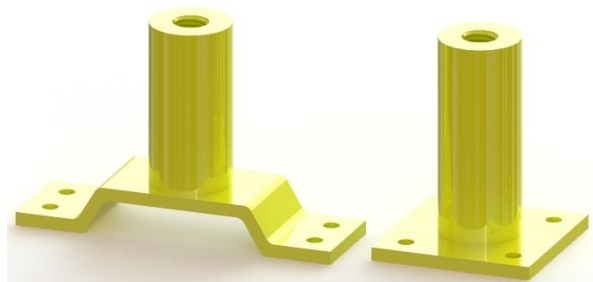


Figura 4.10. Pernas. Fonte: Autor.

- ii) **Cavilhas:** as cavilhas são eixos que por concentricidade serão montadas nelas em conjugação com os rasgos da maxila. Esses serão igualmente fabricados de aço de construção C20.



Figura 4.11. Cavilhas. Fonte: Autor

- iii) **Cubos:** são elementos com função de manter a maxila fixa de tal maneira que ela não se desloque lateralmente ao longo do eixo das cavilhas. Os cubos serão fabricados de madeira pois, são elementos intermédios que mesmo em contacto com a maxila não ocorre desgaste entre as superfícies em contacto. Para a redução do peso e custo de produção, opta-se por usar madeira.



Figura 4.12. Cubos. Fonte: Autor

- iv) **Braço:** o braço tem a função de impedir a rotação da maxila devido a forças axiais que surgem durante a descavagem e cravagem da balata. O braço será contruído do mesmo material dos cubos pelas mesmas razões lá citadas.
- v) **Barra:** a barra servirá de base para montagem de cubos e do braço. Esta será fabricada de madeira.



Figura 4.13. Braço (a esquerda) e barra (a direita). Fonte: Autor

4.2.2. Dimensionamento dos apoios

No anexo 1, está ilustrada a área de alcance do robô *M-10iD/16S*. A balata deverá ser posicionada dentro da área de alcance do robô entre os pontos (301 ; 0) e (1103 ; 1085).

As dimensões dos apoios são em função das dimensões da maxila. As dimensões principais são: o diâmetro dos rasgos e as distâncias entre eles.

i) Dimensões das cavilhas

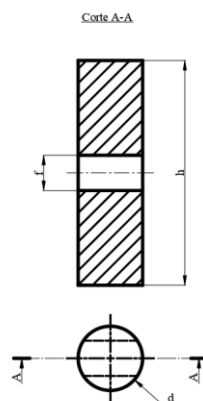


Figura 4.14. Dimensões das cavilhas. Fonte: Autor

A cavilha deverá ser montada concentricamente com os rasgos da maxila. A maxila é composta por dois pares de rasgos, um de 10 mm de diâmetro e segundo par de 12,5 mm. Por se tratar de superfícies em contacto sem movimento relativo, pode-se escolher o grau de tolerância IT8 para todo o projecto.

Para o caso dos rasgos, o ajustamento é imóvel, logo as cavilhas serão fabricadas de desvio fundamental h .

Para o primeiro par de rasgos $d_{nom} = 20mm$

$$es = 0; d_{max} = d_{nom} = 20mm$$

$$ei = -IT = -0.033mm; d_{min} = d_{nom} - IT = 20 - 0.033 = 19.967mm$$

Logo, para o primeiro par rasgos, a cavilha terá $d = 19.967mm$.

Para o segundo par de rasgos $d_{nom} = 25mm$

$$es = 0; d_{max} = d_{nom} = 25mm$$

$$ei = -IT = -0.033mm; d_{min} = d_{nom} - IT = 25 - 0.033 = 24.967mm$$

Logo, para o segundo par de rasgos, $d = 24.967mm$

A outra dimensão das cavilhas é a dimensão h que é o comprimento que compreende a distância axial entre cada par de cavilhas. A dimensão interna entre duas cavilhas medidas ao longo de seus eixos, corresponde a $30mm$, a este valor deve ser acrescida largura do rasgo em cada extremidade. A largura do rasgo equivale à espessura da maxila que é de $4mm$.

$h = 30 + 2 \times 4 = 38mm$, ou seja, a cavilha deve ter pelo menos 38 mm de comprimento, mas é necessário um comprimento maior para permitir o manuseio e segurança da maxila montada. A cavilha portanto terá um comprimento de $h = 70mm$.

E por fim tem-se o furo passante f que será o canal de fixação do cubo e da cavilha com a base do apoio, por meio de um parafuso M10, pelo que o furo será de $f = 11mm$, pois na cavilha o parafuso não contém rosca.

ii) **Dimensões dos cubos**

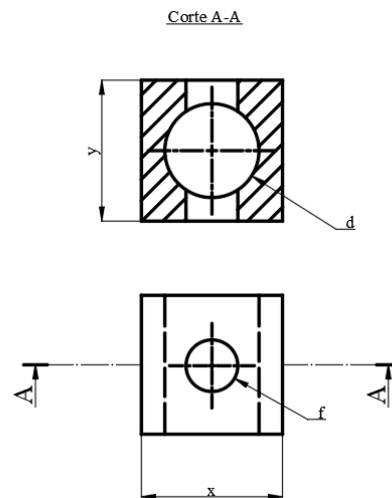


Figura 4.15. Dimensões do cubo. Fonte: Autor

O furo de diâmetro d será o furo de montagem da cavilha, para o sistema de furo base, usa-se o desvio fundamental H.

Para o primeiro caso: $d_{nom} = 20mm$

$$ES = IT = 0.033mm; D_{max} = d_{nom} + IT = 20 + 0.033 = 20.033mm$$

$$EI = 0; D_{min} = d_{nom} = 20mm$$

Para o primeiro caso: $d_{nom} = 25mm$

$$ES = IT = 0.033mm; D_{max} = d_{nom} + IT = 25 + 0.033 = 25.033mm$$

$$EI = 0; D_{min} = d_{nom} = 25mm$$

O furo passante f é o mesmo furo que passa pela cavilha de valor $f = 11mm$.

A dimensão x é a dimensão de montagem do cubo entre os rasgos da maxila, cujo valor nominal é de $x_{nom} = 30mm$. O ajustamento é incerto, ou seja, o desvio será J_s .

$$ES = \frac{IT}{2} = \frac{0.033}{2} = 0.0165mm$$

$$X_{max} = x_{nom} + ES = 30 + 0.0165 = 30.0165mm$$

$$EI = -\frac{IT}{2} = -\frac{0.033}{2} = -0.0165mm$$

$$X_{max} = x_{nom} - EI = 30 - 0.0165 = 29.9835mm$$

Para lado cujos rasgos medem 20 mm, o valor de y será tomado como base, sendo $y = 30mm$, esta é a altura do cubo que influenciará na altura total dos apoios. Se se verificar inferior este valor poderá posteriormente ser alterado. E para o lado cujos rasgos medem 25 mm, o valor de y pode ser tomado equivalente a 40 mm.

iii) Dimensões das pernas

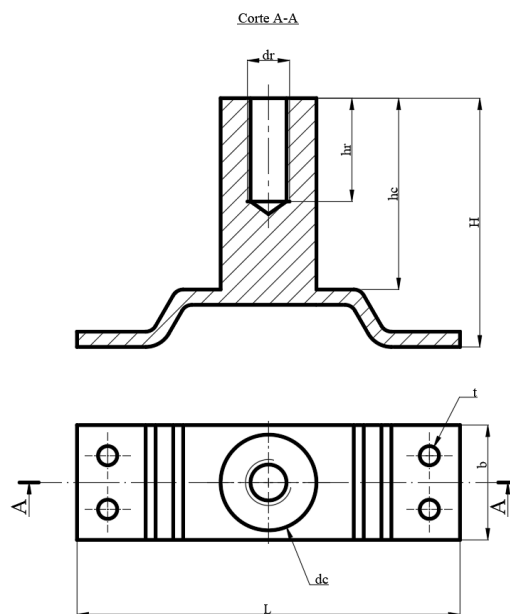


Figura 4.16. Dimensões das pernas das extremidades. Fonte: Autor

As pernas são os elementos de suporte, ou seja, são os apoios propriamente dito. As dimensões principais são a altura H , o diâmetro do cilindro (dc), e as da rosca.

O diâmetro do cilindro não entrará em conjugação com nenhuma outra superfície, o seu valor nominal é de 25 mm e pode ser fabricado com um grau de tolerância 12 por ser uma superfície livre. O diâmetro do cubo deverá estar no intervalo de $dc = 25 \pm 0.21 mm$.

A altura H é de 65 mm, este valor permite que a balata montada nos apoios esteja dentro do alcance total do braço robótico, a dimensão h_c é de 50 mm.

A base do apoio será fabricada de chapa de 4 mm de espessura. O comprimento L será de 100 mm e a largura b terá 30 mm. Para a sua fixação escolhe-se pela norma ISSO 4016 o parafuso M5 a ser montado nos furos t .

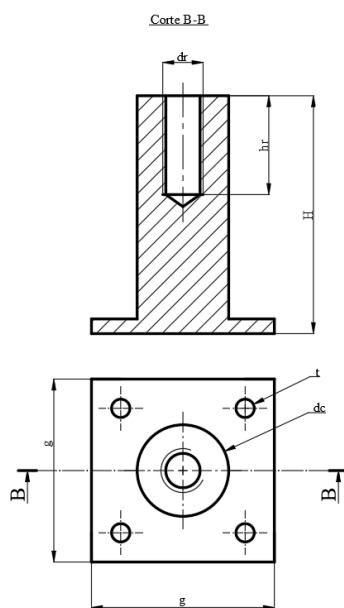


Figura 4.17. Dimensões da pena do meio. Fonte: Autor

A perna do meio servirá para dar sustentação à maxila e montagem do braço que impedirá a deslocação da maxila. As cotas referenciadas com as mesmas designações com as das pernas para as extremidades, correspondem aos mesmos valores. A dimensão B será de 50mm.

Para a montagem de todos os elementos do apoio, escolhe-se pela norma ISO 4016, um parafuso M10x65x26. Logo, $hr = 26mm$, que corresponde a dimensão roscada do parafuso.

iv) Dimensões do braço

A altura h corresponde a dimensão entre a barra e a maxila montados radialmente $h = 150mm$, razão essa que o braço terá a parte de superior curva. A dimensão d é o diâmetro do furo para

o elemento de fixação, esse furo é o mesmo da barra e da perna $d = 11mm$. O comprimento e a largura do braço são respectivamente, $c = 50mm$ e $l = 30mm$.

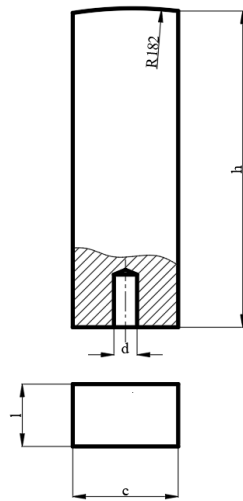


Figura 4.18. Dimensões do braço. Fonte: Autor

v) **Dimensões da barra**

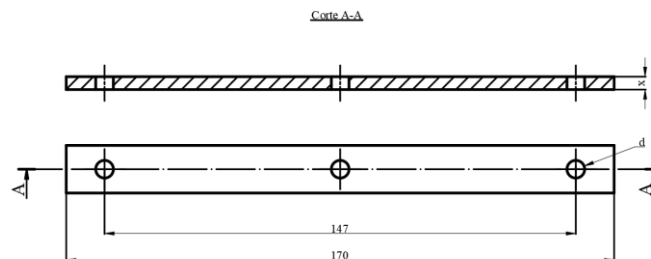


Figura 4.19. Dimensões da barra. Fonte: Autor

A barra é o elemento do conjunto apoio que servirá para alinhar a montagem das pernas. O comprimento da barra é dado pela distancia diametral da maxila medida do primeiro par de rasgos ao segundo par que equivale a $147mm$ e acrescido a um valor prolongamento das extremidades para montagem de cubos e pernas. O comprimento total conseguido é de $170mm$.

4.3. Dimensionamento da bancada de trabalho

A actualmente a empresa não dispõe de bancada para a montagem da máquina e dos apoios para balatas. A bancada terá que ter capacidade de suportar o peso do robô que é de 1400N e área suficiente para montagem de apoios para balatas e o manuseio das mesmas.



Figura 4.20. Bancada de trabalho. Fonte: Autor

O design acima proposto é composto por duas superfícies, a superfície inferior servirá para montagem do robô e a de cima para a montagem dos apoios e também para o manuseio de peças e outros equipamentos.

A bancada será fabricada de aço de construção C20 de 4 mm de espessura, suportada por tubos de secção quadrada 40x40x4 mm. As superfícies inferior e superior deverão ser fortificadas com placas de madeira para poder suportar os 1400N do robô. Toda a bancada será contruída por soldadura.

4.4.Montagem do design final

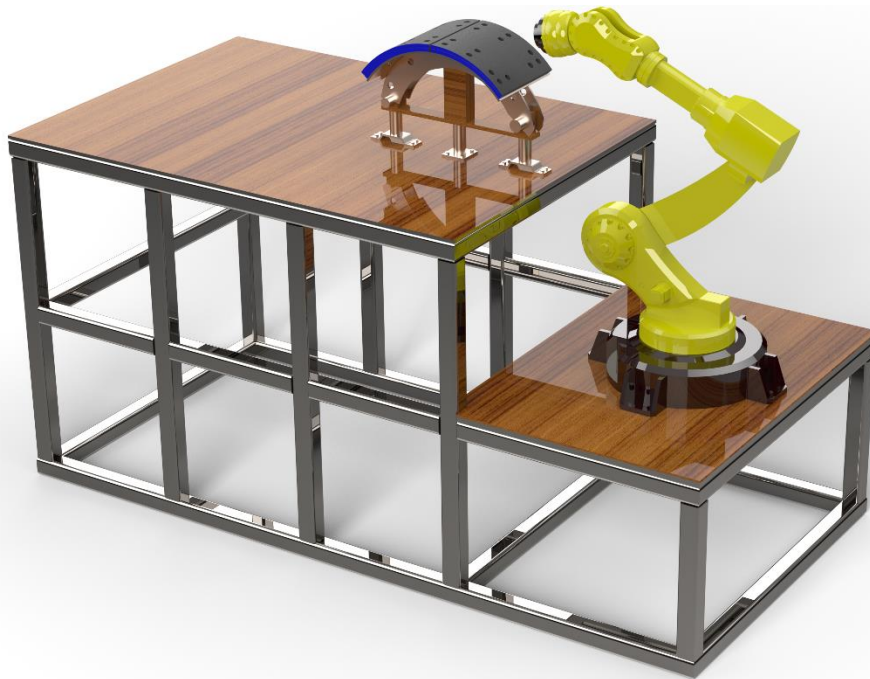


Figura 4.21. Design final do projecto: balata e braço robótico montados. Fonte: Autor



Figura 4.22. Design final do projecto: ferramenta de corte montada. Fonte: Autor



Figura 4.23. Design final do projecto: processo de corte de rebites. Fonte: Autor



Figura 4.24. Design final do projecto: ferramenta de cravagem montada. Fonte: Autor

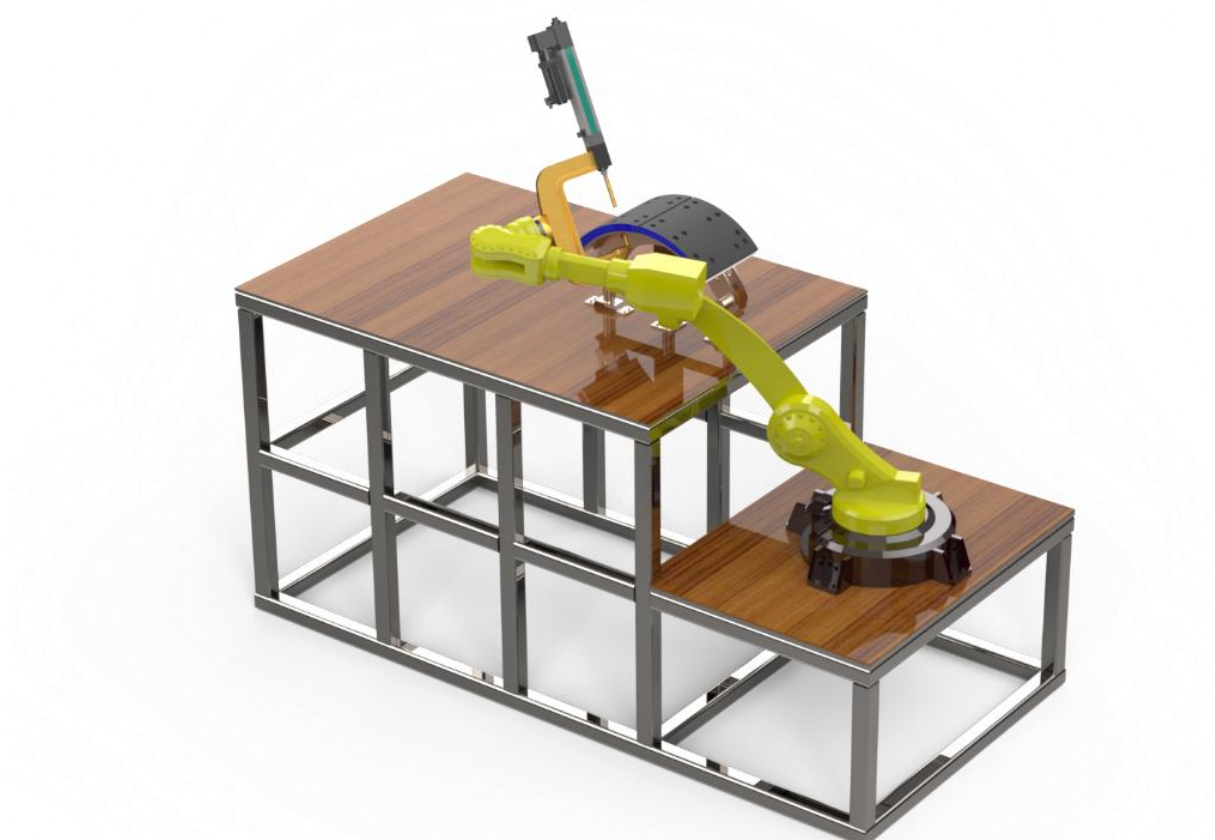


Figura 4.25. Design final do projecto: processo de rebitagem. Fonte: Autor

4.5. Avaliação económica do projecto

A avaliação económica do projecto inicia com o levantamento dos preços das peças, máquinas e ferramentas envolvidas em todo o projecto e do levantamento dos custos totais de mão de obra e energia.

4.4.1. Levantamento dos preços dos equipamentos

Tabela 3. Preços dos equipamentos

Equipamento	Preço [USD]	Quantidade	Fonte
Robô M-10iD/16S	25 000	1	Fanuc Robotics
Self-piercing riveting	1 000	1	Ali baba
Tubo 40x40x4 mm	2 USD/metro	25.4 m	Indiamart
Ferramenta de cote	500	1	ATI
Varão de aço	2 USD/metro	1 m	Indiamart
Chapa de aço	3 USD/m ²	1.5 m ²	Indiamart
Vigas e tábuas de madeira	30	1	
Total	-	26 587 USD	-

Considerando um câmbio de 70,00 MT por dólar americano, o custo do material será de cerca de 1 861 090,00MT. A esse valor deve ser acrescido o custo de mão de obra e de materiais não inclusos como por exemplo, o custo de eléctrodos para soldadura, o custo de energia eléctrica para a fabricação da bancada, o custo de mão de obra e de possível encomenda de alguns trabalhos fabris. Devido à falta ou insuficiência de alguns dados, o valor desse custo pode ser extrapolado em pelo menos 200 000,00MT que resultará em 2 061 090,00MT. Considerando 60% o valor devido a encargos como encomenda e transporte de materiais. O custo total do projecto será de 3 297 744,00MT.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

A identificação e análise e resolução do problema que foi o objecto de investigação deste trabalho partiu da constatação de que a oficina da EMTPM não consegue prontificar a manutenção de um autocarro em um dia trabalho de manutenção das balatas. Uma situação que cria não só prejuízos à empresa no que diz respeito à receita, mas também ao público pela indisponibilidade de um meio de transporte.

Para resolver o problema recorreu-se à análise das condições de trabalho ora existentes e de seguida pensou-se numa maneira de melhorar por meio de inovação. A escolha de uma melhoria que faz o uso de aplicação de uma máquina robotizada teve como sua base a redução da exposição do trabalhador às substâncias tóxicas do material da balata, que podem criar e também agravar doenças aos trabalhadores e não só.

Para assegurar as maxilas, dimensionou-se um sistema de apoio capaz de fixar as maxilas à bancada de trabalho, estes apoios foram dimensionados tendo em conta principalmente o curso das ferramentas que serão acopladas ao robô. A bancada de trabalho é onde serão dispostos o robô e suas ferramentas e os apoios das balatas, o dimensionamento da bancada teve como parâmetros condicionantes o peso e o alcance do robô.

Deste projecto de melhoria, espera-se que as actividades de manutenção das balatas sejam realizadas com riscos reduzidos, para salvaguardar a saúde dos colaboradores da empresa. Espera-se um aumento da produtividade, pois, o projecto irá reduzir o tempo de indisponibilidade dos autocarros em mais do que a metade.

5.2. Recomendações

Enquanto se espera a implementação deste projecto, recomenda-se que as balatas a serem descravadas sejam submersas na água pelo menos um (1) dia antes da descravagem, para que todo o volume da balata seja humedecido. Deste modo será possível reduzir a quantidade de poeiras durante a descravagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APTA Brake e Chassis Working Group. *Bus Air Brake System Training*. APTA Standards Quarterly Webinar Series. S/d.

ATI Industrial Automation. *ATI Multi-Axis, Radially-Compliant Electric Deburring Tool*. EUA. S/d.

Atlas Copco. *Henrob self-pierce riveting*. S/d.

BENDIX. *Air Brake Handbook*. Huntington. 2014.

FANUC Robots. The Factory Automation Company. *Product Overview*. S/d.

FORT GARRY INDUSTRIES. *Brake Shoe Catalogue*. S/d.

MERITOR. *Bus and Coach Brake Shoe Package*. EUA. 2013

NEW BRUNSWICK. *Air Brake Manual*. S/d.

Northwest Territories Transportation. *Air Brake Manual*. Training and Reference Guide. 2007.

OECD. *MANUAL DE OSLO: Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica*. 2005

SILVA, Arlindo; RIBEIRO, Carlos; et al. *Desenho Técnico Moderno*. 4ª Edição Actualizada e Aumentada. Edições Técnicas. Brasil. 2004

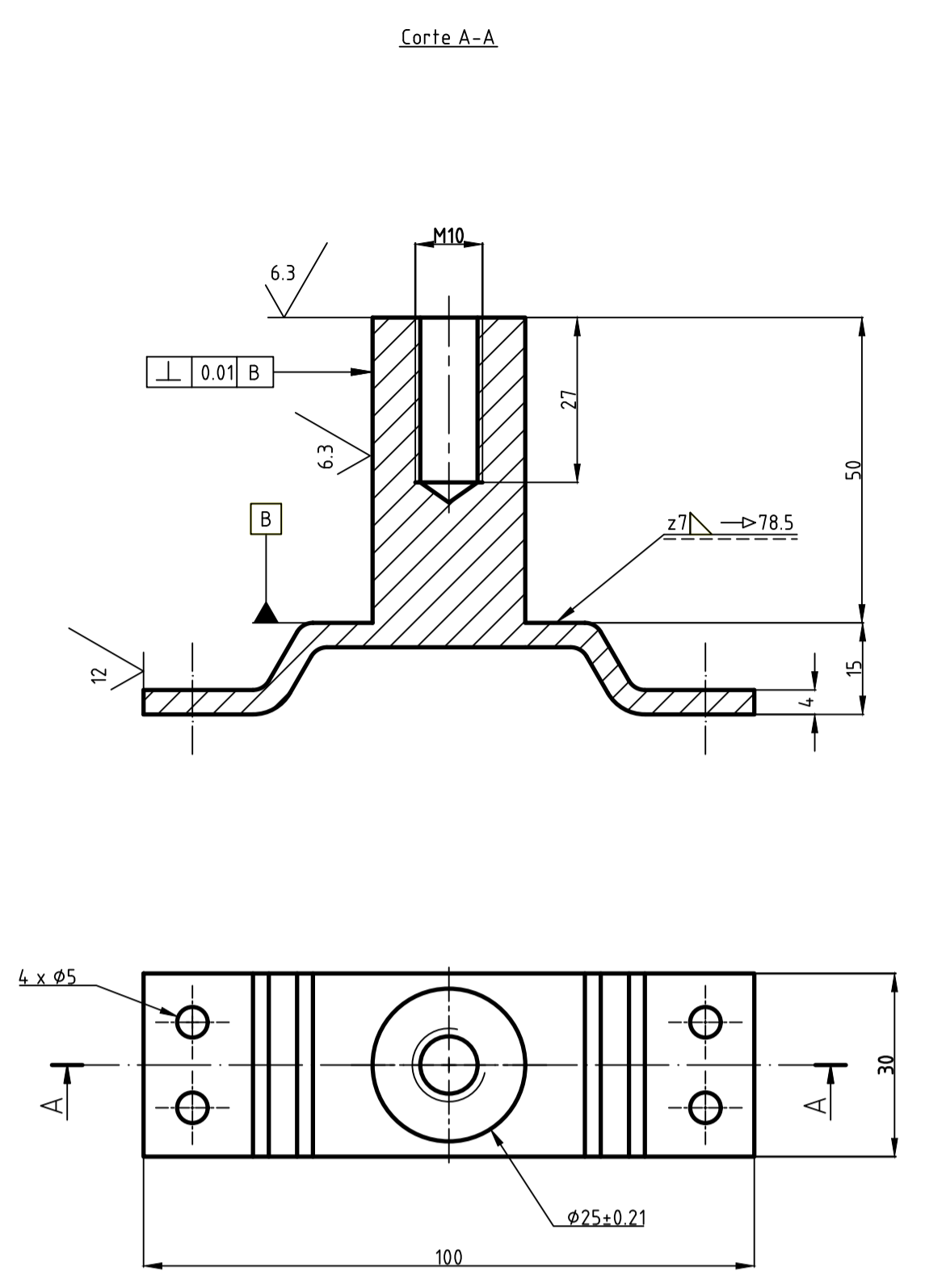
TOX PRESSOTECHNIC. *TOX Riveting Technology*. Alemanha. S/d.

WABCO. *System and Components for Commercial Vehicles*. Bélgica. 2015

World Health Organization (WHO). *Amianto Crisólito*. Genebra. 2017.

ANEXOS

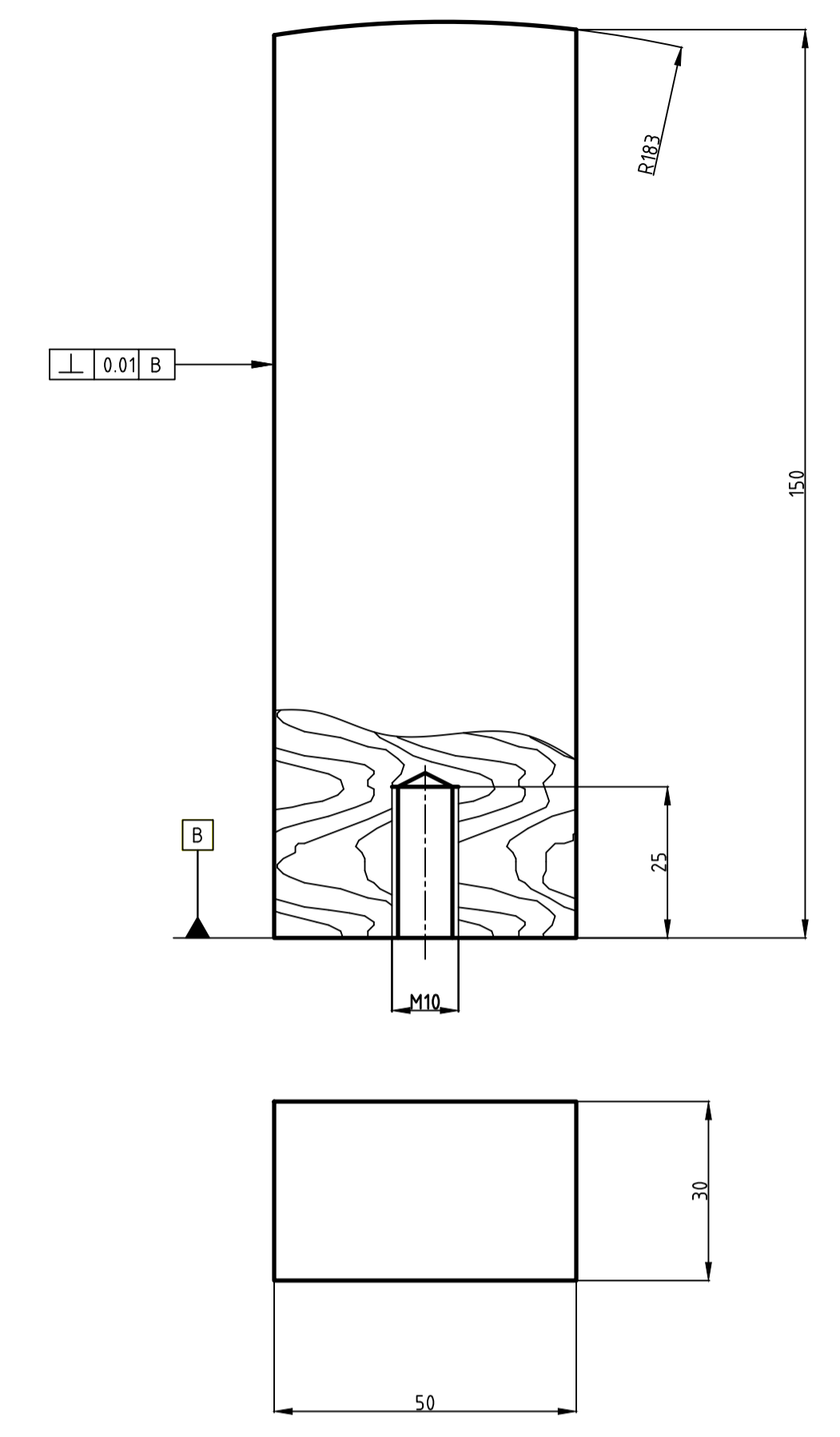
Rz20 (✓) (✓)



Nota:
Desvios-limite não indicados: furos - H12, veios - h12, e outros - JT12/2.

DEMA EP 2022 DF 0001			
Fol.	Doc. Num.	Assin.	Data
Exec.	José	Ésio	
Verif.	Roberto	David	
Perna do apoio		Código	Peso
		Escala	
		1:1	
		Folha	Folhas
Aço C20		FE.UEM.DEMA	

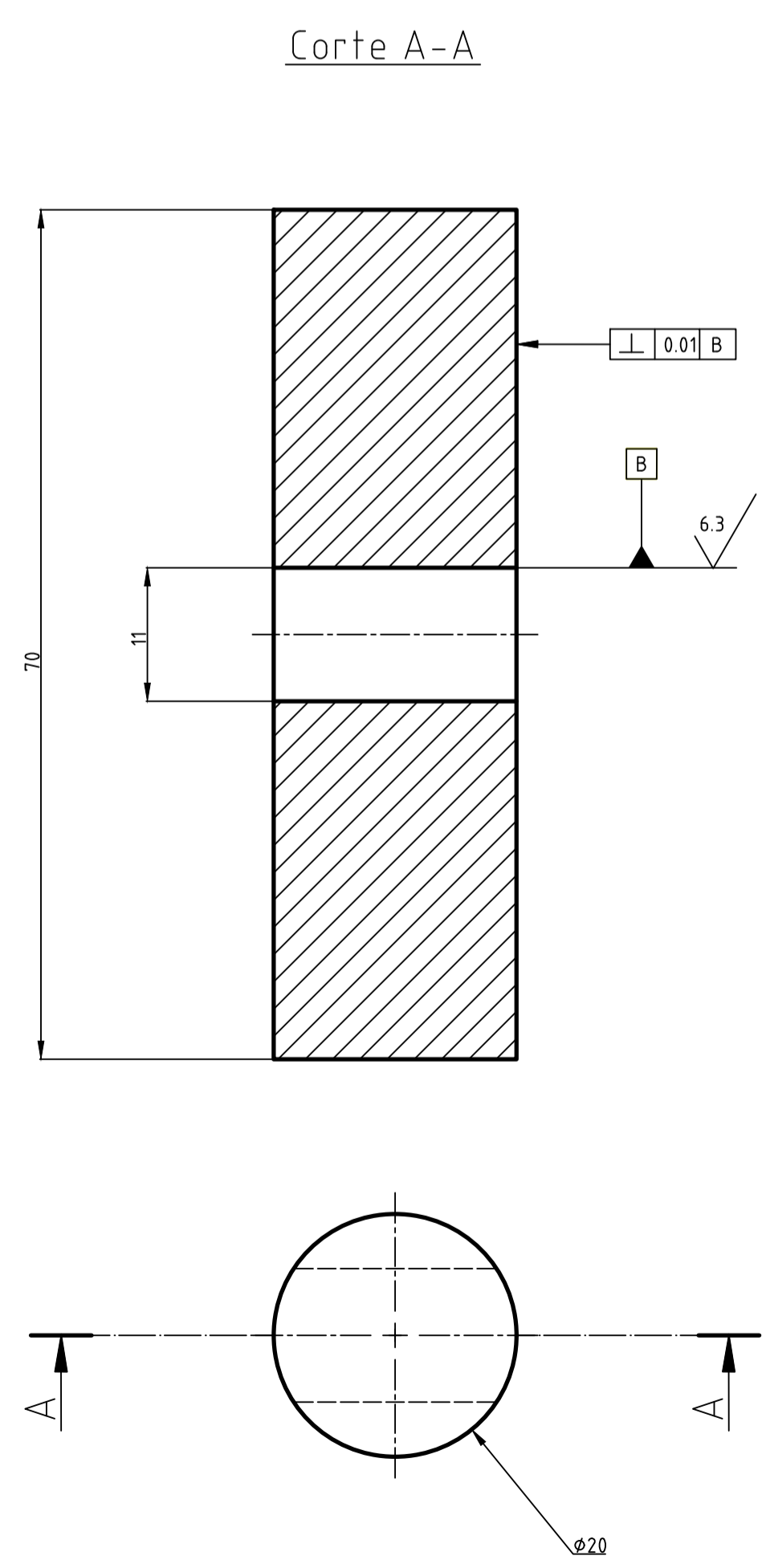
Rz40 (✓) (✓)



Nota:
Desvios-limite não indicados: furos - H12, veios - h12, e outros - JT12/2.

DEMA EP 2022 DF 0002			
Fol.	Doc. Num.	Assin.	Data
Exec.	José	Ésio	
Verif.	Roberto	David	
Braço do apoio		Código	Peso
		Escala	
		1:1	
		Folha	Folhas
Madeira		FE.UEM.DEMA	

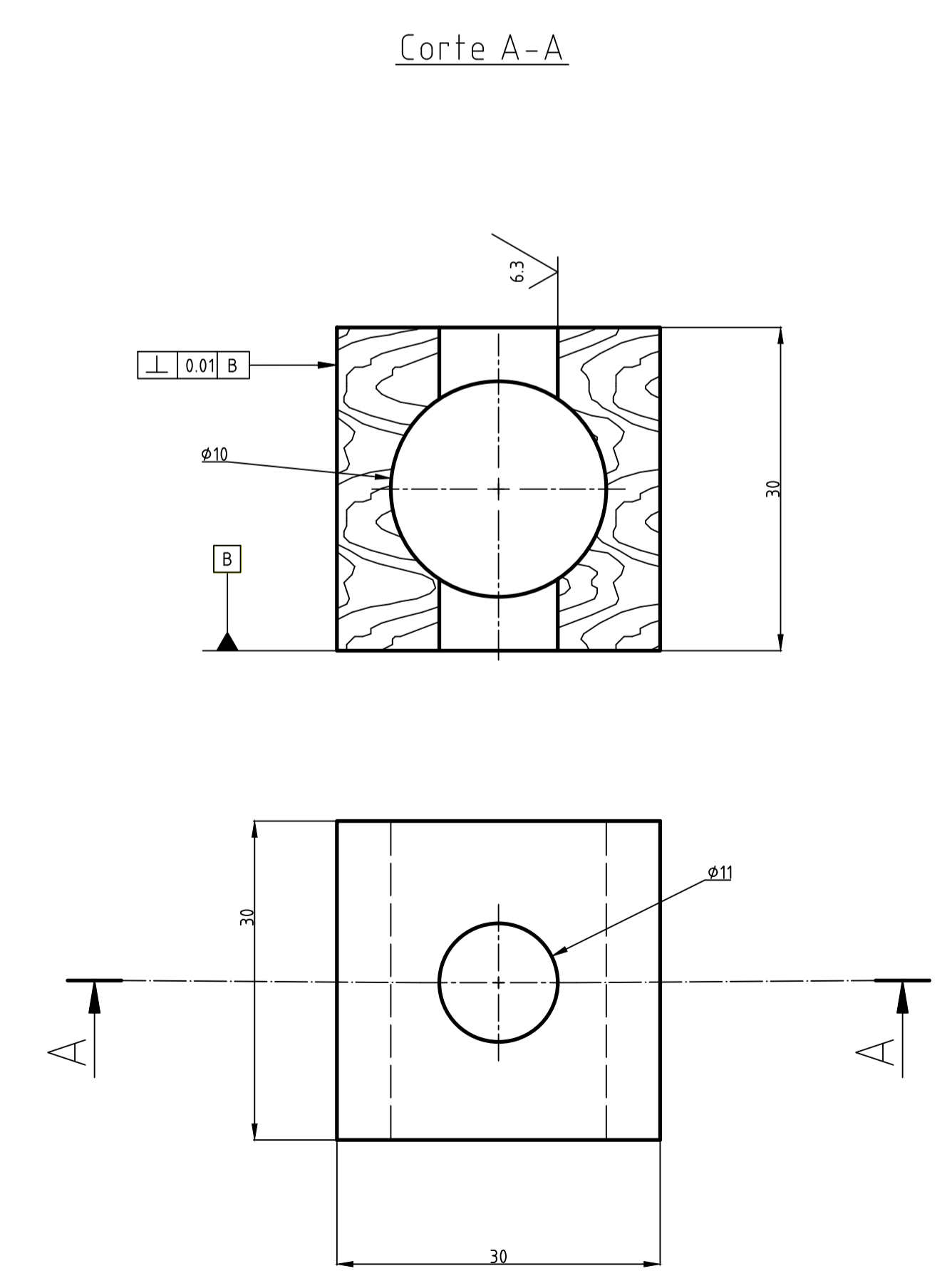
Rz20 (✓) (✓)



Nota:
Desvios-limite não indicados: furos - H12, veios - h12, e outros - JT12/2.

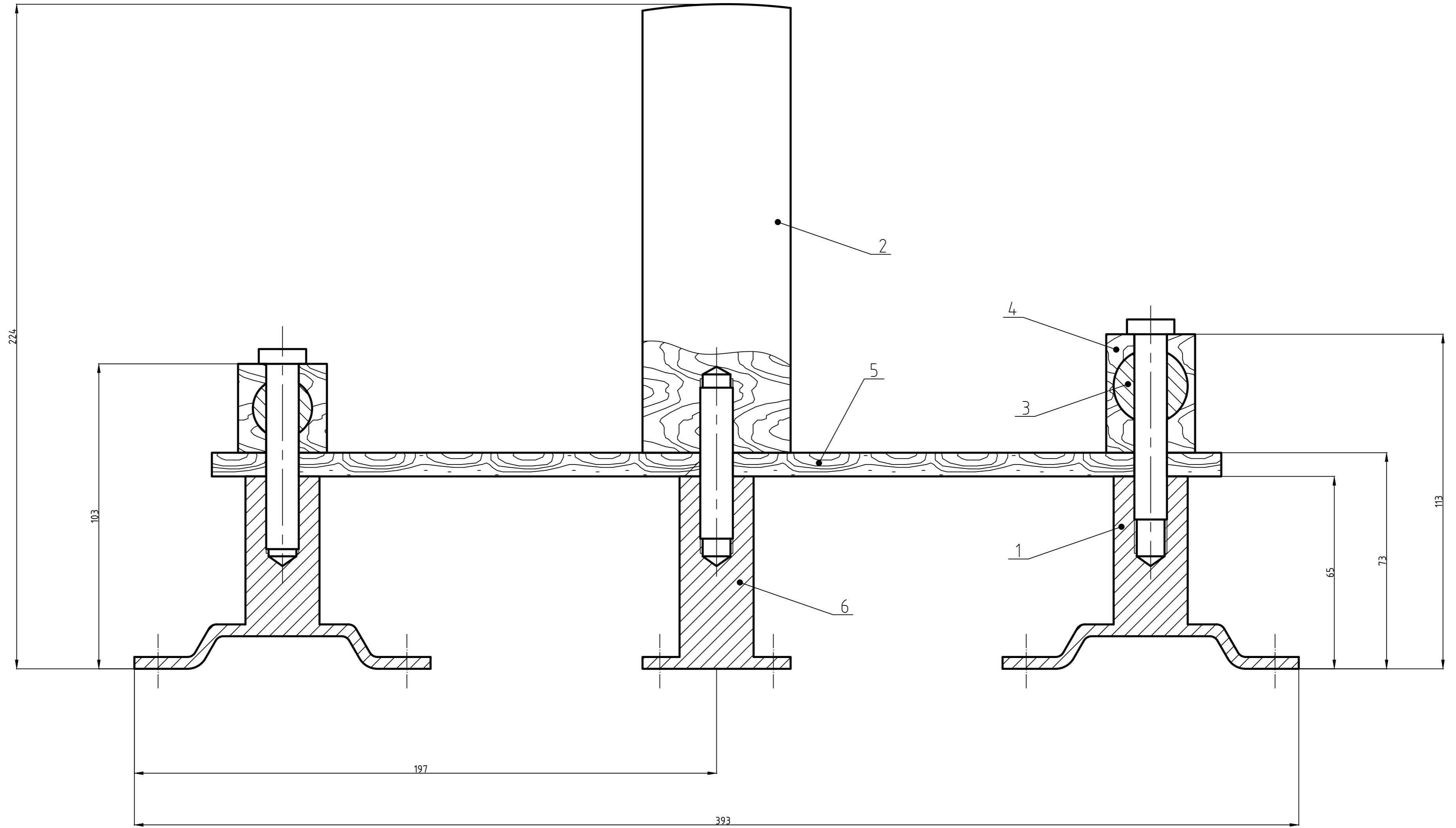
DEMA EP 2022 DF 0003			
Fol.	Doc. Num.	Assin.	Data
Exec.	José	Ésio	
Verif.	Roberto	David	
Cavilha		Código	Peso
		Escala	
		2:1	
		Folha	Folhas
Aço C20		FE.UEM.DEMA	

Rz40 (✓) (✓)



Nota:
Desvios-limite não indicados: furos - H12, veios - h12, e outros - JT12/2.

DEMA EP 2022 DF 0004			
Fol.	Doc. Num.	Assin.	Data
Exec.	José	Ésio	
Verif.	Roberto	David	
Cubo		Código	Peso
		Escala	
		2:1	
		Folha	Folhas
Madeira		FE.UEM.DEMA	



				DEMA EP 2022 DM		
				Apoio para balatas		
				Desenho de montagem		
				Código	Peso	Escala
						1:1
				Folha	Folhas	
				FE.UEM.DEMA		

Fol.	Doc. Num.	Assin.	Data
Exec.	José	Ésio	
Verif.	Roberto	David	

Formato	Zona	Ref.	Designação	Nome	Quant.	Observações
				Documentação		
A1			DEMA EP 2022 DM	Desenho de montagem	1	
				Peças		
A3	1		DEMA EP 2022 DF 0001	Perna do apoio	2	
A3	2		DEMA EP 2022 DF 0002	Braço do apoio	1	
A3	3		DEMA EP 2022 DF 0003	Cavilha	1	
A3	4		DEMA EP 2022 DF 0004	Cubo	2	
	5			Barra	1	
	6			Perna intermédia	1	
				Artigos normalizados		
				Parafuso ISO 4016 M5	12	
				Parafuso ISO 4016 M10	2	
				Perno ISO 3506 A2-70	1	

				DEMA EP 2022				
				Apoio para balatas Lista de peças		Código	Peso	Escala
Fol.	Doc. Num.	Assin.	Data					1:1
Exec.	José	Ésio						
Verif.	Roberto	David				Folha	Folhas	
				FE.UEM.DEMA				