



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

**ESTÁGIO PROFISSIONAL**  
**PROJECCÃO DE UMA MINI FRESADORA CNC PARA FABRICAÇÃO DE**  
**JUNTAS NAS OFICINAS GERAIS DA CFM-SUL**

**Autor:** Ariana Khalide Sadula

**Supervisor da Faculdade:** Eng.º Roberto David

**Supervisor da empresa:** Eng.º Dulcídio Lucas

Maputo, Agosto de 2025



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

**ESTÁGIO PROFISSIONAL**  
**PROJECCÃO DE UMA MINI FRESADORA CNC PARA FABRICAÇÃO DE**  
**JUNTAS NAS OFICINAS GERAIS DA CFM-SUL**

**Autor:** Ariana Khalide Sadula

**Supervisor da Faculdade**

---

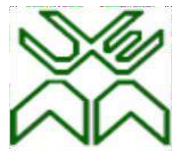
Eng.º Roberto David

**Supervisor da empresa**

---

Eng.º Dulcídio Lucas

Maputo, Agosto de 2025



**Projeção de uma Mini Fresadora CNC para Fabricação de Juntas nas Oficinas Gerais da  
CFM-SUL**

**Ariana Khalide Sadula**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL**

Declaro que o estudante: Ariana Khalide Sadula

Entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/20\_\_ as \_\_\_ cópias do relatório do seu relatório do estágio profissional com a referência: \_\_\_\_\_

Intitulado: **PROJECCÃO DE UMA MINI FRESADORA CNC PARA FABRICAÇÃO DE JUNTAS NAS OFICINAS GERAIS DA CFM-SUL**

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

O Chefe de Secretaria

---

## **DEDICATÓRIA**

Dedico o presente trabalho aos meus pais e a minha tia Amina Sadula, cuja influência e apoio foram fundamentais em minha jornada acadêmica. Sua orientação e encorajamento foram a base sobre a qual construí meus esforços e conquistas. Este trabalho é, em grande parte, um reflexo da sua dedicação e amor para comigo.

## **AGRADECIMENTOS**

Profundos agradecimentos a minha família e amigos, pelo suporte incondicional, apoio moral e académico pois isso foi fundamental para que conclusão do curso de engenharia mecânica fosse uma realidade.

Agradeço ao meu supervisor, Eng<sup>o</sup> Roberto David, pelo apoio, pela disponibilidade em todos os momentos, pela paciência, sugestões, e pelos ensinamentos transmitidos, para a realização deste trabalho. Também expresse meus agradecimentos aos meus colegas e professores que directo ou indirectamente prestaram apoio para a realização do trabalho.

Agradeço a empresa Caminhos de Ferro de Moçambique – Sul (CFM-Sul), pela oportunidade de realizar o estágio como forma de culminação dos estudos, em especial a equipe do posto diesel pela recepção, disponibilidade, ensinamentos e paciência.

.

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Ariana Khalide Sadula declaro por minha honra que o presente Relatório de Estágio é exclusivamente de minha autoria, não constituindo nenhuma cópia de trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do relatório encontram-se referidas na revisão bibliográfica.

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **RESUMO**

A flexibilidade e segurança são fundamentais para a eficiência da manutenção industrial. Na CFM-Sul, durante as operações de manutenção das locomotivas, a fabricação manual das juntas das peças apresenta limitações significativas, comprometendo a eficiência do processo. Este relatório propõe o projecto de uma Mini Fresadora CNC para a produção de juntas de pequeno e médio porte, visando superar as inconsistências e imprecisões do método actual. A automação CNC não apenas melhora a qualidade e uniformidade das juntas, mas também optimiza os padrões de produção, alinhando-se aos requisitos modernos de eficiência e inovação no sector ferroviário. Para alcançar as metas do projecto fez-se pesquisa bibliográfica, consulta a manuais técnicos e colecta de dados na empresa CFM-SUL. Este projecto abrange desde o dimensionamento estrutural até a selecção de componentes, incluindo a elaboração de desenhos e programas (G-CODE) para a fabricação das juntas mais demandadas. A implementação desta solução é acessível e espera-se que resulte em aumento da produtividade, redução da demanda de mão-de-obra e diminuição dos riscos de acidentes e lesões para os técnicos.

Palavras-chave: CFM-Sul, Mini Fresadora CNC, Junta.



## **ABSTRACT**

Flexibility and safety are paramount for industrial maintenance efficiency. At CFM-Sul, manual manufacturing of locomotive parts' seals during maintenance operations poses significant limitations, compromising process efficiency. This report proposes the design of a Mini CNC Milling Machine for producing small to medium-sized seals, aiming to overcome inconsistencies and inaccuracies inherent in the current method. CNC automation not only enhances the quality and uniformity of seals but also optimizes production standards, aligning with modern requirements for efficiency and innovation in the railway sector. To achieve project goals, extensive literature research, technical manual consultation, and data collection at CFM-Sul were conducted. This project encompasses structural design, component selection, and the development of drawings and G-CODE programs for manufacturing the most in-demand seals. Implementation of this solution is deemed cost-effective and is expected to increase productivity, reduce labour demand, and mitigate risks of accidents and injuries to technicians.

Keywords: CFM-Sul, Mini CNC Milling Machine, Gasket.

# ÍNDICE

Dedicatória .....	i
Agradecimentos.....	ii
Declaração de honra .....	iii
Resumo.....	iv
Abstract .....	v
Lista de figuras.....	ix
Lista de tabelas.....	x
Lista de símbolos e acrónimos .....	xi
CAPÍTULO I.....	1
1. Introdução .....	1
1.1. Objectivos.....	1
1.1.1. Objectivo geral .....	1
1.1.2. Objectivos específicos.....	1
1.2. Metodologia.....	2
1.3. Estrutura do trabalho .....	2
CAPÍTULO II .....	4
2. Revisão de literatura .....	4
2.1. Teoria das máquinas-ferramentas .....	4
2.1.1. Classificação das máquinas-ferramentas.....	4
2.1.2. Descrição de uma fresadora convencional.....	5
2.1.3. Mecanismo de corte nas fresadoras.....	5
2.2. Mini fresadora cnc .....	6
2.2.1. Elementos básicos de uma mini fresadora cnc.....	6
2.2.1. Parametros de corte para a mini fresadora cnc.....	10
2.2.2. Cálculo de resistência mecânica das roscas do fuso-bucha de transmissão .....	12
2.3. Juntas de vedação .....	14
2.3.1. As juntas de vedação .....	14

2.4.	Uso da programação G-CODE .....	15
2.4.1.	Comandos da programação g-code .....	16
CAPÍTULO III .....		19
3.	Contextualização da investigação .....	19
3.1.	Apresentação da empresa .....	19
3.1.1.	Breve historial da empresa .....	19
3.1.2.	Estrutura orgânica da empresa .....	19
3.1.3.	Oficinas gerais dos cfm-sul .....	19
3.1.4.	Actividades realizadas durante o período de estágio .....	20
3.2.	Fabricação manual das juntas nas oficinas da cfm-sul .....	22
3.2.1.	Fabricação manual das juntas .....	22
3.2.2.	Inconvenientes da fabricação manual das juntas.....	23
CAPÍTULO IV .....		25
4.	Metodologia e resolução do problema .....	25
4.1.	Solução proposta.....	25
4.1.1.	Funcionamento da mini fresadora cnc para fabricação de juntas.....	25
4.1.2.	Vantagens da mini fresadora cnc para fabricação de juntas.....	26
4.2.	Projeção preliminar da mini fresadora cnc .....	27
4.2.1.	Escolha do material da estrutura .....	27
4.2.2.	Parâmetros de partida do cálculo projectivo .....	28
4.2.3.	Cálculo dos parâmetros motor principal .....	28
4.2.4.	Cálculos dos motores de passo .....	29
4.2.5.	Escolha dos motores de passo .....	33
4.2.6.	Cálculo de verificação dos fusos e da buchas de transmissão dos eixos.....	34
4.2.7.	Escolha da caixa da bucha.....	37
4.2.8.	Escolha dos apoios de rolamento .....	37
4.2.9.	Escolha dos apoios dos guias lineares.....	39
4.2.10.	Seleção da corredeiras lineares .....	40

4.2.11. Seleção dos guias lineares .....	41
4.2.12. Escolha dos acoplamentos.....	41
4.3. Elaboração dos g-codes para das produção das juntas .....	42
CAPÍTULO V .....	43
5. Apresentação, análise e discussão dos resultados.....	43
5.1.1. Análise de custos do projecto .....	43
CAPÍTULO VI.....	45
6. Conclusões e recomendações.....	45
6.1. Conclusões.....	45
6.2. Sugestões para trabalhos futuros .....	45
Referências bibliográficas .....	46
ANEXOS.....	47
Anexo 1- Parâmetros geométricos e curvas de torque dos motores de passo .....	A1
Anexo 2- Desenho de vista geral da mini fresadora CNC.....	A2
Anexo 3- Desenho de fabrico da mini fresadora CNC .....	A3
Anexo 4- Desenho da junta .....	A4
Anexo 5- Desenho do layout da fabricação em CNC com G-CODE.....	A5
Anexo 5- Envio do relatório de estágio .....	A6
Anexo 6- Ficha de avaliação de desempenho do estagiário .....	A7

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fresadora universal.....	5
Figura 2: a) Fresagem tangencial e b) Fresagem frontal.....	5
Figura 3: Motor de Passo .....	6
Figura 4: Par fuso e bucha de transmissão. ....	7
Figura 5: Acoplamento Flexível.....	7
Figura 6: Mancal de rolamento. ....	8
Figura 7: Par de corrediça e guia linear.....	8
Figura 8: Motor principal com bucha porta ferramenta. ....	9
Figura 9: Driver.....	10
Figura 10: Par roscado (rosca trapezoidal).....	12
Figura 11: Diferentes perfis de juntas de vedação. ....	15
Figura 12: Simulação de usinagem com recurso a programa CNC. ....	16
Figura 13: Estrutura Orgânica da CFM.....	19
Figura 14: Fabricação Manual de juntas na CFM-Sul. ....	22
Figura 15: Juntas feitas manualmente na CFM-Sul. ....	22
Figura 16: a) Defeito por corte da junta e b) Defeito de posicionamento dos furos. ....	23
Figura 17: Mini Fresadora CNC.....	25
Figura 18: Ferramenta de corte Dremel 4000-N/26. ....	29
Figura 19: Gráfico de inércia do fuso.....	32
Figura 20: Motor de passo NEMA 17.....	33
Figura 21: Parâmetros da Bucha trapezoidal.....	34
Figura 22: Parâmetros geométricos da caixa da bucha. ....	37
Figura 23: Caixas de Rolamentos.....	37
Figura 24: Esquema de montagem dos rolamentos.....	38
Figura 25: Parâmetros geométricos do rolamento BK10. ....	38
Figura 26: Parâmetros geométricos do rolamento BF10.....	39
Figura 27: Parâmetros geométricos dos apoios das guias lineares SK-16. ....	39
Figura 28: Dimensões da corrediça linear SCS 16UU.....	40
Figura 29: Dimensões do Acoplamento elástico LF-B-D20L30(2 $\pi$ ).....	41
Figura 30: a) desenho do layout da junta no AUTOCAD; b) Elaboração do G-CODE no ABVIEWE 15. ....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Actividades desenvolvidas durante o período de estágio.....	21
Tabela 2: Propriedades do aço SAE 1020.....	27
Tabela 3: Parâmetros de partida para o cálculo projectivo.....	28
Tabela 4: Parâmetros da Dremel 4000-N/26.....	29
Tabela 5: Parâmetros dos motores de Passo escolhidos.....	34
Tabela 6: Selecção da bucha trapezoidal.....	35
Tabela 7: Selecção da caixa da bucha trapezoidal.....	37
Tabela 8: Especificações do rolamento BK10.....	38
Tabela 9: Especificações do rolamento BF10.....	39
Tabela 10: Especificações do apoio das guias lineares SK-16.....	40
Tabela 11: Selecção e parâmetros da corrediça SCS 16UU.....	40
Tabela 12: Selecção e indicação dos Parâmetros da guia linear SF16.....	41
Tabela 13: Dimensões do acoplamento elástico LF-B-D20L30(2 $\pi$ ).....	41
Tabela 14: Parâmetros de carga do acoplamento elástico LF-B-D20L30(2 $\pi$ ).....	41
Tabela 15: Custos do material do projecto da Mini Fresadora CNC.....	43

## LISTA DE SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

<i>CFM</i>	Caminhos de Ferro de Moçambique	
<i>DMM</i>	Departamento de Material Motor	
<i>PPS</i>	Passos Por Segundo	
$V_c$	Velocidade de corte	[ <i>m/min</i> ]
$V_f$	Velocidade de avanço	[ <i>m/min</i> ]
$g$	Aceleração de gravidade	[ <i>m/s<sup>2</sup></i> ]
$D$	Diâmetro da fresa	[ <i>mm</i> ]
$n$	Número de rotações	[ <i>rpm</i> ]
$f_z$	Avanço por dente	[–]
$Z$	Número de dentes da fresa	[–]
$F_c$	Força de corte	[ <i>N</i> ]
$b$	Largura do corte	[ <i>mm</i> ]
$h$	Espessura do corte	[ <i>mm</i> ]
$mc$	Expoente de Kienzele	[–]
$P_{motor}$	Potência do motor principal	[ <i>W</i> ]
$F_{an}$	Força axial no eixo	[ <i>N</i> ]
$F_{atr}$	Resistência na superfície da guia	[ <i>N</i> ]
$\alpha$	Aceleração do eixo	[ <i>m/s<sup>2</sup></i> ]
$T_m$	Torque do motor	[ <i>N · m</i> ]
$T_1$	Torque em velocidade constante	[ <i>N · m</i> ]
$T_2$	Torque de aceleração	[ <i>N · m</i> ]
$M_n$	Massa deslocada no eixo	[ <i>kg</i> ]
$F_{aZ}$	Força axial no eixo Z	[ <i>N</i> ]
$F_{aX}$	Força axial no eixo X	[ <i>N</i> ]
$F_{aY}$	Força axial no eixo Y	[ <i>N</i> ]
$M_{nZ}$	Massa deslocada no eixo Z	[ <i>kg</i> ]
$M_{nX}$	Massa deslocada no eixo X	[ <i>kg</i> ]
$M_{nY}$	Massa deslocada no eixo Z	[ <i>kg</i> ]
$\eta_f$	eficiência do Fuso	[%]
$F_{tX}$	Força total no eixo X	[ <i>N</i> ]

$F_{tY}$	Força total no eixo Y	[N]
$l$	Passo do fuso	[mm]
$T_{1X}$	Torque em velocidade constante no eixo X	[N · m]
$T_{1Y}$	Torque em velocidade constante no eixo Y	[N · m]
$T_{1Z}$	Torque em velocidade constante no eixo Z	[N · m]
$J$	Momento de inércia total	[Kgf · cm <sup>2</sup> ]
$J_m$	Momento de inércia do motor de passo	[Kgf · cm <sup>2</sup> ]
$W$	Peso deslocado	[[Kgf]]
$\frac{N_1}{N_2}$	Relação de transmissão	[-]
$\omega$	Aceleração angular	[rad/s <sup>2</sup> ]
$J_s$	Momento de inércia do fuso	[Kgf · cm <sup>2</sup> · s <sup>2</sup> ]
$J_{sX}$	Momento de inércia do fuso eixo X	[Kgf · cm <sup>2</sup> · s <sup>2</sup> ]
$J_{sY}$	Momento de inércia do fuso eixo Y	[Kgf · cm <sup>2</sup> · s <sup>2</sup> ]
$J_{sZ}$	Momento de inércia do fuso eixo Z	[Kgf · cm <sup>2</sup> · s <sup>2</sup> ]
$T_{2X}$	Torque de aceleração no eixo X	[N · m]
$T_{2Y}$	Torque de aceleração no eixo Y	[N · m]
$T_{2Z}$	Torque de aceleração no eixo Z	[N · m]
$T_{mX}$	Torque do motor de passo eixo X	[N · m]
$T_{mY}$	Torque do motor de passo eixo Y	[N · m]
$T_{mZ}$	Torque do motor de passo eixo Z	[N · m]
$T_{ap}$	Torque de aperto	[N · m]
$F$	Força axial na transmissão roscada	[N]
$d_1$	Diâmetro da raiz	[mm]
$d_2$	Diâmetro primitivo	[mm]
$D_{med}$	Diâmetro médio da força na face	[mm]
$f$	coeficiente de atrito	[-]
$\psi$	ângulo de subida da hélice	[°]
$\varphi$	Ângulo de atrito	[°]
$[\sigma_{esm}]$	Tensão admissível de esmagamento	[MPa]
$\sigma_{esm}$	Tensão de esmagamento	[kN]



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria ferroviária desempenha um papel crucial na movimentação eficiente de mercadorias e pessoas, sendo vital manter as locomotivas em condições operacionais ideais. No entanto, a CFM-SUL enfrenta desafios significativos devido à prática actual de fabricação manual de juntas em papelão durante os procedimentos de manutenção. Essa fabricação manual das juntas não apenas apresenta limitações em termos de precisão, mas também está sujeita a inconsistências, resultando em potenciais falhas operacionais e custos adicionais de retrabalho.

Frente a esses inconvenientes citados, propõe-se um projecto dedicado à projecção de uma mini fresadora CNC, especificamente projectada para a fabricação de juntas de peças de pequeno e médio porte. Ao mitigar a dependência da fabricação exclusivamente manual, esse projecto visa superar as limitações intrínsecas do método de fabricação actual, melhorando significativamente a precisão e a uniformidade das juntas manufacturadas.

Além disso, a automação proposta não apenas almeja resolver os problemas existentes, mas também se posiciona como um catalisador para a optimização dos padrões de produção nas oficinas da CFM-SUL. Ao abraçar a automação CNC, a iniciativa visa não apenas atender, mas superar as crescentes demandas por eficiência, confiabilidade e inovação no sector ferroviário, alinhando-se assim com os imperativos da modernização industrial, resultando em ganhos operacionais.

### 1.1. OBJECTIVOS

#### 1.1.1. Objectivo geral

- Projectar uma mini fresadora CNC para a manufactura de juntas de pequeno e médio gabarito.

#### 1.1.2. Objectivos específicos

- Dimensionar a estrutura base da mini fresadora;
- Dimensionar os principais componentes da mini fresadora reunindo os requisitos mecânicos;
- Elaborar desenhos e programas (G-CODE) para fabricação de algumas juntas mais solicitadas nas oficinas da CFM-SUL.

## **1.2. METODOLOGIA**

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

### **a) Pesquisa bibliográfica.**

Pesquisa em vários artigos da internet, trabalhos de licenciatura e manuais de diversos autores com vista confrontar alguns conceitos e apresentar a fundamentação teórica para a projecção da mini fresadora CNC para a fabricação das juntas. A pesquisa de forma também a explicar sobre as juntas na união de peças.

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

Consulta em catálogos e manuais para a extração dos dados dos servomotores, fusos roscados, rolamentos, motor principal redutor, ferramentas de corte e outros materiais.

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

Medições de alguns parâmetros geométricos de diversas peças e equipamentos das locomotivas para a posterior elaboração de desenhos e programas de manufactura das juntas.

## **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho, está estruturado em capítulos da seguinte maneira:

Capítulo II apresenta a revisão bibliográfica. Este capítulo apresenta também a fundamentação teórica abordando conceitos ao tema em causa, conceitos esses, sobre máquinas de corte, máquinas CNC e juntas de peças.

Capítulo III é a apresentada a contextualização da investigação, desde a apresentação da empresa e as actividades realizadas pelo autor durante o período de estágio, neste capítulo também faz-se descrição do processo de fabricação manual das juntas das peças e equipamentos das locomotivas pelo técnicos da empresa, por fim apresentam-se os inconvenientes desse método de fabricação das juntas.

Capítulo IV apresenta a metodologia e resolução do problema, onde se faz de forma detalhada a projecção da mini fresadora CNC para manufacturas de algumas juntas das peças e equipamentos das locomotivas, desde o dimensionamento da estrutura da mini fresadoras, o dimensionamento

dos motores de passo (servomotores), fusos, motor principal e ferramentas de corte, escolha do *hardware*, apresentação de alguns desenhos das juntas e os respectivos programas.

Capítulo V é apresentado a discussão e análise dos resultados obtidos durante a projecção da mini fresadora CNC, neste capítulo também é apresentada a avaliação económica, avaliação essa, limita-se basicamente ao estudo de custo do material necessário por unidade de mini fresadora CNC produzida.

Capítulo VI apresenta as principais conclusões após a realização do trabalho, bem como sugestões ou recomendações para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1. TEORIA DAS MÁQUINAS-FERRAMENTAS

Na maior parte das obras literárias sobre os processos de fabricação diz-se que as peças podem ser fabricadas de dois modos, a produção sem levantamento de aparas, como nos processos metalúrgicos (fundição, laminação, extrusão, trefilação, etc.), e produção com levantamento de aparas ou formação de cavaco, o que caracteriza os processos de usinagem. (DE BRITO, 2014)

Máquinas-ferramentas são equipamentos projectados para o tratamento mecânico de peças, visando a remoção ou usinagem controlada de material excedente por meio de ferramentas de corte especializadas, como ferros de corte, brocas, fresas ou mós abrasivas. (CHATURVEDI, 2015). As máquinas operam executando movimentos mecânicos coordenados de seus conjuntos para que por meio da usinagem possa fabricar-se peças com maior grau de precisão dimensional e geométrica conforme as especificações requeridas para a peça.

##### 2.1.1. Classificação das máquinas-ferramentas

A classificação das máquinas-ferramentas pode ser feita de várias maneiras, levando em consideração diferentes critérios. Algumas das classificações comuns:

##### 1) Quanto ao uso

Máquinas-ferramentas de uso geral são as que podem executar uma variedade de operações de usinagem e máquinas-ferramentas de uso especial, as que são projectadas para tarefas específicas.

##### 2) Quanto ao grau de automatização

As máquinas-ferramentas podem ser convencionais ou operadas manualmente, semiautomáticas e automáticas com comando hidráulico ou comando numérico computadorizado.

##### 3) Quanto ao tratamento e ferramenta empregue

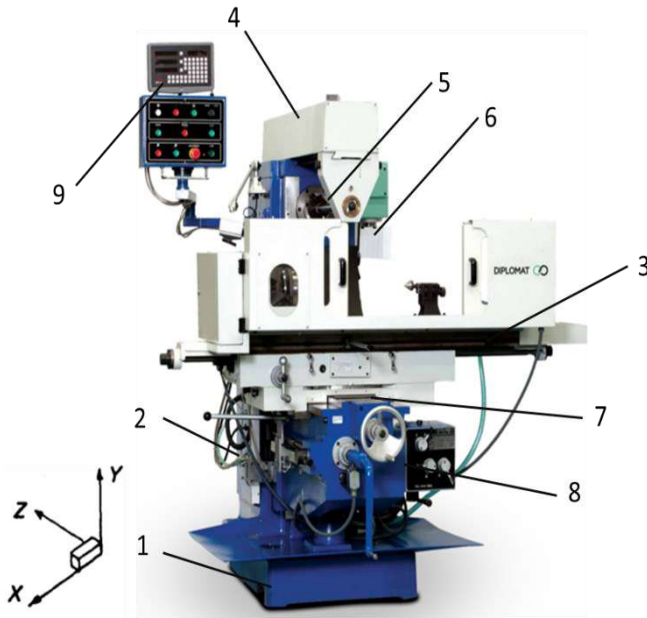
As máquinas-ferramentas de uso geral podem ser tornos, fresadoras, rectificadoras, furadoras, brochadoras, etc.

##### 4) Quanto as características construtivas:

As características construtivas permitem dividir as máquinas-ferramentas, segundo a posição do cabeçote porta-ferramentas: fresadora horizontal, fresadora vertical, furadora vertical, furadora horizontal, furadora radial, torno vertical, torno horizontal, etc.

### 2.1.2. Descrição de uma fresadora convencional

Fresadoras são máquinas-ferramentas utilizadas para usinar diversas superfícies desde as planas, entalhes até as superfícies perfiladas das peças através de uma ferramenta de corte denominada de fresa.



#### Legenda:

- 1- Base;
- 2- Coluna;
- 3- Mesa;
- 4- Braço;
- 5- Fuso horizontal;
- 6- Bucha vertical;
- 7- Consola;
- 8- Caixa de avanços;
- 9- Painel de controle.

Figura 1: Fresadora universal.

(Fonte: (NARDINI, DEB'MAQ, 2017))

### 2.1.3. Mecanismo de corte nas fresadoras

Na operação de fresagem a ferramenta de corte(fresa) possui vários gumes e executa movimento principal, ou seja, o movimento de corte é a rotação da fresa, enquanto esta é pressionada contra a peça. A peça faz o movimento contínuo e progressivo, ou seja, o movimento de avanço durante o processo, movimento este que pode ser nos três eixos. (DE BRITO, 2014)

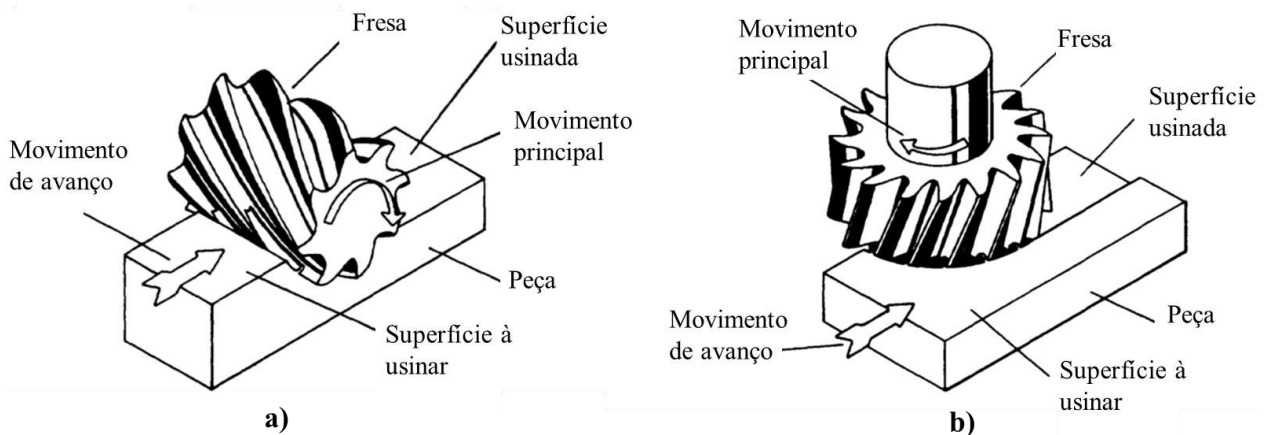


Figura 2: a) Fresagem tangencial e b) Fresagem frontal

(Fonte: adaptado de (BOOTHROYD, et al., 2014))

## **2.2. MINI FRESADORA CNC**

Dada a importância as máquinas-ferramentas representam nos processos de produção na indústria, surge a necessidade de evoluir os sistemas de forma a garantir maior precisão e velocidade dos processos de produção. As máquinas-ferramentas CNC (Controle Numérico Computadorizado) representam uma evolução significativa em relação às máquinas-ferramentas convencionais por isso, surge a projecção da mini fresadora CNC para manufactura de juntas.

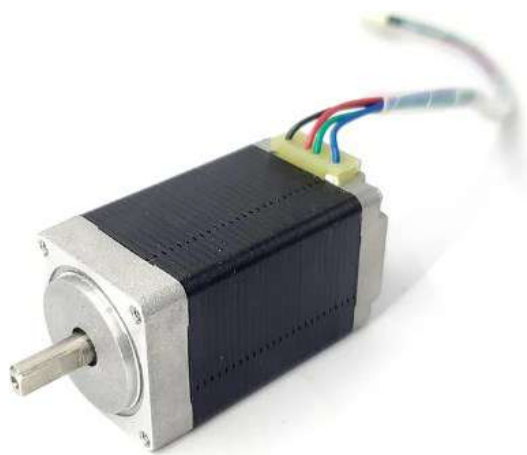
### **2.2.1. Elementos básicos de uma mini fresadora CNC**

#### **1) Estrutura**

A estrutura da Mini fresadora CNC é a base sobre a qual todos os outros componentes serão montados. Ela deve ser feita de material de tal forma que a estrutura garanta robustez suficiente para suportar as cargas dinâmicas geradas durante o processo de usinagem da junta e que seja sobredimensionada.

#### **2) Motores de passo**

O motor de passo é um dispositivo electromecânico que transforma pulsos eléctricos em movimento mecânico, realizando rotações em pequenos incrementos chamados de passos. Sua característica distintiva não reside na força (torque) que produz, nem em sua capacidade de atingir altas velocidades, mas sim na capacidade de controlar seus movimentos de maneira precisa. (BARROS, 2018)



*Figura 3: Motor de Passo*

Fonte: (pt.aliexpress.com)

### 3) Fuso-porcas de transmissão

Fusos-porcas de transmissão convertem o movimento rotativo do motor de avanço em movimento linear. Existem dois tipos principais de sistemas de transmissão: o de fuso trapezoidal e o de fuso de esferas. (DE OLIVEIRA , 2019). Este último oferece folgas mínimas e pouca resistência ao movimento. Porém é relativamente mais caro.



Figura 4: Par fuso e bucha de transmissão.

Fonte:( <https://pt.aliexpress.com/>)

### 4) Acoplamento flexível

Acoplamento flexível é responsável por transmitir a potência do motor de avanço para o fuso, estabelecendo a conexão entre esses dois componentes. A utilização de acoplamentos flexíveis se justifica pela sua capacidade de mitigar problemas decorrentes de pequenos desalinhamentos entre os veios dos motores e os fusos de transmissão.



Figura 5: Acoplamento Flexível.

Fonte: (pt.aliexpress.com)

### 5) Mancais

Mancais são dispositivos que permitem a rotação do fuso ao servir como apoio. Para reduzir o atrito ao máximo, frequentemente são empregados rolamentos de esferas, devido à sua capacidade

de oferecer baixa resistência e suavidade no movimento. Além disso, os rolamentos de esferas são escolhas comuns devido à sua durabilidade e eficiência em diversas aplicações industriais.



*Figura 6: Mancal de rolamento.*

Fonte: (<https://shopee.com.br>)

## **6) Rolamentos e guias lineares**

Os rolamentos e guias lineares desempenham um papel fundamental na redução do atrito, assegurando um movimento contínuo e suave durante a fresagem. Uma variedade de mecanismos é utilizada na construção desses sistemas para movimento axial, sendo os mais convencionais o eixo cilíndrico retificado e o trilho com patins. (DE OLIVEIRA , 2019)

Os rolamentos lineares consistem em uma gaiola externa, com circuitos para deslizar ou rolar sobre a guia, que é o elemento estrutural responsável por suportar a carga em movimento, servindo como caminho para o deslocamento dos rolamentos. Esses sistemas proporcionam um movimento de baixo atrito, são compactos e de fácil implementação.



*Figura 7: Par de corredeira e guia linear.*

Fonte: (<pt.aliexpress.com>)



## 7) Mesa de assentamento

A mesa de assentamento em uma fresadora CNC é essencial para a precisão e qualidade das peças usinadas, proporcionando uma superfície estável e plana para fixação segura durante a fresagem das juntas. Geralmente, inclui pontos de referência e sistemas de alinhamento para garantir a consistência e precisão das operações de fresagem.

## 8) Motor principal e ferramenta de corte

A potência do motor deve ser seleccionada para garantir que a ferramenta de corte possa penetrar no material com eficiência, sem sobrecarregar o motor. Um motor com controle de velocidade variável pode ser vantajoso para ajustar a velocidade de corte conforme necessário, especialmente para otimizar a qualidade da superfície da junta.

Para fresagem de papelão e amianto, uma fresa de topo recto com cortadores de metal duro (carboneto de tungsténio) é comumente utilizada devido à sua capacidade de cortar esses materiais de forma eficaz e precisa.



*Figura 8: Motor principal com bucha porta ferramenta.*

Fonte: (pt.aliexpress.com)

## 9) Controlador da CNC

O controlador CNC é o cérebro da máquina, consiste basicamente em uma placa electrónica responsável por interpretar os comandos do programa de controle e converter esses comandos em uma serie de pulsos eléctricos que coordenam os movimentos dos eixos e da ferramenta. Existem várias opções de controladores CNC disponíveis.



Figura 9: Driver.

Fonte: (pt.aliexpress.com)

## 10) Software de controle

O software de controle CNC é usado para criar e editar programas de usinagem, bem como para enviar os comandos de controle para a máquina. Existem muitos softwares de código aberto e comerciais disponíveis para esta finalidade.

### 2.2.1. Parametros de corte para a Mini Fresadora CNC

Para o cálculo dos parâmetros de corte, este projecto foca-se exclusivamente a fresagem de topo. A fresagem de topo pode ser considerado uma combinação da fresagem tangencial e frontal, já que neste método de fresagem a aresta de corte está presente tanto na face frontal quanto na tangencial da fresa. Com o uso do processo de fresagem de topo é possível obter uma variedade de sulcos, chanfros, canais, rasgos e cavidades (SILVA, 2010).

#### 1) Cálculo da velocidade de corte

$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000} [m/min] \quad (2.1)$$

Onde:

$D$  – é o diâmetro da fresa, em  $[mm]$ ;

$n$  – número de rotações da ferramenta de corte, em  $[rpm]$ .

#### 2) Cálculo da Velocidade de avanço por dente

$$V_f = f_z * Z * n [m/min] \quad (2.2)$$

Onde:

$f_z$  – é o avanço por dente;

$n$  – número de rotações da ferramenta de corte, em  $[rpm]$ ;

$Z$  – número de dentes da fresa.

### 3) Cálculo da força de corte

$$F_c = K_s * b * h^{1-mc} [N] \quad (2.3)$$

Onde:

$b$  – Largura do corte, em  $[mm]$ ;

$h$  – Espessura do corte, em  $[mm]$ ;

$mc$  – Expoente de Kienzele, para amianto  $mc = [0.3 - 05]$ ;

### 4) Cálculo da potência do motor principal

$$P_{motor} = \frac{F_c * V_c}{60} [W] \quad (2.4)$$

### 5) Cálculo da força nos eixos mini fresadora CNC

#### Força axial

$$F_{an} = (M_n * g) + F_{atr} + (M_n * \alpha) [N] \quad (2.5)$$

Onde:

$M_n$  – Massa deslocada no eixo, em  $[Kg]$ ;

$g$  – Aceleração de gravidade, em  $g = 9.81 [m/s^2]$ ;

$F_{atr}$  – resistência na superfície da guia,  $F_{atr} \approx 0$ ;

$\alpha$  – Aceleração do eixo,  $\alpha = 1 [m/s^2]$

#### Força total no eixo

$$F_t = F_{an} + F_c [N] \quad (2.6)$$

Onde:

$F_{an}$  – Força axial no eixo, em  $[N]$ ;

$F_c$  – Força de corte, em  $[N]$ ;

### 6) Cálculo do torque dos motores de passo

Com as forças de actuação da CNC calculadas, é efectuado o cálculo do torque para a verificação de compatibilidade dos motores. O torque máximo dos motores ocorre quando são acelerados até

atingir a velocidade máxima de rotação, seu valor é obtido por meio da aplicação das equações a seguir:

$$T_m = T_1 + T_2 \text{ [Kgf.cm]} \quad (2.7)$$

Onde:

$T_m$  – Torque do motor, em [Kgf.cm];

$T_1$  – Torque em velocidade constante, em [Kgf.cm];

$T_2$  – Torque de aceleração, em [Kgf.cm].

### 2.2.2. Cálculo de resistência mecânica das roscas do fuso-bucha de transmissão

Em ligações, transmissões roscadas ocorrem vários tipos de perda de capacidade de trabalho. Os cálculos das roscas de fixação são feitos com base nas tensões cisalhamento dos filetes. Para as roscas de transmissão faz-se a limitação das tensões de esmagamento entre os filetes. Conseqüentemente, os cálculos de resistência consistem basicamente em  $[\tau]$  e  $[\sigma_{esm}]$ .

#### 1) Resistência dos filetes ao cisalhamento

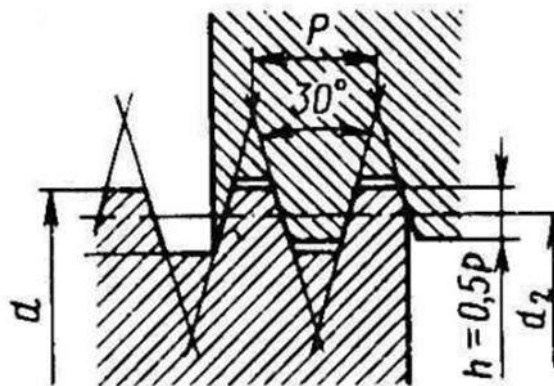


Figura 10: Par roscado (rosca trapezoidal).

Fonte: (SITOE, 2005).

A condição de resistência da rosca à tensão de cisalhamento é dada por:

✓ Para o parafuso:

$$\tau = \frac{F}{\pi * d_1 * H * K * K_{irr}} \leq [\tau] \quad (2.9)$$

✓ Para a porca:

$$\tau = \frac{F}{\pi * d * H * K * K_{irr}} \leq [\tau] \quad (2.10)$$

Onde:

$\tau$  – é a tensão de cisalhamento, em  $[Mpa]$ ;

$F$  – é a força axial na transmissão roscada, em  $[N]$ ;

$d_1$  – diâmetro da raiz da rosca, em  $[mm]$ ;

$d$  – diâmetro nominal da rosca, em  $[mm]$ ;

$K$  – é o coeficiente de enchimento:

Para roscas triangulares  $K \approx 0,87$ ; para a rosca trapezoidal  $K \approx 0,65$  e para rosca quadrada  $K \approx 0,5$ .

$H$  – é a altura da porca:

$H \approx 0,8 * d \rightarrow$  porcas normais;  $H \approx 1,2 * d \rightarrow$  porcas altas e  $H \approx 0,5 * d \rightarrow$  porcas baixas.

$Z$  – é o número de espiras na porca:  $Z = \frac{H}{p}$ ;

$K_{irr}$  – é coeficiente de irregularidade  $K_{irr} = 0,6 \dots 0,7$ ;

$[\tau]$  – é a tensão admissível ao cisalhamento:

$[\tau] = (0,2 \dots 0,3) * \sigma_e \rightarrow$  para aços e  $[\tau] = 0,1 * \sigma_r \rightarrow$  para ferro-fundido

## 2) Resistência dos filetes ao esmagamento

A condição de resistência ao esmagamento é dada por:

$$\sigma_{esm} = \frac{F}{\pi * d_2 * h * Z} \leq [\sigma_{esm}] \quad (2.11)$$

Onde:

$\sigma_{esm} = 10 \dots 12 [Mpa]$  – Para parafusos de aço e porcas de aço;

$\sigma_{esm} = 13 \dots 15 [Mpa]$  – Para parafusos de aço e porcas de ferro-fundido, com lubrificação normal.

$F$  – é a força axial na transmissão roscada, em  $[N]$ ;

$d_2$  – diâmetro primitivo da rosca, em  $[mm]$ ;

$h = 0,5 * p$ ;

$Z$  – é o número de espiras na porca.

### 3) Torque de aperto

O torque de aperto pode com base na seguinte expressão:

$$T_{ap} = 0,5 * F * d_2 \left[ \frac{D_{med}}{d_2} * f + tg(\psi + \varphi) \right] \quad (2.12)$$

Onde:

$F$  – é a força axial na transmissão roscada, em  $[N]$ ;

$d_2$  – diâmetro primitivo da rosca, em  $[mm]$ ;

$D_{med}$  – é o diâmetro médio em que actua a força na face:  $D_{med} \approx \frac{2}{3} d_1$   $[mm]$

$f$  – é o coeficiente de atrito;

$\psi$  – é o ângulo de subida da hélice, em  $[^\circ]$ ;

$\varphi$  – é o ângulo de atrito, em  $[^\circ]$ .

## 2.3. JUNTAS DE VEDAÇÃO

Se a fabricação de peças com flanges ou superfícies planas perfeitamente lapidadas fosse economicamente e tecnicamente viável, e se pudessemos manter essas superfícies permanentemente em contacto, a necessidade de juntas seria eliminada. No entanto, a inviabilidade económica e técnica decorrente de factores como corrosão ou erosão ao longo do tempo das superfícies de vedação, a dificuldade de manter superfícies extremamente lisas, e outros factores, tornam essa solução impraticável, por tanto, são usadas juntas de vedação.

### 2.3.1. As juntas de vedação

São peças utilizadas para criar uma vedação entre duas superfícies, prevenindo vazamentos de fluidos ou gases e evitando a contaminação externa. Elas são frequentemente empregadas em uma variedade de componentes mecânicos, como motores de veículos locomotivas, sistemas de encanamento, e muitos outros.

Existem vasta gama de juntas, cada uma projectada para atender às necessidades específicas de vedação e aplicação. Algumas das principais variedades incluem desde juntas de papelão à materiais compósitos:

**Juntas de papelão ou papel:** Feitas de materiais como papelão comprimido, são amplamente utilizadas em aplicações de baixa pressão, como tampas de válvulas de motores de automóveis.

**Juntas de borracha:** Fabricadas com materiais elastoméricos, como borracha ou silicone, são flexíveis e oferecem boa resistência a óleos e produtos químicos. São comumente encontradas em sistemas de encanamento e motores.

**Juntas metálicas:** Geralmente feitas de aço ou cobre, essas juntas são usadas em aplicações de alta pressão e temperatura, como em motores de combustão interna e sistemas de vedação industrial.

**Juntas de silicone:** Feitas de silicone, essas juntas são altamente flexíveis e resistentes a uma ampla faixa de temperaturas, tornando-as ideais para aplicações em motores e equipamentos de alta performance.

**Juntas de grafite:** Fabricadas com material de grafite, são usadas em aplicações que requerem alta resistência a altas temperaturas e produtos químicos agressivos, como em flanges de tubulações e trocadores de calor.



*Figura 11: Diferentes perfis de juntas de vedação.*

([sertved.com.br/produto/juntas-de-vedação/](http://sertved.com.br/produto/juntas-de-vedação/))

## 2.4. USO DA PROGRAMAÇÃO G-CODE

O desenho técnico é uma ferramenta essencial para transformar ideias em representações precisas, permitindo a interpretação e a criação de produtos. Para otimizar e simplificar o processo de desenvolvimento desses desenhos, foram criados diversos softwares especializados que auxiliam na modelagem, detalhamento e construção de projectos.

O CAD utiliza gráficos vectoriais para representar objectos modelados, permitindo a visualização e manipulação de curvas em um terminal gráfico. Embora existam outras formas de programar a CNC, a manufatura assistida por computador (CAM) é o método mais avançado. O software CAM converte desenhos técnicos criados no CAD em código de máquina, conhecido como G-code, para otimizar a programação da CNC. (ROMEROS, 2022)

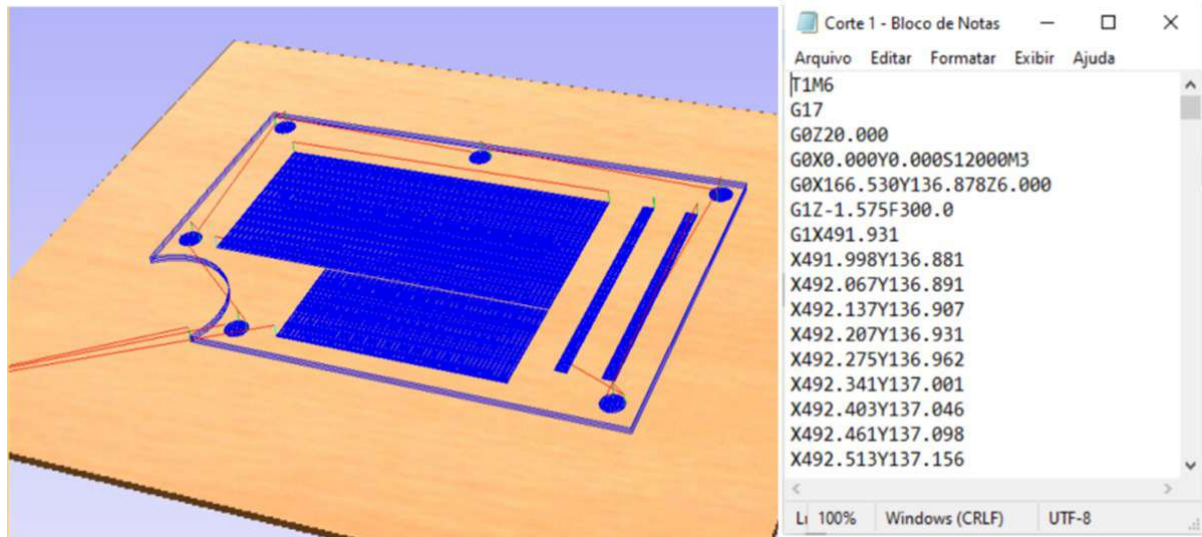


Figura 12: Simulação de usinagem com recurso a programa CNC.

(Fonte: Adaptado de (ROMEROS, 2022))

#### 2.4.1. Comandos da programação G-CODE

O G-code é a linguagem de programação padrão utilizada para controlar máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado), e seus comandos são essenciais para a execução precisa de operações de usinagem. Aqui estão os principais comandos e conceitos no G-code:

##### 1) Comandos Básicos do G-code

**G00** – Movimento Rápido. Utilizado para movimentar a ferramenta rapidamente para uma posição sem corte. Exemplo: G00 X10 Y20 move a ferramenta para as coordenadas X=10 e Y=20.

**G01** – Movimento Linear. Realiza um movimento linear controlado, geralmente usado para cortar. Exemplo: G01 X30 Y40 F100 move a ferramenta de forma linear para X=30 e Y=40 com uma velocidade de avanço de 100 unidades por minuto.

**G02** – Movimento Circular Horário. Executa um movimento circular no sentido horário. Exemplo: G02 X50 Y50 I10 J10 cria um arco com o centro deslocado em I=10 e J=10 a partir da posição actual, terminando em X=50 e Y=50.



**G03** – Movimento Circular Anti-Horário. Similar ao G02, mas para movimentos circulares no sentido anti-horário. Exemplo: G03 X40 Y40 I-10 J-10.

**G04** – Pausa. Introduce uma pausa na execução. Exemplo: G04 P500 faz uma pausa de 500 milissegundos.

**G20 / G21** – Unidades. Define as unidades usadas: G20 para polegadas e G21 para milímetros.

**G28** – Retorno ao Ponto de Referência. Move a ferramenta de volta ao ponto de referência definido na máquina.

**G90** – Coordenadas Absolutas. Utiliza coordenadas absolutas em relação ao ponto de origem definido. Exemplo: G90 X50 Y50 move a ferramenta para X=50 e Y=50 em relação ao ponto de origem.

**G91** – Coordenadas Relativas. Utiliza coordenadas relativas ao ponto actual da ferramenta. Exemplo: G91 X10 Y-10 move a ferramenta 10 unidades na direcção X e -10 unidades na direcção Y a partir da posição actual.

## **2) Comandos de Ferramenta e Operações**

**T** – Selecção de Ferramenta, define qual ferramenta será usada para a operação. Exemplo: T01 selecciona a ferramenta número 1. O comando é geralmente seguido por um comando de troca de ferramenta, como M06.

**M06** – Troca de Ferramenta. Executa a troca de ferramenta conforme especificado pelo comando T. Exemplo: M06 T01 troca para a ferramenta 1.

**M03** – Rotação da Ferramenta no Sentido Horário. Inicia a rotação da ferramenta no sentido horário. Exemplo: M03 S1200 define a rotação da ferramenta a 1200 RPM.

**M04** – Rotação da Ferramenta no Sentido Anti-Horário. Inicia a rotação da ferramenta no sentido anti-horário. Exemplo: M04 S1500 define a rotação da ferramenta a 1500 RPM.

**M05** – Parada da Ferramenta. Interrompe a rotação da ferramenta. Exemplo: M05 desliga o fuso.

**M08** – Activar Fluido de Corte. Liga o fluido de corte ou refrigerante. Exemplo: M08 activa o refrigerante.

**M09** – Desactivar Fluido de Corte. Desliga o fluido de corte ou refrigerante. Exemplo: M09 desactiva o refrigerante.

**M30** – Fim do Programa. Termina o programa e retorna à primeira linha. Exemplo: M30 encerra a execução do código actual e retorna ao início.

### **3) Velocidades de Avanço e Outras Configurações**

**S** – Velocidade de Rotação do *Spindle* (fuso). Define a velocidade do *spindle* em RPM (rotações por minuto). Exemplo: S1000 define a rotação do spindle para 1000 RPM.

**F** – Velocidade de Avanço. Define a velocidade de avanço da ferramenta em relação ao material. Exemplo: F200 especifica uma taxa de avanço de 200 mm/minuto.

**H** – Compensação de Comprimento da Ferramenta. Define o comprimento da ferramenta para compensação. Exemplo: H05 aplica a compensação para a ferramenta 5.

**I, J, K** – Centro e Raio de Arcos, especifica o centro e o raio de arcos em comandos G02 e G03.

I é a distância do centro do arco no eixo X a partir da posição inicial; J é a distância do centro do arco no eixo Y e K é a distância do centro do arco no eixo Z (usado em operações 3D).

**G17, G18, G19** – Selecção do Plano de Trabalho:

G17: Plano XY.

G18: Plano ZX.

G19: Plano YZ.

Esses comandos e parâmetros ajudam a controlar todos os aspectos da operação da mini fresadora CNC, garantindo que as ferramentas realizem cortes e outras operações com precisão e eficiência.

## CAPÍTULO III

### 3. CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

#### 3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

##### 3.1.1. Breve historial da empresa

Por diploma legislativo nº 315, de 22 de Agosto de 1931, foi aprovada a criação e organização da Direcção dos Serviços dos Portos e Caminhos de Ferro da Colónia de Moçambique, o que de certo modo veio estabelecer a unificação directiva e administrativa dos Caminhos-de-ferro. Esta direcção orientava-se segundo os princípios da economia comercial.

Os CFM possuem hoje uma nova estrutura orgânica e funcional que privilegia a horizontalidade, mobilidade e multidisciplinaridade das suas funções bem como o melhoramento na qualidade da gestão da Empresa.

##### 3.1.2. Estrutura orgânica da empresa

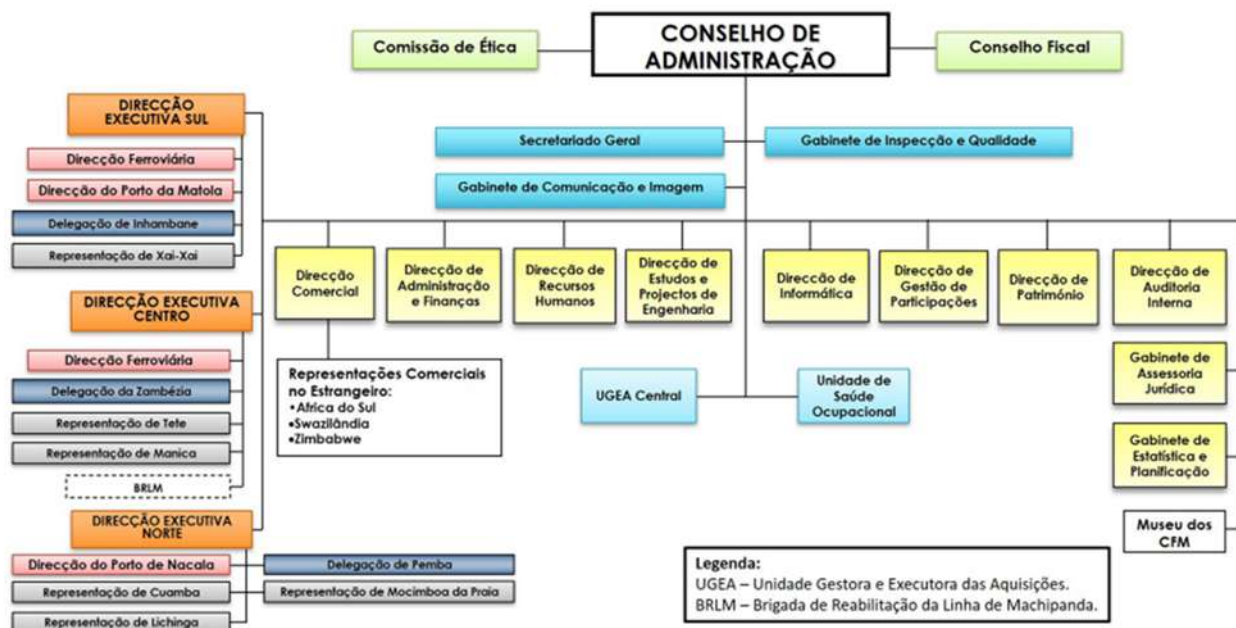


Figura 13: Estrutura Orgânica da CFM

(Fonte: www.cfm.co.mz.)

##### 3.1.3. Oficinas gerais dos CFM-SUL

Oficinas gerais são responsáveis por assegurar a reparação e manutenção dos diversos equipamentos, máquinas, locomotivas e instalações da empresa CFM. As Oficinas Gerais dos CFM estão divididas em cinco departamentos, nomeadamente:

### **1) Departamento de conservação Oficinal**

Este departamento é responsável por manter o bom funcionamento de todas máquinas ferramentas, pontes rolantes assim como as próprias instalações das oficinas gerais e este departamento está subdividido em dois sectores, sector mecânico e sector eléctrico.

### **2) Departamento de produção geral**

Neste departamento faz-se o uso de máquinas ferramentas para manufactura de peças e algumas ferramentas uteis a qualquer um dos departamentos das oficinas gerais.

### **3) Departamento de revisão de Material**

Neste departamento, faz-se a revisão do material circulante antes da saída para qualquer viagem.

### **4) Departamento do Material Rebocado**

Neste departamento faz-se todo tipo de trabalho em relação ao acondicionamento do material rebocado, desde a serralharia, estufaria, montagem e pintura. Existem dois sectores neste departamento, sendo um de vagões e outro de carruagens.

### **5) Departamento de Material Motor**

É nesse departamento que faz-se a manutenção das Locomotivas. No Departamento Material Motor existem duas secções, uma que faz a manutenção programada e a que faz manutenção correctiva.

#### **3.1.4. Actividades realizadas durante o período de estágio**

O estágio com duração de três (3) meses e foi realizado nas Oficinas Gerais, Departamento de Material Motor.

#### **1) Departamento de Material Motor**

Neste departamento são realizadas a manutenção correctiva e preventiva nas locomotivas e dos seus componentes, este departamento apresenta a seguinte divisão: Gabinete de Organização de trabalho (GOT); Sector Posto Diesel; Sector de eléctrico e Sector Mecânico.

#### **2) Sector Posto Diesel**

É um sector de manutenções correntes, vocacionada para realizar manutenções preventivas, e reparações de pequenas avarias das locomotivas e dos seus componentes. Este sector possui a seguinte divisão: Gabinete de Organização de trabalho (GOT); Secção Eléctrica; Secção Mecânica; Laboratório; Secção da Lavagem e Secção de abastecimento.

As manutenções realizadas no sector posto Diesel são:

- Revisão semanal- intervenção realizada semanalmente;
- Revisão mensal- intervenção realizada mensalmente;
- Revisão trimestral- intervenção realizada trimestralmente;
- Revisão semestral- intervenção realizada semestralmente;
- Revisão 1 (R1;R4) - intervenção realizada anualmente, 4anos.

*Tabela 1: Actividades desenvolvidas durante o periodo de estágio.*

<b>Período</b>	<b>Actividades desenvolvidas</b>	<b>Local</b>
Mês I	<p>Trabalhos de manutenção preventiva e reparação de pequenas avarias nas locomotivas:</p> <p>- <b>Revisão semanal:</b> D705; D127 (2x insp); D61 (2x insp); D702.</p> <p>- <b>Inspecção:</b> D112(6x insp); D705(3x insp); D80 (3x insp); D61; D713 (2x insp); D65; D130; D61; D502; D127 (2x insp); D69 (3x insp); D711; D706</p> <p>- <b>Revisão trimestral:</b> D705; D713.</p> <p>- <b>Revisão semestral:</b> D112</p>	<p>Departamento material motor</p> <p><b>Sector Posto Diesel</b></p>
Mês II, III	<p>Trabalhos de manutenção correctivas dos motores e outros equipamentos das locomotivas:</p> <p>- Diagnóstico e reparação (12) Doze unidades de potência da locomotiva GE U20C;</p> <p>- Reparação de 2 motores diesel das locomotivas GE U20C.</p> <p>- Desmontagem de um gerador principal (GT) e reavivamento das roscas.</p>	<p>Departamento material motor</p> <p><b>Terceira brigada</b></p>

(Fonte: O autor.)

### 3.2. FABRICAÇÃO MANUAL DAS JUNTAS NAS OFICINAS DA CFM-SUL

Como foi dito anteriormente que a fabricação de algumas juntas dos equipamentos e peças das locomotivas nas oficinas das CFM-SUL é feita manualmente, esta fabricação manual das juntas torna os trabalhos de manutenção mais lentos, para além depender das habilidades do trabalhador.



*Figura 14: Fabricação Manual de juntas na CFM-Sul.*

(Fonte: capturadas na CFM-Sul.)

#### 3.2.1. Fabricação manual das juntas

A fabricação manual das juntas é feita por recalque do papelão sobre as peças as quais se pretende fabricar suas juntas. O recalque é feito por meio de uma chave ou objecto metálico em que, o operário ou trabalhador aplica ligeiras marteladas sobre o papelão na periferia dos diversos contornos das peças, essas marteladas criam forças de cisalhamento fazendo com que o papelão rompa nas zonas marteladas adquirindo dimensões e geometria aproximadas a face da peça.



*Figura 15: Juntas feitas manualmente na CFM-Sul.*

(Fonte: capturadas na CFM-Sul.)

Em alguns casos quando possível, durante a fabricação manual nas oficinas da CFM-SUL também recorre ao decalque, com ajuda de uma esferográfica decalcar a peça sobre o papelão e depois recortar a zona marcada com o auxílio de uma tesoura e punção ou vazadores, por vezes tem se pintado a superfície a fabricar a junta, estampa-se essa face sobre o papelão e por fim recortar-se a mesma.

### 3.2.2. Inconvenientes da fabricação manual das juntas

Na CFM -SUL existem um grande número de locomotivas, em que a disponibilidade das mesmas é de extrema necessidade para satisfazer a demanda por tanto, é necessário mitigar os meios ou ferramentas de fabricação que inviabilizam a disponibilidades dessas locomotivas. A seguir estão apresentados alguns dos inconvenientes da fabricação manual das juntas nas oficinas da CFM-SUL:

- ✓ **Tempo de manufactura:** A fabricação manual das juntas faz com que o processo da manutenção em geral seja mais lento, já tais peças não podem ser montadas sem a junta e a manufactura da mesma é um processo moroso, exige também muita concertação do trabalhador gerando assim, fadiga mental e física devido as ligeiras martelagens que ele deve dar gradualmente para cisalhar o material da junta.
- ✓ **Ocorrência de defeitos:** A fabricação manual das juntas para além da morosidade da própria fabricação, também é um processo muito pouco preciso, o que faz com que surjam muitos defeitos de fabricação tais como defeitos geométricos devidos a movimentação da peça ou do material da junta durante a manufactura da mesma, rompimento da junta, etc.



Figura 16: a) Defeito por corte da junta e b) Defeito de posicionamento dos furos.

(Fonte: capturadas na CFM-Sul.)

- ✓ **Ocorrência de acidentes e lesões:** Pode não parecer tão relevante na fabricação manual das juntas, porém, o olhar pregado as peças durante um tempo considerável acaba causando fadiga mental, assim surge a distração podendo assim o trabalhador durante a manufactura das juntas auto martelar-se os dedos ou lesionar-se pela queda das peças trabalhadas.
- ✓ **Gasto excessivo de matéria-prima:** tal como foi mencionado sobre o actual método de fabricação de algumas juntas nas oficinas da CFM-SUL, mostra que podem ocorrer muitos defeitos, o que descarta assim a junta fabricada, ao descartar uma junta recém-manufacturada representa desperdício de matéria-prima das juntas e de forma geral esses inconvenientes acima citados acarretam os custos da manutenção a ser desenvolvida.

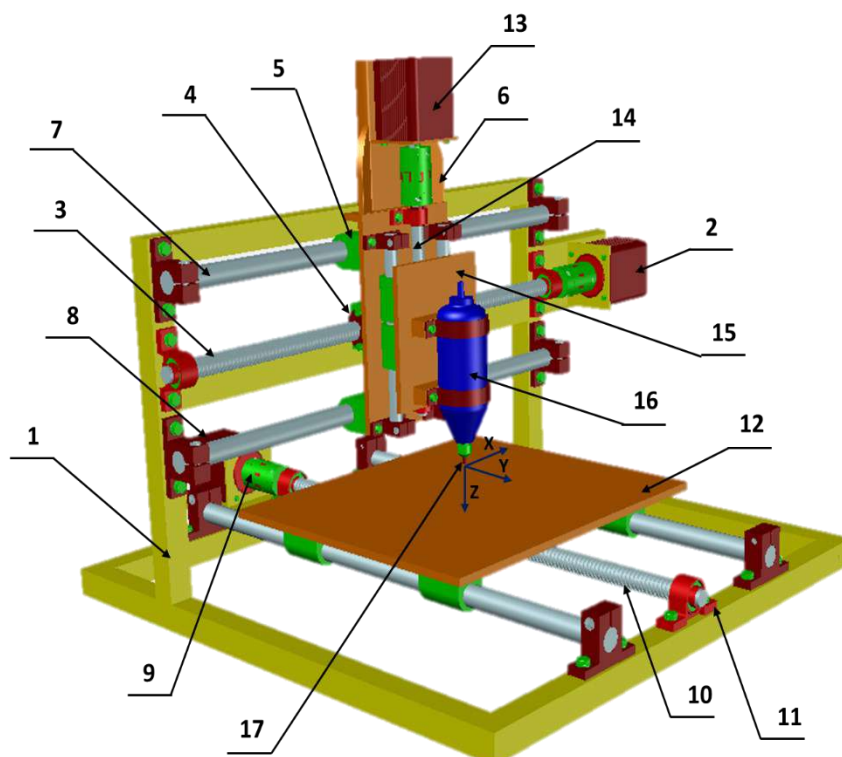


## CAPÍTULO IV

### 4. METODOLOGIA E RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

#### 4.1. SOLUÇÃO PROPOSTA

Vistos os inconvenientes existentes da fabricação manual das juntas, propõe-se como solução a implantação de uma Mini Fresadora CNC para a fabricação das juntas. A utilização de uma Mini Fresadora CNC para fabricação de juntas reduz o tempo gasto da manufatura das juntas e aumenta a produtividade.



#### Legenda

- 1- Estrutura;
- 2- Motor de passo eixo X;
- 3- Fuso do eixo X;
- 4- Bucha rosca;
- 5- Seguidor da guia;
- 6- Mesa transversal;
- 7- Guia linear;
- 8- Motor de passo eixo Y;
- 9- Acoplamento de veios;
- 10- Fuso do eixo Y;
- 11- Mancal de rolamento;
- 12- Mesa de fresagem;
- 13- Motor de passo eixo Z;
- 14- Fuso do eixo Z;
- 15- Mesa vertical;
- 16- Motor principal;
- 17- Fresa.

Figura 17: Mini Fresadora CNC.

(Fonte: O autor.)

#### 4.1.1. Funcionamento da Mini fresadora CNC para fabricação de juntas

A Mini fresadora CNC para a fabricação de juntas, consiste basicamente em uma fresadora de pequeno gabarito controlada por comando numérico computadorizado, onde esta, é elaborada especificamente para a fabricação de juntas. A seguir a descrição detalhada da função de cada um dos elementos constituintes da Mini Fresadora CNC:

A estrutura (1) é a base da máquina, pois ela é responsável por acomodar todos os outros elementos ou partes da mini fresadora CNC, para além disso a estrutura garante a robustez do sistema. A

usinagem da junta inicia com a colocação (prisão) do material da junta a ser trabalhado sobre a mesa de fresagem e calibração do ponto de origem, com a inserção do programa, seguem as motinações dos eixos para a efectiva usinagem.

- 1) **Movimentação do eixo X:** o motor de passo (2) ou motores de avanço recebe os pulsos eléctricos através de comandos G-CODES interpretados por uma placa electrónica, a rotação do motor de passo (2) é transmitida por meio de uma união de veios ao fuso roscado (3) e por meio de uma bucha roscada (4) este movimento de rotação é transformado em movimento linear sobre o eixo X, um seguidor de guias lineares (5) e a guia linear (7) garante que o conjunto da mesa transversal (6) possa se deslocar de forma suave e continua sobre o eixo X, de salientar que o fuso está apoiado sobre mancais de rolamento e os guias lineares estão sobre apoios rígidos.
- 2) **Movimentação do eixo Y:** o motor de passo (8) transfere o movimento rotativo dos comandos que ele recebe meio da união de veios (9) para fuso roscado (10) e o par bucha roscada e fuso roscado (10) transforma este movimento de rotação em movimento linear sobre o eixo Y, um seguidor de guias lineares e a guia linear garante que o conjunto da mesa de fresagem (12) possa se deslocar de forma suave e continua sobre o eixo Y, de salientar que o fuso está apoiado sobre mancais de rolamento (11) e os guias lineares estão sobre apoios rígidos.
- 3) **Movimentação do eixo Z:** este conjunto montado sobre a mesa transversal (6), o motor de passo (13), transfere o movimento rotativo dos comandos que ele recebe meio da união de veios para fuso roscado (14) e o par bucha-fuso roscado transformam o movimento de rotação em movimento linear sobre o eixo Z, um seguidor de guias lineares e a guia linear garante que o conjunto da mesa vertical (15) possa se deslocar de forma suave e continua sobre o eixo Z, é também sobre esta mesa que está montado o motor principal (16), enquanto isso, o fuso está apoiado sobre mancais de rolamento e os guias lineares estão sobre apoios rígidos.
- 4) **Movimento principal:** o motor principal (16) é responsável por transmitir o movimento rotativo à fresa (17) ferramenta de corte, está cisalha o material da junta colocado sobre a mesa de fresagem (12) dando assim a forma e parâmetros da junta a ser manufacturada de acordo com o desenho e o programa enviado a mini fresadora CNC.

#### 4.1.2. Vantagens da Mini fresadora CNC para fabricação de juntas

A fabricação de juntas à partir da Mini Fresadora CNC em comparação com o actual método de fabricação de juntas nas Oficinas da CFM-SUL apresenta as seguintes vantagens:

- ✓ **Precisão:** A Mini Fresadora CNC oferece uma precisão muito alta e repetibilidade também alta, pois os movimentos são controlados com precisão por meio de algoritmos computacionais.
- ✓ **Flexibilidade:** Com a Mini Fresadora CNC, é possível produzir uma variedade de juntas complexas e geometrias diferentes sem a necessidade de reconfigurar completamente (sem alterar a estrutura da máquina), apenas mudando o programa de controle.
- ✓ **Automação:** A Mini Fresadora CNC permite a automação do processo de produção das juntas, reduzindo a necessidade de supervisão directa do operador, o que aumenta a eficiência da operação.
- ✓ **Velocidade:** Com a Mini Fresadora CNC, as juntas podem ser fabricadas mais rápidas do que o método actual de fabricação nas oficinas da CFM-SUL.

## 4.2. PROJEÇÃO PRELIMINAR DA MINI FRESADORA CNC

### 4.2.1. Escolha do material da estrutura

O aço SAE 1020 é o material escolhido para a construção da estrutura da mini fresadora CNC para a fabricação de juntas. O aço SAE 1020 é um aço de construção amplamente usado para fabricação de tubos, chapas, cantoneiras, barras, etc.

O aço SAE 1020 é amplamente valorizado por suas boas características de usinabilidade, facilitando a operação em processos de usinagem. Sua alta ductilidade torna a conformação simples e eficiente, permitindo manipulação fácil com métodos convencionais. Além disso, a soldabilidade do aço 1020 é muito boa, podendo ser realizada com qualquer processo convencional com grande facilidade.

*Tabela 2: Propriedades do aço SAE 1020.*

Composição química		Propriedades mecânicas	
<b>Elemento</b>	Concentração (%)	Tensão limite de escoamento ( $\sigma_e$ )	350 MPa
Carbono (C)	0,18 – 0,23	Tensão resistência a tracção ( $\sigma_r$ )	420 MPa
Manganês (Mn)	0,30 – 0,60	Módulo de elasticidade ( $E$ )	205 GPa
Enxofre (S)	0,05 max	Alongamento ( $\delta$ )	15 %
Fósforo (P)	0,04 max	Dureza Brinell ( $HB$ )	121

(Fonte: O autor.)

Para além do aço SAE 1020, também existem no projecto da mini fresadora CNC, peças feitas de liga de alumínio de modo a reduzir a carga excessiva nas partes moveis, o que obrigaria um sobredimensionamento dos motores de passo e dos fusos.

#### 4.2.2. Parâmetros de partida do cálculo projectivo

Na projecção preliminar da mini fresadora CNC, para efeitos de cálculo projectivo, limita-se basicamente ao dimensionamento dos motores de passo; motor principal e validação dos fusos roscados.

O primeiro passo para que seja possível o desenvolvimento do projecto, é indicar as condições de funcionamento, estas condições que são definidas na base da resistência ao corte do material da junta. Considera-se que as juntas a manufacturar serão feitas a partir de amianto com os seguintes parâmetros de partida:

Tabela 3: Parâmetros de partida para o cálculo projectivo.

Material	Pressão específica de corte $K_s$ [MPa]	Diâmetro da fresa $D$ [mm]	Profundidade de corte $a_p$ [mm]	Número de dentes $Z$ [-]	Velocidade avanço Por dente $f_z$ [mm/dente]	Rotação $n$ [rpm]
Amianto	10	2	2	6	0.05-0.15	25000

(Fonte: O autor.)

#### 4.2.3. Cálculo dos parâmetros do motor principal

##### 1) Cálculo da velocidade de corte

$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{\pi * 2 * 25000}{1000} = 157.080 \text{ [m/min]} \quad (2.1)$$

Onde:

$D$  – é o diâmetro da fresa,  $D = 2$  [mm];

$n$  – número de rotações da ferramenta de corte,  $n = 25000$  [rpm].

##### 2) Cálculo da Velocidade de avanço por dente

$$V_f = f_z * Z * n = 0.10 * 6 * 2500 = 15 \text{ [m/min]} \quad (2.2)$$

##### 3) Cálculo da força de corte

$$F_c = K_s * b * h^{1-mc} = 10 * 2 * 2^{1-0.4} = 13.030 \text{ [N]} \quad (2.3)$$

Onde:

$b$  – Largura do corte, em [mm];

$h$  – Espessura do corte, em [mm];

$mc$  – Expoente de Kienzele, para amianto  $mc = [0.3 - 0.5]$ ;

#### 4) Cálculo da potência do motor principal

$$P_{motor} = \frac{F_c * V_c}{60} = \frac{13.03 * 157.08}{60} = 34.11 [W] \quad (2.4)$$

#### 5) Motor principal Dremel 4000-N/26

Tabela 4: Parâmetros da Dremel 4000-N/26.



Figura 18: Ferramenta de corte Dremel 4000-N/26.

Especificações técnicas	
Tensão de alimentação	220.0 V
Massa	0.600 kg
Comprimento	230 mm
Largura	41 mm
Profundidade	43 mm
Velocidade em vazio	0 – 35000 rpm
Ajuste de velocidade	Totalmente variável
Potência	175 W

(Fonte: adaptado de (<https://www.dremel.com/br/pt/suporte>))

#### 4.2.4. Cálculos dos motores de passo

##### 1) Cálculo da força nos eixos mini fresadora CNC

##### Força axial

$$F_{an} = (M_n * g) + F_{atr} + (M_n * \alpha) \quad (2.5)$$

Onde:

$M_n$  – Massa deslocada no eixo, em [Kg];

$g$  – Aceleração de gravidade, em  $g = 9.81 [m/s^2]$ ;

$F_{atr}$  – resistência na superfície da guia,  $F_{atr} \approx 0$ ;

$\alpha$  – Aceleração do eixo,  $\alpha = 1 [m/s^2]$

Eixo Z:

$$F_{az} = (M_{nz} * g) + (M_{nz} * \alpha) = (1.720 * 9.81) + (1.720 * 1) = 18.593[N]$$

$$M_{nz} = 1.720 \text{ kg}$$

Para o eixo Y e X, além do cálculo da força axial descrito pela Equação (5), é essencial o cálculo da força de cisalhamento ( $F_c$ ), levando em consideração que são eixos horizontais. Assim o motor de passo está sujeito às forças de usinagem. Para isso, foi utilizada a equação acima (6).

Eixo X:

$$F_{aX} = (M_{nX} * g) + (M_{nX} * \alpha) = (3.410 * 9.81) + (3.410 * 1) = 36.862 [N]$$

$$M_{nX} = 3.410 \text{ kg}$$

Eixo Y:

$$F_{aY} = (M_{nY} * g) + (M_{nY} * \alpha) = (1.773 * 9.81) + (1.773 * 1) = 19.166 [N]$$

$$M_{nY} = 1.773 \text{ kg}$$

### Força total no eixo

$$F_t = F_{an} + F_c \quad (2.6)$$

Onde:

$F_{an}$  – Força axial no eixo, em [N];

$F_c$  – Força de corte, em [N];

Eixo X:

$$F_{tX} = 36.862 + 13.030 = 49.892 [N]$$

Eixo Y:

$$F_{tY} = 19.166 + 13.030 = 32.196 [N]$$

## 2) Cálculo do torque dos motores de passo

Com as forças de actuação da CNC calculadas, é efectuado o cálculo do torque para a verificação de compatibilidade dos motores. O torque máximo dos motores ocorre quando são acelerados até atingir a velocidade máxima de rotação, seu valor é obtido por meio da aplicação das equações a seguir:

$$T_m = T_1 + T_2 [Kgf.cm] \quad (2.7)$$

Onde:

$T_m$  – Torque do motor, em [Kgf.cm];

$T_1$  – Torque em velocidade constante, em [Kgf.cm];

$T_2$  – Torque de aceleração, em [Kgf.cm];

### Torque a velocidade constante

$$T_1 = \frac{F_{tn} * l}{2\pi * \eta_{fuso}} [Kgf.cm] \quad (4.1)$$

Onde:

$F_{tn}$  – Força total no eixo, em [N]

$l$  – passo do fuso, em  $l = 4[mm]$

$\eta_f$  – eficiência do Fuso,  $\eta_f = [0.1]$

$$T_{1X} = \frac{\left(\frac{49.892}{9.81}\right) * 0.4}{2\pi * 0.1} = 3.238 [Kgf.cm]$$

$$T_{1Y} = \frac{\left(\frac{32.196}{9.81}\right) * 0.4}{2\pi * 0.1} = 2.089 [Kgf.cm]$$

$$T_{1Z} = \frac{\left(\frac{18.593}{9.81}\right) * 0.4}{2\pi * 0.1} = 1.207 [Kgf.cm]$$

### Torque de Aceleração

$$T_2 = J * \omega [Kgf.cm] \quad (4.2)$$

Onde:

$J$  – é o momento de inércia total, em  $[Kg \cdot cm^2]$

$$J = J_m + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 * \left(J_s + \frac{W}{g} \left(\frac{l}{2\pi}\right)^3\right) \quad (4.3)$$

$J_m$  – é o momento de inércia do motor, em  $J_m = 0,300 [Kgf \cdot cm^2]$ ;

$W$  – peso deslocado, em  $[Kg]$ ;

$l$  – passo do fuso, em  $[mm]$ ;

$g$  – Aceleração de gravidade, em  $g = 9.81 * 10^2 [cm/s^2]$ ;

$\frac{N_1}{N_2}$  – relação de transmissão,  $\frac{N_1}{N_2} = 1$ , para união elástica;

$\omega$  – aceleração angular, em  $[rad/s^2]$ ;

$$\omega = \frac{2\pi * n}{60 * t} = \frac{2\pi * 200}{60 * 0.15} = 139.63 [rad/s] \quad (4.4)$$

$n$  – número de rotações do motor; em  $n = 200 [rpm] \approx 667 [PPS]$ ;

$t$  – é o tempo de aceleração ou desaceleração do motor (s),  $t \approx 0.15[s]$

$J_s$  – é o momento de inércia do fuso, em  $[Kgf \cdot cm^2 \cdot s^2]$ :

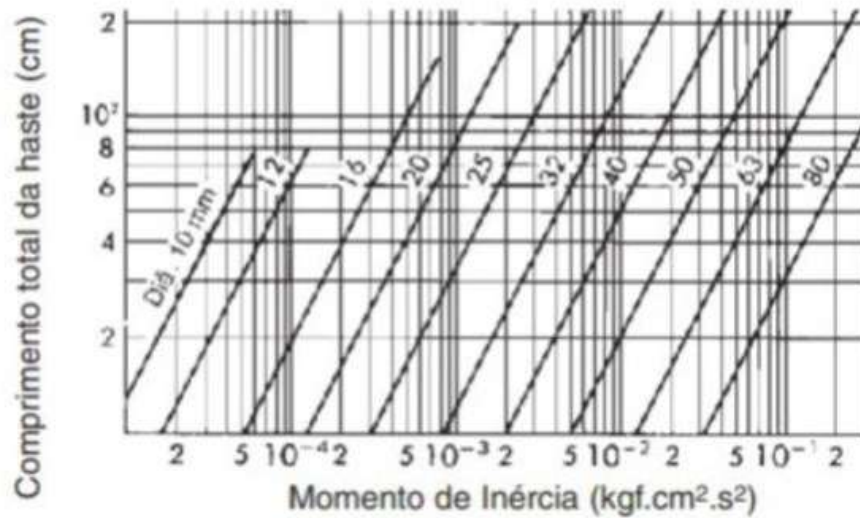


Figura 19: Gráfico de inércia do fuso.

(Fonte: (MAYER, 2020))

Eixo X comprimento de 480 mm  $J_{SX} \approx 8 \times 10^{-4} [Kgf \cdot cm^2 \cdot s^2]$

Eixo Y comprimento de 475 mm  $J_{SY} \approx 8 \times 10^{-4} [Kgf \cdot cm^2 \cdot s^2]$

Eixo Z comprimento de 225 mm  $J_{SZ} \approx 4 \times 10^{-4} [Kgf \cdot cm^2 \cdot s^2]$

### Momentos de inércia nos eixos

Substituindo na equação (4.3) tem-se a inércia para cada eixo:

$$J_X = 0.300 \times 10^{-4} + (1)^3 * \left( 8 \times 10^{-4} + \frac{3.410}{9.81 * 10^2} \left( \frac{0.4}{2\pi} \right)^3 \right)$$

$$J_X = 8.310 \times 10^{-4} [Kgf \cdot cm^2 \cdot s^2]$$

$$J_Y = 0.300 \times 10^{-4} + (1)^3 * \left( 8 \times 10^{-4} + \frac{1.773}{9.81 * 10^2} \left( \frac{0.4}{2\pi} \right)^3 \right)$$

$$J_Y = 8.305 \times 10^{-4} [Kgf \cdot cm^2 \cdot s^2]$$

$$J_Z = 0.300 \times 10^{-4} + (1)^3 * \left( 4 \times 10^{-4} + \frac{1.720}{9.81 * 10^2} \left( \frac{0.4}{2\pi} \right)^3 \right)$$

$$J_Z = 4.305 \times 10^{-4} [Kgf \cdot cm^2 \cdot s^2]$$



### Torques de aceleração nos eixos

Substituindo na equação (4.2) tem-se como torque de aceleração para cada eixo:

$$T_{2X} = 8.310 \times 10^{-4} * 139.63 = 0.116 [Kgf \cdot cm]$$

$$T_{2Y} = 8.305 \times 10^{-4} * 139.63 = 0.116 [Kgf \cdot cm]$$

$$T_{2Z} = 4.305 \times 10^{-4} * 139.63 = 0.060 [Kgf \cdot cm]$$

### Torques dos motores de passo

Substituindo na equação (2.7), os valores  $T_1$  e  $T_2$  tem-se como torque requerido aos motores de passo para cada eixo:

$$T_{mX} = 3.238 + 0.116 = 3.354 [Kgf \cdot cm]$$

$$T_{mY} = 2.089 + 0.116 = 2.205 [Kgf \cdot cm]$$

$$T_{mZ} = 1.207 + 0.060 = 1.323 [Kgf \cdot cm]$$

Como os motores serão accionados por drives que possibilitam aumentar a resolução do motor de passo, é necessário que o torque dos actuadores seja acrescido de 30% do calculado.

$$T_{mX} = 4.360 [Kgf \cdot cm] = 0.428 [N \cdot m]$$

$$T_{mY} = 2.867 [Kgf \cdot cm] = 0.281 [N \cdot m]$$

$$T_{mZ} = 1.720 [Kgf \cdot cm] = 0.169 [N \cdot m]$$

#### 4.2.5. Escolha dos motores de passo

Os motores de passo são especificados pelo torque de retenção (holding torque), esta é uma característica fundamental e se refere à quantidade de torque que o motor de passo pode manter quando está parado, ou seja, quando não está girando. Esse valor é crucial para várias aplicações, pois garante que o motor mantenha sua posição quando a carga é aplicada.

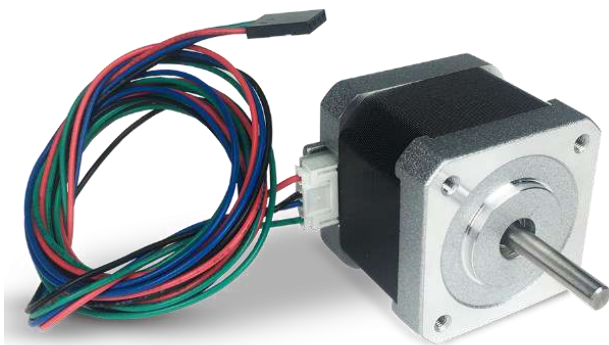


Figura 20: Motor de passo NEMA 17.

Fonte: (pt.aliexpress.com)

O *holding torque* é uma medida crucial da capacidade do motor de passo de manter sua posição contra forças externas quando está parado, garantindo a precisão e estabilidade em aplicações que dependem dessa funcionalidade. Os motores de passo devem ser escolhidos de acordo com o torque de projecto em combinação com a curva do torque e velocidade do motor de passo especificado do catálogo.

Tabela 5: Parâmetros dos motores de Passo escolhidos.

Eixo	Motor de passo NEMA 17	H. Torque [N · m]	Passo em angulo [°]	Øeixo [mm]	Inercia [g · cm <sup>2</sup> ]	Massa [kg]
X	KTC-42HS60-1704	0.73	1.8	5.0	102	0.55
Y	KTC-42HS48-1684-08AF	0.50	1.8	5.0	68	0.34
Z	KTC-42HS40-1704	0.50	1.8	5.0	54	0.24

(Fonte: O autor.)

#### 4.2.6. Cálculo de verificação dos fusos e da buchas de transmissão dos eixos

O torque de aperto  $T_{ap}$  (transmissão) varia e esse torque, corresponde ao torque fornecido pelos motores de passo anteriormente dimensionados, com base nessa faixa torque faz-se dimensionamento do fuso da transmissão que consiste na pré-selecção dos parâmetros da rosca trapezoidal do fuso e da bucha (porca) seguida de cálculos de resistência para limitar a tensão de esgamento da transmissão.

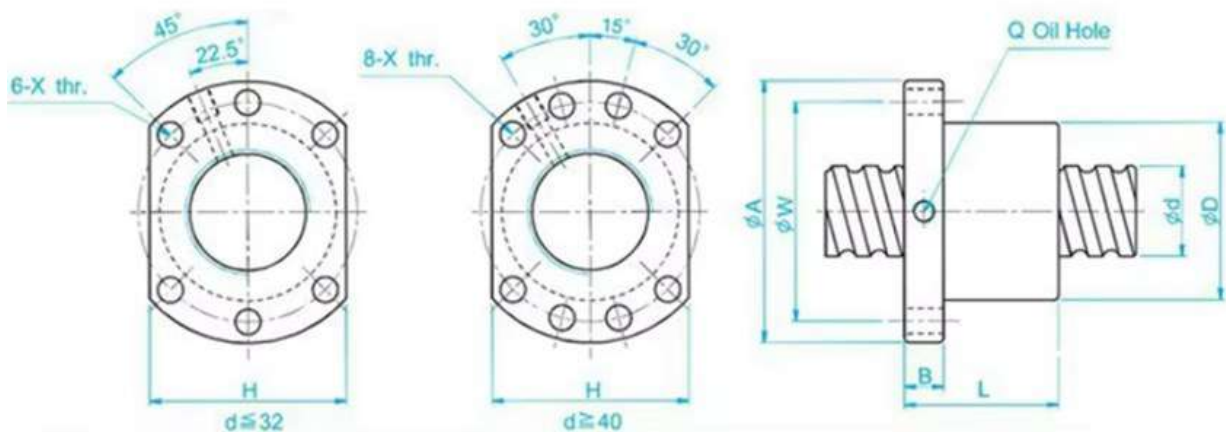


Figura 21: Parâmetros da Bucha trapezoidal.

(Fonte: <https://www.alibaba.com/>.)

Tabela 6: Selecção da bucha trapezoidal.

Unit : mm

Model No.	Dimensions														
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	H	Q	n	Ca	Coa	K
SFU01204-4	12	4	2.5	24	40	10	40	32	4.5	30		1x4	902	1884	26
SFU01604-4		4	2.381	28	48	10	40	38	5.5	40	M6	1x4	973	2406	32
SFU01605-4	16	5	3.175	28	48	10	50	38	5.5	40	M6	1x4	1380	3052	32
SFU01610-3		10	3.175	28	48	10	57	38	5.5	40	M6	1x3	1103	2401	26
SFU02004-4	20	4	2.381	36	58	10	42	47	6.6	44	M6	1x4	1066	2987	38
SFU02005-4		5	3.175	36	58	10	51	47	6.6	44	M6	1x4	1551	3875	39

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>.)

### 1) Torque de aperto

$$T_{ap} = 0,5 * F * d_2 \left[ \frac{D_{med}}{d_2} * f + tg(\psi + \varphi) \right] \quad (2.12)$$

Onde:

$T_{ap}$  – torque de aperto, considera-se o torque mais alto do cálculo dos motores de passo, assim tem-se:

$$T_{ap} \approx T_{mx} = 4.360 [Kgf.cm] = 0.428 [N.m]$$

$F$  – é a força axial na transmissão roscada;

$d_2$  – é o diâmetro primitivo:  $d_2 = 10 [mm]$ ;

$D_{med}$  – é o diâmetro médio da força na face:  $D_{med} \approx \frac{2}{3} d_1 = [mm]$

$f$  – é o coeficiente de atrito, para transmissões bem lubrificadas  $f = 0.05$ ;

$\psi$  – é o ângulo de subida da hélice,  $tg \psi = \frac{p}{\pi * d_2} = \frac{4}{\pi * 10} = 0.127 \rightarrow \psi = 7.25[^\circ]$ ;

$\varphi$  – é o ângulo de atrito,  $tg \varphi = f = 0.05 \rightarrow \varphi = 2.86 [^\circ]$

Reescrevendo a equação (2.12) em ordem a  $F$  e substituindo os valores acima, temos que a força axial de aperto será:

$$F = \frac{T_{ap}}{0.5 * d_2 \left[ \frac{D_{med}}{d_2} * f + tg(\psi + \varphi) \right]}$$

$$F = \frac{0.428 * 10^3}{0.5 * 10 \left[ \frac{2 * 8}{3 * 10} * 0.05 + tg(2.86 + 7.25) \right]} = 41.760 [N]$$

## 2) Resistência dos filetes ao esmagamento

$$\sigma_{esm} = \frac{F}{\pi * d_2 * h * Z} \leq [\sigma_{esm}] \quad (2.11)$$

Onde:

$[\sigma_{esm}] = 13 [MPa]$  – Para parafusos de aço e porcas de ferro-fundido, com lubrificação normal.

$d_2$  – é o diâmetro primitivo da rosca:  $d_2 = 10 [mm]$ ;

$F$  – é a força axial na transmissão roscada, em  $[N]$ ;

$h = 0,5 * p$ ;

$Z$  – é o número de espiras na porca:  $Z = \frac{H}{p}$ .

Substituindo  $h$  e  $Z$ , a equação (2.15) pode ser reescrita como:

$$\sigma_{esm} = \frac{2 * F}{\pi * d_2 * H} \leq [\sigma_{esm}] \quad (4.1)$$

Agora substituindo na equação (4.1),  $H = 40$  (na *tabela 6.*) e substituindo os valores acima, temos que a altura da porca será:

$$\sigma_{esm} = \frac{2 * 41.760}{\pi * 10 * 40} = 0.066 \leq [\sigma_{esm}] = 12 [Mpa] \quad (4.1)$$

Com base no cálculo da tensão de esmagamento, para condição de resistência ao esmagamento, já que vimos que a tensão de esmagamento da transmissão é muito baixa em relação a tensão admissível.

#### 4.2.7. Escolha da caixa da bucha

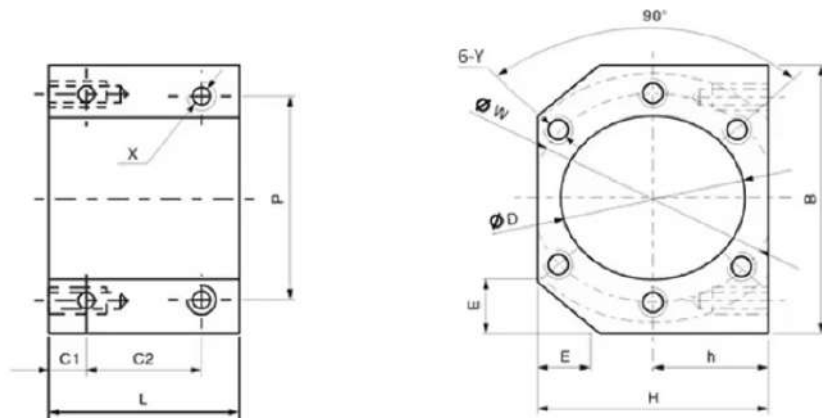


Figura 22: Parâmetros geométricos da caixa da bucha.

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)

Tabela 7: Seleção da caixa da bucha trapezoidal.

unit: mm

Model	Specification	Nut installation size table											
		D	B	H	h	E	L	C1	C2	P	X	W	Y
DSG16H	1605	28	52	40	20	12	40	8	24	40	M5	32	M5
	1610												
DSG1616	1610	32	54	38	19	8	40	8	24	44		42	M4

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)

#### 4.2.8. Escolha dos apoios de rolamento



Figura 23: Caixas de Rolamentos.

(Fonte: <https://www.alibaba.com/>.)

O rolamento é um competente que suporta as cargas dinâmicas e transmite movimento de rotação, a função do rolamento é minimizar a fricção ou atrito de deslizamento entre as peças móveis da máquina. O rolamento consiste em anéis, externo e interno, esferas ou rolos distribuídos equidistantes entre os anéis que são mantidos separados por um acessório chamado de gaiola. A seguir (figura 24). o esquema ilustrativo de montagem e especificações do rolamento.

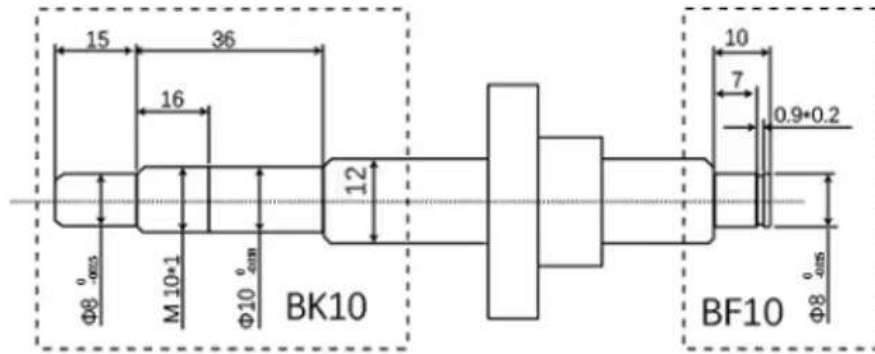


Figura 24: Esquema de montagem dos rolamentos.

(Fonte: <https://www.alibaba.com/>.)

### 1) Especificações do rolamento BK10

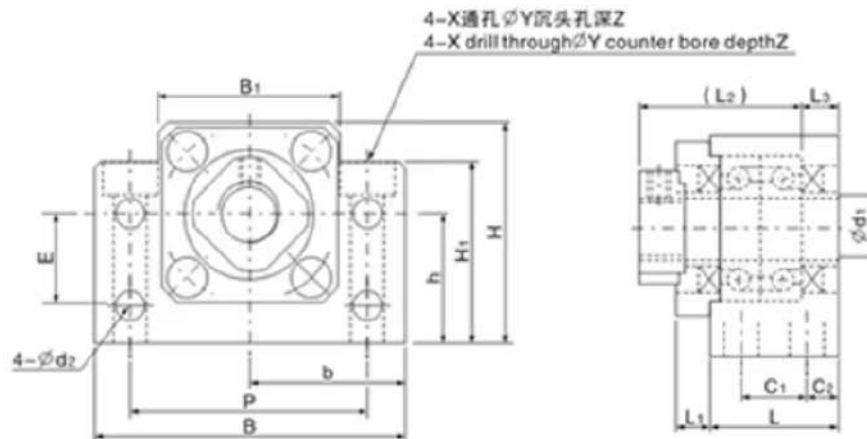


Figura 25: Parâmetros geométricos do rolamento BK10.

(Fonte: <https://www.alibaba.com/>.)

Tabela 8: Especificações do rolamento BK10.

unit: mm

Model	d1	L	L1	L2	L3	C1	C2	B	H	b±0.02	h±0.02	B1	H1	E	P	d2	X	Y	Z
BK10	10	25	5	29	5	13	6	60	39	30	22	34	32.5	15	46	5.5	6.6	10.8	5
BK12	12	25	5	29	5	13	6	60	43	30	25	34	32.5	18	46	5.5	6.6	10.8	1.5
BK15	15	27	6	32	6	15	6	70	48	35	28	40	38	18	54	5.5	6.6	11	6.5

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)

## 2) Especificações do rolamento BF10

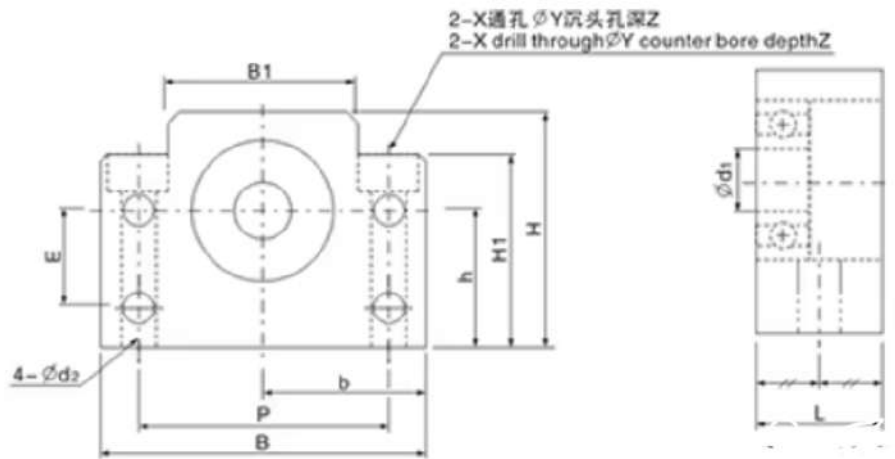


Figura 26: Parâmetros geométricos do rolamento BF10

(Fonte: <https://www.alibaba.com/>.)

Tabela 9: Especificações do rolamento BF10

unit: mm

Model	d1	L	B	H	$b \pm 0.02$	$h \pm 0.02$	B1	H1	E	P	d2	X	Y	Z
BF10	8	20	60	39	30	22	34	32.5	15	46	5.5	6.6	10.8	5
BF12	10	20	60	43	30	25	34	32.5	18	46	5.5	6.6	10.8	1.5
BF15	15	20	70	48	35	28	40	38	18	54	5.5	6.6	11	6.5

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)

### 4.2.9. Escolha dos apoios das guias lineares

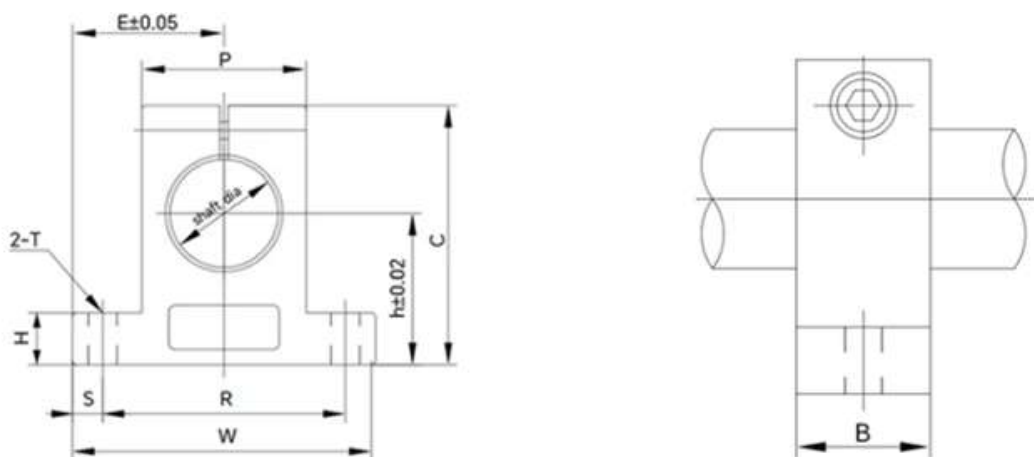


Figura 27: Parâmetros geométricos dos apoios das guias lineares SK-16.

(Fonte: <https://www.alibaba.com/>.)

Tabela 10: Especificações do apoio das guias lineares SK-16.

Model No.	Shaft Diameter r (mm)	Main Mounting Dimensions (mm)										Locking Bolts	Mounting Bolts	Weight kg
		h	E	W	B	C	H	P	S	R	T			
SK-8	8	20	21	42	14	32.8	6	18	5	32	5.5	M4	M5	0.024
SK-10	10	20	21	42	14	32.8	6	18	5	32	5.5	M4	M5	0.024
SK-12	12	23	21	42	14	37.5	6	20	5	32	5.5	M4	M5	0.03
SK-13	13	23	21	42	14	37.5	6	20	5	32	5.5	M4	M5	0.03
SK-16	16	27	24	48	16	44	8	25	5	38	5.5	M4	M5	0.04
SK-20	20	31	30	60	20	51	10	30	7.5	45	6.6	M5	M6	0.07

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)

#### 4.2.10. Seleção da corredeiras lineares

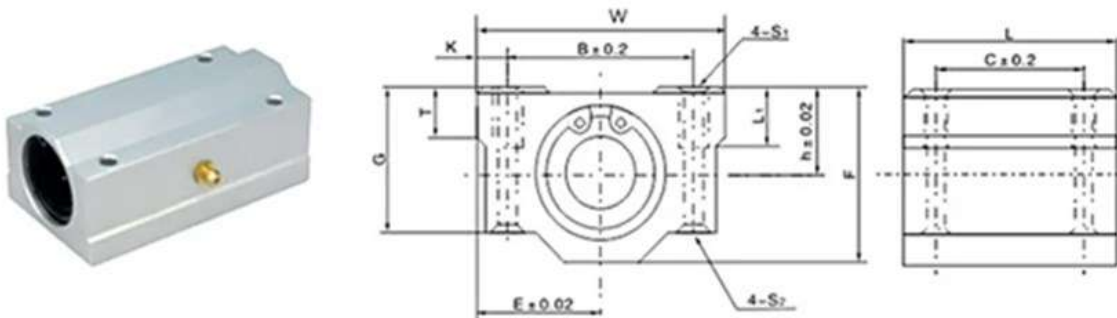


Figura 28: Dimensões da corredeira linear SCS 16UU.

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)

Tabela 11: Seleção e parâmetros da corredeira SCS 16UU.

Unit Type	Dimensions (mm)												Slide bush			Weight (g)	
	T	h	E	W	L	F	G	B	C	K	S1	S2	L1	Designation	Basic load rating		
															dynamic CoN		static CoN
SCS 6UU	6	9	15	30	25	18	15	20	15	5	M4	3.4	8	LM6UU	206	265	34
SCS 8UU	6	11	17	34	30	22	18	24	18	5	M4	3.4	8	LM8UU	274	392	52
SCS 10UU	8	13	20	40	35	26	21	28	21	6	M5	4.3	12	LM10UU	372	549	92
SCS 12UU	8	15	21	42	36	28	24	30.5	26	5.75	M5	4.3	12	LM12UU	510	784	102
SCS 13UU	8	15	22	44	39	30	24.5	33	26	5.5	M5	4.3	12	LM13UU	510	784	120
SCS 16UU	9	19	25	50	44	38.5	32.5	36	34	7	M5	4.3	12	LM16UU	774	1180	200
SCS 20UU	11	21	27	54	50	41	35	40	40	7	M6	5.2	12	LM20UU	882	1370	255

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)



#### 4.2.11. Seleção dos guias lineares

Tabela 12: Seleção e indicação dos Parâmetros da guia linear SF16.

Model No.	Outer Diameter (mm)	Diameter Tolerance g6	Hardened Layer Depth	Weight (kg/m)
SF10	10	-0.005-0.014	0.6-1.5	0.62
SF11	11	-0.006-0.017	0.6-1.5	0.74
SF12	12	-0.006-0.017	0.6-1.5	0.89
SF13	13	-0.006-0.017	0.6-1.5	1.04
SF14	14	-0.006-0.017	0.6-1.5	1.2
SF15	15	-0.006-0.017	0.6-1.5	1.38
SF16	16	-0.006-0.017	0.8-2.0	1.58
SF17	17	-0.006-0.017	0.8-2.0	1.78

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)

#### 4.2.12. Escolha dos acoplamentos

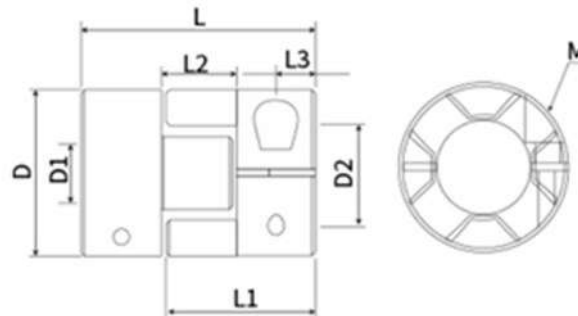


Figura 29: Dimensões do Acoplamento elástico LF-B-D20L30(2π).

(Fonte: <https://www.alibaba.com/>.)

Tabela 13: Dimensões do acoplamento elástico LF-B-D20L30(2π).

型号 Model	D (mm)	L (mm)	D1-D2 (mm)	M (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	螺栓紧固扭矩 (n.m) Screw tightening torque
LF-B-D14L22(2π)	14	22	3-6	M2.5	14	7	3.5	0.5
LF-B-D20L25(2π)	20	25	4-10	M3.0	16.5	8.8	4	1
LF-B-D20L30(2π)	20	30	4-10	M3.0	19	8.8	5	1
LF-B-D25L30(2π)	25	30	5-14	M3.0	20	10.5	4.75	2
LF-B-D25L35(2π)	25	35	5-14	M3.0	22.5	11	6	2
LF-B-D30L35(2/3π)	30	35	6-16	M4.0	22.5	11	5.5	2.5
LF-B-D30L40(2/3π)	30	40	6-16	M4.0	25	11	6.75	2.5

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)

Tabela 14: Parâmetros de carga do acoplamento elástico LF-B-D20L30(2π).

型号 Model	最大轴孔 (mm) Maximum shaft hole	额定扭矩 (n.m) Rated torque	最大扭矩 (n.m) Maximum torque	最高转速 (rpm) Maximum speed	惯性力矩 Moment of inertia	容许偏角 (°) Allowable deflection angle	容许偏心 (mm) Allowable eccentricity	重量 (g) Weight
LF-B-D14L22(2π)	6	1.2	2.4	40000	1.9*10	0.1	1	10
LF-B-D20L25(2π)	10	3	6	28000	1.0*10	0.15	1	15
LF-B-D20L30(2π)	10	3	6	28000	1.0*10	0.15	1	19
LF-B-D25L30(2π)	14	4.8	9.6	20000	2.0*10	0.15	1	33
LF-B-D25L35(2π)	14	4.8	9.6	20000	2.0*10	0.15	1	45
LF-B-D30L35(2π)	16	7.4	14.8	18000	6.0*10	0.15	1	50
LF-B-D30L40(2π)	16	7.4	14.8	18000	6.0*10	0.15	1	60

(Fonte: adaptado de <https://www.alibaba.com/>)

### 4.3. ELABORAÇÃO DOS G-CODES PARA DAS PRODUÇÃO DAS JUNTAS

A elaboração do G-CODE para as juntas começou com a criação dos desenhos em *AutoCAD*. Esses desenhos foram posteriormente convertidos para o formato *DXF*, que é amplamente utilizado para compartilhar dados de desenho entre diferentes aplicativos *CAD*. Após a conversão, os arquivos *DXF* foram inseridos em um programa de leitura e conversão especializado, o *ABviewer 15*, que é projectado para transformar arquivos *DXF* em G-CODE.

O G-CODE gerado pelo *ABviewer 15* já pode ser utilizado para a fabricação das juntas. Este processo permite que os desenhos sejam transformados em instruções precisas para máquinas CNC, garantindo que as peças sejam produzidas com a máxima precisão e conforme as especificações estabelecidas. A utilização de ferramentas como *CAD* e *CAM* (*Computer-Aided Manufacturing*) é fundamental para otimizar a eficiência e a exactidão na produção de componentes complexos.

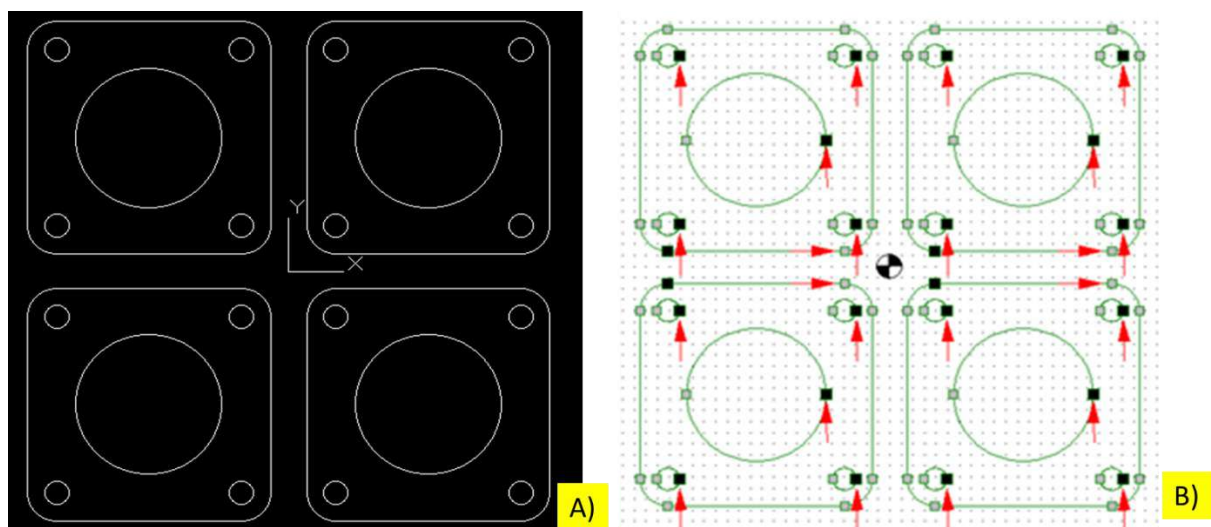


Figura 30: a) desenho do layout da junta no AUTOCAD; b) Elaboração do G-CODE no ABVIEWE 15.

(Fonte: O autor.)

Para garantir uma maior flexibilidade das operações de manufactura das diversas juntas mais requisitadas sugere-se a criação de uma base de dados contendo os desenhos e as programações das tais juntas como mostra o exemplo: *Anexo 4* (Desenho da junta) e *Anexo 5* (layout e G-code da junta).

## CAPÍTULO V

### 5. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a fabricação manual das juntas de peças nas oficinas da CFM–Sul, constata-se que a operação de fabricação de juntas é um processo bastante desgastante fisicamente assim como mentalmente, ainda sobre o risco do técnico auto martelar-se os dedos durante a operação. Este método de fabricação também mostrou-se bastante ineficiente devido a ocorrência constante de defeitos o que resulta em, desperdício de matéria-prima, tornando a operação bastante morosa acarretando os custos da manutenção desenvolvida. Com uso da Mini Fresadora CNC nas oficinas da CFM-Sul, tem-se os seguintes resultados:

- ✓ Redução do esforço físico e mental dos trabalhadores;
- ✓ Racionalização do uso da matéria-prima;
- ✓ Redução do tempo de manufactura das juntas das peças;
- ✓ Mitigação dos riscos a acidentes ou lesões aos trabalhados,

Com estes resultados torna-se possível alcançar maior produtividade devido a flexibilidade e rapidez na realização das operações de fabricação de juntas de vedação, assim como a melhoria da disposição dos trabalhadores já que com esta máquina, ocorre ausência ou redução do esforço físico e mental que antes gerava fadiga dos trabalhadores.

#### 5.1.1. ANÁLISE DE CUSTOS DO PROJECTO

A análise dos custos do projecto da Mini Fresadora CNC para fabricação das juntas, tal como dito anteriormente a abordagem nesse trabalho limita-se basicamente nos cálculos baseado no custo de material para a construção do mesmo.

*Tabela 15: Custos do material do projecto da Mini Fresadora CNC.*

Conjunto/ peça	Detalhes	Q	Preço/ conjunto (MZN)	Preço total (MZN)
<b>KIT DE EIXOS: CNC NEMA 17</b>				
X- Motor de passo NEMA 17	KTC-42HS60-1704	1	16,000.00	16,000.00
Y- Motor de passo NEMA 17	KTC-42HS48-1684-08AF	1		
Z- Motor de passo NEMA 17	KTC-42HS40-1704	1		
Controladores CNC	-	1		
Drives	4 DM860H	3		

Fonte de alimentação	48V DC	1		
Placa electrónica	Shield V4	1		
<b>KIT TRANSMISSÃO/ MOVIMENTAÇÃO</b>				
Fuso do eixo	SFU1605 500mm	3	1,600.00	4,800.00
Acoplamento	LF-B-D20L30(2 $\pi$ )	3		
Apoios de rolamentos	BK10	3		
Apoios de rolamentos	BF10	3		
Bucha	SFU01204-4	3		
Base da bucha	DSG16H	3		
<b>KIT DE GUIAS: VENSTPOW</b>				
Guias lineares	SF16	6	740.00	2,220.00
Corrediças lineares	SCS 16 UU	10		
Apoios	SK-16	12		
<b>OUTROS MATERIAS</b>				
Motor principal	DRAMEL 4000-N/26	1	4,800.00	4,800.00
Placa de alumínio	8X400X600	1	5,400.00	5,400.00
Tubo de aço	25X25X1.6X5800	1	760.00	760.00
Porcas e parafusos	M6X30	20	80.00	1,600.00
<b>Total</b>				<b>35,580.00</b>

A construção da Mini Fresadora CNC mostrou-se bastante simples resultando em um projecto economicamente acessível, simples em termos de manutenção por ter componentes nada complexos e fáceis de encontrar, apresentado assim um custo total de (35,580.00 MZN).

## **CAPÍTULO VI**

### **6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

#### **6.1. CONCLUSÕES**

A fabricação manual de algumas juntas de vedação das peças das locomotivas no DMM nas oficinas gerais da CFM-Sul faz com que a operação de manutenção das locomotivas e dos seus equipamentos seja bastante morosa, custosa e torna o processo fatigante para os técnicos reparadores e ainda apresenta alto risco de contrair ferimentos por martelamento.

O presente projecto dimensionou uma mini fresadora de comando numérico computadorizado para a manufactura de juntas de vedação feitas a partir de amianto e cartões de papel. A implementação deste projecto mostra que aumenta a eficiência das operações de manutenção das peças e equipamentos das locomotivas no DMM, reduz os custos, garante a integridade física dos operários minimizando o risco de acidentes durante a manufactura das juntas de vedação. Projecto possui forma construtiva relativamente simples, com alta robustez estrutural e flexibilidade.

Por fim, conclui-se que os objectivos foram alcançados na totalidade, uma vez que foi possível a elaboração do projecto preliminar da Mini Fresadora CNC que reuniu requisitos mecânicos necessários para sua movimentação a fim de mitigar os inconvenientes da fabricação manual das juntas, garantindo maior segurança, confiabilidade do processo, o que de um modo geral aumenta a produtividade e reduz os custos a manutenção desenvolvida.

#### **6.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- ✓ Análise detalhada das forças e tensões nos componentes da Mini Fresadora CNC;
- ✓ Utilização de softwares que possam simular o processo de fresagem das juntas de vedação na Mini Fresadora CNC;
- ✓ Elaboração de manual de instrução para uso e operação da Mini Fresadora CNC projectada.

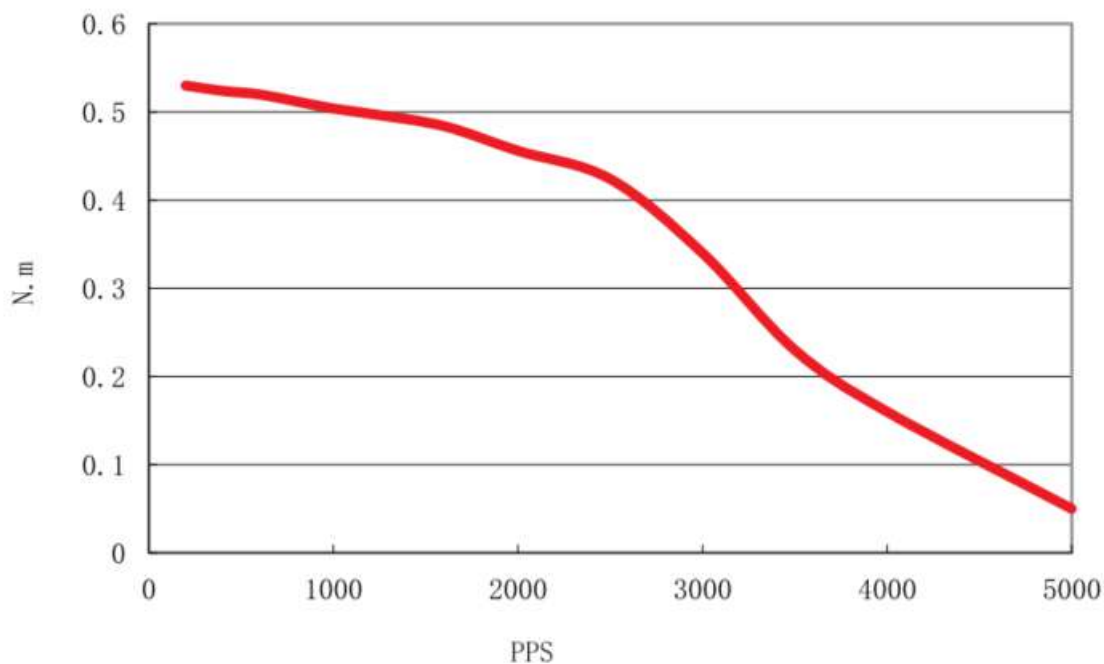
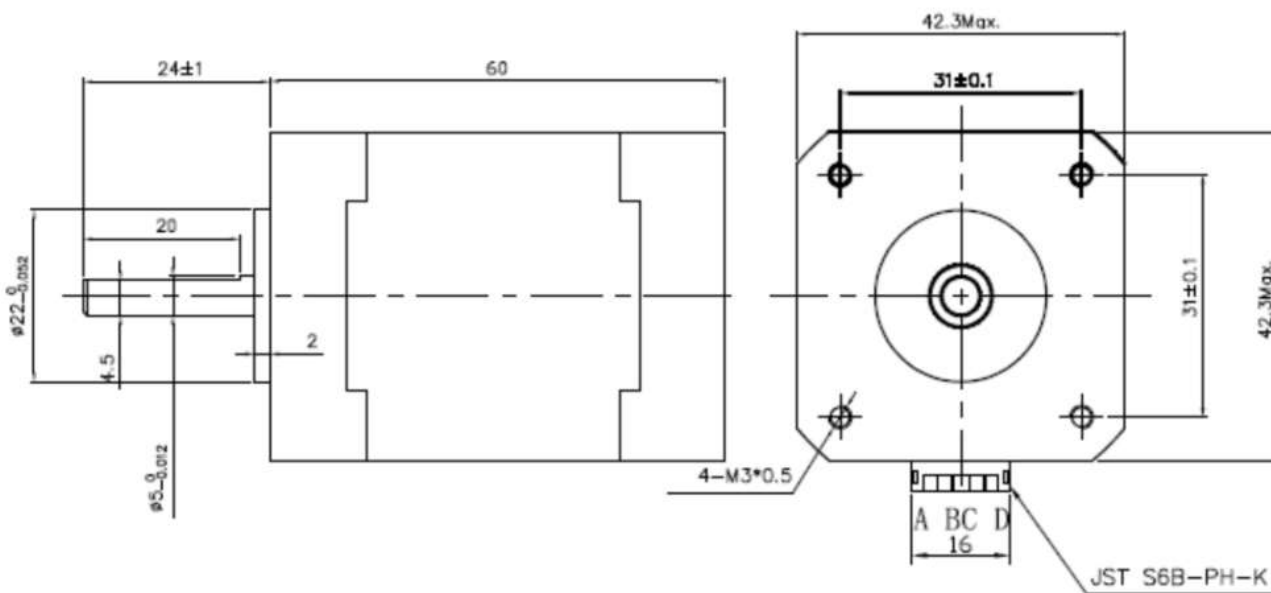
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, Victor Almeida. 2018.** *Projeto Básico de uma Fresadora CNC*. TEM - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal Fluminense. Niterói - R : s.n., 2018.
- BOOTHROYD, Geoffrey e KNIGHT, Winston A. 2014.** *Fundamentals of Machining and Machine Tools*. Second Edition. Kingston, Rhode Island : MARCEL DEKKER, INC., 2014.
- CHATURVEDI, Sachin. 2015.** *Introduction to Machine Tools & Machine*. Al-Falah School of Engineering & technology. Nova Deli : s.n., 2015.
- DE BRITO, Tarcísio Gonçalves . 2014.** *INTRODUÇÃO A USINAGEM*. CEFET-MG CAMPUS VIII. Varginha - MG : s.n., 2014.
- DE OLIVEIRA , Fabio Baptista. 2019.** *Projeto, Construção e Caracterização de uma Fresadora CNC de Bancada*. Universidade Federal do Pampa. Alegrete : s.n., 2019.
- Dunaev, Petr Fedorovich e Lelikov, Oleg Palvovich. 2004.** *Projeto de unidades e de peças de máquinas*. Moscou : Moscou Academia, 2004.
- KALATEC AUTOMAÇÃO. MOTORES DE PASSO.**
- MAYER, Marconi Fagunes. 2020.** *Projecto de Router CNC 4 Eixos Para Corte de Materias Para Prototipagem*. Deparatamento Acadêmico de Metal Mecânica, Insttuto Federal de Educação e Tecnologia Santa Catarina. Florianópolis : s.n., 2020.
- NARDINI, DEB'MAQ. 2017.** *FRESADORA UNIVERSAL*. INDÚSTRIAS NARDINI S/A. Rua Fernão Dias, Km 909, Camanducaia, MG : s.n., 2017.
- RESHETOV, D. N. 1979.** *Atlas de construção Mecânica*. Brazil : Renovada Livros Culturais LTDA, 1979. Vols. I, II e III.
- ROMEROS, Felipe Machado. 2022.** *Desenvolvimento de Máquina CNC Router para Usinagem de Modelos de Fundação em Areia Verde*. Campus Formiga, Insttuto Federal Minas Gerais . FORMIGA-MG : s.n., 2022.
- SITOE, Rui Vasco. 2005.** *Manual de Órgãos de Máquinas I- Ligações Roscadas*. Departamento de Engenharia Mecânica, Universiadde Eduardo Mondlane. 2005.

## **ANEXOS**

# ANEXO 1- PARÂMETROS GEOMÉTRICOS E CURVAS DE TORQUE DOS MOTORES DE PASSO

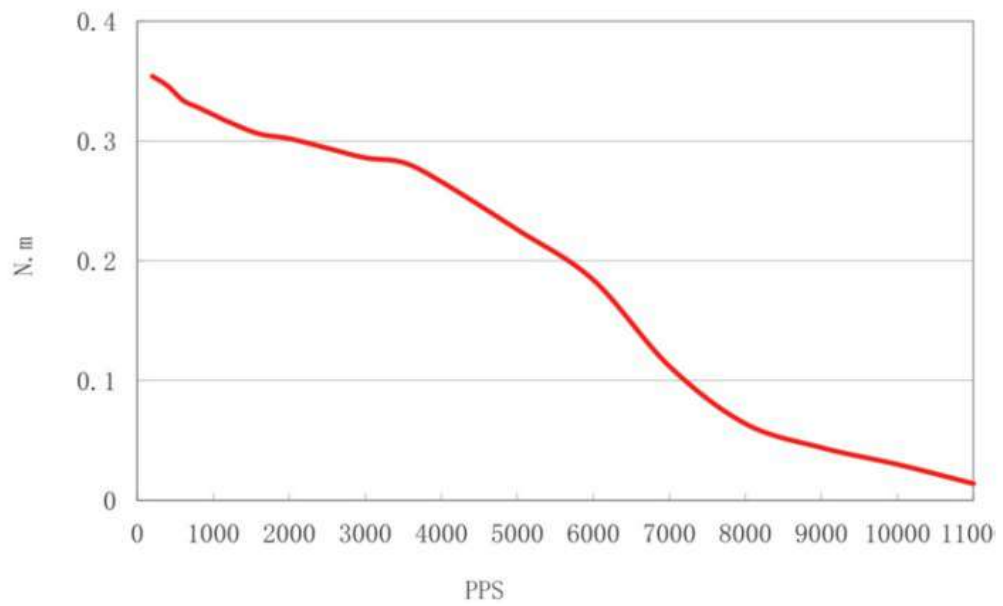
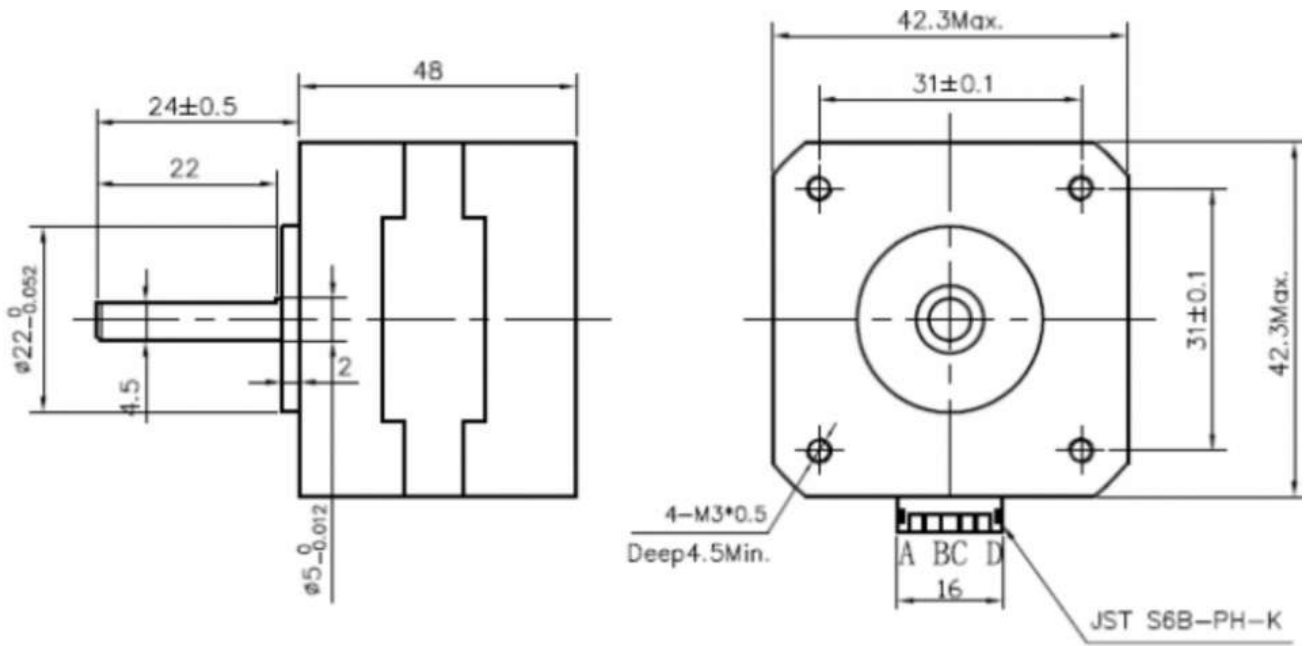
MOTOR DE PASSO X: KTC-42HS60-1704 - NEMA 17



Fonte: Catálogo de motores de passo. KALATEC

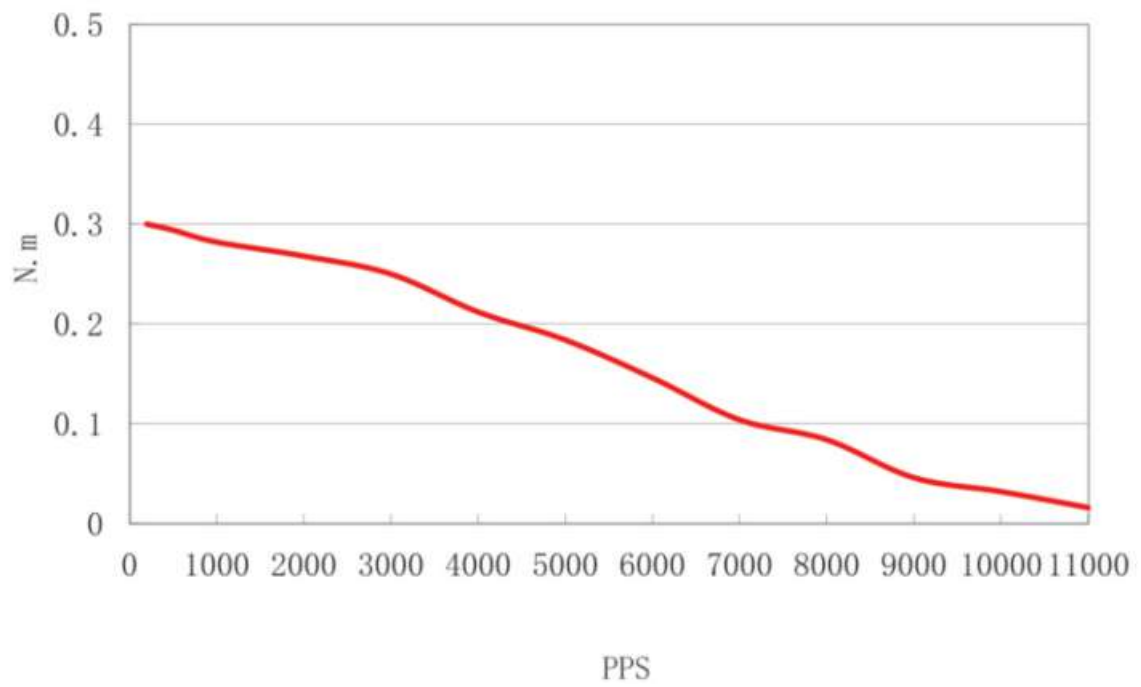
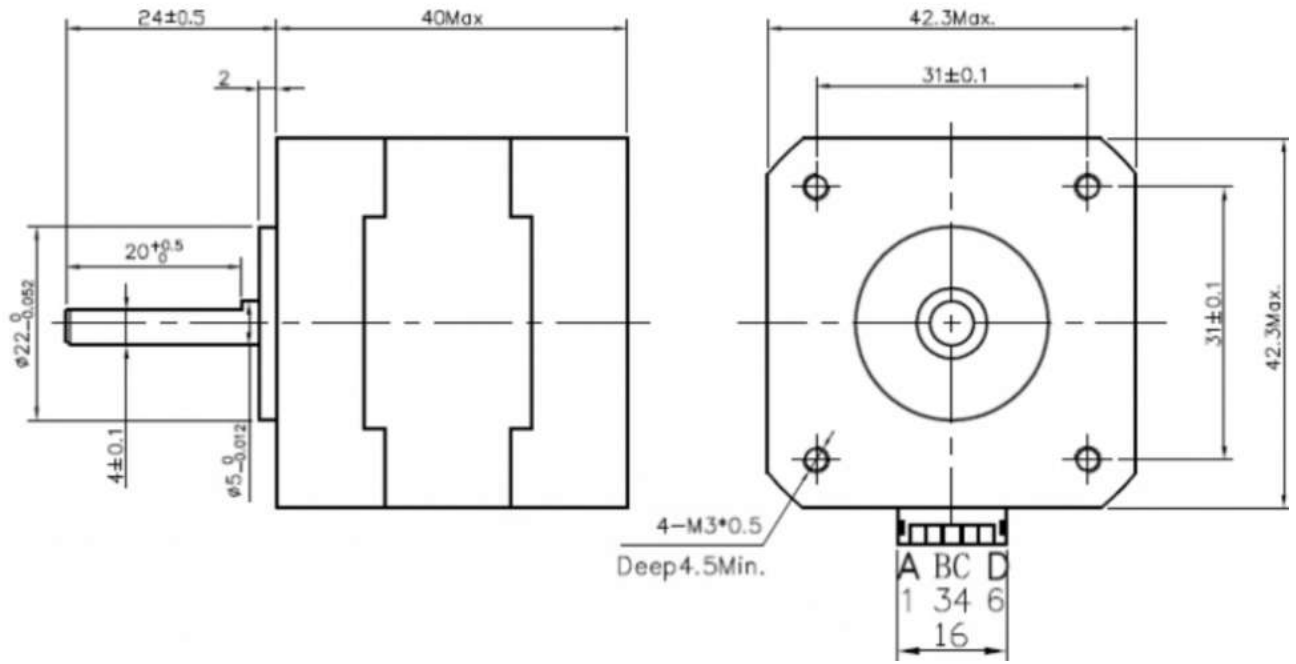


MOTOR DE PASSO Y: KTC-42HS48-1684-08AF - NEMA 17

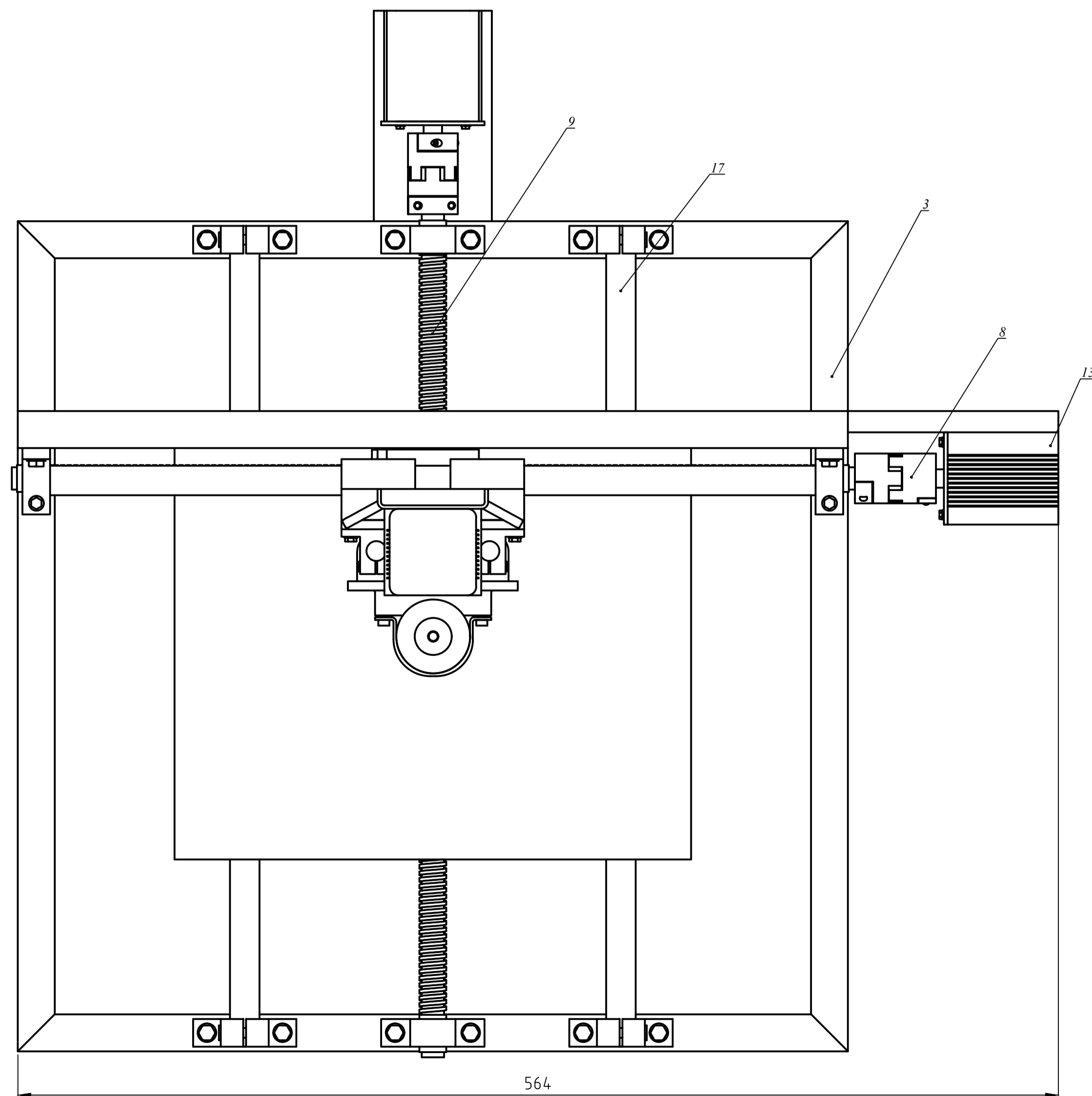
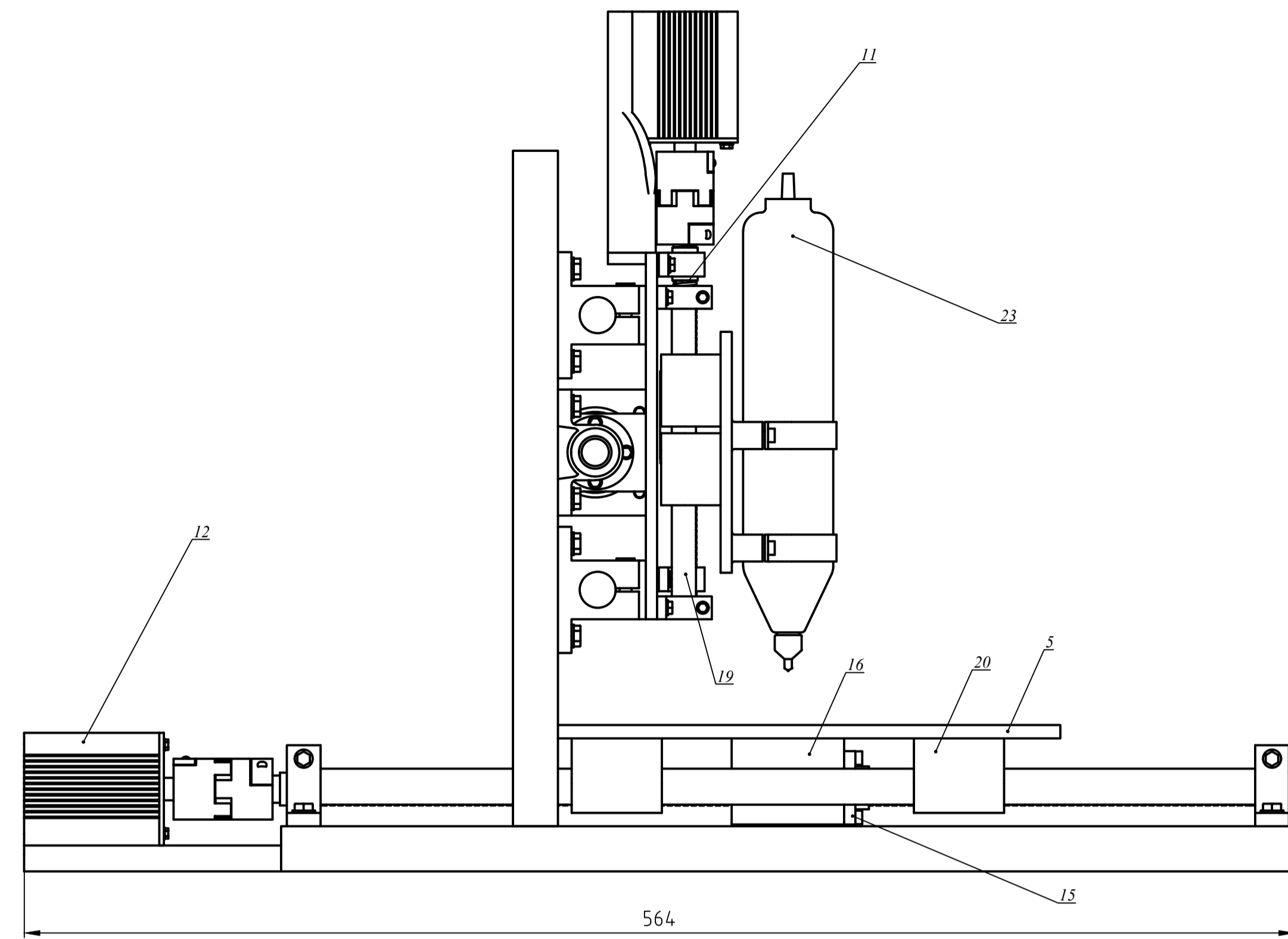
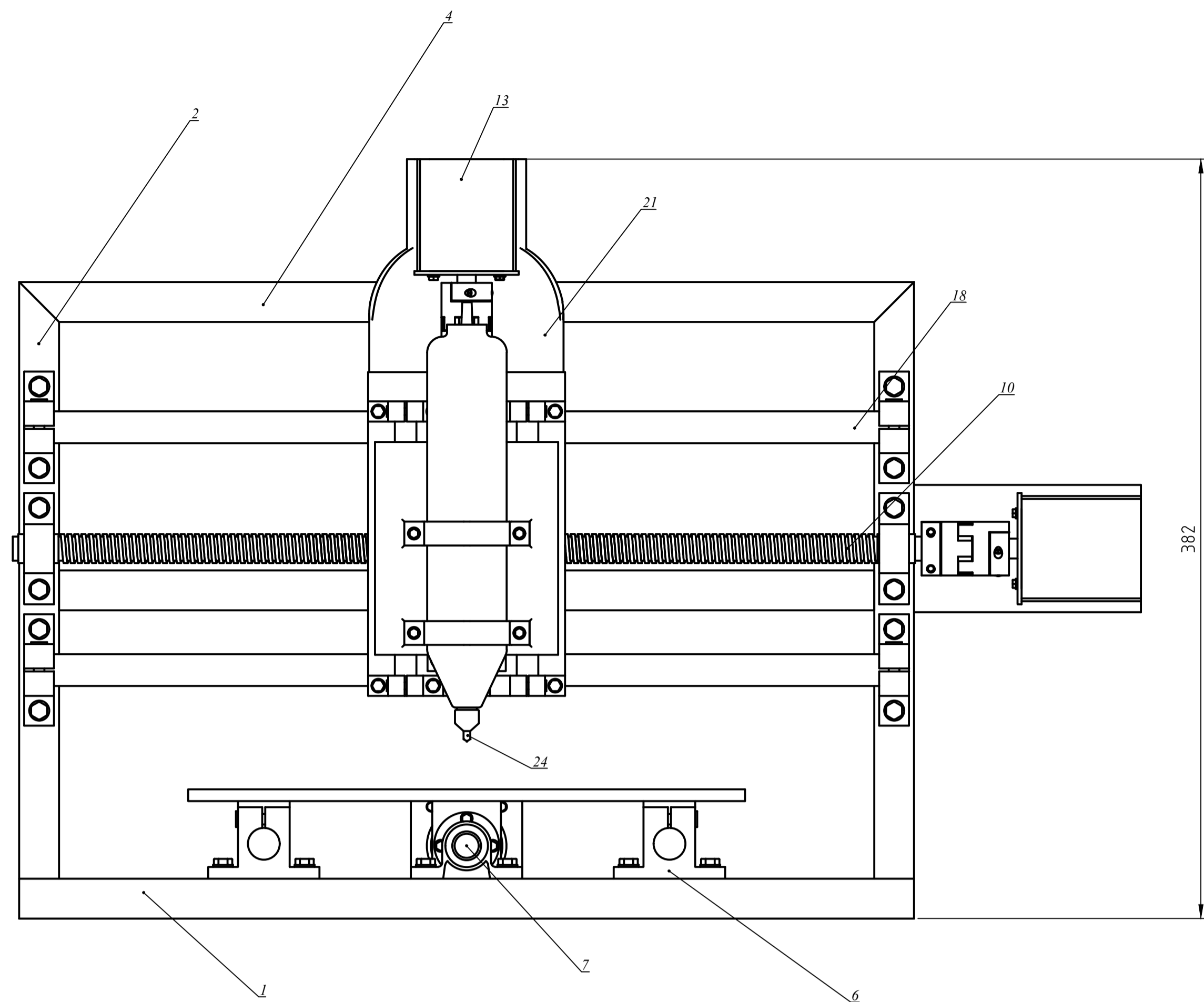


Fonte: Fonte: Catálogo de motores de passo. KALATEC

MOTOR DE PASSO Z: KTC-42HS40-1704 - NEMA 17

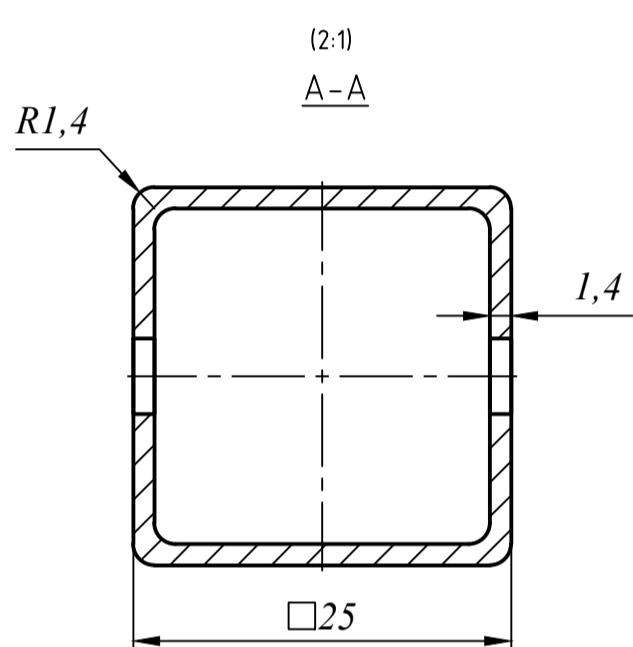
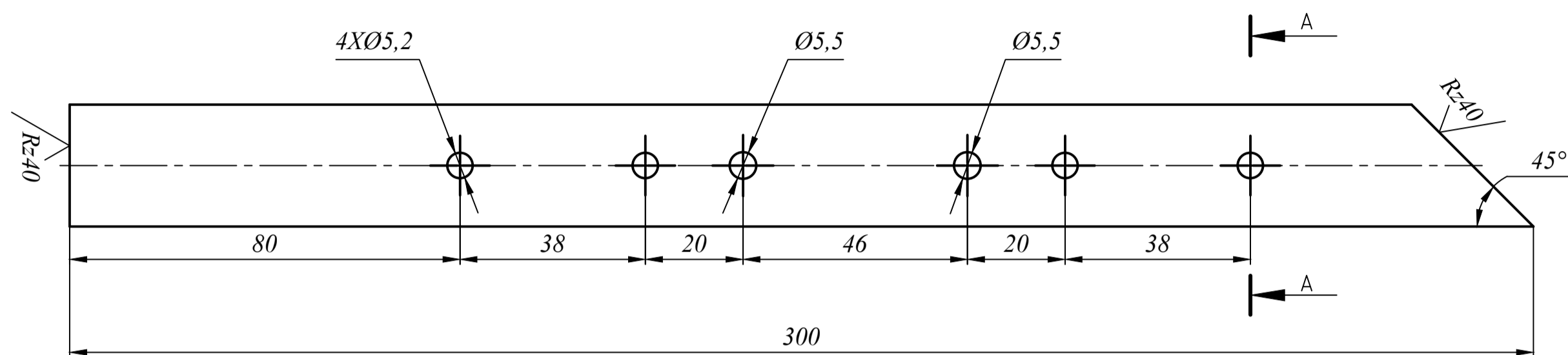


Fonte: Catálogo de motores de passo. KALATEC



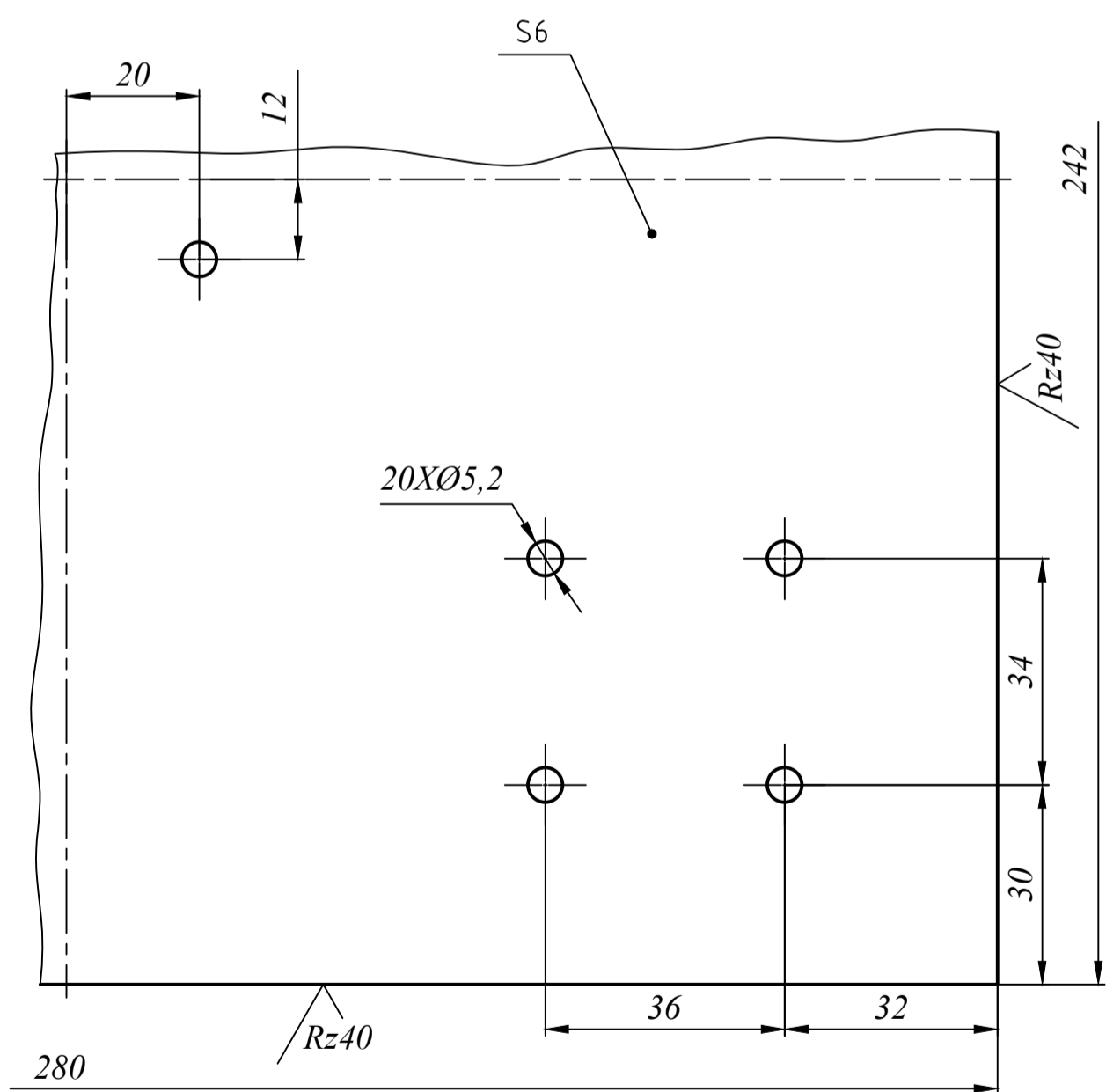
Form.	Zona	Refer.	Designação	Nome	Quantid.
			Designação	Nome	
				Documentação	
A1			EP-2022-A2	Mini Fresadora CNC - VG	
	26	M6		Porcas e parafusos	
	25			Grampos do Motor principal	
	24			Fresa	
	23	Dremel 4000-N/26		Motor principal	
	22			Mesa vertical	
	21			Mesa transversal	
	20	SFDU01204-4		Corrediças lineares	
	19	SF16		Guia linear eixo Z	
	18	SF16		Guia linear eixo X	
	17	SF16		Guia linear eixo Y	
	16	DSG16H		Caixa da bucha	
	15	SFDU01204-4		Bucha de transmissão	
	14	KTC-42HS40-1704		Motor de passo eixo Z	
	13	KTC-42HS60-1704		Motor de passo eixo X	
	12	KTC-42HS48-1684-08AF		Motor de passo eixo Y	
	11			Fuso do eixo Z	
	10			Fuso do eixo X	
	9			Fuso do eixo Y	
	8	LF-B-D20L30(2π)		Acoplamento de veios	
	7	BF-10		Apoio de rolamento 2	
	6	SK-16		Apoio do guia linear	
A4	5	EP-2024-A3-2		Mesa de Fresagem	
A4	4	EP-2024-A3-3		Suporte Horizontal Superior	
	3			Suporte da Base 2	
A3	2	EP-2024-A3-1		Suporte Vertical	
	1			Suporte da Base 1	
<b>EP - 2024 - A2</b>					
Folha	Nº do Docum.	Assinat.	Data	Código	Massa
Executou	Sadula	Ariana	09/24	Mini Fresadora CNC - VG	1:2
Verificou	Roberto			Folha	Folhas
Chef. Gab.				UEM-FE-DEMA	
C. Cient.					

Rz80 (✓)



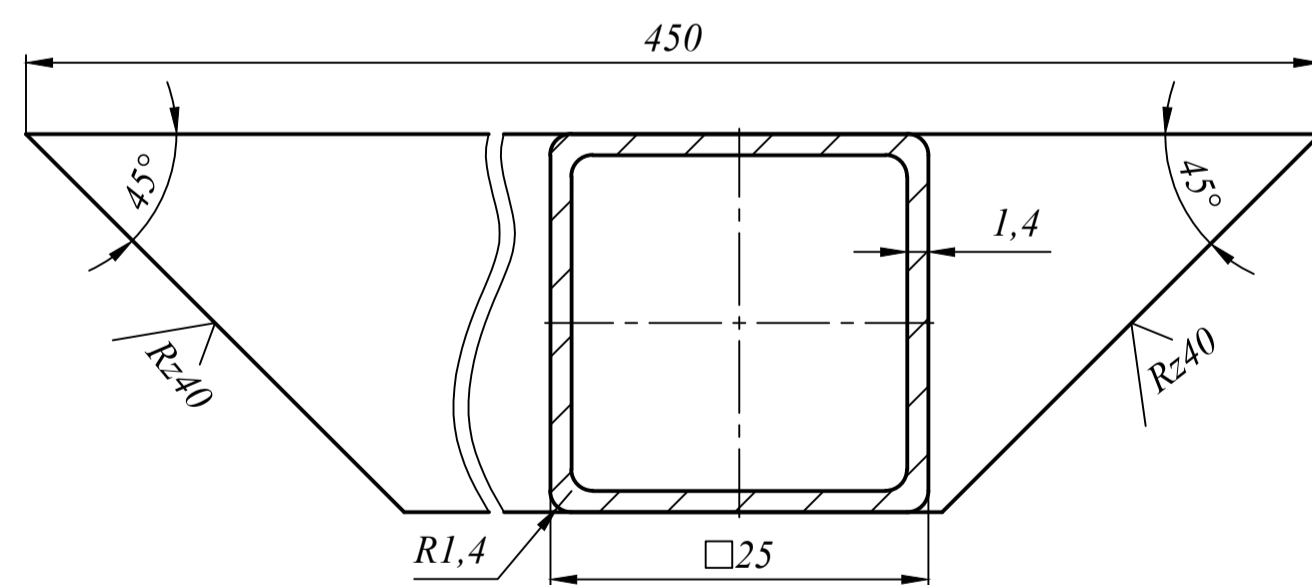
					<b>EP - 2024 - A3-1</b>			
Alt	Folha	Nº do Docum.	Assinat.	Data	<b>Suporte Vertical</b>	Código	Massa	Escala
Executou	Sadula	Ariana	09/24					<b>1:1</b>
Verificou	Roberto					Folha	Folhas	
Chef.Gab.								
C. Cient.					<b>Aço 1020</b>	<b>UEM-FE-DEMA</b>		

Rz80 (✓)

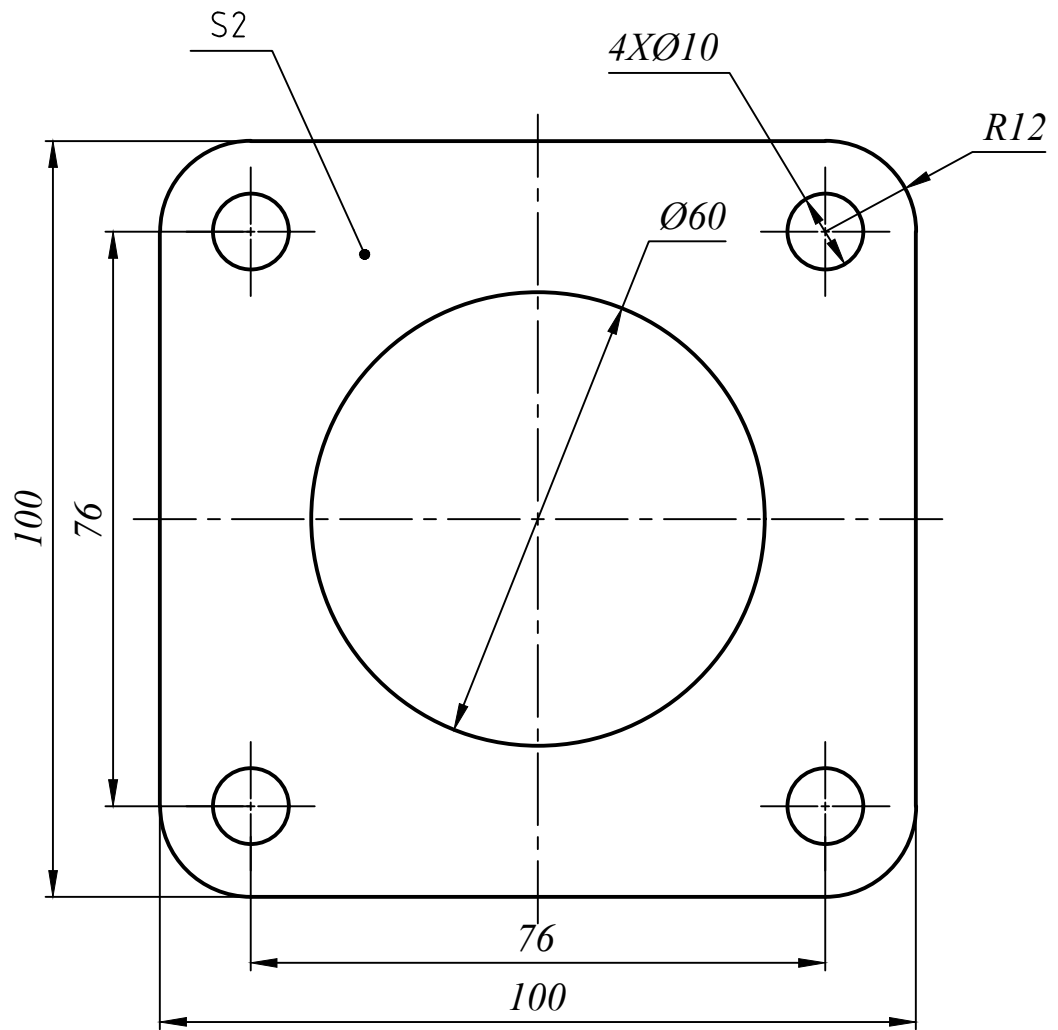


					<b>EP - 2024 - A3-2</b>			
Alt	Folha	Nº do Docum.	Assinat.	Data	<b>Mesa de Fresagem</b>	Código	Massa	Escala
Executou	Sadula	Ariana	09/24					<b>1:1</b>
Verificou	Roberto					Folha	Folhas	
Chef.Gab.								
C. Cient.					<b>Aluminio</b>	<b>UEM-FE-DEMA</b>		

Rz80 (✓)



					<b>EP - 2024 - A3-3</b>			
Alt	Folha	Nº do Docum.	Assinat.	Data	<b>Suporte Horizontal Superior</b>	Código	Massa	Escala
Executou	Sadula	Ariana	09/24					<b>2:1</b>
Verificou	Roberto					Folha	Folhas	
Chef.Gab.								
C. Cient.					<b>Aço 1020</b>	<b>UEM-FE-DEMA</b>		



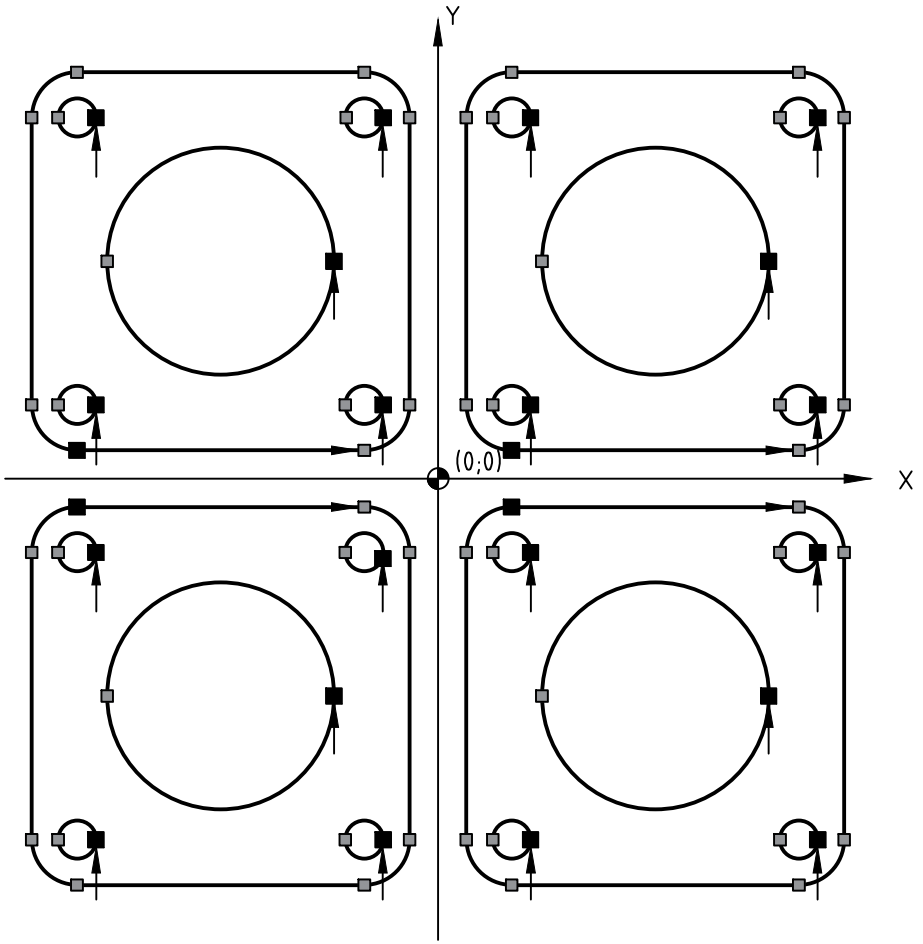
					<i>EP - 2024 - A4</i>			
<i>Alt</i>	<i>Folha</i>	<i>Nº do Docum.</i>	<i>Assinat.</i>	<i>Data</i>	<i>Junta da flange MD 7FDL12</i>	<i>Código</i>	<i>Massa</i>	<i>Escala</i>
<i>Executou</i>	<i>Sadula</i>	<i>Ariana</i>	<i>09/24</i>				<i>1:1</i>	
<i>Verificou</i>	<i>Roberto</i>							
<i>Chef. Gab.</i>						<i>Folha</i>	<i>Folhas</i>	
<i>C. Cient.</i>								
					<i>Amianto</i>	<i>UEM-FE-DEMA</i>		

G-CODE COORDENADAS RELATIVAS(Layout "Layout das juntas")  
(ABViewer 15 trial version)

```

T1M2
G94 G90 G17 G21
G00 X0.0 Y0.0 F15
(Contour 0)
(Layer: 0)
X-95.5 Y-8.0
M3
G01 X-19.5
G02 X-7.5 Y-20.0 I0.0 J-12.0
G01 Y-96.0
G02 X-19.5 Y-108.0 I-12.0 J0.0
G01 X-95.5
G02 X-107.5 Y-96.0 I0.0 J12.0
G01 Y-20.0
G02 X-95.5 Y-8.0 I12.0 J0.0
M5
(Contour 4)
(Layer: 0)
G00 X-90.5 Y-20.0
M3
G03 X-100.5 I-5.0
X-90.5 I5.0
M5
(Contour 11)
(Layer: 0)
G00 X-95.5 Y7.0
M3
G01 X-19.5
G03 X-7.5 Y19.0 J12.0
G01 Y95.0
G03 X-19.5 Y107.0 I-12.0
G01 X-95.5
G03 X-107.5 Y95.0 I0.0 J-12.0
G01 Y19.0
G03 X-95.5 Y7.0 I12.0 J0.0
M5
(Contour 14)
(Layer: 0)
G00 X-90.5 Y19.0
M3
G03 X-100.5 I-5.0
X-90.5 I5.0
M5
(Contour 12)
(Layer: 0)
G00 X-27.5 Y57.0
M3
G03 X-87.5 I-30.0
X-27.5 I30.0
M5
(Contour 15)
(Layer: 0)
G00 X-14.5 Y19.0
M3
G03 X-24.5 I-5.0
X-14.5 I5.0
M5
(Contour 16)
(Layer: 0)
G00 X19.5 Y7.0
M3
G01 X95.5
G03 X107.5 Y19.0 J12.0
G01 Y95.0
G03 X95.5 Y107.0 I-12.0
G01 X19.5
G03 X7.5 Y95.0 I0.0 J-12.0
G01 Y19.0
G03 X19.5 Y7.0 I12.0 J0.0
M5
(Contour 20)
(Layer: 0)
G00 X24.5 Y19.0
M3
G03 X14.5 I-5.0
X24.5 I5.0
M5
(Contour 6)
(Layer: 0)
G00 X19.5 Y-8.0
M3
G01 X95.5
G02 X107.5 Y-20.0 I0.0 J-12.0
G01 Y-96.0
G02 X95.5 Y-108.0 I-12.0 J0.0
G01 X19.5
G02 X7.5 Y-96.0 I0.0 J12.0
G01 Y-20.0
G02 X19.5 Y-8.0 I12.0 J0.0
M5
(Contour 9)
(Layer: 0)
G00 X24.5 Y-20.0
M3
G03 X14.5 I-5.0
X24.5 I5.0
M5
(Contour 5)
(Layer: 0)
G00 X-14.5
M3
G03 X-24.5 I-5.0
X-14.5 I5.0
M5
(Contour 1)
(Layer: 0)
G00 X-27.5 Y-58.0
M3
G03 X-87.5 I-30.0
X-27.5 I30.0
M5
(Contour 3)
(Layer: 0)
G00 X-14.5 Y-96.0
M3
G03 X-24.5 I-5.0
X-14.5 I5.0
M5
(Contour 8)
(Layer: 0)
G00 X24.5
M3
G03 X14.5 I-5.0
X24.5 I5.0
M5
(Contour 7)
(Layer: 0)
G00 X87.5 Y-58.0
M3
G03 X27.5 I-30.0
X87.5 I30.0
M5
(Contour 10)
(Layer: 0)
G00 X100.5 Y-20.0
M3
G03 X90.5 I-5.0
X100.5 I5.0
M5
(Contour 21)
(Layer: 0)
G00 Y19.0
M3
G03 X90.5 I-5.0
X100.5 I5.0
M5
(Contour 17)
(Layer: 0)
G00 X87.5 Y57.0
M3
G03 X27.5 I-30.0
X87.5 I30.0
M5
(Contour 19)
(Layer: 0)
G00 X100.5 Y95.0
M3
G03 X90.5 I-5.0
X100.5 I5.0
M5
(Contour 18)
(Layer: 0)
G00 X24.5
M3
G03 X14.5 I-5.0
X24.5 I5.0
M5
(Contour 22)
(Layer: 0)
G00 X-14.5
M3
G03 X-24.5 I-5.0
X-14.5 I5.0
M5
(Contour 13)
(Layer: 0)
G00 X-90.5
M3
G03 X-100.5 I-5.0
X-90.5 I5.0
M5
(Contour 2)
(Layer: 0)
G00 Y-96.0
M3
G03 X-100.5 I-5.0
X-90.5 I5.0
M5
(Contour 23)
(Layer: 0)
G00 X100.5
M3
G03 X90.5 I-5.0
X100.5 I5.0
M5
G00 X0.0 Y0.0
M30
%
(Contour 23)
(Layer: 0)
G00 X100.5
M3
G03 X90.5 I-5.0
X100.5 I5.0
M5
G00 X0.0 Y0.0
M30
%

```



					<b>EP - 2024 - A5</b>		
					<i>Layout da Fabricação das Juntas em CNC com G-CODE</i>		
<i>Alt</i>	<i>Folha</i>	<i>Nº do Docum.</i>	<i>Assinat.</i>	<i>Data</i>	<i>Código</i>	<i>Massa</i>	<i>Escala</i>
<i>Executou</i>	<i>Sadula</i>	<i>Ariana</i>	<i>09/24</i>				<b>1:2</b>
<i>Verificou</i>	<i>Roberto</i>				<i>Folha</i>	<i>Folhas</i>	
<i>Chef.Gab.</i>					<b>Amianto</b>		<b>UEM-FE-DEMA</b>
<i>C. Cient.</i>							

## ANEXO 6- ENVIO DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO



MOZAMBIQUE PORTS AND RAILWAYS  
PORTOS E CAMINHOS DE FERRO DE MOÇAMBIQUE E. P.

### Direcção Executiva CFM - Sul

### SERVIÇO DE RECURSOS HUMANOS

À

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE- FACULDADE DE ENGENHARIA

= M A P U T O =

N/Ref.º n.º685/SRH.DA/2024

DATA: 24/04/2024

ASSUNTO: ENVIO DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Pela presente, junto se envia o relatório de estágio do estudante **Ariana Khalide Sadula**, do curso de Engenharia Mecânica, decorrido no período de (90) dias de 24/10/2023 a 24/01/2024 no Serviço das Oficinas Gerais- Departamento de Material Motor da Direcção Executiva Sul.

○ CHEFE DO SERVIÇO DE RECURSOS HUMANOS

Fernando André Nhumafo



# ANEXO 7- FICHA DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO ESTAGIARIO



DIRECÇÃO EXECUTIVA SUL  
SERVIÇO DE OFICINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE MATERIAL MOTOR

*RHSOG*  
*Elaborado de*  
*envio.*  
*Wm Mulembwe*  
*23.04.2024*

Início de estagio: 24/10/2023  
Fim de estagio: 24/01/2024

## FICHA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO ESTAGIARIO

IDENTIFICAÇÃO DO ESTAGIARIO	
Nome do Estagiário :	Ariana khalide Sadula
Curso de Engenharia	Mecanica
Tema do estagio:	Engenharia Mecanica

INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO DA FICHA	
Considerando a proposta, indique o nível em que coloca o estagiário no seu desempenho ao longo do estagio, relativamente aos factores por avaliar (o preenchimento da ficha far-se-á através da colocação de um circulo no nível correspondente ao desempenho demonstrado).	

Nº Ordem	Factor por Avaliar	Escala 1 2 3 4 5 6
1	Capacidade de integração nas Oficinas Gerais/Empresa	1 2 3 4 5 6
2	Capacidade de relacionamento interpessoal (Ambiente de Trabalho)	1 2 3 4 5 6
3	Capacidade de ter iniciativa no trabalho	1 2 3 4 5 6
4	Capacidade de análise e critica das situações pertinentes	1 2 3 4 5 6
5	Disponibilidade para participar nas actividades que lhe são propostas	1 2 3 4 5 6
6	Capacidade para atingir os objectivos que lhe são propostas	1 2 3 4 5 6
7	Capacidade para cumprir prazos definidos para a execução das tarefas	1 2 3 4 5 6
8	Sentido de responsabilidade no desempenho das actividades	1 2 3 4 5 6
9	Capacidade de cumprir com as regras MA/HST nas Oficinas Gerais/Empresa	1 2 3 4 5 6
10	Assiduidade	1 2 3 4 5 6
Soma de pontos		45
Classificação (Soma de pontos X1/3)		15

### Legenda da escala

1-Mau, 2-Mediocre, 3-Suficiente, 4-Bom, 5-Muito bom e 6-Excelente

O Chefe do Sector Mecanico

*Papalo*

(Gil Francisco Juliao Papalo , Supervisor MTD )

O chefe de Deptº Material Motor

*J. I. Mulembwe*

(Erasto J.I.Mulembwe Engº Ferroviario)