



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

Ramo : Construção Mecânica

## **TRABALHO DE LICENCIATURA**

# **Preparação Construtiva e Tecnológica da Máquina para Produção de Blocos de Ventilação.**

Estudante : Tamele, Victor Jaime

Supervisor : Prof. Dr. Alexandre Kourbatov

Maputo, Fevereiro de 2006

### **Declaração Sob Palavra De Honra**

Declaro por minha Honra, que a presente Tese foi concebida no Departamento de Engenharia Mecânica, e desenvolvida unicamente pelo estudante candidato a Engenheiro, com base nos conhecimentos técnico-científicos adquiridos ao longo do curso no Departamento supracitado e com recurso à bibliografia e referências devidamente citadas ao longo do trabalho, sob orientação do Supervisor.

Maputo, Novembro de 2005

-----  
(Victor Jaime Tamele)

## **Dedicatória**

Aos meus pais que Deus os levou antes desta data chegar.

À Penina, Saligência e Derma que são pessoas especiais da minha vida.

Aos meus irmãos e à minha família em geral, um grande abraço do fundo do coração.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a Deus, que me deu saúde e força para fazer este curso de licenciatura em Engenharia Mecânica. Agradecimento especial vai a minha família pelo apoio moral e encorajamento para que eu prosseguisse com o curso.

A minha gratidão especial vai também ao meu irmão Almeida Tamele e a minha esposa Penina Dava, por terem acreditado no meu projecto e pelo apoio que me concederam ao longo do curso.

Gostaria de agradecer a todos os meus professores pela sua contribuição na minha formação e a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para que este momento chegasse.

Um imenso agradecimento endereço ao Supervisor deste trabalho, o Prof. Doutor Alexandre Kourbatov, que com grande dedicação e entrega me acompanhou e me orientou na realização deste trabalho.

À todos um grande abraço.

(Victor Jaime Tamele)

## **RESUMO**

O problema de habitação afecta grande parte das populações dos países subdesenvolvidos, devido a fracos recursos que estes países dispõe, por isso as pessoas recorrem às construções de baixo custo. Para se ter construções de baixo custo é necessário adoptar-se tecnologias, também de baixo custo, para permitir a produção de materiais de construção que sejam acessíveis para quase todas as camadas populacionais.

Em muitas construções há uma ventilação natural que é obtida por via de blocos de ventilação instalados nas paredes. Estes blocos de ventilação também são utilizados para o embelezamento de muros.

É a luz do acima exposto que se faz preparação construtiva e tecnológica de fabricação de uma máquina para a produção de blocos de ventilação e embelezamento de muros. Esta máquina dada a sua simplicidade na utilização pode ser utilizada por qualquer pessoa, o que pode permitir a criação de pequenos estaleiros para a produção de blocos de ventilação, reduzindo deste modo o índice de desemprego que flagela estes países.

O presente trabalho é constituído por um texto principal com introdução, 2 partes e 5 capítulos:

Na introdução faz-se a apresentação do trabalho indicando a sua motivação e objectivos.

Na primeira parte descreve-se a construção e funcionamento da máquina e de todas as suas peças. Faz-se o cálculo de resistência de algumas peças, ligações soldadas e roscadas.

Na segunda parte elabora-se o processo tecnológico de produção de duas peças representativas, em série média, a saber: bucha e chapa lateral do macho.

As considerações finais são apresentadas no fim do trabalho, e após as considerações finais constam as referências, bibliografia e anexos.

Nos anexos, este trabalho consta de documentação construtiva, a saber: desenho de montagem da máquina, desenhos de quatro conjuntos, desenhos de todas as peças da máquina e desenho de dispositivo para a soldadura. Consta também de documentação tecnológica, nomeadamente: cartões de rota de duas peças da máquina e de algumas fases e esquemas de tratamento.

## ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	1
1. PARTE CONSTRUTIVA .....	3
1.1. Descrição de construção e funcionamento da máquina.....	3
1.2. Análise construtiva das peças da máquina .....	8
1.3. Cálculos de resistência dos elementos da máquina .....	35
1.3.1. Cálculo da força de levantamento do conjunto corpo-macho-calcador .....	35
1.3.2. Cálculo da força potente da alavanca .....	38
1.3.3. Verificação da Resistência do braço da alavanca.....	39
1.3.4. Cálculo de peças susceptíveis à encurvadura (flambagem).....	41
1.3.4.1. Determinação da flambagem das colunas .....	43
1.3.4.2. Determinação da flambagem das hastes curtas .....	44
1.3.5. Cálculo de resistência da ligação soldada entre a pega do calcador e o guia ....	45
1.3.6. Cálculo de resistência da ligação roscada entre a travessa rectangular e suporte da base do calcador.....	49
2. PARTE TECNOLÓGICA .....	51
2.1. Elaboração do processo tecnológico de produção da bucha.....	51
2.1.1. Análise tecnológica da bucha .....	51
2.1.2. Escolha do tipo de produção e método de trabalho.....	54
2.1.3. Escolha do método de obtenção da peça bruta.....	56
2.1.4. Escolha das bases tecnológicas .....	56
2.1.5. Determinação da sequência de tratamento de superfícies separadas.....	59
2.1.6. Elaboração da rota de tratamento e criação das fases.....	61
2.1.7. Cálculo de sobresspessuras para o cilindro externo $\varnothing 19h12, Rz40$ .....	62
2.1.8. Elaboração das fases.....	66
2.2. Elaboração do processo tecnológico de produção da chapa lateral do macho .....	75
2.2.1. Análise tecnológica da chapa lateral do macho.....	75
2.2.2. Escolha do tipo de produção e método de trabalho.....	77
2.2.3. Escolha do método de obtenção da peça bruta .....	78
2.2.4. Planificação da chapa .....	78
2.2.5. Escolha das bases tecnológicas .....	82

2.2.6. Elaboração da rota de tratamento .....	78
2.2.7. Elaboração das fases .....	78
<b>3. PROJECCÃO DO DISPOSITIVO DE ORIENTAÇÃO DE PEÇAS PARA A SOLDADURA .....</b>	<b>80</b>
3.1. Descrição de construção e funcionamento do dispositivo.....	80
<b>4. ANÁLISE ECONÓMICA E FINANCEIRA DO PROJECTO.....</b>	<b>82</b>
4.1. Custo de matéria prima.....	82
4.2. Custo de transporte .....	82
4.3. Custo de energia eléctrica.....	82
4.4. Custo da mão de obra .....	83
4.5. Custo da máquina .....	83
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>84</b>
5.1. Conclusão .....	84
5.2. Recomendações .....	84
<b>REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>88</b>



## Lista de símbolos

Símbolos	Descrição	Unidades
$\alpha$	Ângulo de folga/ângulo de incidência	
$\beta$	Ângulo de inclinação da lâmina de corte da guilhotina	
$\gamma$	Ângulo de ataque ou de saída da apara	
$\varphi$	Ângulo de posição principal	
$\varphi_1$	Ângulo de posição auxiliar	
$\delta_c$	Curvatura específica	$\mu\text{m}/\text{mm}$
$\rho$	Densidade do material	$\text{kg}/\text{m}^3$
$\rho_c$	Defeito devido a curvatura	$\mu\text{m}$
$\rho_{des}$	Defeito devido ao deslocamento numa parte da superfície relativamente a outra parte da mesma superfície	$\mu\text{m}$
$\rho_{exc}$	Defeito devido a excentricidade da superfície observada relativamente a base tecnológica	$\mu\text{m}$
$\rho_i$	Defeito de igésima passagem	$\mu\text{m}$
$\rho_1$	Curvatura da broca	$\mu\text{m}$
$\rho_2$	Deslocamento da broca devido a folga entre guia e broca	$\mu\text{m}$
$\rho_3$	Defeito de deslocamento do cabo da broca relativamente a parte de trabalho	$\mu\text{m}$
$\rho_4$	Excentricidade da broca	$\mu\text{m}$
$\varepsilon_a$	Defeito de aperto	$\mu\text{m}$
$\varepsilon_c$	Defeito de colocação	$\mu\text{m}$
$\varepsilon_d$	Defeito de dispositivo	$\mu\text{m}$
$\varepsilon_p$	Defeito de posicionamento	$\mu\text{m}$
$\lambda$	Coeficiente de esbelteza ou flexibilidade da barra	
$\eta$	Rendimento da máquina	
$\mu$	Coeficiente de comprimento	
$\delta$	Espessura	$\text{mm}$

Símbolos	Descrição	Unidades
$\tau_f$	Tensão de cisalhamento	Mpa
$\tau_M$	Tensão devido ao momento flector	Mpa
$\tau_\Sigma$	Tensão sumária	Mpa
$[\tau']$	Tensão admissível de cisalhamento	Mpa
$\sigma$	Tensão normal	Mpa
$\sigma_{adm}$	Tensão admissível de flexão	Mpa
$\sigma_c$	Tensão de cedência	Mpa
$\sigma_e$	Limite de escoamento	Mpa
$\sigma_{ef}$	Tensão equivalente para determinação da resistência do parafuso	Mpa
$\sigma_{en}$	Tensão de encurvadura	Mpa
$\sigma_{max}$	Tensão máxima	Mpa
$\sigma_r$	Limite a rotura	Mpa
$A_c$	Área da chapa	mm <sup>2</sup>
$A_{pa}$	Área da peça acabada	mm <sup>2</sup>
$A_y$	Reacção de apoio	N
$b$	Base menor	mm
$b_p$	Braço da força potente	mm
$b_r$	Braço da força resistente	mm
$B$	Base maior	mm
$B_f$	Largura de fresagem	mm
$C_c$	Comprimento da chapa	m
$C_{uf}$	Coeficiente do uso do material	
$C_{um}$	Coeficiente do uso da máquina	
$C_p, x_p,$ $y_p, u_p,$ $w_p, q_p$	Coeficientes e expoentes para calcular a componente tangencial de força de corte	
$C_v, q_v, x_v,$ $y_v, u_r,$	Coeficientes e expoentes de fracção para calcular a velocidade de corte	

$\rho_v, m$		
$C_{el}$	Custo de energia eléctrica	Mt
$C_{mo}$	Custo da mão de obra	Mt
$C_{mp}$	Custo de matéria prima	Mt
$C_T$	Custo total	Mt
$C_{th}$	Custo do trabalho de um operário	h/Mt
$C_{tp}$	Custo de transporte	Mt
$C_t$	Comprimento da tira	m
$d$	Diâmetro do cilindro	mm
$d_1$	Diâmetro da raiz da rosca	mm
$D_f$	Diâmetro da fresa	mm
$E$	Módulo de elasticidade	Mpa
$f$	Coeficiente de atrito entre as peças	
$F$	Força cisalhante externa	N
$F_{ap}$	Força de aperto	N
$F_{at}$	Força de atrito	N
$F_c$	Força de corte	N
$F_m$	Fundo do tempo	h/mês
$F_{max}$	Força máxima	N
$F_{min}$	Força mínima	N
$F_p$	Força potente da alavanca	N
$F_q$	Carga de quinagem	N
$F_r$	Força resistente da alavanca	N
$g$	Aceleração de gravidade	$m/s^2$
$H$	Altura da peça	mm
$h$	Profundidade de camada defeituosa	$\mu m$
$l_d$	Comprimento da dobra	mm
$l_m$	Largura da matriz	mm
$l_{min}$	Raio mínimo de inércia	mm
$i$	Número de planos de deslizamento	
$l_{min}$	Momento mínimo de inércia de secção considerada	$mm^4$

Símbolos	Descrição	Unidades
k	Cateto	mm
$K_a$	Coeficiente de segurança para cálculo da força de aperto do parafuso	
$k_{eg}$	Coeficiente de encargos gerais	
$k_{esv}$	Coeficiente de correcção da velocidade de corte em função do estado da camada da superfície à trabalhar	
$k_f$	Factor de abertura da matriz	
$K_{fv}$	Coeficiente de correcção da velocidade de corte em função do material da ferramenta	
$k_{mp}$	Coeficiente de correcção da força de corte em função das propriedades físico-mecânicos do material à trabalhar	
$k_{mv}$	Coeficiente de correcção da velocidade de corte em função do limite de resistência e em função das propriedades do material a trabalhar	
$K_n$	Coeficiente de normalização	
$k_{om}$	Coeficiente de ocupação da máquina	
$k_t$	Coeficiente para o cálculo do custo de transporte	
$k_r$	Coeficiente de rugosidade	
$k_u$	Coeficiente de unificação	
$k_{um}$	Coeficiente do uso do material	
$k_v$	Coeficiente de correcção da velocidade de corte	
L	Comprimento real da barra	mm
$l_c$	Largura da chapa	mm
$l_t$	Largura da tira	mm
$l_{red}$	Comprimento reduzido da barra	mm
m	Intervalo entre peças	mm
$m_1$	Intervalo da peça até ao bordo da tira	mm
$m_{pb}$	Massa da peça bruta	kg
n	Número de dimensões, número de superfícies	

Símbolos	Descrição	Unidades
$n_c$	Frequência de rotação calculada	r.p.m.
$n_v$	Expoente de correção da velocidade de corte que toma em conta as propriedades do material a trabalhar	
$N$	Número de peças a produzir durante o tempo determinado	
$N_c$	Potência de corte	kW
$N_m$	Potência do motor elétrico	kW
$N_t$	Potência total	kw
$p$	Passo	mm
$p_e$	Preço de energia	Mt/kwh
$p_m$	Preço dum kilograma de aço	Mt
$p_p$	Preço do produto	Mt
$P_z$	Força de corte	N
$Q_c$	Quantidades de tiras por chapa	
$Q_n$	Quantidade de superfícies normalizadas	
$Q_p$	Quantidade de peças por chapa	
$Q_{pm}$	Grau de tolerância média	
$Q_u$	Quantidade de superfícies unificadas	
$Q_t$	Quantidade de peças por tira	
$Q_\Sigma$	Quantidade de todas superfícies	
$r$	Raio de curvatura	mm
$R$	Coeficiente de assimetria do ciclo	
$R, R_1$	Raios do tronco de cone	mm
$R_m$	Altura de irregularidade média	$\mu\text{m}$
$R_z$	Altura de irregularidades das superfícies	$\mu\text{m}$
$S$	Coeficiente de segurança	
$S_m$	Avanço pela máquina	mm/min
$S_{mc}$	Avanço calculado	mm/min
$S_v$	Avanço por volta	mm/volta
$S_z$	Avanço por dente	mm/dente

Símbolos	Descrição	Unidades
t	Profundidade de corte	mm
T	Duração da ferramenta	min
t <sub>a</sub>	Tempo auxiliar	min
t <sub>b</sub>	Tempo básico de tratamento	min
t <sub>d</sub>	Tempo de descanso	min
t <sub>f</sub>	Tempo de fase de fabricação	h
t <sub>so</sub>	Tempo de serviço da máquina	min
V <sub>B</sub>	Volume das buchas	mm <sup>3</sup>
V <sub>bc</sub>	Volume da base do calcador	mm <sup>3</sup>
V <sub>cf</sub>	Volume da chapa de funil	mm <sup>3</sup>
V <sub>cl</sub>	Volume da chapa lateral	mm <sup>3</sup>
V <sub>hc</sub>	Volume das hastas curtas	mm <sup>3</sup>
V <sub>i</sub>	Volume do invólucro	mm <sup>3</sup>
V <sub>lc</sub>	Volume dos limitadores do curso	mm <sup>3</sup>
V <sub>pc</sub>	Volume das pegas do calcador	mm <sup>3</sup>
V <sub>sb</sub>	Volume dos suportes da base do calcador	mm <sup>3</sup>
V <sub>scf</sub>	Volume das semi-chapas de funil	mm <sup>3</sup>
V <sub>tm</sub>	Volume da tampa de macho	mm <sup>3</sup>
V <sub>tr</sub>	Volume da travessa rectangular	mm <sup>3</sup>
V <sub>t</sub>	Volume total	mm <sup>3</sup>
Z	Sobrespessura mínima	μm
Y	Posição da fibra neutra	mm
w <sub>x</sub>	Momento de resistência à flexão	mm <sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

Nos países subdesenvolvidos há uma fraca capacidade no provimento de habitação para a maioria das populações, isto devido ao estágio actual de pobreza em que os países se encontram mergulhados, conseqüentemente as pessoas de pouca posse recorrem às construções informais e de baixo custo. Para se ter construções de baixo custo é importante adoptar se tecnologias, também de baixo custo, que permitem produzir materiais de construção que sejam acessíveis para pessoas de baixos rendimentos.

Em muitas construções existe uma ventilação natural que é obtida por via de blocos de ventilação instalados nas paredes, que também se usam para embelezamento de muros.

É nessa perspectiva que se pretende fazer preparação construtiva e tecnológica de fabricação duma máquina para a produção de blocos de ventilação e de embelezamento de muros. A produção desta máquina terá operações de complexidade média, usando na maioria dos casos o equipamento universal.

Esta máquina apresenta as seguintes vantagens:

- pode ser produzida em qualquer oficina;
- possui tecnologia de produção simples;
- é portátil;
- é simples de utilizar, o que dispensa a utilização de mão de obra qualificada;
- pode ser facilmente reajustada para produção de blocos de diferentes configurações.

Tem a desvantagem de possuir um baixo rendimento.

A máquina para a fabricação de blocos de ventilação e embelezamento de muros devido a sua simplicidade na utilização pode ser utilizada por qualquer pessoa, o que pode permitir a abertura de pequenos estaleiros para a produção de blocos de ventilação em qualquer zona do país e a criação de auto emprego reduzindo deste modo o número de pessoas afectadas pelo desemprego que é um flagelo que afecta os países subdesenvolvidos, ademais pode permitir que as pessoas produzam os seus próprios blocos de ventilação nas suas casas.

Este trabalho é fundamentalmente constituído por duas partes, a saber: parte gráfica e parte textual.

A parte gráfica contém os desenhos da máquina e de quatro conjuntos. Contém também os desenhos de todas as peças da máquina, que representam dados necessários para o seu fabrico e desenho de montagem do dispositivo para orientação das peças para a soldadura.

A parte textual é basicamente constituída por três partes, que são nomeadamente: parte construtiva, parte tecnológica e parte de projecção do dispositivo.

Na parte construtiva descreve-se e analisa-se a construção da máquina, e seu funcionamento. Descreve-se a construção e destino de todas as peças, argumenta-se a escolha da precisão de suas dimensões e rugosidade das suas superfícies. Faz-se também o cálculo de resistência de alguns elementos como braço da alavanca, pinos e algumas uniões soldadas.

Na parte tecnológica aborda-se a tecnologia de fabricação de duas peças representativas (peças que apresentam diferentes tipos de tratamento) nomeadamente: bucha e chapa lateral do macho. Nesta parte faz-se a escolha dos métodos de tratamento, sequência da sua execução e equipamento necessário. Calculam-se alguns regimes, tempos e custos de tratamento. Na parte da projecção do dispositivo faz-se a descrição da construção e do



funcionamento do dispositivo de orientação das peças para soldadura ou montagem.

## 1. PARTE CONSTRUTIVA

Nesta parte faz-se a descrição de construção e funcionamento da máquina. Descreve-se também a construção de cada peça, forma e destino das superfícies, analisam-se suas dimensões, sua normalização, argumenta-se sua precisão e rugosidade, além disso analisam-se as condições de funcionamento das peças (nível de forças, tensões, nível de desgaste, choques temperatura, etc) e faz-se a escolha do material. Faz-se também o cálculo de resistência de algumas peças e ligações.

### 1.1. Descrição de construção e funcionamento da máquina

A máquina para a fabricação de blocos de ventilação e embelezamento de muros é um dispositivo que tem a finalidade de conformar blocos para a ventilação de casas e embelezamento de muros. É constituída por quatro conjuntos principais que são (fig. 1): corpo A, Macho B, alavanca C e calcador D. É também constituída por: pés de apoio 2, colunas 3, travessa cilíndrica 6 e limitadores do curso 7.

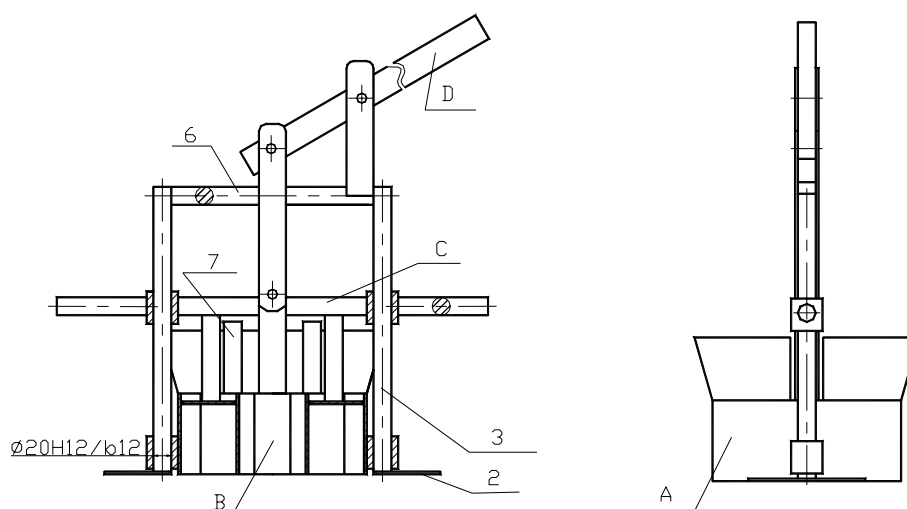


Fig.1. Esboço da máquina de fabricação de blocos de ventilação

**Corpo A** (fig. 2) tem a função de oferecer uma forma geométrica (formato) exterior e altura do bloco de ventilação. O invólucro A1 de chapa de espessura 3 mm tem a forma da parte externa do bloco. Neste invólucro A1 estão soldados nos dois lados opostos duas buchas A4 que deslizam sobre as colunas 3. Na parte superior do invólucro A1 estão soldadas chapas de funil A2 e semi-chapas de funil A3 com a forma trapezoidal que forma o funil. O funil facilita a entrada da mistura para blocos.

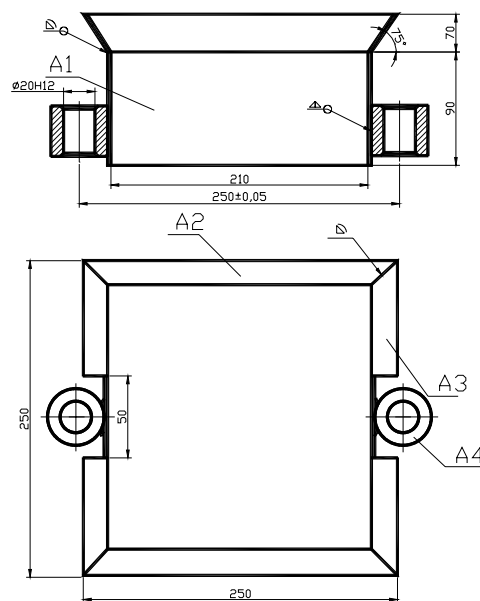


Fig. 2. Esboço do corpo

**Macho B** (fig. 3) tem a função de garantir a formação da parte interna e da altura do bloco de ventilação. É composto por tampa de macho B1 que é uma chapa de 3 mm de espessura com a forma da parte interna do bloco de ventilação. Na parte superior da tampa de macho B1 soldam-se duas hastes curtas B2 que servem para transmitir a força das hastes para o macho. São de chapas de 5 mm de espessura com a forma rectangular e cantos arredondados numa extremidade que contém furo para alojar o parafuso. Nas partes laterais do macho B soldam-se chapas laterais de macho B3 que dão forma a parte interna do bloco de ventilação.

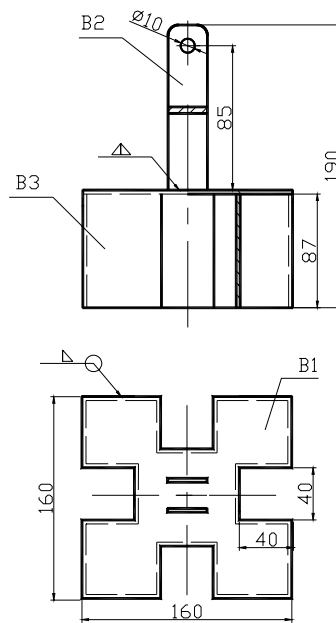


Fig. 3. Esboço do macho

**Calcador C** (fig. 4) tem a função de calcar a mistura para blocos de ventilação tornando-a compacta e conferindo ao bloco de ventilação uma boa resistência. É constituído por duas peças do calcador C1 que são barras cilíndricas de comprimento 100 mm e 20 mm de diâmetro. Cada peça do calcador está soldada numa bucha C2. As buchas permitem orientar o conjunto quando ele se move para cima ou para baixo durante o funcionamento da máquina. Estão ligadas entre si através da travessa rectangular C3, que suporta a base do calcador C5 de chapa de 5 mm com forma do bloco de ventilação e os dois suportes C4 através dos quais se transmite a força da travessa rectangular C3 para a base do calcador C5.

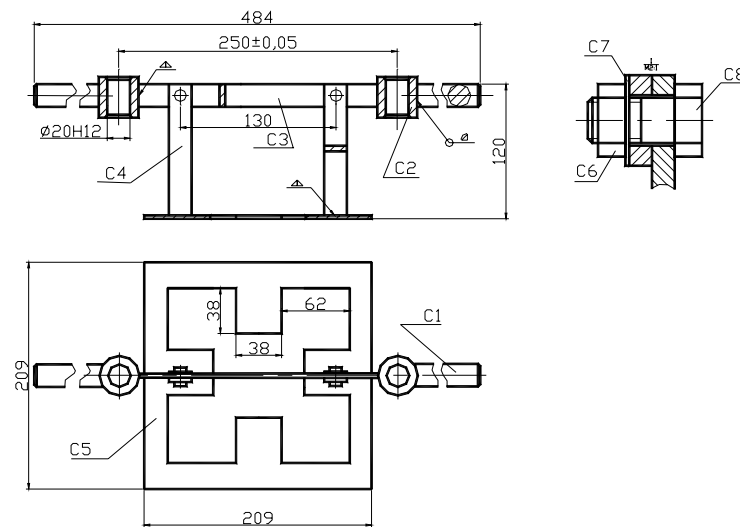


Fig. 4. Esboço do calcador

**Alavanca D** (fig. 5) tem a função de levantar o conjunto corpo-macho-cacador (A-B-C) para permitir a retirada do bloco de ventilação, reduzindo o esforço humano. É constituída pelo braço da alavanca D2 que é uma barra quadrangular oca com dois furos para alojar a bucha D8 e o parafuso D4 que se agarra para levantar o conjunto corpo-macho-calcador (A-B-C); duas hastes D1 que transmitem a força do braço da alavanca as hastes curtas B2 e duas hastes curtas D3 que servem como fúlcro (eixo de rotação) da alavanca. As hastes D1 e D3 unem-se ao braço da alavanca através de uma ligação por perno D4 e porcas D6. Os pernos D4 para além de ligação funcionam como eixos que permitem uma articulação entre o braço da alavanca e as hastes D1 e D3. Nos furos do braço D2 instalam-se buchas D8 que têm a função de proteger os furos do braço da alavanca contra o desgaste. Os pernos D4 garantem também uma folga entre o braço da alavanca D2 e as hastes D1 e D3. A bucha D8 tem que resistir ao desgaste e ter uma capacidade de deslizamento. Pode ser substituída em caso de ter atingido o limite da sua capacidade de trabalho.

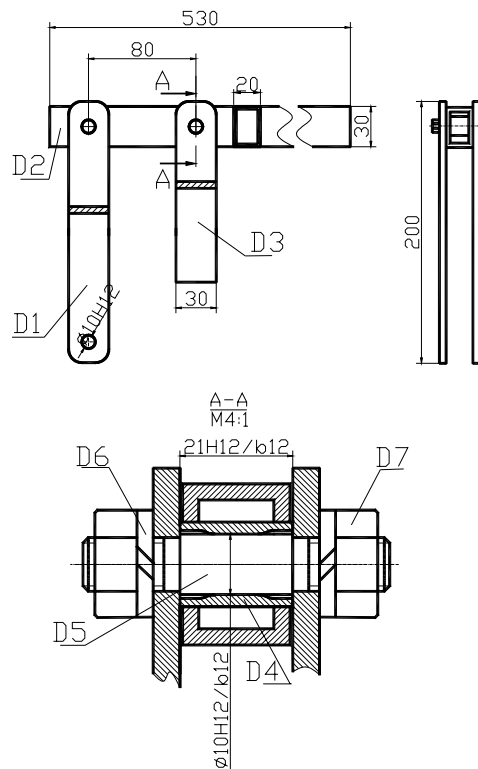


Fig. 5. Esboço da alavanca

A máquina para a produção de blocos de ventilação e embelezamento de muros funciona do seguinte modo. Com os pés de apoio 2 (fig. 1) a máquina assenta-se sobre uma superfície plana previamente preparada. A seguir levanta-se o calcador C através das suas pegas C1 até ao nível do limitador do curso 7, introduz-se a mistura para blocos de ventilação na máquina e em seguida faz-se o calcamento com o calcador C até o bloco atingir uma altura e resistência suficientes. Feito isto, com a ajuda da alavanca D levanta-se o conjunto corpo-macho-calcador (A-B-C) permitindo a retirada do bloco de ventilação. Findo estas operações a máquina é colocada noutra lugar e repetem-se as acções acima descritas.

Esta máquina foi concebida para produzir blocos de ventilação de diferentes formas geométricas, bastando para o efeito mudar o conjunto corpo-macho-base do calcador (A-B-C5). Para mudar este conjunto, primeiro removem-se os pés de apoio 2 (fig. 1) que estão ligados às colunas 3 por parafusos de embutir 15. A

seguir remove-se a base do calcador C5 que está ligada à travessa C3 por meio de uma ligação por parafuso e porca e por último separa-se a haste curta B2 da haste D1 que também estão ligados por parafuso e porca. Findo estas operações pode-se colocar um novo conjunto, bastando para isso voltar a estabelecer as ligações. Alguns exemplos de blocos de ventilação estão apresentados na fig. 6.

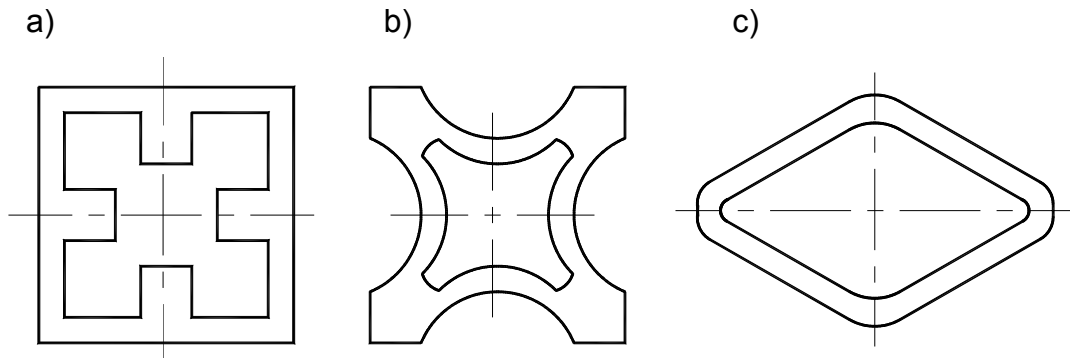


Fig.6. Esboços de algumas formas de blocos de ventilação

## 1.2. Análise construtiva das peças da máquina

**Invólucro do corpo A1** (fig. 7) tem a função de garantir a forma geométrica (formato) exterior e altura do bloco de ventilação.

O invólucro do corpo é obtido pela dobragem de uma chapa com 3 mm de espessura, tem 90 mm de altura e 210 mm de largura e comprimento do furo. A dimensão é da série normal Ra20 e as outras dimensões são da série normal Ra40. A dimensão 3 mm é externa, não tem nenhuma influência no funcionamento e por isso pode ser feita com classe de tolerância h14. As dimensões dos blocos dependem das dimensões do invólucro. As dimensões dos blocos podem ser feitas com desvios  $\pm 1$  mm, para tal as dimensões 90 mm e 210 mm do corpo podem ser feitas com desvios  $\pm 0,3$  mm. A superfície interna do invólucro pode ter uma rugosidade Rz20  $\mu\text{m}$  para facilitar a retirada do bloco e outras superfícies são livres por isso podem ser feitas com rugosidade Rz80  $\mu\text{m}$ .

A chapa deve resistir à esforços médios que vão surgir durante o calcamento da mistura e deve ser soldável, por isso escolhe-se como material St 37 (norma DIN) com a seguinte composição: 0,15% C; 0,40% Mn e 0,20% Si. As propriedades mecânicas do material são:  $\sigma_r = 363\div 441$  MPa,  $\sigma_e = 216$  MPa. Os parâmetros das superfícies do invólucro estão apresentados na tabela 1.

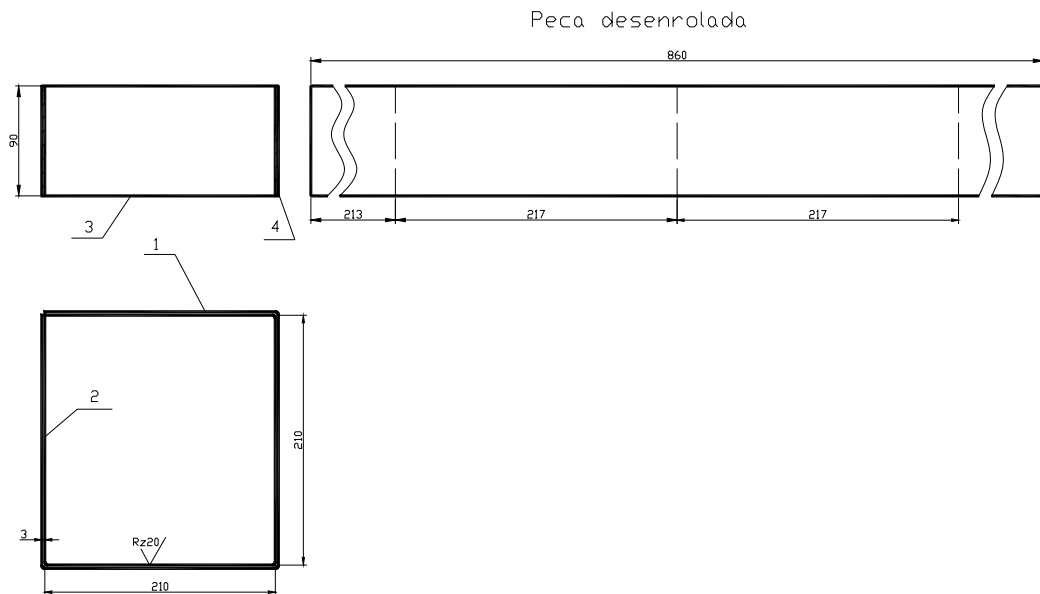


Fig. 7. Invólucro do corpo

Tabela 1. Descrição das superfícies do invólucro

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensao, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Superfície externa do invólucro	Livre	$\delta = 3 \pm IT14/2$	Ra40	Rz80	4
2	Superfície interna do invólucro	Dar forma ao bloco	$L = 210 \pm 0,3$ $\delta = 3 \pm IT14/2$	Ra40	Rz20	4

3	Limite inferior e superior da chapa	Definir a altura do bloco	$L = 90 \pm 0,3$	Ra20	Rz80	2
4	Superfície de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	12

**Chapas de funil A2** (fig. 8) são chapas com 3 mm de espessura, que têm a forma de um trapézio isósceles (simétrico). As dimensões da chapa não têm nenhuma influência no funcionamento da máquina por isso podem ser feitas com  $14^\circ$  grau de tolerância e desvio  $\pm IT14/2$ . Todas as superfícies são livres por isso podem ter como rugosidade Rz80  $\mu\text{m}$ . A chapa de funil sofre pequenos esforços, é soldada com os outros elementos do conjunto por isso escolhe-se como material St 37 (norma DIN) com a composição e propriedades mecânicas já apresentados na página 9. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 2.

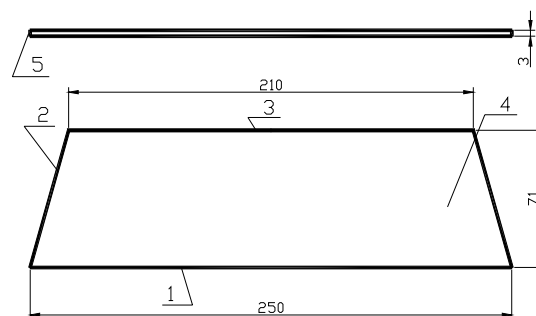


Fig. 8. Chapa de funil

Tabela 2. Descrição das superfícies das chapas de funil

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensão, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Base maior	Livre	$L = 71 \pm IT14/2$	Ra20	Rz80	1



2	Planos adjacentes às bases	Soldar a chapa do funil com a semi-chapa de funil	$B = 250 \pm IT14/2$ $b = 210 \pm IT14/2$	Ra5 Ra40	Rz80	2
3	Base menor	Soldar a chapa do funil no invólucro	$L = 71 \pm IT14/2$	Ra20	Rz80	1
4	Plano do funil	Receber a mistura	$\delta = 3 \pm IT14/2$	Ra40	Rz80	2
5	Superfície de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	12

**Semi-chapas de funil A3** (fig. 9) são chapas de 3 mm de espessura. As semi-chapas de funil têm a forma de um trapézio rectângulo.. As dimensões da chapa não influem no funcionamento da máquina por isso podem ser feitos com 14° de tolerância e desvio  $\pm IT14/2$ . Todas as superfícies são livres por isso podem ter rugosidade Rz80  $\mu\text{m}$ . Pelas razões já consideradas na chapa de funil A2 escolheu-se como material o aço ao carbono St 37 (norma DIN) com propriedades e composição contantes da página 9. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 3.

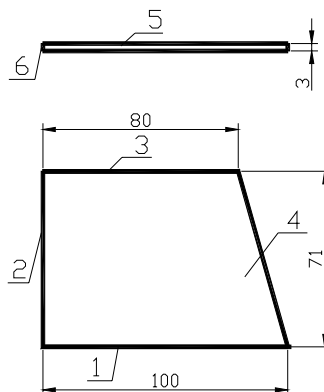


Fig. 9. Semi-chapa de funil

Tabela 3. Descrição das superfícies da semi-chapa de funil

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensão, grau de tolerancia e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Base maior	Livre	$L = 71 \pm IT14/2$	Ra20	Rz80	1
2	Plano perpendicular as bases	Livre	$L = 100 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	1
3	Base menor	Soldar-se com invólucro	$L = 71 \pm IT14/2$	Ra20	Rz80	1
4	Plano inclinado	Solda-se com a chapa de funil	$b = 80 \pm IT14/2$ $B = 100 \pm IT14/2$	Ra10 Ra5	Rz80	1
5	Plano inclinado	Receber a mistura	$\delta = 3 \pm IT14/2$	Ra40	Rz80	2
6	Superfície de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	12

**Buchas A4 e C2** (fig. 10) permitem que todo o conjunto (corpo, macho, calcador, etc) se mova para cima ou para baixo durante o funcionamento da máquina.

As buchas são peças cilíndricas com um furo passante de 20 mm de diâmetro, 32 mm de comprimento e 32 mm de diâmetro externo. Todas as dimensões são da série normal Ra10. A superfície do furo pode ter rugosidade Ra2,5  $\mu\text{m}$  porque tem que ter um coeficiente de atrito baixo para facilitar o deslizamento nas colunas, as restantes superfícies como são livres podem ter uma rugosidade Rz80  $\mu\text{m}$ . O diâmetro do furo  $\varnothing 20$  pode ser feito com classe de tolerância H12 pois tem pequena influência no funcionamento e as outras dimensões são livres.

As buchas soldam-se no invólucro do corpo, têm que ter uma boa resistência ao desgaste e uma boa capacidade de deslizamento, são tratados mecanicamente,

por isso escolhe-se como material o aço St 42 com a seguinte composição química: 0,20% C; 0,60% Mn e 0,20% Si. As propriedades mecânicas antes do tratamento térmico são:  $\sigma_r = 412 \div 490$  MPa,  $\sigma_e = 226$  MPa. As buchas têm que ser submetidas a cementação, têmpera e revenimento baixo para se ter uma superfície muito dura e resistente ao desgaste. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 4.

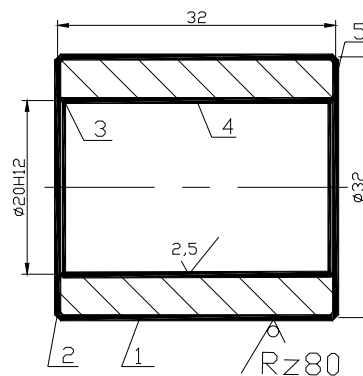


Fig. 10. Bucha

Tabela 4. Descrição das superfícies da bucha

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensão, grau de tolerancia e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Cilindro externo da bucha	Soldar-se com o invólucro	$\text{Ø}32\text{h}14$	Ra10	Rz40	1
2	Superfície de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz40	2
3	Chanfro	Facilitar a montagem das colunas	$\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$ $L = 0,5 \pm IT14/2$	---- Ra5	Rz40	2

4	Furo passante	Facilitar o deslizamento da bucha	Ø20H12	Ra10	Ra2,5	1
5	Face	Livre	L = 32h14	Ra10	Rz80	2

**Tampa do macho B1** (Fig. 11) é uma chapa de 3 mm de espessura, com a forma quadrangular e 160 mm de lado. No meio de cada lado há uma reentrância também de forma quadrangular com 40 mm de lado. Todas as dimensões podem ser feitas com desvios  $\pm 0,3$  porque não têm nenhuma influência no funcionamento da máquina. As superfícies podem ter rugosidade Rz80.

A tampa do macho durante o funcionamento vai sofrer tensões médias de flexão e pode sofrer corrosão devido a humidade do ar e da mistura para blocos, por isso escolhe-se como material o aço St 37 com a composição e propriedades constantes da página 9. Para a sua protecção contra a corrosão vai se usar uma tinta anti-corrosiva para a pintura. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 5.

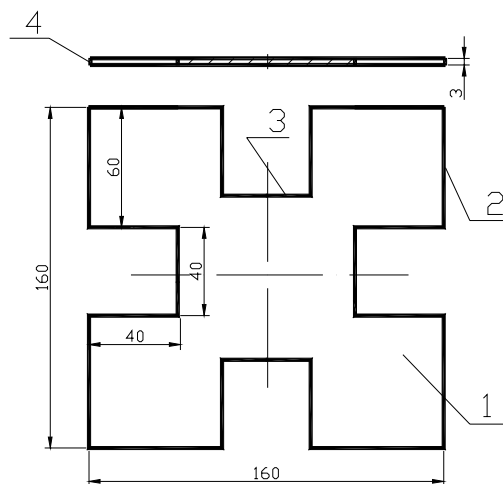


Fig. 11. Tampa do macho

Tabela 5. Descrição das superfícies da tampa de macho

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensão, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Parte superior ou inferior da tampa	Dar forma e/ou soldar as hastes curtas	$\delta = 3h14$	Ra40	Rz80	2
2	Parte lateral da tampa	Soldar-se com as chapas laterais	$L = 160 \pm 0,3$	Ra5	Rz80	4
3	Reentrância	Solda-se com as chapas laterais	$B = 40 \pm 0,3$ $H = 40 \pm 0,3$ $L = 60 \pm 0,3$	Ra5 Ra5	Rz80	4
4	Superfícies de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	56

**Hastes curtas B2** (fig. 12) são chapas de 5 mm de espessura com a forma rectangular e com os cantos arredondados na extremidade que contém um furo para eliminar cantos vivos e dar estética. O diâmetro do furo  $\varnothing 10$  tem pequena influência no funcionamento da máquina por isso pode ser feita com classe de tolerância H12, a rugosidade do furo pode ser Rz40. A precisão das outras dimensões não tem nenhuma influência no funcionamento da máquina por isso podem ser feitas com desvios  $\pm IT14/2$ . As superfícies, excepto o furo, são livres e podem ter rugosidade Rz80.

Durante o levantamento do conjunto corpo-macho-calcador as hastes curtas sofrem pequenas tensões de tracção e flexão e devido a humidade do ar podem sofrer corrosão, por isso escolhe-se como material o aço St 37 com a composição

e propriedades constantes da página 9. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 6.

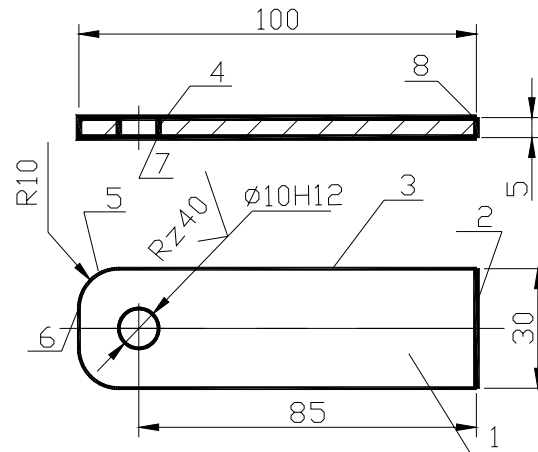


Fig. 12. Haste curta

Tabela 6. Descrição das superfícies da haste curta

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensao, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Faces laterais	Entra em contacto com as hastes	$\delta = 5h14$	Ra5	Rz80	2
2	Base da haste	Solda-se na tampa de macho	$L = 100h14$	Ra5	Rz80	1
3	Superfície lateral da haste	livre	$L = 30h14$	Ra40	Rz80	2
4	Furo passante	Alojar o parafuso-eixo	$\varnothing 10H12$ $L = 85 \pm IT14/2$	Ra5 Ra40	Rz40	1

5	Arredondamento	Eliminar cantos vivos e dar estética	$R10 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	2
6	Face superior	Livre	$L = 100h14$	Ra5	Rz80	1
7	Chanfro	Facilitar a montagem do parafuso-eixo	$L = 0,5 \pm IT14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$	Ra5 -----	Rz80	2
8	Superfície de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	10

**Chapa lateral B3** (fig. 13) é uma chapa dobrada de 3 mm de espessura que tem a forma das superfícies laterais do bloco de ventilação. A chapa lateral do macho é que define a altura do bloco de ventilação.

A superfície externa que entra em contacto com o bloco pode ter rugosidade Rz20 para facilitar a retirada do bloco depois de calcamento. As suas dimensões podem ser feitas com desvios  $\pm 0,3$  porque é delas que dependem as dimensões do bloco. As restantes dimensões como são livres podem ser feitas com  $14^\circ$  de tolerância e desvios  $\pm IT14/2$  e as superfícies podem ter Rz80.

A chapa lateral tem que ser soldável e tem que deformar-se plasticamente porque é obtido por estampagem e pode sofrer corrosão devido a mistura por isso escolhe-se como material o aço St 37 (norma DIN) com as propriedades e composição apresentados na página 9. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 7.

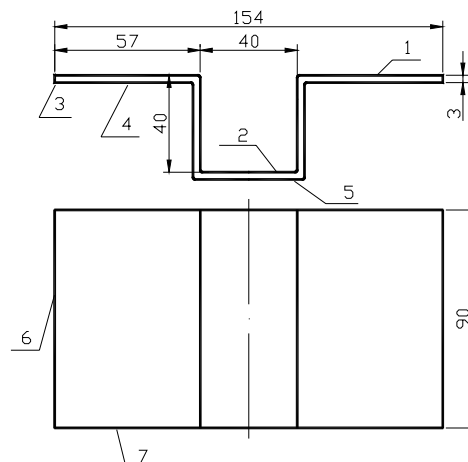


Fig. 13. Chapa lateral

Tabela 7. Descrição das superfícies da chapa lateral

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensao, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qty
1	Plano interno	Dar forma ao bloco	$L = 40 \pm 0,3$	Ra5	Rz20	2
2	Ranhura	Dar forma ao bloco	$B = 40 \pm 0,3$ $H = 40 \pm 0,3$ $L = 57 \pm IT14/2$	Ra5 Ra5 ----	Rz20	1
3	Superfície de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	12
4	Banqueta	Livre	$B = 40 \pm 0,3$ $L = 57 \pm IT14/2$	Ra5 ----	Rz80	2
5	Plano externo	Livre	$L = 40 \pm 0,3$	Ra5	Rz80	1
6	Face	Solda-se com outra chapa lateral	$L = 154 \pm IT14/2$	-----	Rz80	2
7	Face lateral	Soldar-se com a chapa lateral ou livre	$L = 90 \times 14$	Ra20	Rz80	2



**Pegas do calcador C1** (fig. 14) São barras cilíndricas de comprimento 100 mm e 20 mm de diâmetro. Todas as dimensões não tem influência no funcionamento da máquina por isso podem ser feitas com  $14^\circ$  de tolerância e desvio fundamental h para dimensões externas e  $\pm IT14/2$  para dimensões incertas. Durante o calcamento da mistura o utilizador vai agarrar nas pegas do calcador e realizar a operação de calcamento, por isso devem ter uma rugosidade relativamente pequena como Rz40  $\mu\text{m}$ .

As pegas do calcador têm que resistir às tensões reduzidas de flexão e têm que ser soldáveis, por isso escolhe-se como material o aço ao carbono St 37 (norma DIN) com a composição química e propriedades já apresentados na página 9.

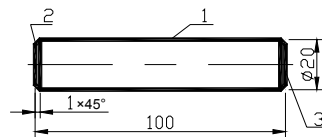


Fig. 14. Pega do calcador

Tabela 8. Descrição das superfícies das pegas do calcador

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensao, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Cilíndro externo	Agarra-se durante o calcamento	$\text{Ø}20\text{h}14$	Ra10	Rz40	1
2	Chanfro	Eliminar cantos vivos	$L = 1 \pm IT14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$	-----	Rz80	2
3	Face	Soldar-se com a bucha/livre	$L = 100\text{h}14$	Ra5	Rz80	2

**Travessa rectangular C3** (fig. 15) suporta a base do calcador C5 e os dois suportes C4. O diâmetro dos dois furos  $\text{Ø}10$  tem pequena influência no

funcionamento da máquina por isso pode ser feito com classe de tolerância H12 e rugosidade Rz40. A precisão das outras dimensões pode ser 14<sup>o</sup> de tolerância e desvio fundamental h pois são dimensões externas e não têm influência no funcionamento da máquina, excepto o comprimento que pode ser feito com 12<sup>o</sup> grau de tolerância e desvio fundamental h porque define a posição das buchas A4. Todas as superfícies livres da travessa podem ter rugosidade Rz80  $\mu\text{m}$ .

Escolhe-se como material o aço St 37 (norma DIN) porque a travessa tem que resistir às tensões médias de flexão e tem que ser soldável. Os parâmetros da travessa estão apresentados na tabela 9.

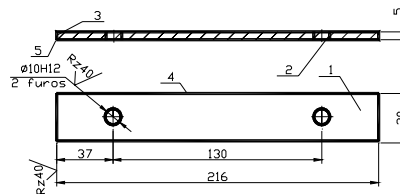


Fig. 15. Travessa rectangular

Tabela 9. Descrição das superfícies da travessa rectangular

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensao, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Plano	Conjuga-se com suporte da base do calcador	$\delta = 5h14$	Ra5	Rz80	2
2	Furo	Alojar o parafuso	$\text{Ø}10\text{H}12$ $L = 37 \pm IT14/2$	Ra5 ----	Rz40	2
3	Face	Definir a posição da bucha	$L = 216h12$	-----	Rz80	2
4	Face lateral	Livre	$L = 30h14$	Ra40	Rz80	2
5	Superfície de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	12

**Suportes da base do calcador C4** (fig. 16) são chapas rectangulares com 5 mm de espessura. O diâmetro do furo  $\varnothing 10$  tem pequena influência no funcionamento da máquina por isso pode ser feito com classe de tolerância H12 e a rugosidade pode ser Rz40. A precisão das outras dimensões não influencia no funcionamento da máquina, por isso podem ser feitas com 14° de tolerância e desvio fundamental h por serem dimensões externas. As superfícies livres podem ter rugosidade Rz80  $\mu\text{m}$ .

Os suportes são feitos em aço St 37 (norma DIN) pois têm que resistir aos esforços médios de flexão durante o calcamento, têm que ser soldáveis e tratados mecanicamente. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 10.

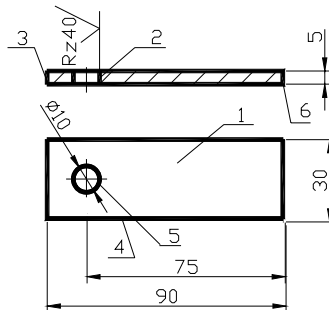


Fig.16. Suporte da base do calcador

Tabela 10. Descrição das superfícies da base do calcador

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensão, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Plano	Conjuga-se com a travessa rectangular	$\delta = 5h14$	Ra5	Rz80	2
2	Furo	Alojar o parafuso	$\varnothing 10H12$ $L = 75 \pm IT14/2$	Ra5 Ra40	Rz40	1
3	Face	Solda-se com a base do calcador/livre	$L = 90h14$	Ra20	Rz80	2
4	Face lateral	Livre	$L = 30h14$	Ra40	Rz80	2

5	Chanfro	Facilitar montagem parafuso	a do	$L = 1 \pm IT14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$	Ra5 ----	Rz40	2
6	Superfícies de boleamento	Eliminar cantos vivos		$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	12

**Base do calcador C5** (fig. 17) tem a função de compactar a mistura para bloco de ventilação. Representa uma chapa quadrangular de 209 mm de lado e 5 mm de espessura. Na parte central da chapa há um furo com a forma do bloco de ventilação. As dimensões da base do calcador não tem nenhuma influência no funcionamento da máquina por isso podem ser feitas com  $14^\circ$  de tolerância e desvio fundamental h para dimensões externa e  $\pm IT14/2$  para incertas.

A base do calcador sofre tensões médias de flexão durante o calcamento e pode sofrer corrosão devido a humidade do ar e da mistura por isso escolhe-se como material o aço St 37 com a composição e propriedades descritos na página 9. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 11.

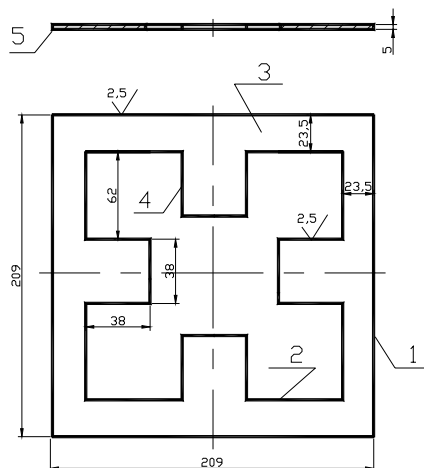


Fig. 17. Base do calcador

Tabela 11. Descrição das superfícies da base do calcador

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensao, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Superfície externa da base do calcador	Deslizar sobre o corpo	$L = 209h14$	-----	Rz40	4
2	Superfície interna da base do calcador	Deslizar sobre o macho	$L = 23,5h14$	-----	Rz40	4
3	Saliência	Deslizar sobre o macho	$B = 38h14$ $H = 38 \pm IT14/2$ $L = 62 \pm IT14/2$	Ra40 Ra40 ----	Rz40	4
4	Face	Calçar a mistura ou livre	$\delta = 5h14$	Ra5	Rz80	2
5	Superfícies de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	68

**Hastes D1** (fig. 18) fixam-se quase nas extremidades do braço da alavanca, estabelecem a ligação entre o braço e o macho, é onde se encontra a linha de acção da força resistente.

As hastes são chapas rectangulares com 5 mm de espessura, 200 mm de comprimento e 30 mm de largura. Possuem arredondamentos nos cantos de raio 10 mm para eliminar cantos vivos e dar estética. Os diâmetros dos dois furos  $\varnothing 10$  têm pequena influência no funcionamento da máquina por isso podem ser feitos com classe de tolerância H12 e a rugosidade do furo é Rz40. A precisão das outras dimensões não têm nenhuma influência no funcionamento da máquina por isso podem ser feitas com 14º grau de tolerância e desvio fundamental h porque são dimensões externas. As superfícies livres podem ter Rz80  $\mu\text{m}$ .

As hastes são feitas em aço St 37 (norma DIN), pois têm que resistir aos esforços médios de flexão e serem tratadas mecanicamente. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 12.

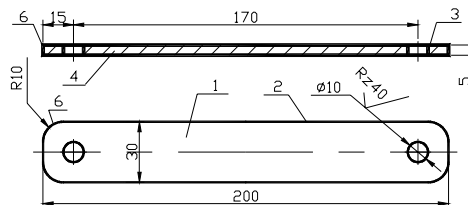


Fig. 18. Hastes

Tabela 12. Descrição das superfícies da haste

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensao, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Plano	Conjugar com o braço da alavanca	$\delta = 5h14$	Ra5	Rz80	2
2	Faces laterais	Livre	$L = 30h14$	Ra40	Rz80	1
3	Furo	Alojar o parafuso-eixo	$\varnothing 10H12$ $L = 15 \pm IT14/2$	Ra5 Ra40	Rz40	2
4	Face	Livre	$L = 200h14$	Ra10	Rz80	2
5	arredondamento	Eliminar cantos vivos e dar estética	$R10 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	4
6	Superfícies de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	8

**Braço da alavanca D2** (fig. 19) representa uma barra de comprimento 530 mm e de secção transversal rectangular oca  $B \times H = 20 \times 30 \text{ mm}^2$ . Estas dimensões são da série normal Ra10 para B e Ra40 para H e comprimento do braço da alavanca. A precisão do comprimento do braço da alavanca e H não têm nenhuma influência no funcionamento da máquina por isso podem ser feitos com 14º grau de tolerância e desvio fundamental h por serem dimensões externas e B pode ser feito com 12º de tolerância e desvio fundamental h pois conjuga-se e define a posição das hastes e é uma dimensão externa. A superfície externa do braço da alavanca pode ter uma rugosidade relativamente pequena como Rz40  $\mu\text{m}$ , pois se agarra durante o funcionamento da máquina. No meio do braço da alavanca há quatro furos com diâmetro 19 mm, onde entram buchas de diâmetro 19 mm. O diâmetro dos furos é da série normal Ra40. Os furos podem ser feitos com classe de tolerância H10 pois conjugam se com as buchas. A distância entre os furos é 105 mm da série normal Ra40. Os furos podem ter a rugosidade da superfície Ra2,5  $\mu\text{m}$  e devem ser feitos chanfros de dimensões  $0,5 \times 45^\circ$  para facilitar a montagem da bucha.

O braço da alavanca durante o funcionamento deve resistir às tensões médias de flexão. Durante a sua fabricação será submetido a um tratamento mecânico, por isso escolhe-se o aço St 60 (norma DIN) com a seguinte composição química: 0,45% C; 0,20% Si; 0,60% Mn. As propriedades mecânicas são:  $\sigma_r = 589 \div 687 \text{ MPa}$  e  $\sigma_e = 294 \text{ MPa}$ . Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 13.

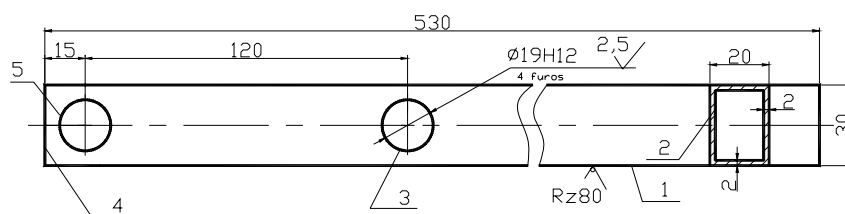


Fig. 19. Braço da alavanca

Tabela 13. Descrição das superfícies do braço da alavanca

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensão, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Superfície externa do braço da alavanca	Agarra-se durante o funcionamento da máquina	B = 20h12 H = 30h14	Ra10 Ra40	Rz40	1
2	Superfície interna do braço da alavanca	Livre	B = 14H14 H = 24H14	Ra20 Ra40	Rz80	1
3	Furo	Alojar a bucha	$\varnothing 19\text{H}12$ L = $15 \pm \text{IT}14/2$	Ra40	Ra2,5	4
4	Face	Livre	L = 530h14	Ra40	Rz80	2
5	Chanfro	Facilitar a montagem da bucha	L = $0,5 \pm \text{IT}14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm \text{AT}14/2$	Ra5 -----	Rz40	4

**Hastes curtas D3** (fig. 20) são chapas de 5 mm de espessura com a forma rectangular e com cantos arredondados na extremidade que contém um furo para eliminar cantos vivos e dar estética, servem como apoio e eixo de rotação da alavanca. O diâmetro do furo  $\varnothing 10$  tem pequena influência no funcionamento da máquina por isso pode ser feito com classe de tolerância H12 e rugosidade Rz40. A precisão das outras dimensões não tem nenhuma influência no funcionamento da máquina por isso podem ser feitas com  $14^\circ$  grau de tolerância e desvio fundamental h para dimensões externas e  $\pm \text{IT}14/2$  para incertas. Todas as superfícies, excepto o furo, como são livres podem ter rugosidade Rz80  $\mu\text{m}$ .

As hastes curtas podem ser feitas de aço St 37 (norma DIN) pois têm que resistir a esforços médios de flexão, têm que ser soldáveis e tratáveis mecanicamente. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 14.



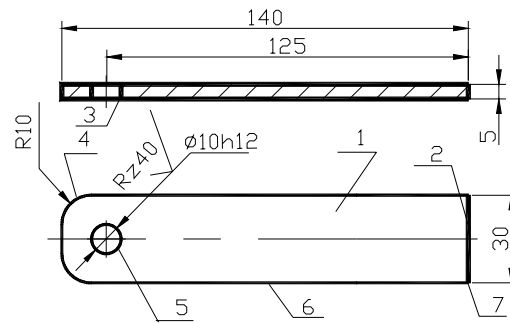


Fig. 20. Hastes curtas

Tabela 14. Descrição das superfícies da haste curta

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensão, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Face	Está em contacto com alavanca	$\delta = 5h14$	Ra5	Rz80	2
2	Limites inferior e superior da haste	Solda-se na travessa ou livre	$L = 140h14$	Ra20	Rz80	2
3	Furo	Alojar a bucha	$\varnothing 10H12$ $L = 125 \pm IT14/2$	Ra40	Rz40	1
4	Raio de arredondamento	Eliminar cantos vivos e dar estética	$R10 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	2
5	Chanfro	Facilitar a montagem da bucha	$L = 0,5 \pm IT14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$	Ra5 -----	Rz80	2
6	Limite lateral da chapa	Livre	$L = 30h14$	Ra40	Rz80	2
7	Superfície de boleamento	Eliminar cantos vivos	$r = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	10

**Buchas D8** (fig. 21) têm a função de proteger os furos do braço da alavanca e hastes curtas contra o desgaste. As dimensões do furo  $\varnothing 10$ , cilindro externo  $\varnothing 19$  e comprimento 21 têm pequena influência no funcionamento do mecanismo e podem ser feitas com  $12^\circ$  grau de tolerância. O diâmetro  $\varnothing 10$  pode ser feito com desvio fundamental H. A dimensão 21 deve ter folga garantida, com desvio fundamental b. A fixação da bucha no furo do braço D2 pode ser feita por alargamento do furo da bucha nas extremidades, o diâmetro  $\varnothing 19$  pode ser feito com classe de tolerância h12. para diminuir o atrito e desgaste o furo pode ser feito com rugosidade Ra2,5. As outras dimensões são livres e podem ser feitas com  $14^\circ$  grau de tolerância e rugosidade das superfícies Rz80.

As buchas têm que resistir ao desgaste e ter uma boa capacidade de deslizamento, durante a sua fabricação serão submetidas a um tratamento mecânico, por isso escolhe-se como material o aço St42 com cementação, têmpera e revenimento baixo, suas propriedades estão apresentadas na página 13.

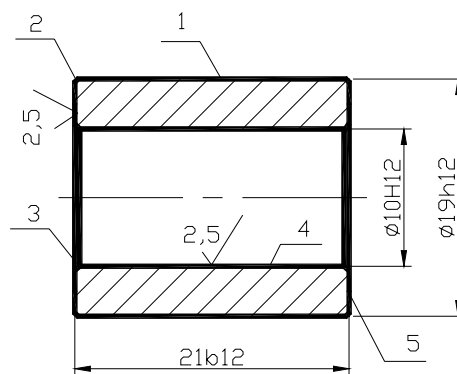


Fig. 21. Esboço da bucha

Tabela 15. Descrição das superfícies da bucha

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensão, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Cilindro externo	Instalar a bucha no furo da alavanca	$\varnothing 19\text{h}12$	Ra40	Rz40	1
2	Chanfro externo	Facilitar a montagem da bucha no furo do braço da alavanca	$L = 0,5 \pm IT14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$	Ra5 ----	Rz40	2
3	Chanfro interno	Facilitar a montagem do perno na bucha	$L = 0,5 \pm IT14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$	Ra5 ----	Rz40	2
4	Furo passante	Alojar o perno haste	$\varnothing 10\text{h}12$	Ra5	Ra2,5	1
5	Face	Conjugar-se com as hastes	$L = 21\text{b}12$	Ra40	Ra2,5	2

**Pés de apoio 2** (fig. 22) servem de base de sustentação de toda máquina, também servem de apoio durante a extração do bloco de ventilação depois de calcamento.

Os pés de apoio são chapas com 5 mm de espessura (série normal Ra5), com a forma de um polígono irregular com 6 lados.

Os pés de apoio têm um furo de  $\varnothing 8,5$  com cone com diâmetro maior de 16 mm e ângulo de conicidade de  $90^\circ$ , onde entra o parafuso de embutir. A precisão dos diâmetros tem pouca influência no funcionamento da máquina, por isso podem ter classe de tolerância H12. O cone pode ter rugosidade da superfície Rz40  $\mu\text{m}$  pois

conjuga-se com o parafuso de embutir. A disposição do furo (65;10) pode ser feita com desvios  $\pm IT14/2$  pois não tem nenhuma influência no funcionamento. Todas as outras dimensões são livres e dimensões externas podem ser feitas com h14 e outras  $\pm IT14/2$ .

Os pés de apoio devem resistir aos esforços médios que vão surgir durante o calcamento, estarão sujeitos à temperatura ambiente e um certo nível de humidade devido a mistura, por isso o material escolhido é o aço ao carbono St 37 (norma DIN) com a composição e propriedades constantes na página 9. Para evitar a corrosão devido a humidade os pés de apoio devem ser pintados com tinta anticorrosiva. Os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 16.

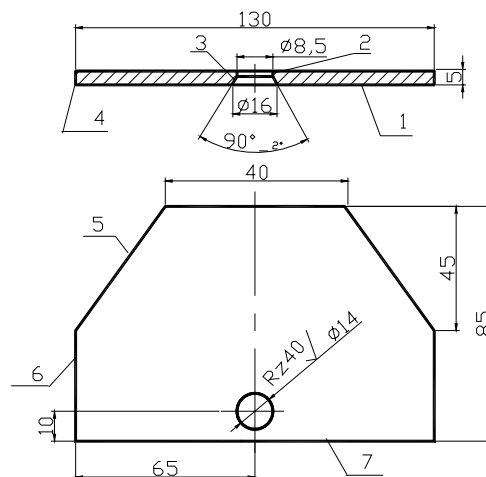


Fig. 22. Pé de apoio

Tabela 16. Descrição das superfícies do pé de apoio

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensão, grau de tolerância e ajustamento	Série normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qty
1	Plano	Apoiar na superfície	$\delta = 5h14$	Ra5	Rz80	2

2	Furo	Passagem do parafuso	$\varnothing 8,5H12$ $X = 65 \pm IT14/2$ $Y = 10 \pm IT14/2$	Ra40 ---- Ra5	Rz40	1
3	Furo cônico	Alojar o parafuso de embutir	$\varnothing 16H12$ $\alpha = 90^\circ \pm AT14/2$ $X = 65 \pm IT14/2$ $Y = 10 \pm IT14/2$	Ra5 ---- ---- Ra5	Rz40	1
4	Superfície de boleamento	Eliminar cantos vivos	$R = 0,5 \pm IT14/2$	Ra5	Rz80	18
5	Superfície inclinada	Livre	$L_1 = 45 \pm IT14/2$ $L_2 = 85h14$	Ra20 Ra40	Rz80	2
6	Face lateral	Livre	$L = 130h14$	Ra40	Rz80	2
7	Encosto	Enconstar no corpo	$L = 85h14$	Ra40	Rz40	1
8	Face	Livre	$L = 85h14$	Ra40	Rz80	1

**Colunas 3** (fig. 23) têm a função de suportar e guiar o conjunto corpo-macho A-B, também servem de apoio durante a extracção do bloco de ventilação depois de compactado.

As colunas são barras cilíndricas de comprimento 300 mm e  $\varnothing 20$  mm de diâmetro com furo M8 numa extremidade. O diâmetro  $\varnothing 20$  pode ser feito com 12º grau de tolerância pois tem pequena influência no funcionamento e desvio fundamental b para garantir um deslizamento. A face do lado do furo roscado deve ser perpendicular ao cilindro externo com tolerância 0,05 mm.

. A superfície cilíndrica das colunas deve ter um baixo coeficiente de atrito para as buchas puderem deslizar facilmente, por isso podem ter uma rugosidade Ra2,5  $\mu\text{m}$ . Todas as outras dimensões são livres e podem ser feitas com h14 para externas e  $\pm IT14/2$  para outras.

As colunas têm que resistir a esforços médios de flexão, têm que ter uma boa resistência ao desgaste e uma boa capacidade de deslizamento. Têm que ser soldáveis e trabalhaveis mecanicamente, por isso escolhe-se como material o aço ao carbono St 42 com a composição e propriedades constantes na página 13. As colunas têm que ser cementadas, temperadas e revenidas para se ter uma superfície muito dura e resistente ao desgaste. As parâmetros das colunas estão apresentados na tabela 17.

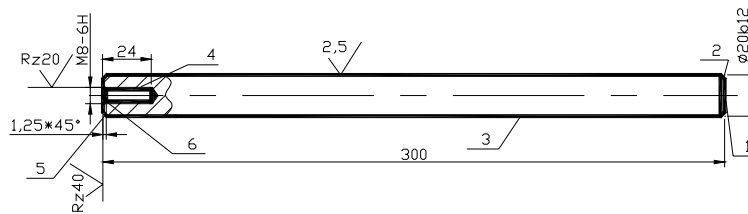


Fig. 23. Coluna

Tabela 17. Descrição das superfícies da coluna.

Nref	Nome da superfície	Destino das superfícies	Dimensao, grau de tolerancia	Serie normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Face	Livre	$L = 300h14$	Ra40	Rz80	1
2	Chanfro	Eliminar cantos vivos	$L = 1\pm IT14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$	----	Rz80	2
3	Cilíndro externo	Guiar o deslizamento das buchas	$\varnothing 20b12$	Ra10	Ra2,5	1
4	Furo roscado	Alojar o parafuso de embutir	M8×1,25-6H $D_2 = 7,19h10$ $D_1 = 6,38h10$ $\alpha = 60^\circ \pm AT12/2$ $p = 1,25H10$ $r = 0,125 \pm IT14/2$ $l = 24 \pm IT14/2$	Ra10 --- --- --- --- ---	Rz20	1

5	Face	Conjugar com os pes de apoio	$L = 300h14$	Ra40	Rz40	1
6	Chanfro	Facilitar a montagem do parafuso de embutir e orientar macho	$L = 1,25 \pm IT14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$	---	Rz40	1

**Travessa cilíndrica 6** (fig. 24) une duas colunas 3 e nela são soldadas as duas hastes curtas da alavanca. Garante a resistência das colunas.

A travessa cilíndrica tem diâmetro 20 mm e 228 mm de comprimento. Todas as dimensões são livres e podem ser feitas com  $14^\circ$  de tolerância e rugosidade das superfícies Rz80.

A travessa estará submetida a esforços consideráveis de flexão e tem que ser soldável, por isso escolhe-se como material o aço ao carbono St 37 (norma DIN) com a composição e propriedades mecânicas apresentados na página 9. os parâmetros das superfícies estão apresentados na tabela 18.



Fig. 24. Travessa cilíndrica

Tabela 18. Descrição das superfícies da travessa cilíndrica.

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensao, grau de tolerancia	Serie normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Cilíndro externo	Livre	$\text{Ø}20h14$	Ra10	Rz80	1

2	Chanfro	Eliminar cantos vivos	$L = 1 \pm IT14/2$ $\alpha = 45^\circ \pm AT14/2$	Ra5 ----	Rz80	2
3	Face	Soldar-se com as colunas	$L = 228h14$	----	Rz80	2

**Limitadores do curso 7** (fig. 25) servem de guias da base do calcador e limitam o percurso do calcador. São chapas de 3 mm de espessura que têm a forma de U. Todas as superfícies e dimensões são livres por podem ter  $14^\circ$  de tolerância e rugosidade Rz80. Os limitadores do curso serão sujeitos à pequenas tensões de flexão e têm que ser soldáveis por isso escolhe-se como material o aço ao carbono St 37 (norma DIN) com propriedades mecânicas e composição química já considerados na pagina 9. Os parâmetros estão apresentados na tabela 19.

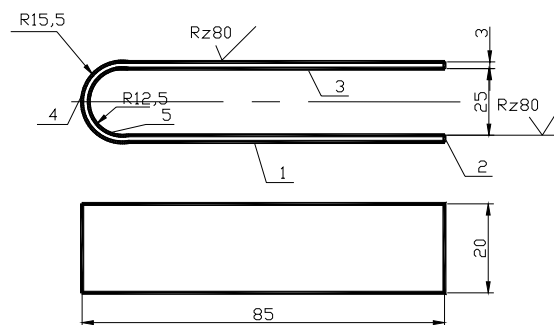


Fig. 25. Limitador do curso

Tabela 19. Descrição das superfícies dos limitadores do curso.

Nref	Nome da superfície	Destino da superfície	Dimensao, grau de tolerancia e ajustamento	Serie normal	Rugosidade ( $\mu\text{m}$ )	Qtd
1	Plano externo	Livre	$\delta = 3h14$	Ra40	Rz80	2
2	Face	Solda-se no corpo e macho	$L = 85h14$	Ra40	Rz80	2
3	Plano interno	Guiar a base do calcador	$L = 25H14$	Ra5	Rz80	1



4	Superfície raiada externa	Raio de dobramento	R15,5±IT14/2	Ra10	Rz80	2
5	Superfície raiada interna	Raio de dobramento	R12,5±IT14/2	Ra10	Rz80	2

### 1.3. Cálculos de resistência dos elementos da máquina

Os cálculos de resistência dos elementos da máquina visam determinar as dimensões dos elementos de uma construção, que lhes possibilitem suportar os carregamentos a que provavelmente estarão sujeitas. Para isso, calculamos, segundo as regras de resistência dos materiais, a partir do carregamento nominal dado, a tensão nominal dos pontos críticos do elemento de construção, e a comparamos com uma tensão admissível, ou procedemos de uma maneira inversa, isto é, a partir do carregamento nominal e da tensão admissível, calculamos as dimensões do elemento em seus pontos críticos [1].

#### 1.3.1. Cálculo da força de levantamento do conjunto corpo-macho-calcador

A força de levantamento do conjunto corpo-macho-calcador é a força que é necessário vencer para levantar o conjunto corpo-macho-calcador. Para a sua determinação é necessário, em primeiro lugar, determinar os volumes parciais do conjunto, seguidamente calcular o volume total, e tendo em conta a densidade do material, aceleração de gravidade e força de atrito entre o bloco, corpo e macho determinar a força resistente da alavanca, ou seja:

$$F_r = \rho \cdot g \cdot V_t + F_{atr} \quad (1)$$

Onde  $F_r$  é a força de levantamento do conjunto corpo-macho-calcador em N;  $\rho$  é a densidade do material em  $\text{kg/m}^3$ ;  $g$  é a aceleração de gravidade em  $\text{m/s}^2$ ;  $V_t$  é o

volume do conjunto corpo-macho-calcador em  $m^3$ ,  $F_{atr}$  é a força de atrito entre o bloco, corpo e macho.

### a) Cálculo de volumes parciais

O cálculo de volumes parciais está apresentado na tabela 20.

Tabela 20. Cálculo de volumes parciais

Nome da peça, Nº ref. figura	Fórmula usada	Substituição	Result.  ( $mm^3$ )
Invólucro do corpo A1 (fig. 7)	$V_i = \delta \cdot B \cdot L$	$V_i = 3 \cdot 90 \cdot 860,08$	232223
Chapa de funil A2 (fig. 8)	$V_{cf} = \frac{2(B+b) \cdot h \cdot \delta}{2}$	$V_{cf} = \frac{2(250+210) \cdot 71 \cdot 3}{2}$	97980
Semi-chapa de funil A3 (fig.9)	$V_{scf} = \frac{4(B+b) \cdot h \cdot \delta}{2}$	$V_{scf} = \frac{4(100+80) \cdot 71 \cdot 3}{2}$	76680
Buchas A4 e C2 (fig. 10)	$V_b = \frac{4\pi(D^2 - d^2) \cdot l}{4}$	$V_b = \frac{4\pi(32^2 - 20^2) \cdot 32}{4}$	62700
Tampa do macho B1 (fig. 11)	$V_{tm} = (l_1^2 - 4l_2^2) \cdot \delta$	$V_{tm} = (160^2 - 4 \cdot 40^2) \cdot 3$	57600
Hastes curtas B2 (fig. 12)	(1)	$V_{hc} = \left( 130 \cdot 30 + \frac{2\pi \cdot 10^2}{4} - \pi \cdot 10^2 \right) \cdot 2 \cdot 3$ $+ 2 \cdot 3 \cdot 10^2$	38430
Chapa lateral B2 (fig. 13)	$V_{cl} = 4\delta \cdot B \cdot L$	$V_{cl} = 4 \cdot 3 \cdot 90 \cdot 240$	259200
Pega do calcador C1 (fig. 14)	$V_p = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l$	$V_p = \frac{\pi \cdot 20^2}{4} \cdot 100$	31400

Travessa rectangular C3 (fig. 15)	$V_{tr} = \left( c \cdot l - \frac{\pi d^2}{2} \right) \cdot \delta$	$V_{tr} = \left( 216 \cdot 30 - \frac{3,14 \cdot 10^2}{2} \right) \cdot 5$	31615
Suporte da base do calcador C4 (fig. 16)	(2)	$V_{sb} = 2 \left( 90 \cdot 30 - \frac{3,14 \cdot 10^2}{2} \right) \cdot 5$	15729
Base do calcador C5 (fig. 17)	(3)	$V_{bc} = (209^2 - 162^2 + 4 \cdot 38^2) \cdot 5$	116065
Limitadores do curso 03 (fig. 25)	$V_{lc} = 4 \cdot c \cdot l \cdot \delta$	$V_{lc} = 4 \cdot 170 \cdot 20 \cdot 3$	40800
$V_{total}$	$V_{total} \sum V_{pi}$		1060421

$$V_{hc} = 2 \left( c \cdot l + \frac{2\pi r^2}{4} + l^2 - \pi \cdot r_1^2 \right) \cdot \delta \quad (1); \quad V_{sb} = 2 \left( c \cdot l - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \cdot \delta \quad (2); \quad V_{bc} = (l_1^2 - l_2^2 + 4l_3^2) \cdot \delta \quad (3)$$

### b) Cálculo da força de atrito

Na cadeira de oficinas mecânicas foram construídas algumas máquinas para a produção de blocos de ventilação. Foi constatado que durante a extração do bloco de ventilação, havia uma grande aderência entre o bloco, as paredes do macho e invólucro do corpo, o bloco levantava-se junto com o corpo e macho o que se pode concluir que a força de atrito é aproximadamente 80 % do peso do bloco. Assim a força de atrito será expressa do seguinte modo:

$$F_{atr} = 0,8 \cdot \rho_{arg} \cdot g \cdot V_{bl} \quad (2)$$

Onde  $\rho_{arg}$  é a densidade da argamassa de cimento ( $\rho_{arg} = 2100 \text{ kg/m}^3$  [14]);  $g$  é a aceleração de gravidade;  $V_{bl}$  volume do bloco.

O volume do bloco calcula-se pela fórmula (3) da tabela 20. Assim,

$$V_{bl} = (210^2 - 160^2 + 4 \cdot 40^2) \cdot 90 = 2241000 \text{ mm}^3$$

Pela fórmula (2) a força de atrito será:

$$F_{atr} = 0,8 \cdot 2,1 \cdot 9,8 \cdot 2,24 = 37 \text{ N}.$$

### 1.3.2. Cálculo da força potente da alavanca

A força potente da alavanca é a força com a qual o utilizador da máquina terá que vencer a força de levantamento do conjunto corpo-macho-cacador. Para a sua determinação recorrem-se às condições de equilíbrio da alavanca cuja expressão matemática se apresenta:

$$F_r \cdot b_r = F_p \cdot b_p \quad (3)$$

Onde  $F_r$  é a força resistente;  $b_r$  é o braço da força resistente;  $F_p$  é a força potente;  $b_p$  é o braço da força potente.

Neste caso não se teve em conta o peso da alavanca que é uma força aplicada no centro de gravidade da barra e a força de atrito nos eixos por estas serem desprezíveis comparadas com as outras forças.

Considerando a fórmula (1), tem-se:

$$F_r = 7,85 \cdot 9,8 \cdot 1060421 \cdot 10^{-6} + 37 = 119 \text{ N}$$

Da fórmula (3) tem-se:

$$119 \cdot 120 = F_p \cdot 365$$

$$F_p = 39 \text{ N}$$

A força que o utilizador da máquina deve aplicar na extremidade da alavanca para levantar o conjunto corpo-macho-calcador é de 39 N. Este valor está muito abaixo do valor máximo recomendado para trabalhos intensivos e permanentes que é de 150 N.

### 1.3.3. Verificação da Resistência do braço da alavanca

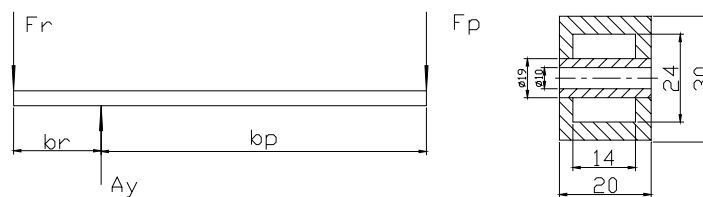


Fig. 26. Esquema de cálculo

Os dados a considerar são:  $\sigma_e = 294 \text{ Mpa}$  (aço St 60) [1];  $F_p = 800 \text{ N}$ ;  $b_r = 120 \text{ mm}$ ;  $b_p = 365 \text{ mm}$ .

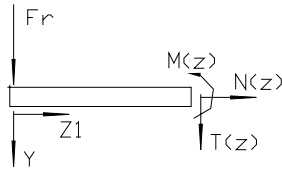
**Nota:** para a verificação da resistência consideram-se as piores condições de carregamento, ou seja, que a força potente  $F_p$  é igual ao peso do corpo humano que é de 80 kilos, considerando que o operador da máquina pode-se encontrar no braço da alavanca. Assim, pela fórmula (3) a força resistente  $F_r$  será:

$$F_r \cdot 120 = 800 \cdot 365 \Leftrightarrow F_r = 2433 \text{ N}$$

A reacção de apoio é  $A_y = F_r + F_p$ , então  $A_y = 2433 + 800 = 3233 \text{ N}$ .

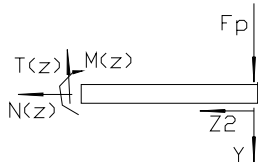
### Equação dos trechos

1º trecho



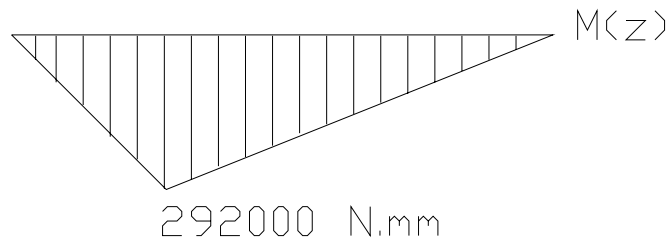
$$M(Z) = - F_r \times Z_1; \quad M(Z) = - 2433 \cdot 120 = - 292000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

2º trecho



$$M(Z) = - F_p \times Z_2; \quad M(Z) = - 800 \cdot 365 = - 292000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

### Diagrama dos momentos flectores



A tensão máxima calcula-se pela fórmula:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{I_{x=}} \cdot y_{\max} \leq \sigma_{adm} \quad (4)$$

Onde  $M_x$  é o momento flector máximo;  $\sigma_{adm}$  é a tensão admissível à flexão;  $y_{\max}$  é a distância da linha neutra até as fibras mais afastadas submetidas à tracção e compressão;  $I_x$  é o momento de inércia da área em relação ao eixo neutro.

A tensão admissível à flexão é dada pela fórmula:

$$\sigma_{adm} = 0,8 \cdot \frac{\sigma_e}{S} \quad (5)$$

Sendo  $\sigma_e$  o limite de escoamento; S o coeficiente de segurança ( $S = 1,4 - 1,6$  [4]).

Assim,

$$\sigma_{adm} = 0,8 \cdot \frac{294}{1,5} = 157 \text{ MPa} .$$

O momento de inércia da secção crítica, considerando a bucha rigidamente fixa no furo da alavanca é:

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}; \quad I = \frac{20 \cdot 30^3}{12} - \frac{14 \cdot 24^3}{12} - \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^3}{12} = 28372 \text{ mm}^4 .$$

Segundo a fórmula (4) a tensão normal máxima é

$$\sigma_{max} = \frac{292000 \cdot 15}{28372} = 154 \text{ MPa} < \sigma_{adm} = 157 \text{ MPa} .$$

O braço da alavanca resiste aos esforços submetidos.

#### 1.3.4. Cálculo de peças susceptíveis à encurvadura (flambagem)

A tensão de encurvadura escolhe-se pelas relações [3]:

1ª  $\lambda < \lambda_c$  então  $\sigma_{en} = \sigma_c$

2ª  $\lambda_c \leq \lambda \leq \lambda_p$  então  $\sigma_{en} = (a \cdot \lambda^2 + b \cdot \lambda + c) \text{ N/mm}^2$  (6)

3ª  $\lambda \geq \lambda_p$  então  $\sigma_{en} = E \frac{\pi^2}{\lambda^2}$

Sendo  $\lambda = l_{red}/i_{min}$  (7) a flexibilidade da barra;  $i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$  (8) o raio mínimo de inércia da área da secção transversal da barra;  $\sigma_f$  a tensão de encurvadura;  $\lambda_c$  o coeficiente de esbelteza correspondente à tensão de cedência;  $\lambda_p$  coeficiente de

esbelteza correspondente ao limite de proporcionalidade;  $\sigma_c$  tensão de cedência; a, b, c são factores empíricos que dependem do material.

O valor da força crítica calcula-se pela fórmula:

$$F_{crit} = \sigma_{en} \cdot A \quad (9)$$

A força admissível calcula-se por:

$$F = \frac{F_{crit}}{S} \quad (10)$$

Onde S é o coeficiente de segurança.

Tabela 21. Coeficientes para o cálculo da tensão de encurvadura [3]

Material	E [10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\lambda_c$	$\lambda_p$	a	b	c
Aço normal	2,1	240	60	100	0	-0,818	289
Aço de alta resistência	2,1	360	60	100	0	-3,818	589
Aço St 37/38	2,1	240	60	105	0	-1,14	310
Aço St 52	2,1	360	45	85	0	-2,3	470
Ferro fundido	1	----	5	80	0,053	-12	776



### 1.3.4.1. Determinação da flambagem das colunas

Para a determinação da flambagem das colunas consideram-se os seguintes dados:  $d = 20 \text{ mm}$ ;  $l = 300 \text{ mm}$ ;  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ ; material aço St 42;  $A_y = 3233 \text{ N}$  (calculado no ponto 1.3 .3.).



Fig. 27. Esquema do método de fixação

Para a secção circular o raio de inércia da secção é:

$$i = \frac{d}{4}; \quad i = \frac{20}{4} = 5 \text{ mm} .$$

Ao método de fixação das extremidades da colunas (fig. 27) corresponde o coeficiente de comprimento  $\mu = 1$  [10]. A flexibilidade das colunas é:

$$\lambda = \frac{l}{i}; \quad \lambda = \frac{300}{5} = 60$$

Embora na tabela 21 não se tenha os valores de  $\lambda_p$  e  $\lambda_c$  para o aço St 42, avaliando os valores dos outros materiais, nomeadamente aços St 37 e St 52,

conclui-se que cumpri-se a segunda relação nas fórmulas (6), e tendo em conta os coeficientes da tabela 21 tem-se:

$$\sigma_{en} = 0 \cdot 60^2 - 1,14 \cdot 60 + 310 = 242 \text{ MPa}$$

O valor da força crítica pela fórmula (9) resulta igual a:

$$F_{crit} = \frac{242 \cdot 3,14 \cdot 20^2}{4} = 75862 \text{ N}$$

Segundo a fórmula (10), a força admissível será:

$$F = \frac{75862}{3} = 25287 \text{ N} \gg A_y = 3233 \text{ N} - \text{significa que a coluna vai suportar a carga.}$$

#### 1.3.4.2. Determinação da flambagem das hastes curtas

Sejam dados:  $\delta = 5 \text{ mm}$ ;  $b = 30 \text{ mm}$ ;  $l = 125 \text{ mm}$ ;  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ ;  $A_y = 3233 \text{ N}$ ; material aço St 37.

O momento de inércia mínimo da secção rectangular da haste curta é:

$$I = \frac{b \cdot \delta^3}{12}; I = \frac{30 \cdot 5^3}{12} = 313 \text{ mm}^4.$$

A área da secção transversal da haste curta é:

$$A = b \cdot \delta; A = 30 \cdot 5 = 150 \text{ mm}^2.$$

O raio de inércia da secção segundo a formula (8) é:

$$i = \sqrt{\frac{313}{150}} = 1,44 \text{ mm}.$$

Ao método dado de fixação das extremidades das hastes curtas (fig. 27) corresponde o coeficiente de comprimento  $\mu = 1$  [10].

Uma vez que a flexibilidade, segundo a formula (7) é:

$$\lambda = \frac{1 \cdot 140}{1,44} = 86,8,$$

Então, nas fórmulas (6) toma-se a 2ª relação:

$$\sigma_{en} = 0 \cdot 86,8^2 - 1,14 \cdot 86,8 + 310 = 211 \text{ MPa}$$

Tendo em conta a formula (9) o valor da força crítica resulta igual a:

$$F_{crit} = 211 \cdot 150 = 31656 \text{ N}.$$

Pela formula (10) a força admissível é:

$$F = \frac{31656}{3} = 10552 \text{ N} > A_y = 3233 \text{ N} \text{ -significa que as hastes vão suportar a carga.}$$

### **1.3.5. Cálculo de resistência da ligação soldada entre a pega do calcador e o guia**

O cálculo de resistência realiza-se apenas em cordões de soldadura que devem resistir a esforços neles aplicados [1]. Para calcular a ligação soldada entre a pega do calcador e o guia consideram-se as piores condições de carregamento, ou seja, que a força está aplicada na extremidade da pega do calcador e que

corresponde ao peso do corpo humano que é de 80 kilos, mas como são duas pegas a força divide-se pela metade, como mostra a figura 28.

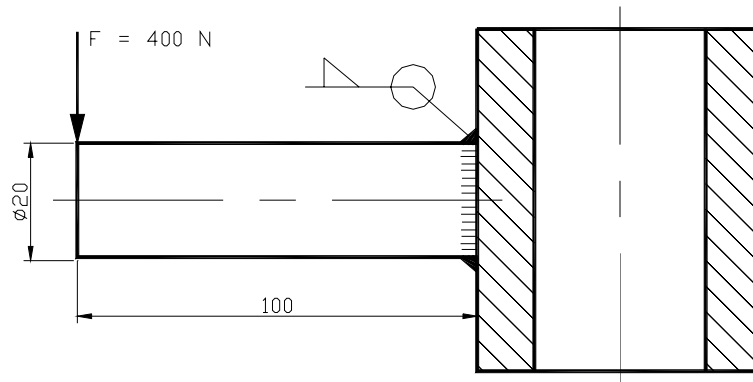


Fig. 28. Esquema de cálculo da peca do calcador soldada com cordão angular no guia

Neste caso actuam tensões de flexão e tensões de cisalhamento. A tensão sumária será [4]:

$$\tau_{\Sigma} = \sqrt{\tau_M^2 + \tau_F^2} \leq [\tau] \quad (11)$$

Em que  $\tau_F$  é a tensão de cisalhamento, dada por [4]:

$$\tau_F = \frac{F}{0,7 \cdot k \cdot \pi \cdot d} \quad (12)$$

$\tau_M$  é a tensão devido ao momento flector que é dada por [4]:

$$\tau_M = \frac{M}{w_x}; \quad \tau_M = \frac{4M}{0,7k\pi d^2} \quad (13)$$

Onde  $M$  é o momento flector;  $k$  é o cateto;  $d$  é o diâmetro da peca do calcador;  $[\tau]$  é a tensão admissível de cisalhamento;  $[\tau] = 0,6[\sigma]_{rac}$  (14) – para soldadura manual a arco com eléctrodos E42 [2].

## Cálculo da tensão admissível de cisalhamento

Para o material St 37 a tensão admissível a tracção é  $[\sigma]_{trac} = \frac{\sigma_e}{S}$  (15);

$$[\sigma]_{trac} = \frac{216}{1,5} = 144 \text{ MPa}.$$

Considerando a relação (14) tem-se:

$$[\tau'] = 0,6 \cdot 144 = 86 \text{ MPa}$$

Como a carga é dinâmica e cíclica assimétrica deve-se reduzir a tensão admissível. Para tal multiplica-se o valor da tensão admissível por um coeficiente  $k_\delta$  definido por [4]:

$$k_\delta = \frac{1}{(0,6 \cdot k_{ef} \pm 0,2) - (0,6 \cdot k_{ef} \text{ m } 0,2) \cdot R} \leq 1 \quad (16)$$

Onde  $R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$  ou  $\frac{\tau_{\min}}{\tau_{\max}}$  é o coeficiente de assimetria do ciclo;  $k_{ef}$  é o coeficiente efectivo de concentração de tensões ( $k_{ef} \approx 1,2 \dots 1,5$  [5]).

Pela fórmula (13) e tendo em conta que  $M = F \cdot l$ , tem-se  $R = \frac{F_{\min}}{F_{\max}}$ .

Considerando que a força máxima é igual ao peso do corpo humano que é de 80 kilos e a força mínima é nula quando o calçador estiver em subida, tem-se:

$$R = \frac{0}{80} = 0$$

Da formula (16) resulta que:

$$k_{\delta} = \frac{1}{(0,6 \cdot 1,5 + 0,2) - (0,6 \cdot 1,5 - 0,2) \cdot 0} = 0,9$$

Então a tensão admissível é:

$$[\tau] = [\tau'] \cdot \delta = 86 \cdot 0,9 = 78 MPa$$

### Dimensionamento do cordão

O momento flector é  $M = 400 \cdot 100 = 40000 N \cdot mm$ . A tensão devido ao momento flector, pela fórmula (13) é:

$$\tau_M = \frac{4 \cdot 4 \cdot 10^4}{0,7 \cdot k \cdot \pi \cdot 20^2} = \frac{181,98}{k}$$

A tensão de cisalhamento segundo a fórmula (12) é:

$$\tau_F = \frac{400}{0,7 \cdot k \cdot \pi \cdot 20} = \frac{9,10}{k}$$

Assim, a tensão sumária pela fórmula (11) é:

$$\tau_{\Sigma} = \frac{1}{k} \sqrt{181,98^2 + 9,10^2} \leq [\tau] = 78 MPa$$

Ou seja:  $k \geq 3,4 mm$

O cordão tem que ser executado com o cateto igual ou maior que 3,4 mm.

### 1.3.6. Cálculo de resistência da ligação roscada entre a travessa rectangular e suporte da base do calçador

Para as ligações roscadas carregadas por forças cisalhantes na junção entre as peças a condição de capacidade de trabalho deste tipo de ligações é a ausência de deslizamento entre as peças unidas. Para parafuso montado com folga entre a haste e o furo a condição se ausência de deslizamento entre as peças só se observa se a força de atrito, que equilibra a força externa é suficientemente grande, assim [4]:

$$F \leq i \cdot F_{at} = i \cdot F_{ap} \cdot f$$

ou

$$F_{ap} = \frac{k \cdot F}{i \cdot f} \quad (17)$$

Onde  $F$  é a força cisalhante externa;  $i$  é o número de planos de deslizamento;  $f$  é o coeficiente de atrito entre as peças ( $f \approx 0,15 \dots 0,20$  para peças de aço e/ou ferro fundido, a seco);  $k$  é um coeficiente de segurança ( $k = 1,3 \dots 1,5$  para carga estática,  $k = 1,8 \dots 2$  para carga variável).

A resistência do parafuso é determinada tendo em vista a tensão equivalente, dada por [4]:

$$\sigma_{ef} = 1,3 \cdot \frac{F_{ap}}{\pi \cdot d_1^2 / 4} \leq [\sigma] \quad (18)$$

Onde  $d_1$  é o diâmetro da raiz da rosca;  $[\sigma]$  é a tensão admissível.

Quando a ligação é feita com folga a força externa é transmitida pela força de atrito entre as peças e não pelo parafuso cuja função é apenas a de garantir a existência de uma força de aperto suficientemente grande para gerar o atrito necessário, entre as peças. Por esta razão, mesmo quando a carga externa é

variável, o parafuso só é calculado à carga estática de aperto. A diferenciação entre as condições de carga estática, e as condições de carga variável é feita utilizando um coeficiente de segurança mais elevada para as últimas [4].

Os dados a considerar são:  $R = 800 \text{ N}$ ,  $\sigma_e = 226 \text{ MPa}$  (aço St 42, norma DIN),  $i = 1$ ,  $\delta_1 = \delta_2 = 5 \text{ mm}$ ,  $k = 2$  carga variável,  $f = 0,15$  ligação com folga e força cisalhante.

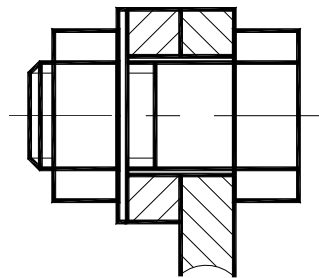


Fig. 29. Ligação travessa rectangular e suporte da base do calçador

### Cálculo da força de aperto

Como são dois parafusos  $F = \frac{800}{2} = 400 \text{ N}$  e tendo em conta a relação (17) tem-se:

$$F_{ap} = \frac{2 \cdot 400}{1 \cdot 0,15} = 5333 \text{ N}$$

### Cálculo do diâmetro da raiz da rosca

Escolhe-se a tensão admissível  $[\sigma] = 0,6 \cdot \sigma_e = 0,6 \cdot 226 = 136 \text{ MPa}$ .

Considerando a fórmula (18) calcula-se o diâmetro da raiz:

$$d_1 = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 F_{ap}}{\pi \cdot [\sigma]}}; \quad d_1 = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot 5333}{\pi \cdot 136}} = 8,04 \text{ mm}$$

Escolhe-se a rosca M10, com  $d_1 = 8,05 \text{ mm}$ .



## 2. PARTE TECNOLÓGICA

No presente trabalho elaboram-se rotas de tratamento de duas peças e suas fases de tratamento, a saber: bucha e chapa lateral de macho.

### 2.1. Elaboração do processo tecnológico de produção da bucha

#### 2.1.1. Análise tecnológica da bucha

A bucha tem no total 8 superfícies (fig. 21), pela configuração é bastante simples pois apresenta superfícies de forma cilíndrica e plana. As trajectórias do deslocamento da ferramenta são rectilíneas, há possibilidade de tratamento simultâneo das superfícies 3 e 4.

Há quatro superfícies de elevada precisão por isso durante a produção tem que se usar uma máquina de precisão elevada As restantes superfícies são de precisão normal por isso não haverá dificuldades de produção. Não é necessário o uso de ferramentas nem medidores especiais porque todas as superfícies são normalizadas.

A peça tem uma rigidez media por isso é necessário o uso de dispositivos especiais para aumentar a rigidez e pode-se usar regimes médios. A seguir apresentam-se os coeficientes de tecnologibilidade.

O coeficiente de normalização calcula-se pela formula [7]:

$$K_n = \frac{Q_n}{Q_\Sigma} \quad (19)$$

Onde  $Q_n$  é a quantidade de superfícies normalizadas;  $Q_\Sigma$  é a quantidade de todas superfícies.

Segundo a tabela 15 todas as superfícies são normalizadas, daí:

$$K_n = \frac{8}{8} = 1$$

O coeficiente de normalização é igual a 1, por isso não há necessidade de fabricar ferramentas e medidores especiais.

O coeficiente de unificação calcula-se pela formula [7]:

$$K_u = \frac{Q_u}{Q_\Sigma} \quad (20)$$

Onde  $Q_u$  é a quantidade de superfícies unificadas.

Segundo a tabela 15 todas superfícies são unificadas, daí:

$$K_u = \frac{8}{8} = 1$$

O coeficiente de unificação é igual a 1, o que significa que será necessário um número reduzido de ferramentas cortantes e medidores.

O coeficiente de precisão é dado por [7]:

$$K_p = 1 - \frac{1}{Q_{pm}} \quad (21)$$

$$Q_{pm} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{pi}}{Q_\Sigma} \quad (22)$$

Onde  $Q_{pm}$  é o grau de tolerância média.

Substituindo com os respectivos valores nas fórmulas (21) e (22), respectivamente tem-se:

$$Q_{pm} = \frac{12 + 2 \cdot 14 + 2 \cdot 14 + 12 + 12}{8} = 11,5$$

$$k_p = 1 - \frac{1}{11,5} = 0,91$$

A precisão média 11,5 mostra que muitas superfícies têm dimensões com precisão normal, o que facilita o tratamento.

O coeficiente de rugosidade calcula-se pela formula [7]:

$$K_r = \frac{1}{R_{zm}} \quad (23)$$

Onde  $R_{zm}$  é a altura média da irregularidade ( $R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_z}{Q_\Sigma}$ );  $R_{iz}$  é a altura da irregularidade.

Tendo em conta os valores tem-se:

$$R_{zm} = \frac{10 + 7 \cdot 40}{8} = 36,25$$

Como o furo é de Ra2,5 ( $R_z = 4Ra$ ) e as restantes superfícies têm Rz40,

$$K_r = \frac{1}{36,25} = 0,028$$

O valor  $R_{zm} = 36,25$  significa que a rugosidade média é bastante grande, o que facilita a fabricação.

O coeficiente do uso do material calcula-se pela formula [7]:

$$K_{um} = \frac{V_{pa}}{V_{pb}} \quad (24)$$

Onde  $V_{pa}$  é o volume da peça acabada;  $V_{pb}$  é o volume da peça bruta.

O volume da peça acabada (fig. 21) calcula-se por:

$$V_{pa} = \left( \frac{\pi \cdot 19^2}{4} - \frac{\pi \cdot 10^2}{4} \right) \cdot 21 \cdot 0,98 = 4216,53 \text{ mm}^3$$

**Nota:** O coeficiente 0,98 é para chanfros [7]

O volume da peça bruta e o coeficiente de uso do material estão apresentados no ponto 2.1.3 onde se faz a escolha do método de obtenção da peça bruta.

### 2.1.2. Escolha do tipo de produção e método de trabalho

A escolha do tipo de produção é feita segundo a tabela 21 apresentada a seguir. Vai-se produzir 60 peças por mês, pois avaliando a quantidade das construções e a dimensão do país haverá uma demanda considerável das máquinas. Para este programa de produção segundo a tabela 21 temos uma produção em série média.

Tratando-se da produção em série media, para melhorar o rendimento pode-se usar algumas máquinas automáticas, ferramentas e dispositivos especies, trabalhar simultaneamente algumas superficies, pois isto reduz o tempo de uso da máquina.

Tabela 21. Tabela de escolha do tipo de produção [7].

Tipo de produção	Quantidade mensal das peças		
	Grande	Media	Pequena
Unitária	1...2	2...5	5...10
Série pequena	2...5	5...25	10...50
Série media	5...25	25...150	50...300
Série grande	25...150	150...300	300...1000
Em massa	>150	>300	>1000

A escolha deve ser depois verificada usando o coeficiente de ocupação da máquina que pode ser calculada usando a relação abaixo [7].

$$K_{om} = \frac{t_e}{t_{fm}} \quad (25)$$

Onde  $t_e$  é o tempo de escape;  $t_{fm}$  é o tempo médio de execução duma fase .

$$t_e = \frac{F_m \cdot 60}{N} \quad (26)$$

Onde  $F_m$  é o fundo do tempo (horas de trabalho por mês, ano, etc);  $N$  é o número de peças a produzir durante o tempo determinado.

$$F_m = 176 \text{ horas}$$

$$N = 50 \text{ peças/mês}$$

Assim,

$$t_e = \frac{176 \cdot 60}{50} = 211,2 \text{ min}$$

$$t_{fm} = t_b + t_a + t_{so} + t_d \quad (27)$$

Onde  $t_b$  é o tempo básico de tratamento;  $t_a$  é o tempo auxiliar;  $t_{so}$  é o tempo de serviço da máquina (limpeza da máquina, lubrificação, mudança da ferramenta);  $t_d$  é o tempo de descanso.

Neste momento não se pode calcular o coeficiente de ocupação da máquina porque ainda não é possível conhecer o tempo médio de execução duma fase.

Neste caso como trata-se de produção em série media, escolhe-se produção em cadeia, pois aumenta a produtividade e o rendimento.

### **2.1.3. Escolha do método de obtenção da peça bruta**

A peça em estudo apresenta uma configuração simples, a produção é em série media e o seu material é aço St 42. A peça bruta pode ser obtida por corte dum material inicial laminado ou forjadura. Para o presente caso a peça bruta pode ser em forma dum cilindro laminado ou em forma duma bucha forjada. A peça bruta em forma de cilindro pode ter dimensões  $\varnothing 21$ ,  $l = 23$  e volume  $V = 7962,26 \text{ mm}^3$  e em forma de bucha pode ter dimensões: diâmetro externo  $\varnothing 21$ , furo  $\varnothing 8$ ,  $l = 23$  e volume  $V = 6806,74 \text{ mm}^3$ . Para o primeiro caso o coeficiente do uso do material é  $k_{um} = 0,53$  e para o segundo  $k_{um} = 0,62$ . Toma-se o segundo caso que tem o coeficiente de uso do material maior.

### **2.1.4. Escolha das bases tecnológicas**

**Bases tecnológicas para o tratamento da face L = 21b12, furo  $\varnothing 10H12$  e chanfro interno  $0,5 \times 45^\circ$**

Para o tratamento destas superfícies pode-se instalar a peça na bucha de 3 grampos pelo cilindro externo e face esquerdo. A bucha de 3 grampos elimina 4 graus de liberdade, deixa rotação e deslocamento axial.

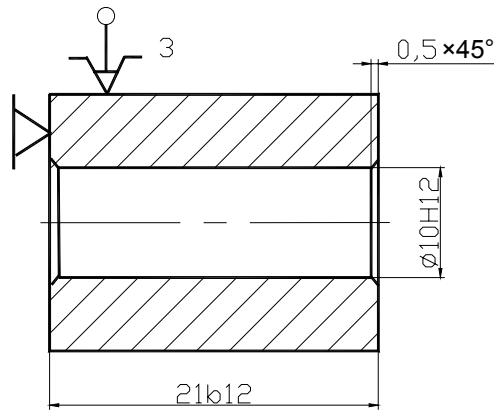


Fig. 30. Esquema de instalação para o tratamento da face  $L = 21b12$ , furo  $\varnothing 10H12$  e chanfro interno  $0,5 \times 45^\circ$

O defeito de posicionamento  $\varepsilon_{p21} = 0$ , pois a base de medição coincide com a base tecnológica.

O defeito de aperto  $\varepsilon_{a21} = 0$ , pois a força de aperto é perpendicular a cota observada.

O defeito do dispositivo  $\varepsilon_d = \frac{IT}{3-5}$ ;  $\varepsilon_{d21} = \frac{210}{3-5} = 42 - 70 \mu m$ . Toma-se  $\varepsilon_{d21} = 56 \mu m$ .

Pela fórmula (30) tem-se

$$\varepsilon_c = \sqrt{0^2 + 0^2 + 56^2} = 56 \mu m.$$

O defeito de posicionamento  $\varepsilon_{p10} = 0$ , pois o diâmetro do furo não depende da disposição da peça.

O defeito de aperto  $\varepsilon_{a10} = 0$ , pois a resultante das forças é nula como o aperto é garantido pelos 3 grampos.

O defeito do dispositivo  $\varepsilon_{d10} = 0$ , pois usam-se métodos automáticos. Assim o defeito de colocação é  $\varepsilon_c = 0$ .

O defeito de posicionamento para o chanfro esquerdo  $\varepsilon_{p0,5} = 0$ , pois a base de medição coincide com a base tecnológica e para o chanfro direito  $\varepsilon_{p0,5} = \delta_{21} = 0,21$  mm.

O defeito de aperto  $\varepsilon_{a0,5} = 0$ , pois a resultante das forças é nula como o aperto é garantido pelos 3 grampos.

O defeito do dispositivo  $\varepsilon_d = \frac{IT}{3-5}$ ;  $\varepsilon_{d21} = \frac{250}{3-5} = 50 - 83 \mu m$ . Toma-se  $\varepsilon_{d21} = 67 \mu m$ .

Pela fórmula (30) tem-se

$$\varepsilon_c = \sqrt{250^2 + 0^2 + 67^2} = 259 \mu m.$$

### Bases tecnológicas para o tratamento do cilindro externo $\varnothing 19h12$ e chanfro externo $0,5 \times 45^\circ$

Para o tratamento destas superfícies é necessário eliminar 4 graus de liberdade. Para a instalação da peça vai se usar um mandril de expansão. O mandril de expansão deixa rotação e deslocamento axial.

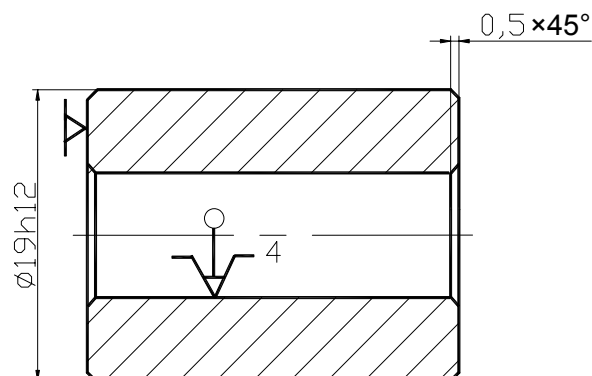


Fig. 31. Esquema de instalação para o tratamento do cilindro externo  $\varnothing 19H12$  e chanfro externo  $0,5 \times 45^\circ$



O defeito de posicionamento  $\varepsilon_{p19} = 0$ , pois a base tecnológica é furo (instalação sem folga) e a base de medição é eixo.

O defeito de aperto  $\varepsilon_{a19} = 0$ , pois o mandril de expansão dá aperto igual a todos os sentidos.

O defeito do dispositivo  $\varepsilon_d = \frac{IT}{3-5}$ ;  $\varepsilon_{d21} = \frac{520}{3-5} = 104 - 173 \mu m$ . Toma-se  $\varepsilon_{d19} = 139 \mu m$ . Pela fórmula (30) tem-se

$$\varepsilon_c = \sqrt{0^2 + 0^2 + 139^2} = 139 \mu m .$$

O defeito de posicionamento para o chanfro esquerdo  $\varepsilon_{p0,5} = 0$ , pois a base de medição coincide com a base tecnológica e para o chanfro direito  $\varepsilon_{p0,5} = \delta_{21} = 0,21$  mm.

O defeito de aperto  $\varepsilon_{a0,5} = 0$ , pois o mandril de expansão dá aperto igual a todos os sentidos.

O defeito do dispositivo  $\varepsilon_d = \frac{IT}{3-5}$ ;  $\varepsilon_{d21} = \frac{250}{3-5} = 50 - 83 \mu m$ . Toma-se  $\varepsilon_{d21} = 67 \mu m$ .

Pela fórmula (30) tem-se

$$\varepsilon_c = \sqrt{250^2 + 0^2 + 67^2} = 259 \mu m .$$

### 2.1.5. Determinação da sequência de tratamento de superfícies separadas

No início será tratada a face L = 21b12 e depois o furo passante  $\varnothing 10H12$  e o chanfro interno  $0,5 \times 45^\circ$ . Para o tratamento destas superfícies como bases tecnológicas usar-se-á o cilindro externo e a face esquerda. O furo  $\varnothing 10H12$  e a

face L = 21b12 serão posteriormente usados como bases tecnológicas para o tratamento do cilindro externo  $\varnothing 19h12$  e do chanfro externo  $0,5 \times 45^\circ$ .

A sequência de tratamento de superfícies separadas está apresentada na tabela 23.

Tabela 23. Sequência de tratamento de superfícies separadas.

Nome da superfície e parâmetros	Nº de passagens	Método de tratamento	Grau de tolerância	Rz ( $\mu\text{m}$ )
Cilindro externo $\varnothing 19h12$	1	Forjadura	16	200
	2	Torneamento de desbastamento	14	80
	3	Torneamento de semi-acabamento	12	40
Chanfro externo $0,5 \times 45^\circ$	1	Chanfragem externa	12	40
Chanfro interno $0,5 \times 45^\circ$	1	Chanfragem interna	12	40
Furo passante $\varnothing 10H12$	1	Forjadura	16	200
	2	Alisamento de desbastamento	14	80
	3	Alisamento de semi-acabamento	12	20
	4	Alisamento de acabamento	12	10
Face L=21b12	1	Forjadura	16	200
	2	Facejamento de desbastamento	14	80
	3	Facejamento de semi-acabamento	12	40
	4	Facejamento de acabamento	12	10

### **2.1.6. Elaboração da rota de tratamento e criação das fases**

A rota de tratamento começa com a obtenção da peça bruta. Neste caso a peça bruta é uma bucha forjada, antes da forjadura tem que se cortar bucha do tubo na fase 10 e a forjadura na fase 20. Os equipamentos a usar são: máquina de cortar, torninho mecânico, serra de disco, forno eléctrico, prensa, paquímetro 160×0,1.

Na fase 30, faz-se o facejamento de desbastamento, semi-acabamento e acabamento das faces 5 (fig. 21); alisamento de desbastamento, semi-acabamento e acabamento do furo 4 e abertura do chanfro interno 3. Os equipamentos a usar são: torno paralelo Cadete, bucha de 3 grampos, ferros cortantes para facejar, alisar e chanfrar interna, T15K6, calibre macho  $\varnothing 10H12$ , paquímetro 160×0,01, escatilhão 0,5×45°.

Na fase 40, faz-se uma nova instalação no mandril de expansão para o torneamento de desbastamento, semi-acabamento do cilindro 1 e abertura do chanfro externo 2. Os equipamentos são torno paralelo Cadete, mandril de expansão, ferros cortantes para cilindrar e chanfrar externa, T15K6, paquímetro 160×0,01, escatilhão 0,5×45°, calibre fêmea  $\varnothing 19h12$ .

A rota de tratamento da bucha está apresentada no anexo.

### 2.1.7. Cálculo de sobressessuras para o cilindro externo Ø19h12, Rz40

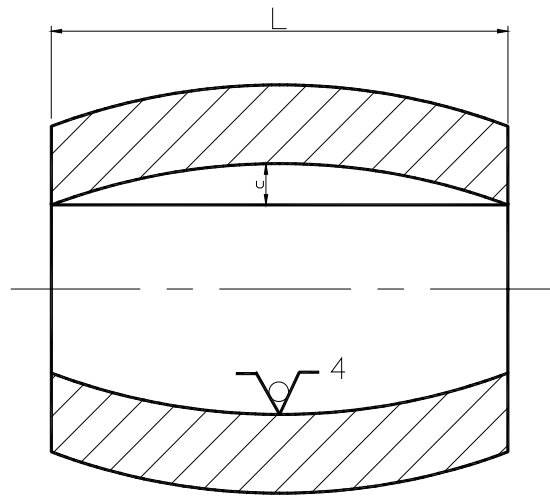


Fig. 31. Defeito de curvatura

O defeito devido a curvatura é dado por [7]:

$$\rho_c = \Delta_c \cdot L \quad (28)$$

Onde L é o comprimento do cálculo;  $\Delta_c$  é a curvatura específica ( $\Delta_c = 0,2 - 4 \mu\text{m}/\text{mm}$ ).

$$L = \frac{l}{2}; L = \frac{21}{2} = 10,5 \text{ mm}$$

$\Delta_c = 3$  porque forjadura ocorre com grandes forças e altas temperaturas. Assim,

$$\rho = 3 \cdot 10,5 = 31,5 \mu\text{m}$$

O defeito devido a excentricidade da superfície observada relativamente a base tecnológica será:

$$\rho_e = \frac{IT}{3-5} = \frac{210}{3-5} = 42 - 70 \mu m$$

Toma-se  $\rho_e = 56 \mu m$ .

O deslocamento de uma parte da superfície observada relativamente a outra da mesma superfície  $\rho_d$  é nulo porque a peça é feita na mesma matriz. Assim o defeito no espaço para o mesmo tratamento é

$$\rho_1 = \sqrt{31,5^2 + 56^2 + 0^0} = 64,25 \mu m$$

Para outros tratamentos o defeito no espaço é dado por [7]:

$$\rho_i = k_i \cdot \rho_{i-} \quad (29)$$

Onde  $k_i$  é o coeficiente de correção ( $k = 0,05 - 0,06$  para o desbastamento,  $k = 0,04 - 0,05$  para semi-acabamento,  $k = 0,02 - 0,04$  para acabamento,  $k = 0,02 - 0,03$  para acabamento fino). Assim,

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 64,25 = 3,21 \mu m$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 3,21 = 0,13 \mu m$$

O defeito de colocação calcula-se pela fórmula [7]:

$$\varepsilon_{ci} = \sqrt{\varepsilon_p^2 + \varepsilon_a^2 + \varepsilon_d^2} \quad (30)$$

Onde  $\varepsilon_p$  é o defeito de posicionamento devido a não coincidência da base tecnológica com a base de medição;  $\varepsilon_d$  é o defeito de desposição;  $\varepsilon_a$  é o defeito de aperto. Assim,

$\varepsilon_p = 0$  porque a base tecnológica é furo (instalação sem folga) e a base de medição é eixo.

$\varepsilon_a = 0$  porque o mandril de expansão dá aperto igual a todos os sentidos.

$\varepsilon_{d1} = IT/(3 - 5)$  então  $\varepsilon_d = 520/(3 - 5) = (104 - 173,3) \mu m$ .

Pela formula (30) tem-se:

$$\varepsilon_{c1} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 139^2} = 139 \mu m$$

Para dimensões diametrais as sobressessuras mínimas são calculadas pela fórmula [7]:

$$2Z_{\min i} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_c^2}) \quad (31)$$

Onde  $\rho_{i-1}$  é o defeito no espaço do tratamento anterior;  $\varepsilon_{ci}$  é o defeito de colocação deste tratamento;  $T_{i-1}$  é a profundidade da camada defeituosa do tratamento anterior;  $R_{Z_{i-1}}$  é a rugosidade do tratamento anterior. As sobressessuras calculadas estão apresentadas na tabela 24.

Tabela 24. Furo passante  $\varnothing 11H12$ , Ra2,5

Nº p	Método de tratamento	QI d	Rz ( $\mu$ m)							M		M		M	
										a x	in	a x	n	a x	n
1	Brocagem	12	80	160	30	--	--	0,180	7,997						
2	Mandrilagem de desbastamento	10	20	30	16,5	30	29,40	0,07	10,937						
3	Rectificação de desbastamento	10	10	15	0,83	--	13,3	0,07	11,07						

### 2.1.8. Elaboração das fases

A obtenção da peça bruta começa com o corte do tubo  $\varnothing_e 20h14(-0,52)$ ,  $\varnothing_f 16H14(-0,52)$ ,  $L = 60h14(-0,74)$  na fase 10. Como equipamento tem-se máquina de cortar, torninho mecânico, serra de disco e paquímetro 160×0,1.

A forjadura da bucha na fase 20 vai usar como equipamentos a prensa excêntrica modelo RF/PN e forno eléctrico. Começa-se por se colocar 10 peças no forno eléctrico quente e aquecer até 900 °C, usando como equipamento alicate e seguidamente tira-se uma bucha e forjar  $\varnothing_e 21h16(-1,3)$ ,  $\varnothing_f 8H16(+0,9)$ ,  $L = 23h16(-1,3)$ , como equipamento tem-se matriz e paquímetro 160×0,1.

Na fase 30 para torneamento no torno paralelo Cadete instala-se a peça na bucha de 3 grampos e faz-se o facejamento de desbastamento  $L = 21,6h14(-0,52)$ , Rz80; semi-acabamento  $L = 21,2h12(-0,21)$ , Rz40 e acabamento  $L = 21h12(-0,21)$ , Ra2,5 da face 5. Na mesma fase faz-se o alisamento de desbastamento  $\varnothing 9,4H14(+0,36)$ , Rz80, semi-acabamento  $\varnothing 9,8H12(+0,15)$ , Rz40 e acabamento do furo  $\varnothing 10H12(+0,15)$ , Ra2,5 e abre-se o chanfro interno  $0,5(\pm 0,25) \times 45^\circ(\pm 0,62)$ . Equipamento: ferros cortantes para facejar, alisar e chanfrar interna, T15K6, paquímetro 160×0,01, escatilhão  $0,5 \times 45^\circ$ , calibre macho  $\varnothing 10H12$ .

Na fase 40 faz-se a reinstalação da bucha no mandril de expansão para se fazer o torneamento de desbastamento  $\varnothing 19,6h14(-0,52)$ , Rz80 e semi-acabamento  $\varnothing 19h12(-0,21)$ , Rz40 do cilindro externo e finalmente abre-se o chanfro externo  $0,5(\pm 0,25) \times 45^\circ(\pm 0,62)$ . Como equipamento tem-se torno paralelo Cadete, mandril de expansão, ferros cortantes para cilindrar e chanfrar externa, T15K6, paquímetro 160×0,01, escatilhão  $0,5 \times 45^\circ$ , calibre fêmea  $\varnothing 19h12$ . As fases estão apresentadas a seguir.



## 10. Corte do tubo

### Máquina de cortar

A. Instalar tubo no torninho pelo cilindro externo e tirar

### Torninho mecânico

1. Cortar tubo  $\varnothing_e 20h14(-0,52)$ ,  $\varnothing_f 16H14(+0,52)$ ,  $L = 60h14(-0,74)$

Serra de disco  $\varnothing 250$ ,  $Z = 160$ ,  $\alpha = 20^\circ$ , P6M5, paquímetro  $160 \times 0,1$

## 20. Forjadura da bucha.

Prensa excêntrica modelo RF/PN, forno eléctrico.

1. Colocar 10 buchas no forno eléctrico quente e aquecer até  $900^\circ\text{C}$ .

### Alicate

2. Forjar a bucha  $\varnothing 21h16(-1,3)$ ,  $L = 23h16(-1,3)$

Matriz, paquímetro  $160 \times 0,1$ .

## 30. Torneamento.

Torno paralelo modelo Cadete.

A. Instalar e tirar a peça na bucha de 3 grampos.

1. Desbastar a face  $L = 21,6h14(-0,52)$ ,  $Rz80$ .

2. Fazer semi-acabamento da face  $L = 21,2h12(-0,21)$ ,  $Rz40$ .

3. Fazer acabamento da face  $L = 21b12$ ,  $Ra2,5$ .

Ferro cortante para facejar, T15K6, paquímetro  $160 \times 0,01$ .

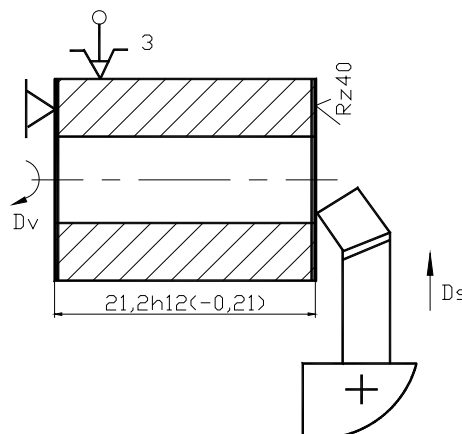


Fig. 32. Esquema de tratamento da face

4. Desbastar furo  $\varnothing 9,4H14(+0,36)$ , Rz80.
  5. Fazer alisamento de semi-acabamento do furo  $\varnothing 9,8H12(+0,15)$ , Rz40.
  6. Fazer alisamento de acabamento do furo  $\varnothing 10H12(+0,15)$ , Ra2,5.
- Ferro cortante para alisar, T15K6; calibre macho  $\varnothing 10H12$ .

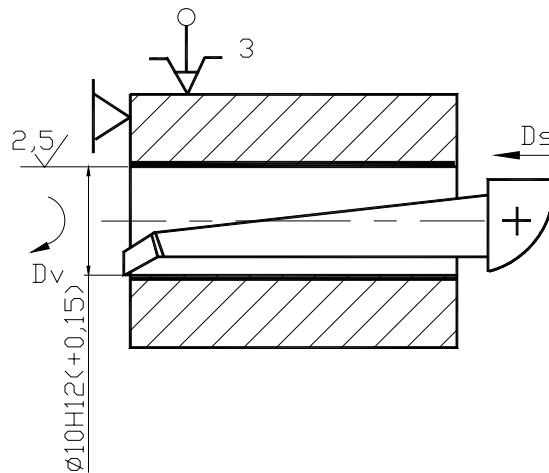


Fig. 33. Esquema de tratamento do furo

7. Tratar o chanfro interno  $0,5(\pm 0,25) \times 45^\circ (\pm 1^\circ)$ , Rz40.
- Ferro cortante para chanfrar interno, T15K6; escantilhão  $0,5 \times 45^\circ$

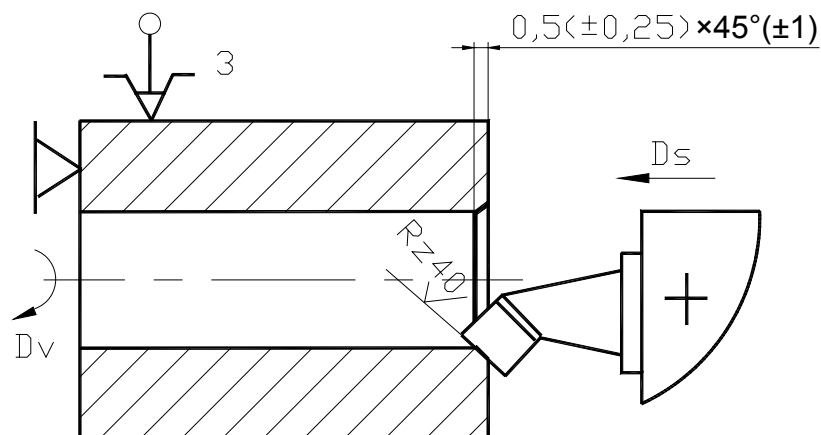


Fig. 34. Esquema de tratamento do chanfro interno

#### 40. Torneamento

Torno paralelo Cadete

A. Instalar e tirar a bucha no mandril de expansão.

1. Desbastar o cilindro externo  $\varnothing 19,6h14(-0,52)$ , Rz80.

2. Fazer cilindragem de semi-acabamento da superfície  $\varnothing 19h12(-0,21)$ , Rz40.

Ferro cortante para cilindrar, T15K6; paquímetro  $160 \times 0,01$ , calibre fêmea 19h12.

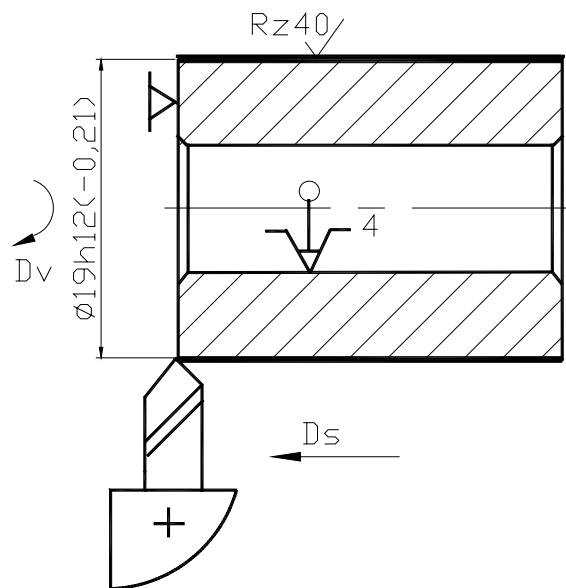


Fig. 35. Esquema de cilindragem da superfície  $\varnothing 19h12$ .

#### Cálculo dos regimes de corte para semi-acabamento do cilindro externo $\varnothing 19h12$

##### Dados iniciais:

Máquina: torno paralelo.

Modelo: Cadete.

Potência: 2,9 kW

Regidez: Média.

Material da peça: aço ao carbono St 42;  $\sigma_r = 412-490$  MPa;  $\sigma_e = 255$  MPa.

Ferramenta: ferro cortante para cilindrar, T15K6.

### Geometria da ferramenta

Os parâmetros geométricos da parte cortante escolhe-se pelas tabelas do capítulo 5.1, páginas 12 e 13 [11].

$$\varphi = 90^\circ ; \varphi_1 = 15^\circ ; r = 0,5 \text{ mm} ; \alpha = 12^\circ ; \gamma = 15^\circ$$

Como a superfície é externa escolhe-se a secção rectangular da ferramenta porque as pressões são maiores. Pela tabela 11 do capítulo 6.2 [11], para o diâmetro da peça  $\varnothing 21$ , tem-se  $16 \times 25$ .

### Regimes de corte

Profundidade de corte:  $t = 0,6$  mm. Este valor foi obtido no cálculo das sobressessuras na tabela 24.

O avanço escolhe-se pela tabela 11 do capítulo 6.2, página 20 [11]. Segundo o diâmetro da peça e dimensões do cabo do ferro cortante o avanço recomendado é  $S_z = 0,4 - 0,5$  mm/v. Da tabela 14 capítulo 6.2 [11] corrige-se o avanço pela rugosidade em função do raio do bico da ferramenta, tem-se  $S_z = 0,39$  (valor obtido por interpolação) e considerando o coeficiente de correção tem-se  $S_z = 0,39 \cdot 0,45 = 0,2 \text{ mm/v}$ . Toma-se  $S_z = 0,5$  mm/v porque a profundidade de corte é menor e o material é de menor resistência.

A correcção do avanço faz-se pela fórmula

$$S_{vc} = S_{vf} \cdot C_{cs} \quad (32)$$

Onde  $C_{cs} = 1$  para superfícies não interrompidas e sem choques. Então  $S_{vc} = 0,5$  mm/v.

Escolhe-se a Duração da ferramenta  $T_e = 120$  min. Este valor é corrigido segundo as tabelas 7 e 8 do capítulo 6.2. [11].

$$T = T_e \cdot k_{Tf} \cdot k_{Tm} \quad (33)$$

Onde  $k_{Tf} = 1$  pois usa-se uma ferramenta na máquina;  $k_{Tm} = 1$  pois o operário trabalha com uma máquina. Então  $T = 120$  min.

O coeficiente  $C_v$  e os expoentes de fracção para o cálculo da velocidade de corte escolhem-se no capítulo 6.2, tabelas 17 e 18 [11].

$C_v = 350$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,35$ ;  $m = 0,2$ ;  $k_{\varphi v} = 0,7$  ( $\varphi = 90^\circ$ );  $k_{\varphi 1v}$  ( $\varphi = 15^\circ$ );  $k_{rv} = 0,91$  (valor obtido por extrapolação para  $r = 0,5$ );  $k_{mtv} = 1$  (torneamento longitudinal);  $k_{qv} = 0,97$  (secção  $16 \times 25$ ).

O coeficiente de usinabilidade  $k_{mv}$  calcula-se pela fórmula [11]:

$$k_{mv} = C_m \cdot (750 / \sigma_t)^{n_v} \quad (34)$$

Pelas tabelas do capítulo 6.1 [11] escolhem-se os coeficientes  $C_m = 1$ ;  $n_v = 1$ ;  $k_{esv} = 0,8$  (forjadura);  $k_{fv} = 1$  (marca do material da ferramenta T15K6). Pela fórmula (34) tem-se:

$$k_{mv} = 1 \cdot (750 / 490)^1 = 1,53$$

A velocidade de corte calcula-se pela fórmula [11]:

$$V_c = \frac{C_v \cdot C_{cv}}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S_{vm}^{yv}} \cdot k_v \quad (34)$$

Onde  $k_v = k_{mv} \cdot k_{esv} \cdot k_{fv} \cdot k_{\phi v} \cdot k_{\phi 1v} \cdot k_{rv} \cdot k_{qv} \cdot k_{miv}$  (35).

Tendo em conta os valores e substituindo nas fórmulas (35) e (34), respectivamente tem-se:

$$k_v = 1,53 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,91 \cdot 0,97 \cdot 1 = 0,73$$

$$V_c = \frac{350 \cdot 1}{120^{0,2} \cdot 0,6^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,73 = 135 \text{ m/min}$$

A frequência de rotação da árvore principal calcula-se pela fórmula [11]:

$$n_c = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D_{inic}} \quad (36)$$

Assim, tem-se:

$$n_c = \frac{1000 \cdot 135}{\pi \cdot 19,6} = 2194 \text{ r.p.m.}$$

Do catálogo do torno cadete, escolhe-se a frequência de rotação da árvore principal pela máquina  $n_m = 1000 \text{ r.p.m.}$

A velocidade de corte real é:

$$V_r = \frac{\pi \cdot D_{inic} \cdot n_m}{1000} \quad (37)$$

Assim, tem-se:

$$v_r = \frac{\pi \cdot 19,7 \cdot 1000}{1000} = 62 \text{ m/min}$$

### Verificação da potência de corte

Pela tabela 22, do capítulo 6.2 [11] escolhem-se os coeficientes:  $C_{pz} = 3000$ ;  $x_{pz} = 1$ ;  $y_{pz} = 0,75$ ;  $n_{pz} = -0,15$  e das tabelas dos capítulos 6.1 e 6.2 [11] determinam-se os coeficientes de correcção da força de corte:  $k_{\varphi p} = 0,89$  ( $\varphi = 90^\circ$ );  $k_{\gamma p} = 0,95$  ( $\gamma = 15^\circ$ );  $k_{\lambda p} = 1$  ( $\lambda = 0^\circ$ );  $k_{rp} = 1$  (ferramenta de liga dura);  $k_{df} = 1,75$  e

$$k_{mp} = (\sigma_t / 750)^n = (490 / 750)^{0,75} = 0,73$$

A força de corte calcula-se pela fórmula [11]:

$$P_z = C_p \cdot t^{xp} \cdot S_{vm}^{yp} \cdot v_r^{np} \cdot k_p \quad (38)$$

Onde  $k_p = k_{mp} \cdot k_{df} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{rp} \cdot k_{\lambda p}$  (39). Assim, pelas fórmulas (39) e (38), respectivamente tem-se:

$$P_z = 3000 \cdot 0,6^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 62^{-0,15} \cdot 0,86 = 496 \text{ N}.$$

A potência de corte calcula-se pela fórmula [11]:

$$N_c = \frac{P_{zc} \cdot V_r}{60000} \quad (40)$$

Então, tem-se:

$$N_c = \frac{496 \cdot 62}{60000} = 0,51 \text{ kW} .$$

Verifica-se se a potência de corte  $N_c$  é menor que o produto da potência do motor eléctrico da máquina  $N_m$  pelo seu rendimento, ou seja:

$$N_c \leq N_m \cdot \eta \quad (41)$$

$$0,51 < 2,9 \cdot 0,75 \Leftrightarrow 0,51 < 2,18$$

A máquina ferramenta escolhida (torno paralelo Cadete) tem potência adequada para realizar os regimes.

O coeficiente do uso da máquina pela potência é:

$$C_{um} = N_c / (N_m \cdot \eta) \quad (42)$$

$$C_{um} = \frac{0,51}{2,9 \cdot 0,75} = 0,23$$

O coeficiente de uso da ferramenta pela velocidade é:

$$C_{uf} = \frac{v_r}{v_c} \quad (43)$$

$$C_{uf} = \frac{62}{135} = 0,46$$

O tempo de tratamento parcial em minutos é:

$$t_p = \frac{(C + t \cdot \text{ctg} \varphi + 2)}{n_m \cdot S_{vm}} \quad (44)$$



Onde C é o comprimento da superfície trabalhada. Assim,

$$t_p = \frac{(21 + 0,7 \cdot \text{ctg} 90^\circ + 2)}{1000 \cdot 0,5} = 0,046 \text{ min}$$

3. Tratar o chanfro externo  $0,5(\pm 0,25) \times 45^\circ(\pm 1^\circ)$ , Rz40.

Ferro cortante para chanfrar externo, T15K6; escantilhão  $0,5 \times 45^\circ$ .

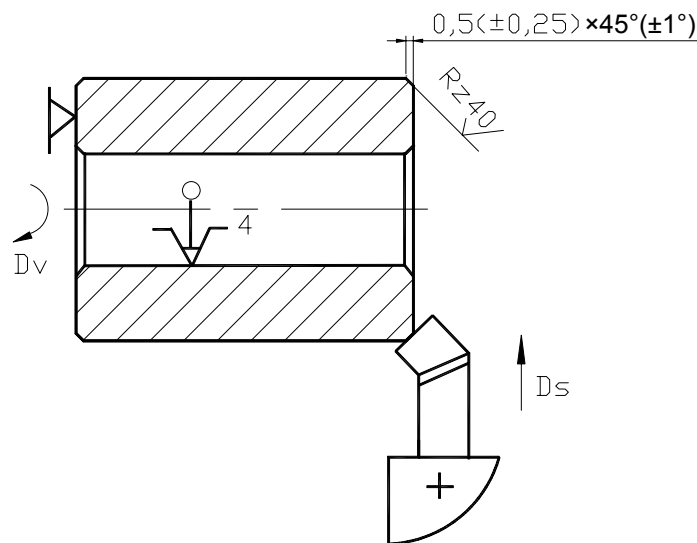


Fig. 36. Esquema de tratamento do chanfro externo

## 2.2. Elaboração do processo tecnológico de produção da chapa lateral do macho

### 2.2.1. Análise tecnológica da chapa lateral do macho

A chapa lateral do macho (fig. 13) é uma chapa dobrada de 3 mm de espessura, que tem a forma de superfícies laterais do bloco de ventilação. A peça tem no total 22 superfícies, pela configuração é bastante simples pois apresenta quase todas as superfícies de forma plana. Quase todas as superfícies são obtidas por quinagem.

A peça não é rígida pois possui uma espessura de 3 mm, por isso deve ser bem apoiada e apertada, ademais as trajectórias de deslocamento das ferramentas são rectilíneas. A seguir são calculados alguns coeficientes de tecnologibilidade.

Segundo a tabela 7 há 20 superfícies normalizadas. Pela fórmula (19) tem-se:

$$k_n = \frac{20}{22} = 0,91$$

91% das superfícies são normalizadas. Este coeficiente devia estar perto de 1 para facilitar o tratamento.

Segundo a tabela 7 todas as superfícies são unificadas. Pela fórmula (20), tem-se:

$$k_u = \frac{22}{22} = 1$$

O coeficiente de unificação é igual a 1, o que significa que será necessário um número reduzido de ferramentas e medidores.

Segundo a tabela 7 e pelas fórmulas (21) e (22), respectivamente o coeficiente de precisão é:

$$Q_{pm} = \frac{16 \cdot 14 + 6 \cdot 12}{22} = 13,45$$

$$k_p = 1 - \frac{1}{13,45} = 0,93$$

A precisão média mostra que as superfícies são de precisão normal, o que facilita o tratamento.

O coeficiente de rugosidade calcula-se pela fórmula (23). Segundo a tabela 7 tem-se:

$$R_{zm} = \frac{3 \cdot 20 + 19 \cdot 80}{22} = 71,8$$
$$k_r = \frac{1}{71,8} = 0,01$$

O valor de  $R_{zm}$  é bastante grande o que facilita o tratamento.

O coeficiente de uso de material para peças de chapa fina determina-se pela fórmula:

$$k_{um} = \frac{A_{pa} \cdot Q_p}{A_c} \quad (45)$$

Sendo  $A_{pa}$ , area da peça acabada;  $A_c$  area da chapa;  $Q_p$  quantidade das peças feitas numa chapa.

O cálculo do coeficiente do uso de material será feito no planeamento da chapa de aço.

### 2.2.2. Escolha do tipo de produção e método de trabalho

Vai se produzir 120 peças por mês, por isso segundo a tabela 21 tem-se uma produção em série média. Segundo este programa de produção opta-se por produção em cadeia.

### 2.2.3. Escolha do método de obtenção da peça bruta

A chapa lateral de macho é uma chapa dobrada de 3 mm de espessura, que tem a forma das superfícies laterais de bloco de ventilação. O material para o seu fabrico é o aço St 37, este material é plástico, por isso a peça bruta recebe-se por corte da chapa laminada a quente.

### 2.2.4. Planificação da chapa

Das noções de resistência dos materiais durante a flexão de um sólido existe uma fibra que não é traccionada e nem é comprimida, chamada linha neutra. A sua posição pode ser determinada em função da relação  $\frac{r}{\delta}$  como mostra a tabela 24. Onde  $r$  é o raio de curvatura e  $\delta$  é a espessura da chapa.

Tabela 25. Posição  $Y$  da fibra neutra em função da relação  $\frac{r}{\delta}$  [12]

Para $\frac{r}{\delta}$	$Y$
0,2	0,347 $\delta$
0,5	0,387 $\delta$
1	0,421 $\delta$
2	0,451 $\delta$
3	0,465 $\delta$
4	0,470 $\delta$
5	0,478 $\delta$
10	0,487 $\delta$

O comprimento desenvolvido do elemento dobrado (fig. 37) calcula-se pela fórmula [12]:

$$L = a + b + \frac{\pi}{2}(r + Y) \quad (46)$$

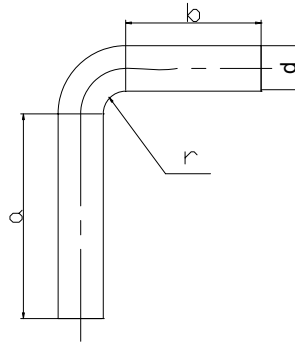


Fig. 37. Peça encurvada

### Determinação do comprimento da chapa lateral

Pela tabela 25, tiramos a posição da linha neutra correspondente a relação

$\frac{r}{\delta} = \frac{3}{3} = 1$ ; esta dista do plano interior:

$$Y = 0,421 \cdot \delta = 0,421 \cdot 3 = 1,263 \text{ mm}$$

Pela fórmula (46) o comprimento da chapa lateral (fig. 39) é

$$L = 2 \cdot (57 - 6) + 2 \cdot (40 - 6) + 40 + 2 \cdot 3,14 \cdot (3 + 1,263) = 237 \text{ mm} .$$

Para se ter um aproveitamento total do material as tiras serão cortadas de modo que não haja intervalo entre as peças. Considerar-se-á duas variantes em que a chapa será cortada em tiras ao longo da largura e ao longo do comprimento.

Adopta-se os seguintes símbolos:

$C_c$  – comprimento da chapa;

$C_t$  – comprimento da tira;  
 $L_c$  – largura da chapa;  
 $L_t$  – largura da tira;  
 $Q_c$  – quantidade de tiras por chapa;  
 $Q_p$  – quantidade de peças por chapa;  
 $Q_t$  – quantidade de peças por tira;  
 $m$  – intervalo entre peças;  
 $p$  – passo.

Toma-se uma chapa de 2450 mm de comprimento, 1225 mm de largura e a largura de tiras 90 mm.

### **Corte da chapa em tiras ao longo da largura**

A quantidade das tiras por chapa é [13]:

$$Q_c = \frac{C_c}{L_t} \quad (47)$$

Substituindo na fórmula (47) com os respectivos valores tem-se:

$$Q_c = \frac{2450}{90} = 27,22$$

Como só interessam as partes inteiras ter-se-á, portanto, 27 tiras úteis.

$$Q_t = \frac{C_t - 1 \times m}{p} \quad (48)$$

Como  $m = 0$  e  $p =$  comprimento da peça, tem-se:

$$Q_t = \frac{1225}{254} = 4,82$$

Toma-se  $Q_t = 4$  peças por tira.

$$Q_p = Q_c \times Q_t \quad (49)$$

Assim,

$$Q_p = 27 \cdot 4 = 108 \text{ peças por chapa.}$$

### **Corte da chapa em tiras ao longo do comprimento**

A quantidade das tiras por chapa é [13]

$$Q_c = \frac{L_c}{L_t} \quad (50)$$

Assim,

$$Q_c = \frac{1225}{90} = 13,61$$

Como só interessam as partes inteiras ter-se-á, portanto 13 tiras úteis.

Como  $m = 0$  e  $p =$  comprimento da peça, pela fórmula (48) tem-se:

$$Q_t = \frac{2450}{254} = 9,65$$

Tomando a parte inteira tem-se 9 peças por tira.

Assim a quantidade de peças por chapa, pela fórmula (49) é

$$Q_p = 13 \cdot 9 = 117 \text{ peças por chapa.}$$

O corte da chapa em tiras ao longo do comprimento dá-nos um número maior de peças, por isso para o melhor aproveitamento do material toma-se esta disposição.

Pela fórmula (45) calcula-se o coeficiente do uso do material

$$k_{um} = \frac{22860 \cdot 117}{3001250} = 0,89.$$

O coeficiente do uso do material está dentro dos intervalos admissíveis para uma produção em série.

## 2.2.5. Escolha das bases tecnológicas

### Corte das chapas em tiras

Para cortar as chapas em tiras é necessário, eliminar 5 graus de liberdade, o deslocamento ao longo dos eixos X e Y e rotação em torno dos eixos X, Y e Z. Para tal é necessário apoiar a face inferior em 3 pontos e uma das arestas em dois pontos.

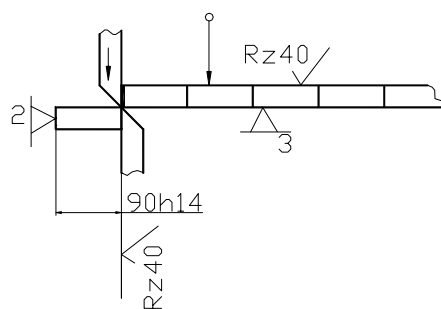


Fig. 38. Esquema de instalação para o corte da chapa

O defeito de posicionamento  $\varepsilon_{p90} = 0$ , pois a base de medição coincide com a base tecnológica.



O defeito de aperto  $\varepsilon_{a90} = 0$ , pois a força de aperto é perpendicular a cota observada.

O defeito do dispositivo  $\varepsilon_{d90} = \frac{870}{5} = 174 \mu m$ . Então o defeito de colocação pela fórmula (30) é:

$$\varepsilon_c = \sqrt{0+0+174^2} = 174 \mu m.$$

### Dobragem das chapas

Para a dobragem das chapas é necessário eliminar 5 graus de liberdade. O deslocamento ao longo do eixo Z é que não afecta as dimensões pretendidas.

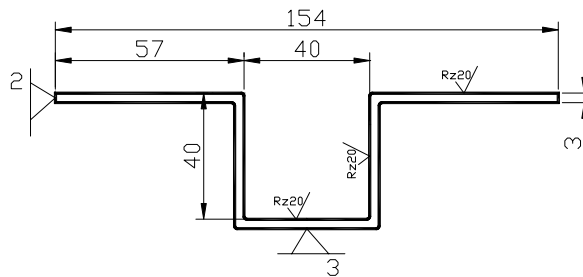


Fig. 39. Esquema de instalação para a dobragem da chapa lateral

O defeito de posicionamento  $\varepsilon_{p154} = 0$ , pois a base tecnológica coincide com a base de medição.

O defeito de aperto  $\varepsilon_{a154} = 0$ , como a força de aperto é perpendicular a cota observada.

O defeito do dispositivo  $\varepsilon_{d154} = \frac{IT}{3-5} = \frac{1000}{3-5} = 200 - 333,3(3) \mu m$ . Toma-se  $267 \mu m$ .

Então o defeito de colocação pela fórmula (30) é:

$$\varepsilon_c = \sqrt{0^2 + 0^2 + 267^2} = 267 \mu m$$

### 2.2.6. Elaboração da rota de tratamento

A rota de tratamento é a seguinte:

10. Corte das chapas em tiras L = 90h14.

Guilhotina, prendedores da guilhotina, faca P6M5, paquímetro 160×0,1.

20. Dobragem das chapas.

Quinadeira, lâmina de dobragem, paquímetro 160×0,1.

30. Polimento das superfícies de trabalho e boleamento.

Lima plana de desbastar média, lixa de material abrasivo, escatilhão de raios.

### 2.2.7. Elaboração das fases

10. Corte das chapas em tiras.

Guilhotina .

A. Montar e tirar a chapa na mesa da guilhotina.

Prendedores da guilhotina.

1. Cortar a tira ao longo do comprimento com largura de 90h14(-0,87), Rz 40.

Faca P6M5, paquímetro 160×0,1.

A força de corte na guilhotina calcula-se pela fórmula:

$$F_c = 0,5 \cdot \frac{\delta^2}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \tau_c \cdot k_{df} \quad (51)$$

Onde  $\delta$  é a espessura do material;  $\beta$  é o ângulo de inclinação da lâmina de corte da guilhotina ( $\beta = 1^\circ - 2^\circ$ );  $\tau_c$  é a tensão de cisalhamento ( $\tau_c = 0,8 \cdot \sigma_r$ );  $k_{df}$  é o coeficiente que toma em conta o desgaste da ferramenta ( $k_{df} = 1,4 - 1,6$ ). Assim,

$$F_c = 0,5 \cdot \frac{3^2}{\operatorname{tg} 2^\circ} \cdot 0,8 \cdot 37 \cdot 1,4 = 5340 \text{ kgf} = 52386 \text{ N}.$$

## 20. Dobragem das chapas.

Quinadeira.

A. Colocar e tirar a tira na mesa da quinadeira.

1. Dobrar a tira  $L = 57-0,74$ ;  $r = 3 \pm 0,13$ ;  $\alpha = 90^\circ \pm 1^\circ$ .
2. Dobrar a tira  $L = 40 \pm 0,3$ ;  $r = 3 \pm 0,13$ ;  $\alpha = 90^\circ \pm 1^\circ$ .
3. Dobrar a tira  $L = 40 \pm 0,3$ ;  $r = 3 \pm 0,13$ ;  $\alpha = 90^\circ \pm 1^\circ$ .
4. Dobrar a tira  $L = 57-0,74$ ;  $r = 3 \pm 0,13$ ;  $\alpha = 90^\circ \pm 1^\circ$ .

Lâmina de dobragem, paquímetro  $160 \times 0,1$ .

A carga de quinagem calcula-se por:

$$F_q = \frac{l_d \cdot \delta^2 \cdot \sigma_r \cdot k_f}{l_m} \quad (52)$$

Onde  $l_d$  é o comprimento da dobra;  $\sigma_r$  é o limite de ruptura do material;  $l_m$  é a largura da matriz;  $k_f$  é o factor de abertura da matriz ( $k_f = 1,2-1,33$ ). Assim,

$$F_q = \frac{90 \cdot 3^2 \cdot 37 \cdot 1,33}{125} = 319 \text{ kgf} = 3128 \text{ N}.$$

## 30. Polimento das superfícies de trabalho e boleamento.

Bancada do serralheiro

A. instalar e tirar a peça no torninho.

1. Polir as superfícies de trabalho, Rz20.

Lixa, material abrasivo.

2. Bolear bordos agudos  $r = 0,5 \pm 0,13, Rz80$ .

Lima plana de desbastar média, aço Y13 (norma Ghost), escatilhão de raios  $r = 0,5 \pm IT14/2$ .

### **3. PROJECCÃO DO DISPOSITIVO DE ORIENTAÇÃO DE PEÇAS PARA A SOLDADURA**

#### **3.1. Descrição de construção e funcionamento do dispositivo**

Este dispositivo de orientação de peças para a soldadura é um dispositivo universal de orientação de peças cilíndricas para soldadura. Por exemplo, na soldadura das duas colunas com a travessa tem que se garantir paralelismo entre as colunas e distância entre as colunas e a travessa e na soldadura das peças do calcador com os guias e travessa rectangular tem que se garantir uma certa disposição entre as peças.

O dispositivo é constituído por uma base 1 (fig. 40), na qual se montam diferentes elementos de instalação em função das peças a orientar. Para orientação de colunas e travessa montam-se três prismas 2, nos quais colocam-se as colunas e a travessa. Nos prismas montam-se prendedores 5 que fixam as peças a orientar. Na base montam-se também batentes 3 que limitam e definem a posição das colunas.

Para a sua orientação cada coluna é colocada em dois prismas 2 de modo que uma das extremidades encoste o batente 3. Posto isto, fecha-se a chapa do prendedor 4 e com ajuda dos prendedores 5 fixam-se as colunas. Seguidamente monta-se a travessa em dois prismas perpendicularmente as colunas e depois de fechar a chapa do prendedor 4 fixa-se a travessa com ajuda do prendedor 5. Solda-se a travessa nas colunas do lado das extremidades encostadas ao batente 3. Finalmente desparafusam-se os prendedores, abrem-se as chapas dos prendedores 4 e retira-se o conjunto soldado.

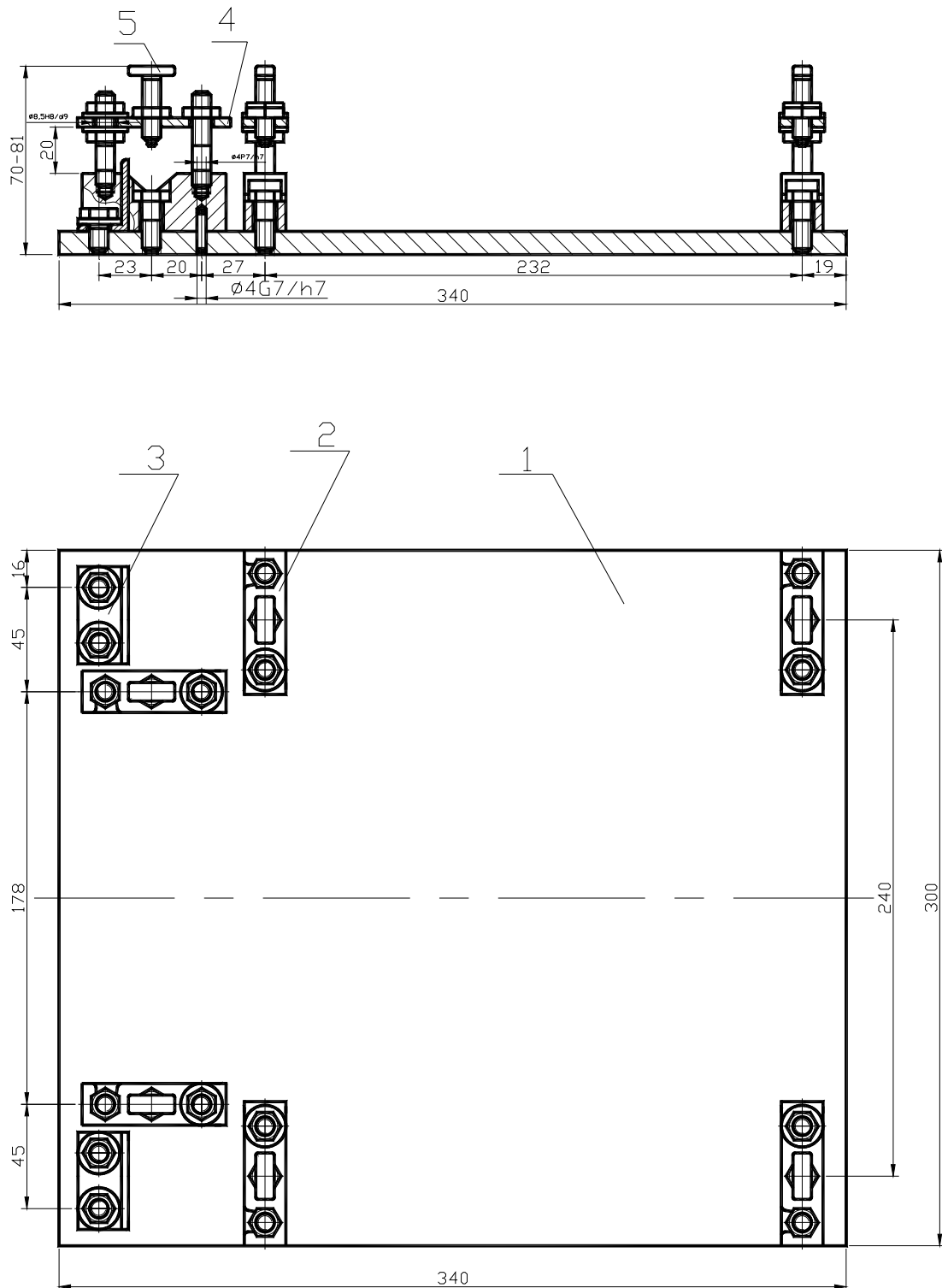


Fig. 40. Esboço do dispositivo de orientação de peças para a soldadura

## 4. ANÁLISE ECONÓMICA E FINANCEIRA DO PROJECTO

A avaliação económica do projecto é a base para aceitação ou rejeição do mesmo. Para estimar o custo da máquina, vai se considerar o custo da matéria prima, custo de transporte, custo de energia e custo da mão de obra.

### 4.1. Custo de matéria prima

O custo da matéria prima calcula-se pela fórmula:

$$C_{mp} = m_{pb} \times p_m \quad (53)$$

Onde  $m_{pb}$  é a massa da peça bruta;  $p_m$  é o preço em meticais dum kilograma de aço.

$$p_m = (1,1 - 1,2) \text{ USD/kg} = (26932,4 - 29380,8) \text{ Mt/kg}$$

### 4.2. Custo de transporte

O custo de transporte de materiais até a fábrica calcula-se pela fórmula:

$$C_{tp} = C_{mp} \times k_t \quad (54)$$

Onde  $k_t$  é um coeficiente para o cálculo do custo de transporte ( $k_t = 0,04$  [15]).

### 4.3. Custo de energia eléctrica

Para o cálculo do custo de energia eléctrica avalia-se a energia usada nos seguintes elementos: quinadeira, guilhotina, máquina de soldar, furadora, fresadora e torno. O custo de energia eléctrica calcula-se pela fórmula:

$$C_{el} = p_e \cdot N_t \cdot t_f \quad (55)$$

Onde  $p_e$  é o preço de energia por kWh;  $N_t$  é a potência total em kW;  $t_f$  é o tempo de fase de fabricação em h.

Tabela 27. Potência das máquinas

Máquina	Modelo	Potência (kW)
Quinadeira	Adira KHA 6325	4
Guilhotina	Morgan	5
Máquina de soldar	Electrek	5
Furadora	FFI	1,4
Fresadora	Milko – 35r	4
Torno	Cadete	2,9
$N_t$		22,3

#### 4.4. Custo da mão de obra

O custo da mão de obra é calculado pela fórmula [15]:

$$C_{mo} = \frac{t_f \cdot C_{th}}{60} \quad (56)$$

Onde  $C_{th}$  é o custo do trabalho de um operário por hora em milhares de meticais.

#### 4.5. Custo da máquina

O custo da máquina é dado por:

$$C_T = (C_{mp} + C_{tp} + C_{el} + C_{mo}) \cdot (1 + k_{eg}) \quad (57)$$



Onde  $k_{eg}$  é o coeficiente de encargos gerais (impostos, encargos administrativos, movimentação, custos de armazenagem, água, energia dos escritórios e outros recintos, outros encargos);  $k_{eg} = 0,25$  [15].

**Nota:** No presente trabalho ainda não é possível determinar o custo da máquina porque não se conhece o tempo de fase de fabricação para se poder calcular os custos de energia eléctrica e da mão de obra.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1. Conclusão**

A elaboração do presente trabalho foi motivada pela constatação por parte do autor da existência de problemas de habitação no nosso país.

Neste trabalho fez-se a preparação construtiva e tecnológica da máquina para a produção de blocos de ventilação e embelezamento de muros. Ao longo do trabalho fez-se a análise construtiva de todas as peças da máquina e tecnológica da bucha e chapa lateral do macho, fez-se a projecção do dispositivo de orientação de peças para a soldadura e o cálculo económico. Elaborou-se documentação construtiva, composta por desenho de montagem da máquina, desenhos de quatro conjuntos, desenhos de todas as peças da máquina e desenho de dispositivo de orientação de peças para a soldadura. Elaborou-se também documentação tecnológica, nomeadamente: cartões de rota de duas peças da máquina e de algumas fases e esquemas de tratamento.

### **5.2. Recomendações**

Recomenda-se o uso deste trabalho nas oficinas para a produção de máquinas de fabrico de blocos de ventilação e para a produção de dispositivos de orientação de peças para a soldadura.

É também recomendável aos estudantes finalistas, do curso de licenciatura em Engenharia Mecânica, na Universidade Eduardo Mondlane, que frequentam a cadeira do projecto do curso, o uso deste trabalho como orientação para projecção dum dispositivo qualquer.

Para que se tenha blocos com a qualidade desejada, deve se cumprir com as seguintes recomendações:

- os elementos da mistura devem estar em proporções adequadas e devidamente misturados;
- a mistura deve ser bem compactada;
- a máquina deve ser colocada numa superfície plana.

Para permitir um funcionamento suave da máquina e evitar o desgaste, as partes que têm um deslocamento relativo entre elas devem ser regularmente lubrificadas.

## REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA

### Referências

1. NIEMANN. *Elementos de máquinas*. Editora Edgar blucher LTDA, São Paulo, 1971.
2. Nhêze e João. *Matemática 10ª classe*. Diname, Maputo, 2000.
3. Welzk. *Resistência dos materiais*. Ministério do ensino técnico e superior da R.D.A., Dresden.
4. Siteo. *Apontamentos de órgãos de máquinas*. U.E.M., Maputo, 2001.
5. Horácio . *Apontamentos de órgãos de máquinas*. U.E.M., Maputo, 2000.
6. Gieck, K. *Manual de fórmulas técnicas*. Hemus – Livraria Editora LDA, São Paulo, 1975.
7. Kourbatov. *Apontamentos de projecto de corte*. U.E.M., Maputo, 2003.
8. J.S. Brazão Farinha e A. Correia dos Reis. *Tabelas técnicas*. Edições Técnicas E.T.L., LDA, setúbal, 1996.
9. Kourbatov. *Guias de oficinas Mecânicas e oficinas Gerais*. U.E.M., Maputo, 1998.
10. I. Miroljubov e outros. *Problemas de resistencia dos materiais*. Editora Mir, Moscovo, 1983.
11. Kourbatov. *Escolha da ferramenta e regime de corte*. U.E.M., Maputo, 2001.
12. Mario Rossi. *Estampado en frio de la chapa*. Editora científico-Médio, Barcelona, 1971.
13. Osmar de Brito. *Estampos de corte*. Editora Hemus livraria editora, São Paulo, 1987.
14. J.S. Brazão e outros. *Tabelas técnicas*. Edição P.O.B., Setúbal, 1993.
15. Chaquisse, H.. *Preparação construtiva e tecnológica para a produção de filtros de automóveis*. U.E.M., Maputo. Tese de licenciatura, 2004.

## Bibliografia

- A.P. Gulháev. *Metais e suas ligas*. Editora Mir, Moscovo, 1981.
- N. Makienko. *Manual do serralheiro*. Editora Mir, Moscovo.
- P. Denijni e outros. *Manual do torneiro*. Editora Mir, Moscovo, 1982.
- F. Barbachov. *Manual de fresador*. Editora Mir, Moscovo, 1981.
- Vychnepolski e outros. *Desenho de construção mecânica*. Editora Mir, Moscovo, 1983.

## **ANEXOS**