

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO DE FORMATURA

AUTOMATIZAÇÃO DE UM TORNO REVÓLVER

AUTOR:

FILIFE K. HONDA

ORIENTADOR:

PROF. MARCO STIPKOVIC

1980

AGRADECIMENTOS

Ao Professor MARCO STIPKOVIC pelas inestimáveis orientações prestadas.

Ao Engenheiro Alfredo V. Fuentes Ferrari da Traubomatic Indústria e Comércio Ltda, pelas informações e colaborações fornecidas.

À Xervitt Ind. e Com. de Máquinas Ltda. pelo fornecimento de catálogos.

À Ivan Rocha da Silva, pelo trabalho de datilografia.

PREFÁCIO

Milhões de pessoas observam, manipulam e usam diariamente uma variedade incalculável de objetos: utensílios de cozinha, móveis, instrumentos de trabalho, máquinas de calcular, papéis, tecidos, jornais, automóveis, etc. Poucos são porém - aqueles que se detêm num exame atento a fim de intuir como um qualquer objeto possa ter sido realizado.

A fabricação em série de um simples alfinete, ou de um prego, por exemplo, requer máquinas automáticas muito complexas, que custaram inestimáveis sacrifícios por parte de técnicos e industriais.

Qualquer objeto, quando da fabricação em série, requer atenta análise para poder encontrar o processo mais rápido e menos caro para realizá-lo. É preciso dispor, de qualquer maneira, de máquinas especiais que o homem deve inventar e aperfeiçoar.

Assim, o torno automático já tem seu lugar bem estabelecido na nossa indústria, e existe um vivo interesse por muitos, indireta e mesmo diretamente ligados à sua função, de melhor se familiarizarem com um tipo de máquina que exerce influência decisiva na formação do projeto que envolve torneamento.

Pelas razões indicadas elaboramos um trabalho com caráter teórico - prático baseando-se em sistemas já conhecidos de automatização de tornos foi realizado um trabalho de adaptações tomando como ponto de partida um torno revólver, transformando-os em um torno-automático. A partir deste estudo de automatização poderemos melhor familiarizarmos com os princípios funcionais deste tipo de máquina operatriz.

ÍNDICE

Pág.

VOL.1

CAPITULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TORNOS
AUTOMÁTICOS.

I.1 - Introdução	1
I.2 - Construção	2
I.2.1- Tornos Automáticos de Cabeçote Fixo e Móvel.	4
I.2.2- Tornos Automáticos Multifusos	5
I.2.3- Torno Automático Monofuso.....	16

CAPITULO II - CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TORNOS
REVÓLVER.

II.1 - Introdução	44
II.2 - Tornos Revólver de Castelo Horizontal.....	45
II.3 - Torno Revólver de Castelo Frontal.....	47
II.4 - Algumas Formas de Cabeçotes.....	54

VOL. 2

CAPÍTULO III - CONJUNTO DO CABEÇOTE.

III.1- Potência do Motor	56
III.2- Dimensionamento da Caixa de Mudança	57
III.3- Dimensionamento dos Eixos	64
III.4- Seleção dos Rolamentos	78
III.5- Dimensionamento das Chavetas	83

ÍNDICE

Pág.

CAPITULO IV - DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO DE
ACIONAMENTO DO EIXO DE COMANDO

IV.1 - Seleção do Motor.....	86
IV.1.2- Dados	88
IV.2 - Dimensionamento do Par II	89
IV.2.1- Dimensionamento do Par III.....	91
IV.3 - Dimensionamento da Transmissão por Corrente	93
IV.4 - Dimensionamento dos Eixos	96

VOL.3

CAPITULO V - CÁLCULO DE PRODUÇÃO E DE CAMES EM TOR-
NOS AUTOMÁTICOS DE CABEÇOTE FIXO.

V.1 - Introdução	106
V.2 - Cálculo de Posição e de Cames	107

CAPÍTULO III

CONJUNTO DO CABEÇOTE

- Motor WEG IP-44-100L 1,0/2,0 HP 860 - 1730 rpm original -

III.1 - POTÊNCIA DO MOTOR.

A potência disponível no eixo 1 :

$N_1 = 2,0 \times 0,97 \cdot 0,985^2 = 1,88$ HP. No conjunto do cabeçote original, as mudanças de velocidades são feitas manualmente para automatização destas introduziremos uma caixa de mudança, conseqüentemente diminuirá o rendimento total, havendo necessidade de aumentarmos a potência do motor para mantermos a potência útil no eixo 1.

- Cálculo do Rendimento -

Segundo o desenho, temos:

$$\eta_1 = \eta_{\text{mancal}}^5 \cdot \eta_{\text{eng.}} \cdot \eta_{\text{correia}}$$

$$\eta_1 = 0,985^5 \cdot 0,8 \times 0,97 \times 0,98 = 0,71$$

$$\eta_2 = \eta_{\text{mancal}}^6 \cdot \eta_{\text{embreagem}} \cdot \eta_{\text{eng.}}^3 \cdot \eta_{\text{correia}}$$

$$\eta_2 = 0,985^6 \cdot 0,8 \times 0,97^3 \cdot 0,98 = 0,65$$

- Potência necessária do motor

$$N' = \frac{1,88}{0,65} = 2,9 \text{ HP.}$$

Portanto utilizaremos um motor de 3,0HP.

- Motor Selecionado: WEG IP-44-1001 1,5/3,0HP 860-1730 rpm -

III.2 - DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE MUDANÇA

III.2.1 - Dimensionamento do Por 1.

$$n_1 = 145 \text{ rpm}$$

$$N_1 = 3,0 \times 0,65 = 1,95 \text{ HP} = 2,02 \text{ CV}$$

$$M_t = 71620 \times \frac{N_1}{n_1} = 71620 \times \frac{2,02}{145} = 995,91 \text{ kg cm}$$

- Relação de "Transmissão 1:1

- Dimensionamento pelo critério da pressão

$$bd^2 = 2f^2 \frac{M_t}{P_1^2 \text{ adm}} \cdot \frac{i+1}{i}$$

- Pressão Admissível.

$$P_{\text{adm}} = \frac{48,7 \cdot \text{HB}}{W^{1/6}} \quad \text{kg/cm}^2$$

$$W = \frac{60 \cdot n \cdot h}{1\ 000\ 000}$$

$$n = 145 \text{ rpm}$$

$$h = 20.000 \text{ hs.}$$

$$W = \frac{60 \times 145 \times 20\ 000}{1\ 000\ 000} = 174$$

$$\text{HB} = 266 \text{ kg/mm}^2 \quad \text{mat. ABNT 1050 Temperado em água e revenido}$$

$$P_{\text{adm}} = \frac{48,7 \times 266}{(174)^{1/6}} = 548,59 \text{ kg/cm}^2$$

- Pinhão de aço e engrenagem de aço $f = 1512$

$$bd_{p1}^2 = 2f^2 \frac{M_{t1}}{P_1^2} \frac{i+1}{i}$$

$$bd_{p1}^2 = 2 \times 1512^2 \times \frac{995,91 \times 2}{5482,59^2} = 302,98 \text{ cm}^3$$

$$bdp^2 = 362,98 \text{ m}^3$$

Utilizando $b = 2,5 \text{ cm}$

$$bdp^2 = 2,5 \times 14^2 = 450 \text{ cm}^3 > 302,98 \text{ cm}^3$$

- Dimensionamento pelo critério de resistência -

$$PU = \frac{2M_t}{dp} = \frac{2 \times 995,91}{14} = 142,27 \text{ kg.}$$

$b = 2,5 \text{ cm.}$

Mat. ABNT 1050 - $\sigma_{adm} = 1000 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Temos que: } dp = m.z. \quad m = \frac{dp}{z} = \frac{14}{z}$$

$$\sigma_{max} = \frac{PU.q}{b.m} = \frac{PU.q}{b \cdot \frac{14}{z}} < 1000$$

$$\frac{142,27 \cdot 9}{2,5 \times \frac{14}{z}} < 1000 \rightarrow qz < 246,01.$$

Adotando $z = 28 \rightarrow q = 3,1$

$$q \times z = 28 \times 3,1 = 86,8 < 246,01 \text{ (OK)}$$

Módulo

$$m = \frac{dp}{z} = \frac{140}{28} = 5\text{mm}$$

PAR 1
 PINHÃO $dp = 140\text{mm}$
 E COROA $\begin{cases} z = 28 \\ b = 2,5\text{cm} \end{cases}$
 Mat. ABNT 1050 temp. em água e revenido.

III.2.2 - Dimensionamento do Par 2

$$n_2 = 435 \text{ rpm}$$

$$N_2 = 2,89 \text{ CV}$$

Momento torsor

$$M_t = 71620 \times \frac{2,89}{435} = 475,59 \text{ kg cm}$$

Relação de transmissão 3

- Dimensionamento pelo critério da pressão.

$$n = 435 \text{ rpm}$$

$$h = 20.000 \text{ hs}$$

$$W = \frac{60n h}{1000 000} = \frac{66 \times 435 \times 10000}{1000 000} = 1522$$

Mat. SAE 6145 - temperado em óleo e revenido

$$HB = 444 \text{ kg/mm}^2.$$

$$P_{adm} = \frac{48,7 HB}{W^{1/2}} = \frac{48,7 \times 444}{(1522)^{1/2}} = 7620,21 \text{ kg/cm}^2$$

Pinhão e engrenagem de aço $f = 1512$

$$b \cdot dp^2 = 2f^2 \frac{M_{t1}}{P_1^2} \cdot \frac{i+1}{i}$$

$$bd^2 = 2 \times 1512^2 \times \frac{475,59}{(7620,21)^2} = 49,93 \text{ cm}^3$$

Utilizando

$$b = 2,5 \text{ cm}$$

$$dp = 4,5 \text{ cm}$$

$$bd^2 = 2,5 \times 4,5^2 = 50,63 \text{ cm}^3 > 49,93 \text{ cm}^3 \text{ (OK)}$$

- Dimensionamento pelo critério de resistência -

$$PU = \frac{2M_t}{dp} = \frac{2 \times 475,59}{4,5} = 211,37 \text{ kg}$$

$$\text{Mat. SAE 6145} \rightarrow \sigma_{adm} = 3500 \text{ kg/cm}^2.$$

$$dp = m \cdot z \rightarrow m = \frac{dp}{z} = \frac{4,5}{z}$$

$$\sigma_{max} = \frac{PU \cdot q}{b \cdot m} = \frac{211,37 \times 9 \times 2}{2,5 \cdot 4,5} < 3500$$

$$qz = 186,2$$

$$\text{Com } z = 18 \rightarrow q = 3,5$$

$$q \times z = 3,5 \times 18 = 63 < 186,28 \text{ (OK)}$$

- Módulo -

$$m = \frac{45}{18} = 2,5 \text{ mm.}$$

Pinhão e engrenagem de aço $f = 1512$

$$b \, dp^2 = 2f^2 \frac{M_{t1}}{P_1^2} \cdot \frac{i+1}{i}$$

$$bd^2 = 2 \times 1512^2 \times \frac{475,59}{(7620,21)^2} = 49,93 \text{ cm}^3$$

Utilizando

$$b = 2,5 \text{ cm}$$

$$dp = 4,5 \text{ cm}$$

$$bd^2 = 2,5 \times 4,5^2 = 50,63 \text{ cm}^3 > 49,93 \text{ cm}^3 \text{ (OK)}$$

- Dimensionamento pelo critério de resistência -

$$PU = \frac{2M_t}{dp} = \frac{2 \times 475,59}{4,5} = 211,37 \text{ kg}$$

$$\text{Mat. SAE 6145} \rightarrow \sigma_{adm} = 3500 \text{ kg/cm}^2.$$

$$dp = m \cdot z \rightarrow m = \frac{dp}{z} = \frac{4,5}{z}$$

$$\sigma_{max} = \frac{PU \cdot q}{b \cdot m} = \frac{211,37 \times 9 \times 2}{2,5 \cdot 4,5} < 3500$$

$$qz = 186,2$$

$$\text{Com } z = 18 \rightarrow q = 3,5$$

$$q \times z = 3,5 \times 18 = 63 < 186,28 \text{ (OK)}$$

- Módulo -

$$m = \frac{45}{18} = 2,5 \text{ mm.}$$

pinhão { $m = 2,5 \text{ mm}$
 $dp = 45 \text{ mm}$
 $z = 18$
 $b = 25 \text{ mm}$

coroa { $m = 2,5$
 $dp = 135$
 $z = 54$
 $b = 25 \text{ mm}$

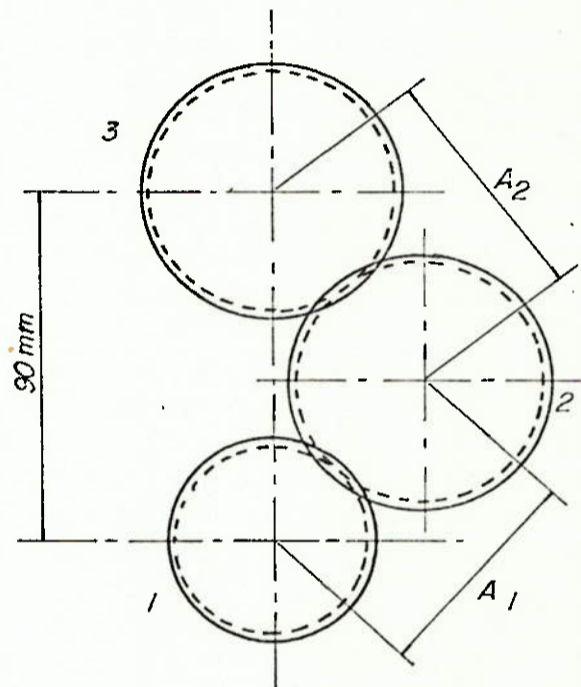
Mat.SAE 6145

Temperado em óleo e revenido.

Distância entre centro a centro.

$$A_o = \frac{45 + 135}{2} = 90 \text{ mm}$$

III.2.3 - Dimensionamento das Engrenagens.



$$i_{12} = 1,26$$

$$i_{23} = 1,0$$

$$n_1 = 548,1 \text{ rpm}$$

$$N_1 = 2,89$$

$$M_z = 71620 \times \frac{2,89}{548,1} = 377,64 \text{ kg.cm.}$$

- Dimensionamento pelo critério da pressão -

Pressão Admissível

$$P_{adm} = \frac{48,7 \cdot HB}{W^{1/6}}$$

$$W = \frac{60 \cdot n \cdot h}{1000000} = \frac{60 \times 860 \times 20000}{1000000} = 1032$$

mat. SAE 6150 temperado em óleo e revenido.

$$HB = 461 \text{ kg/mm}^2$$

$$P_{adm} = \frac{48,7 \times 444}{(1032)^{1/6}} = 6801,93 \text{ kg/cm}^2$$

Pinhão de aço e engrenagem de aço 1512

$$bdp^2 = 2f^2 \frac{Mt_1}{P_1^2} \cdot \frac{i+1}{i}$$

$$bdp^2 = \frac{2 \times 1512^2 \times 377,64 \times 2,26}{(6801,93)^2 \times 1,26} = 66,94 \text{ m}^3$$

Utilizando

$$dp = 6,0 \text{ cm}$$

$$b = 2,5 \text{ cm}$$

$$bdp^2 = 2,5 \times 6,0^2 = 90,00 > 66,94 \text{ cm}^3$$

- Dimensionamento pelo critério da resistência -

$$PU = \frac{2M_t}{dp} = \frac{2 \times 377,64}{6,0} = 125,88 \text{ kgf}$$

$$\text{Mat. SAE 4340} \rightarrow \sigma_{\text{adm}} = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$dp = m \cdot z \rightarrow m = \frac{dp}{z} = \frac{60}{z}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{PU \cdot q}{b \cdot m} = \frac{135,88 \times q \times z}{2,2 \times 6} < 5000$$

$$q \times z < 524,31$$

$$\text{Para } z = 15 \rightarrow q = 3,9$$

$$q \times z = 3,9 \times 15 = 58,50 < 524,31$$

$$\text{Pinhão } \left\{ \begin{array}{l} b = 25 \text{ mm} \\ dp = 60 \text{ mm} \\ z = 15 \\ m = 4 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$\text{Engrenagem } \left\{ \begin{array}{l} b = 25 \text{ mm} \\ dp = 75,6 \text{ mm} \\ z = 19 \\ m = 4 \text{ mm} \end{array} \right. \\ (2) \text{ e } (3)$$

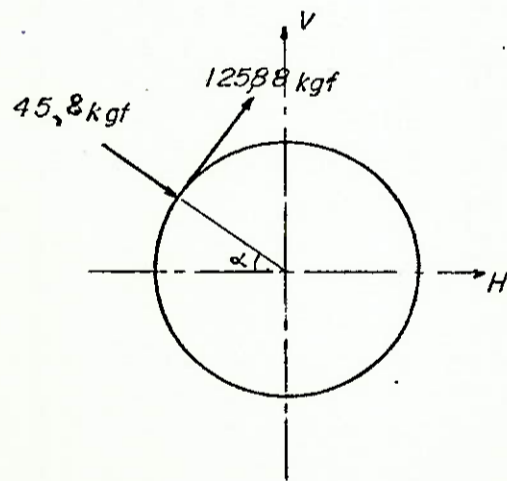
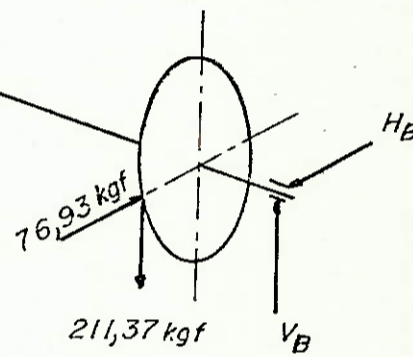
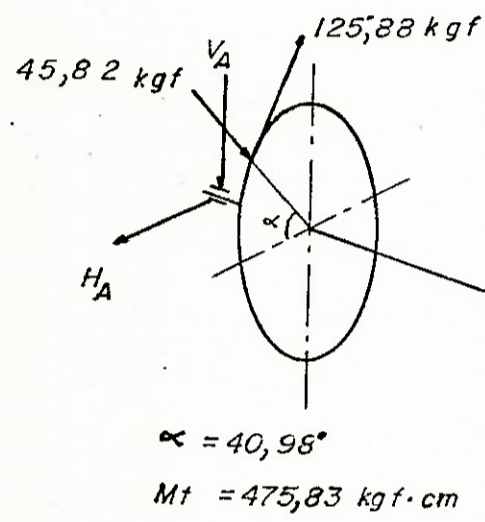
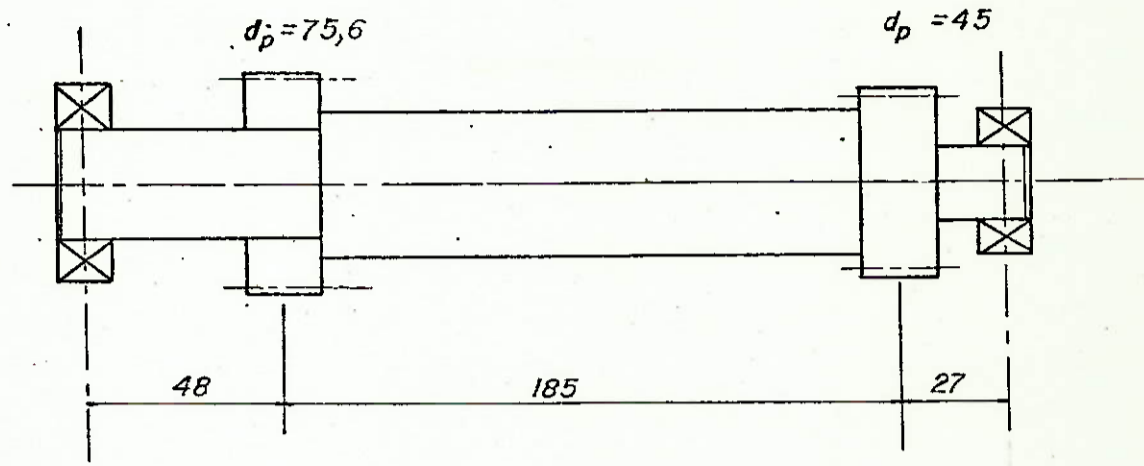
Mat. SAE 6150. Temp. em óleo e revenido.

$$A_1 = \frac{60 + 75,6}{2} = 67,8 \text{ mm}$$

$$A_2 = 75,6 \text{ mm}$$

III.3 DIMENSIONAMENTO DOS EIXOS

III.3.1 - Dimensionamento do Eixo: 1

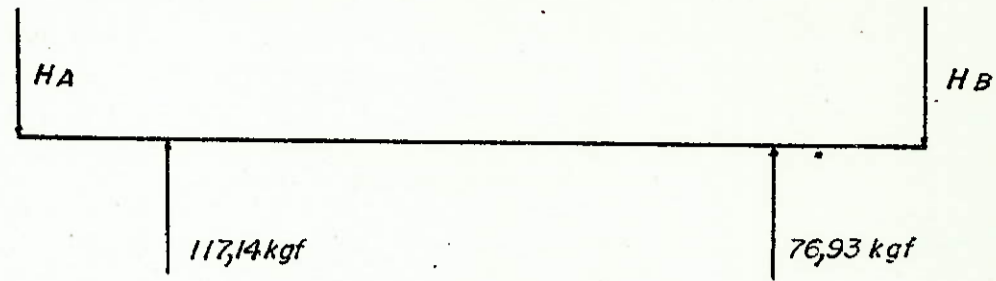


$$H = 45,82 \cos 40,98^\circ + 125,33 \sin 40,88^\circ$$

$$H = 117,14 \text{ kgf}$$

$$V = 125,88 \cos 40,98^\circ - 45,82 \sin 40,98^\circ$$

$$V = 64,98 \text{ kgf.}$$



$$H_A + H_B = 194,07 \text{ kgf.}$$

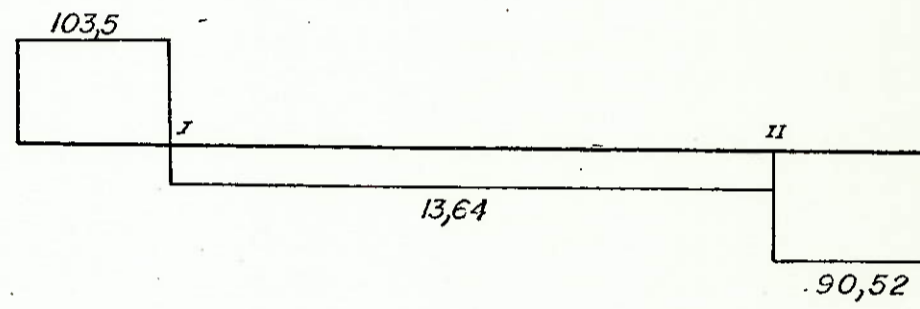
$$M_A = 117,14 \times 4,8 + 76,93 \times 23,3 - H_B \times 26 = 0$$

$$H_B = 90,57 \text{ kgf}$$

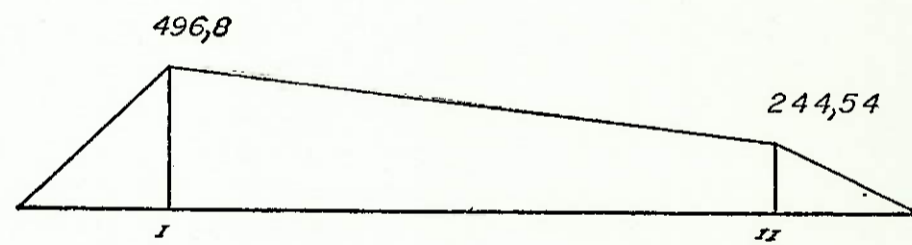
$$H_A = 103,5 \text{ kgf.}$$

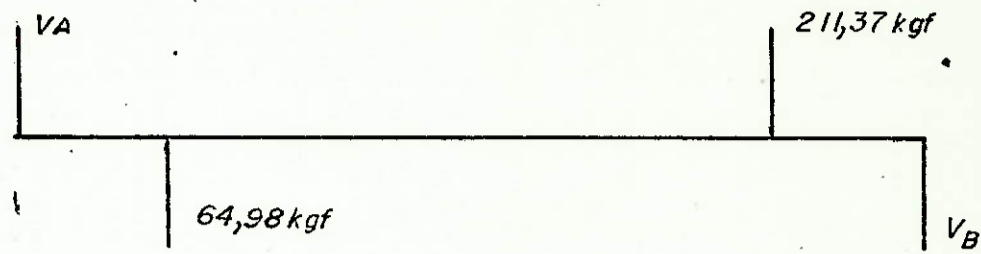
Diagrama de Esforços

Força Cortante (kgf)



Momento Fletor (kgf x cm)





$$V_A - 6498 + 211,37 - V_B = 0$$

$$V_A - V_B = 146,39$$

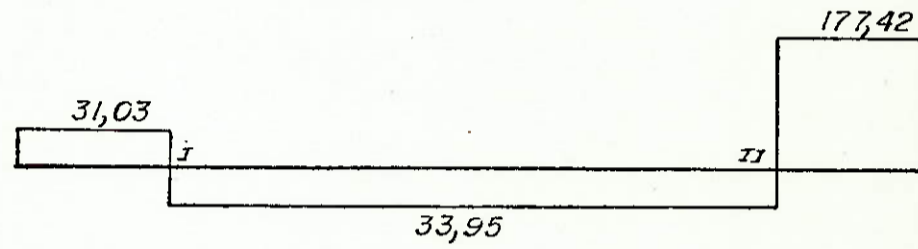
$$M_A = -64,98 \times 4,8 + 211,37 \times 23,3 - V_B \cdot 26 = 0$$

$$V_B = 177,42 \text{ kgf}$$

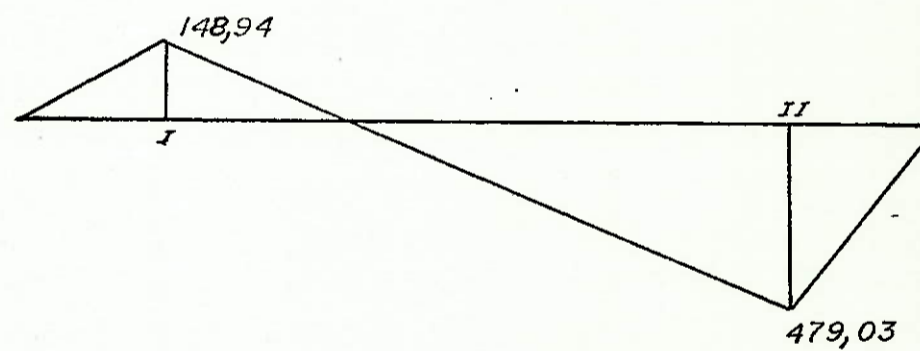
$$V_A = 31,03 \text{ kgf.}$$

Diagrama dos esforços

Força Cortante (kgf).



Momento Fletor (kgf x cm)



Esforços nas secções I e II

$$Q_I = \sqrt{117,14^2 + 64,98^2} = 133,96 \text{ kgf.}$$

$$M_I = \sqrt{496,8^2 + 148,94^2} = 518,65 \text{ kgf.}$$

$$Q_{II} = \sqrt{76,93^2 + 211,37^2} = 224,93 \text{ kgf.}$$

$$M_{II} = \sqrt{244,54^2 + 479,03^2} = 537,84 \text{ kgf.}$$

A seção mais crítica é a II.

Tensão de Comparação

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}, \text{ onde } \tau = \tau_q + \tau_t$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{M}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 \times 537,84}{\pi d^3} = \frac{5478,39}{d^3}$$

$$\tau_t = \frac{475,59 \times 16}{\pi d^3} = \frac{2422,16}{d^3}$$

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \times 224,93}{\pi d^2} = \frac{286,39}{d^2}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{30012,756,99}{d^6} + \frac{246057,7}{d^4} + \frac{17600577,7}{d^6} + \frac{4162094,41}{d^5}}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{47613334,19}{d^6} + \frac{4162094,41}{d^5} + \frac{246057,7}{d^4}}$$

p/ d = 3,9cm (diâmetro de pé da engrenagem)

$$\sigma_c = 138,59 \text{ kgf/cm}^2$$

Tensão Admissível

$$\text{Mat. SAE 6145} \rightarrow \sigma_{mp} = 98 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \sigma_{ad} = \frac{98}{381,7} = 19,2 \text{ kgf/mm}^2$$

Na secção I

$$\sigma = \frac{32 \times 518,65}{\pi d^3} = \frac{5282,93}{d^3}$$

$$\tau = \frac{4 \times 133,96}{\pi d^2} = \frac{170,56}{d^2}$$

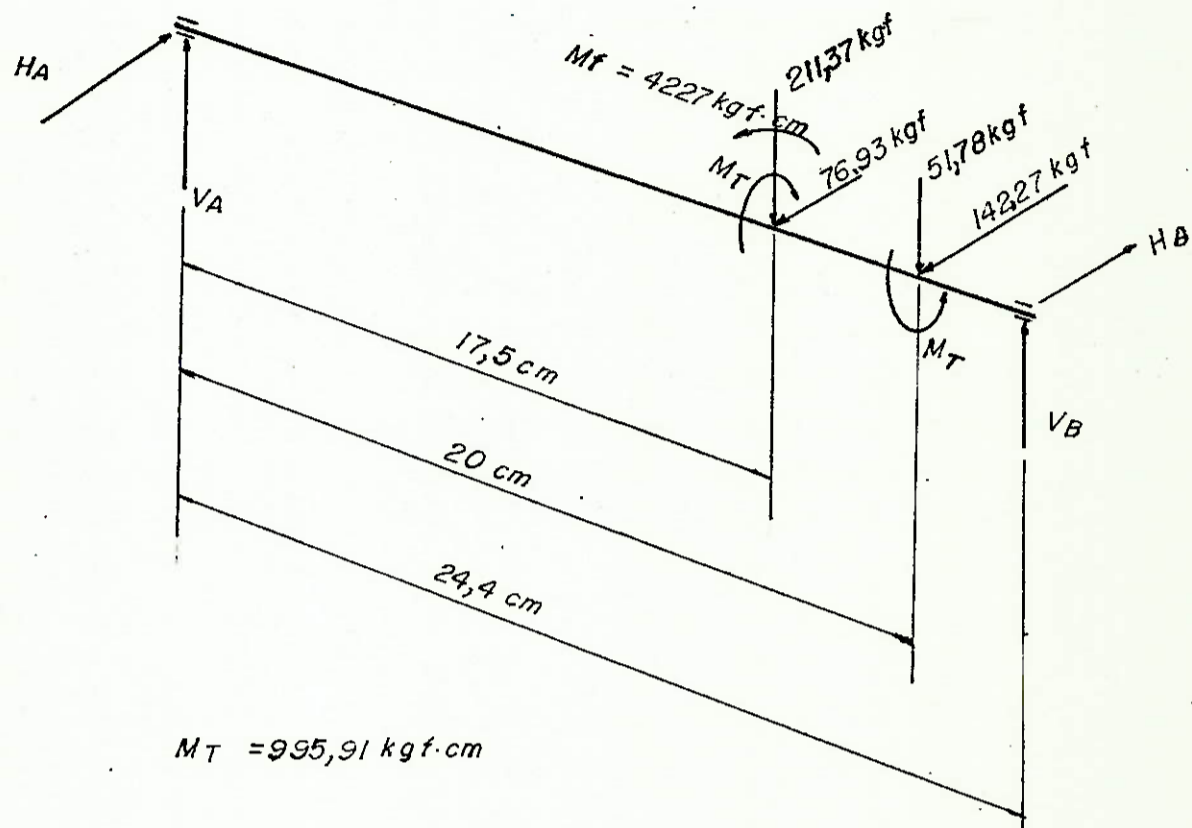
$$\sigma_c = \sqrt{\frac{45509926,58}{d^6} + \frac{1239370,83}{d^5} + \frac{87272,14}{d^4}}$$

$$p/d = 3 \text{ cm}$$

$$\sigma_{cI} = 261,93 \text{ kgf/cm}^2$$

Como as tensões atuantes são muito baixas, não há necessidade de verificar a fadiga.

III.3.2 - Dimensionamento do Eixo 2



No plano Horizontal

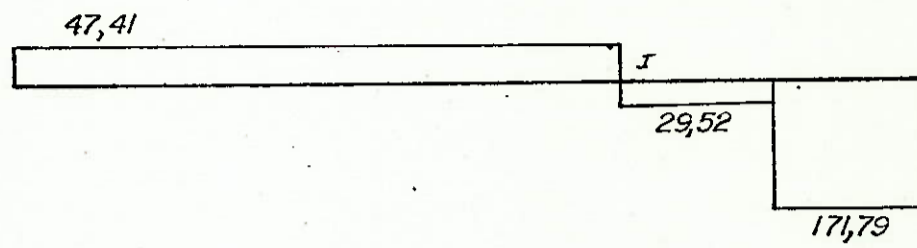
$$H_A + H_B = 219,20$$

$$M_A = 76,93 \times 17,5 + 142,27 \times 20 - H_B \times 24,4 = 0$$

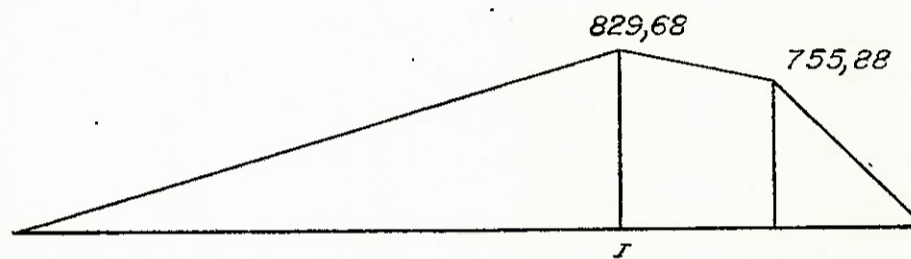
$$\begin{cases} H_B = 171,79 \text{ kgf} \\ H_A = 47,41 \text{ kgs.} \end{cases}$$

Diagrama dos esforços.

Força Cortante (kgf)



Momento Fletor (kgf x cm)



No plano Vertical

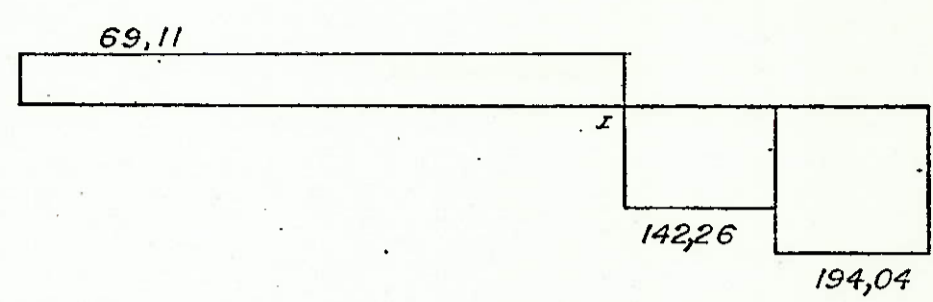
$$V_A + V_B = 263,15$$

$$M_A = 211,37 \times 7,5 + 51,78 \times 20 - 24,4 V_B = 0$$

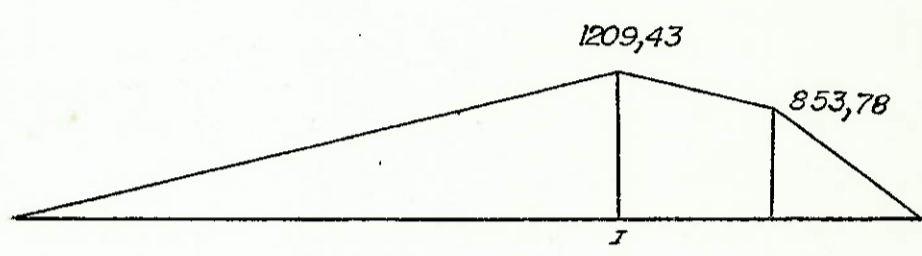
$$\left\{ \begin{array}{l} V_B = 194,04 \text{ kgf} \\ V_A = 69,11 \text{ kgf} \end{array} \right.$$

Diagrama dos esforços.

Força Cortante (kgf)



Momento Fletor (kgf x cm)



Esforços resultantes na seção I

$$Q_I = \sqrt{211,37^2 + 76,93} = 224,93 \text{ kgf}$$

$$M_I = \sqrt{1209,43^2 + 829,68^2} = 1466,66 \text{ kgf/cm}$$

$$M_T = 995,91 \text{ kgf/cm}$$

$$\tau_Q = \frac{224,93}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{286,39}{d^2}$$

$$\tau_T = \frac{995,91}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{5072,13}{d^3}$$

$$\sigma_f = \frac{1466,66}{\frac{\pi d^3}{92}} = \frac{14939,28}{d^3}$$

Tensão de comparação

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_Q + \tau_T)^2}$$

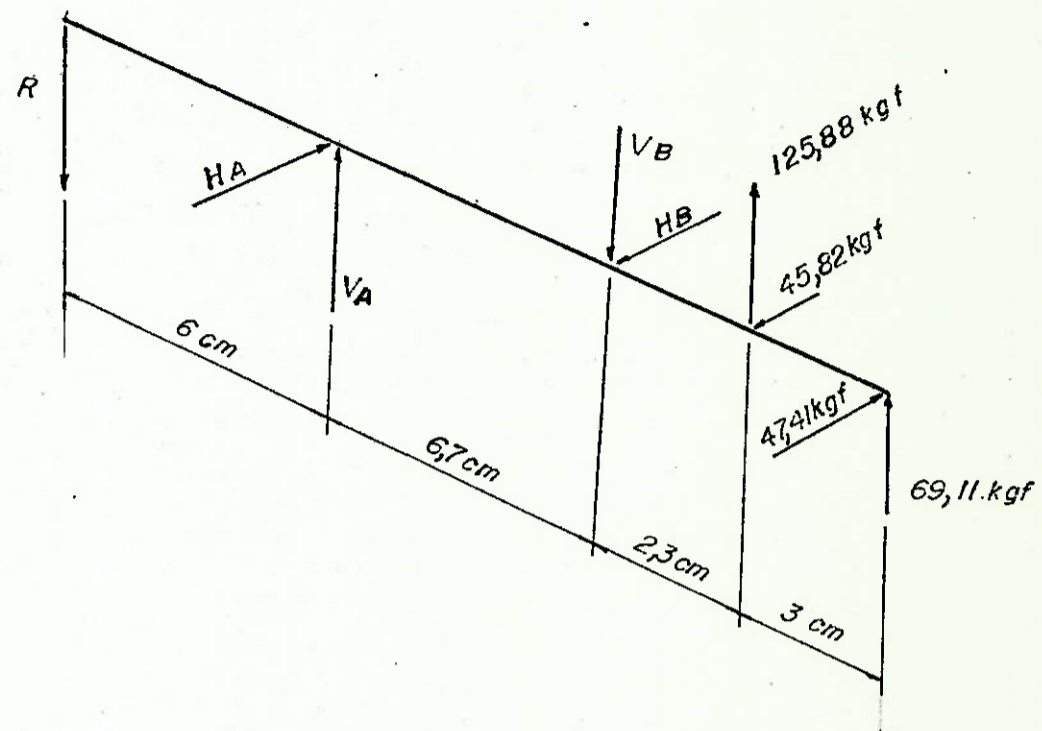
$$\sigma_c = \sqrt{\frac{300361478}{d^6} + \frac{8715643,87}{d^5} + \frac{246057,70}{d^4}}$$

$$p/d = 3,0 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = 671,51 \text{ kgf/cm}^2$$

Material do eixo Aço ABNT-1050 $\rightarrow \sigma_{rup} = 6330 \text{ kgf/cm}^2$

$$\sigma_{ad} = \frac{6330}{3 \times 1,7} = 1241,18 \text{ kgf/cm}^2$$



$$M_T = 377,64 \text{ kg.cm}$$

$$D_p = 10 \text{ cm}$$

Na transmissão por correia

$$\alpha \cong 185^\circ$$

Segundo Dobrovolski

$$R \cong 1,5 P \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}$$

$$R = 1,5 \times 75,53 \operatorname{sen} \frac{185^\circ}{2} = 113,18 \text{ kgf.}$$

onde:

75.

$$P = \frac{2 M_t}{D_p} = \frac{2 \times 377,64}{10} = 75,53 \text{ kg.}$$

No plano Horizontal

$$-H_A + H_B = 45,82 + 47,41$$

$$-H_A + H_B = 1,59 \text{ kgf.}$$

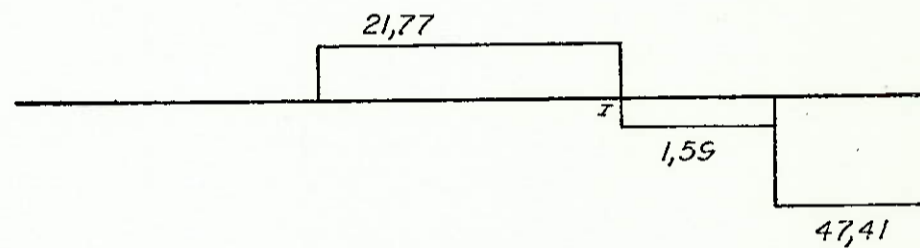
$$M_A = H_B \times 6,7 - 45,82 + 47,41 \times 12 = 0$$

$$H_B = 23,36 \text{ kgf.}$$

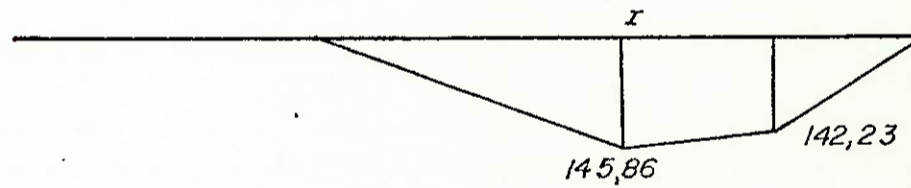
$$\left\{ \begin{array}{l} H_B = 23,36 \text{ kgf.} \\ H_A = 21,77 \text{ kgf.} \end{array} \right.$$

Diagrama dos Esforços

Força Cortante (kgf)



Momento Fletor (kgf x cm)



no plano Vertical

76.

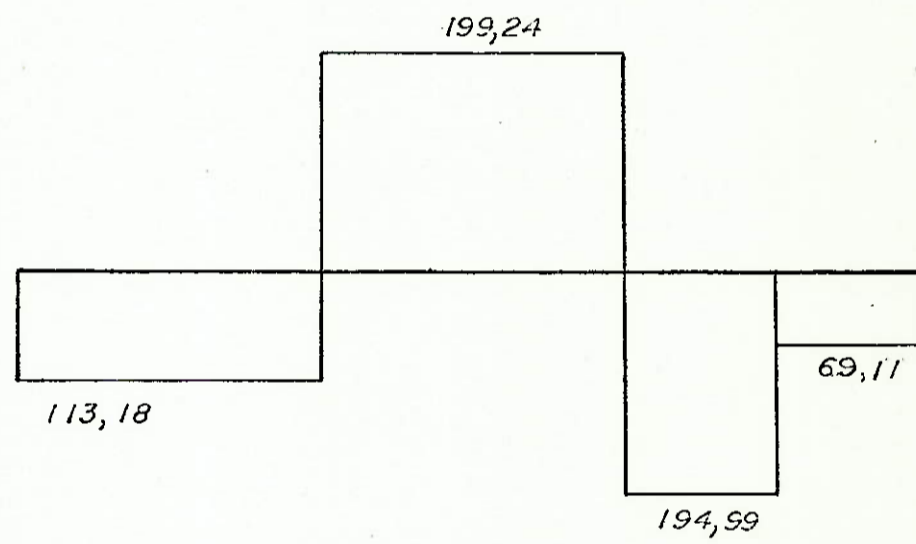
$$V_A - V_B = 713,18 - 125,88 - 69,11$$

$$V_A - V_B = -81,81 \text{ kgf}$$

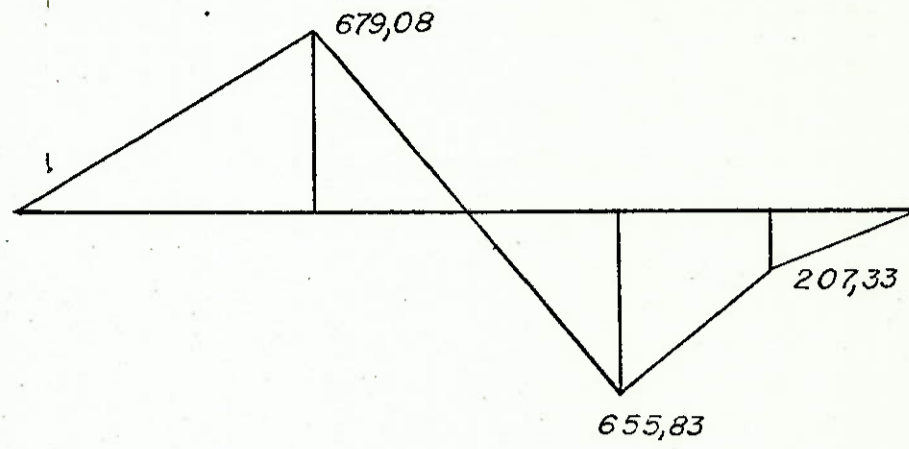
$$M_A = 113,18 \times 6 - V_B \times 6,7 + 125,88 \times 9 + 69,11 \times 12 = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_B = 394,23 \text{ kgf} \\ V_A = 312,42 \text{ kgf.} \end{array} \right.$$

- Diagrama de esforços
Força Cortante



Momento fletor



Esforços Resultantes na Seção I

$$Q_I = \sqrt{23,36^2 + 394,23^2} = 394,92 \text{ kgf.}$$

$$M_I = \sqrt{145,86^2 + 655,83^2} = 671,85 \text{ kgf.cm}$$

$$M_T = 377,64 \text{ kg.cm}$$

$$\tau_Q = \frac{394,92}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{502,83}{d^2}$$

$$\sigma = \frac{671,85}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{684,41}{d^3}$$

Tensão de Comparação

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_T + \tau_Q)^2}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{57929509,1}{d^6} + \frac{2901278,82}{d^5} + \frac{758514,03}{d^4}}$$

$$p/d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = 539,17 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_a$$

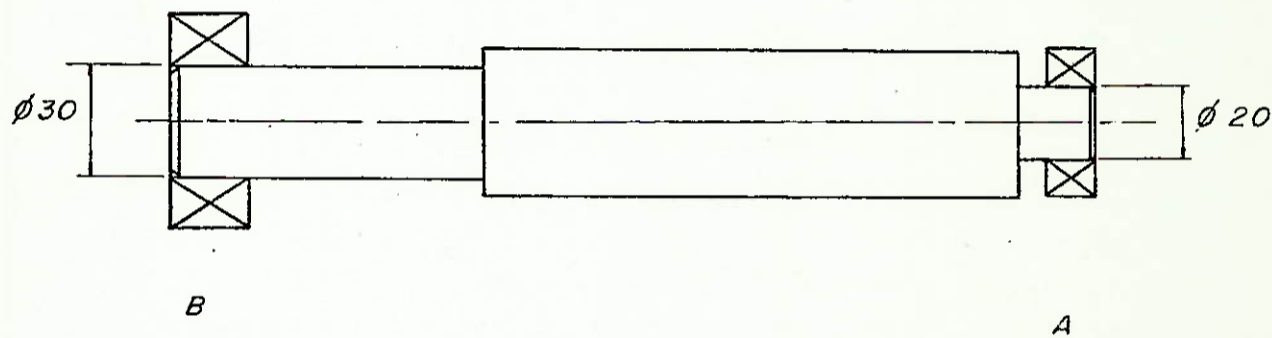
Tensão Admissível

$$\text{Mat. ABNT 1050} \rightarrow \sigma_{rup} = 6330 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{II} = \frac{\sigma_R}{3 \times 1,7} = 1241,18 \text{ kgf/cm}^2$$

III.4 - Seleção do Rolamento

Eixo 1



$$R_A = 199,2 \text{ kgf}$$

$$R_B = 108,05 \text{ kgf}$$

Mancal A

Rolamento em esferas

$$\begin{aligned} \text{SKF 6304} \quad C &= 1244,4 \text{ kgf} \\ C_0 &= 795,60 \text{ kgf.} \end{aligned}$$

$$p = p_0 = 199,2 \text{ kgf} < C_0$$

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{1244,4}{199,2} \right)^3 = 243,79$$

$$p = p_0 = 199,2 \text{ kg} < C_0$$

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{1244,4}{199,2} \right)^3 = 243,79$$

$$L_h = \frac{243,79 \times 10^6}{60 \times 435} = 9340,53 \text{ hs.}$$

Mancal B

Rolamento de Esferas

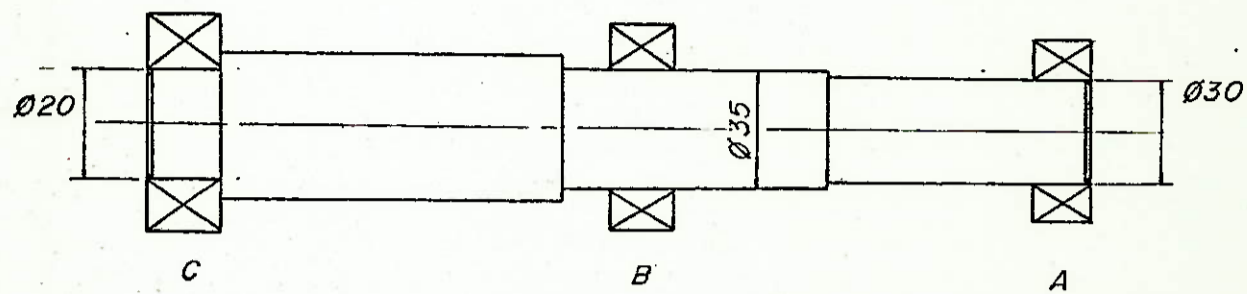
$$\text{SKF 6206} \quad \left\{ \begin{array}{l} C = 1530 \text{ kgf} \\ C_0 = 1020 \text{ kgf.} \end{array} \right.$$

$$p = p_0 = 108,05 \text{ kgf} < C_0$$

$$L = \left(\frac{C}{p} \right)^3 = \left(\frac{1530}{108,05} \right)^3 = 2839,23$$

$$L_h = \frac{2839,23 \times 10^6}{60 \times 435} = 108\,782,61 \text{ hs.}$$

- Eixo 2



No mancal B

$$R_{\max} = 83,81 \text{ kgf}$$

No mancal C

$$R_{\max} = 83,81 \text{ kgf}$$

No mancal A

$$R_{\max} = 259,16 \text{ kgf}$$

Mancal A - Rolamento de Esferas

SKF 6206

$$c = 1530 \text{ kgf}$$

$$c_o = 1020 \text{ kgf.}$$

$$x = 1$$

$$y = 0$$

$$P = x F_r + F_a = 259,16 \text{ kgf.} < C_o$$

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^2 = \left(\frac{1530}{259,16} \right)^3 = 205,76$$

$$L_h = \frac{L \times 1 \times 10^6}{60 \text{ n.}} = \frac{205,76 \times 10^6}{60 \times 145} = 23.651,09 \text{ hs.}$$

Mancal B.

Rolamento de duas carreiras de esferas

$$\begin{aligned} C &= 2366,40 \text{ kgf} \\ \text{SKF} \quad C_o &= 2601, \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$P = P_o = R_{\max} = 83,81 < C_o$$

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{2366,4}{83,81} \right)^3 = 22510,08$$

$$L_h = \frac{2750 \times 10^6}{60 \times 145} = 2 \cdot 587 \cdot 364,98 \text{ hs.}$$

No mancal C

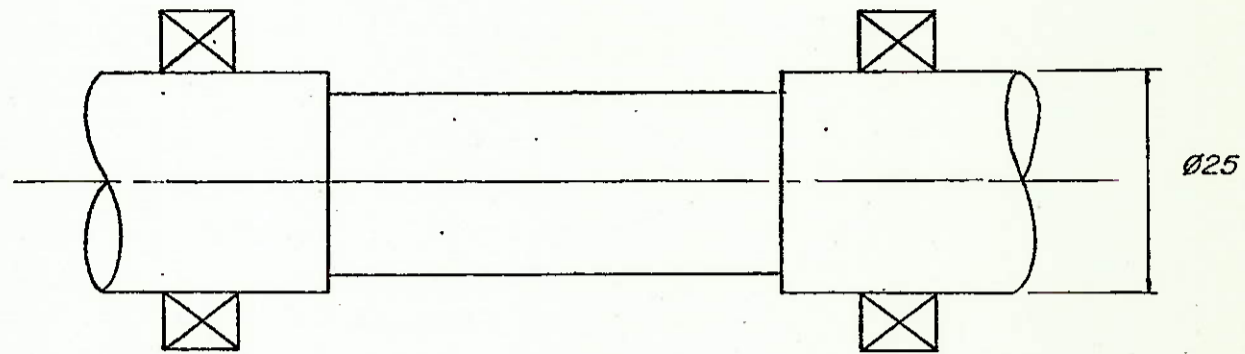
Rolamento ou compensador de esferas

$$\begin{aligned} C &= 984,3 \text{ kgf} \\ \text{SKF 13041} \quad C_o &= 397,8 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$P = P_o = 83,31 \text{ kgf}$$

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{984,3}{83,31} \right)^3 = 1649,27$$

$$L_h = \frac{1649,27 \times 10^6}{60 \times 145} = 189570,96 \text{ hs.}$$



$$R_{\max} = 394,92 \text{ kgf}$$

Rolamentos de Esferas

$$\begin{array}{l} \text{SKF 6305} \quad C = 2800 \text{ kgf} \\ \quad \quad \quad C_0 = 2100 \text{ kgf} \end{array}$$

$$P = P_0 = 394,92 < C_0$$

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 = \left(\frac{2800}{394,92} \right)^3 = 356,41$$

$$L_h = \frac{356,41 \times 10^6}{60 \times 548} = 10839,66 \text{ hs.}$$

III.5 - Dimensionamento das Chavetas

Eixo 1

$$\begin{aligned}
 & b = 10 \\
 D = 30\text{mm} & \quad h = 8 \\
 & t_1 = 6 \\
 & t_2 = 2,1
 \end{aligned}$$

$$M_t = 475,59 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Material da chaveta: Aço ABNT-1050 } \left\{ \begin{array}{l} \sigma_a = 1950 \text{ kgf/cm}^2 \\ \tau_a = 1125,83 \text{ kgf/cm}^2 \end{array} \right.$$

Dimensionamento quanto ao esmagamento

$$L > \frac{4 M_t}{h d \tau} = \frac{4 \times 475,59}{0,8 \times 3 \times 1950} = 0,41 \text{ cm}$$

Dimensionamento quanto ao cisalhamento

$$L^2 > \frac{2M_t}{b d \tau}$$

$$L_2 > \frac{2 \times 475,50}{1 \times 3 \times 1125} = 0,28 \text{ cm}$$

$$L \text{ escolhido} = 2,5 \text{ cm}$$

Eixo 2

$$\begin{aligned}
 D = 30 \text{ mm} \quad & b = 10 \\
 & h = 8 \\
 & t_1 = 6 \\
 & t_2 = 2,1
 \end{aligned}$$

$$M_z = 995,91 \text{ kgf/cm}$$

Material chaveta: Aço ABNT-1050

$$\sigma_a = 1950 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_a = \frac{\tau_a}{\sqrt{3}} = 1125,83 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensionamento quanto ao esmagamento

$$L_1 > \frac{4M_t}{h d \sigma}$$

$$L_1 > \frac{4 \times 995,91}{0,8 \times 3 \times 1950} = 0,85 \text{ cm}$$

Dimensionamento quanto ao cisalhamento

$$L_2 > \frac{2M_t}{b d \tau}$$

$$L_2 > \frac{2 \times 995,91}{1,0 \times 3 \times 1125,83} = 0,59 \text{ cm}$$

L escolhido = 2,0 cm.

Eixo 3

$$\begin{aligned}
 D &= 3,5 \text{ cm} & b &= 10 \\
 & & h &= 8 \\
 & & t_1 &= 6 \\
 & & t_2 &= 2,1
 \end{aligned}$$

$$M_t = 377,64 \text{ kp/cm}$$

Dimensionamento quanto ao esmagamento

$$L_1 > \frac{4 M_t}{h d \bar{\sigma}}$$

$$L_1 > \frac{4 \times 377,64}{0,8 \times 3,5 \times 1950} = 0,28 \text{ cm}$$

Dimensionamento quanto ao cisalhamento

$$L_2 > \frac{2 M_t}{b d \tau}$$

$$L_2 > \frac{2 \times 377,64}{1 \times 3,5 \times 1125} = 0,19 \text{ cm}$$

L escolhido = 2,0 cm.

CAPITULO IV

DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO DE ACIONAMENTO
DO EIXO DE COMANDO

IV.1.1 - Seleção do Motor do Eixo de Comando

O tempo necessário para a produção de uma peça varia de acordo com a forma da peça a ser usinada. Para permitir esta maleabilidade, optamos pela utilização de um motor de corrente contínua que proporciona um campo de variação contínua da velocidade.

A potência necessária para o acionamento do eixo de comando, isto é potência requerida para o avanço da ferramenta geralmente é menor que 5% da potência total de usinagem.

$$N_{\text{total}} = 3 \text{ CV}$$

Portanto $N'_{\text{avanço}} < 0,05 = 0,15 \text{ CV}$

Admitindo que a máquina poderá no máximo trabalhar com duas ferramentas simultaneamente, temos assim a seguinte potência necessária para o avanço:

$$N_{\text{avanço}} = 0,3 \text{ CV}$$

Assim deverá ser escolhido um motor onde aplicado o fator de correção resulte 0,6 CV.

A variação da velocidade deverá ser efetuada por ten
são de armadura, permitindo uma redução de 1:100.

Utilizaremos um fator de correção de 0,5

Portanto :

$$N = \frac{0,3}{0,5} = 0,6 \text{ CV} = 0,45 \text{ KW}$$

Escolhemos: motor BBE - 90M - Nº 8

- Potência = 0,45 KW

- Rotação básica = 700 RPM

Com redução $i = 100$

Temos o seguinte campo de variação:

7,0 rpm a 700 rpm

Admitindo uma redução de 1:15 na caixa de transmissão
temos a seguinte variação no eixo de comando:

0,467 rpm a 46,7 rpm.

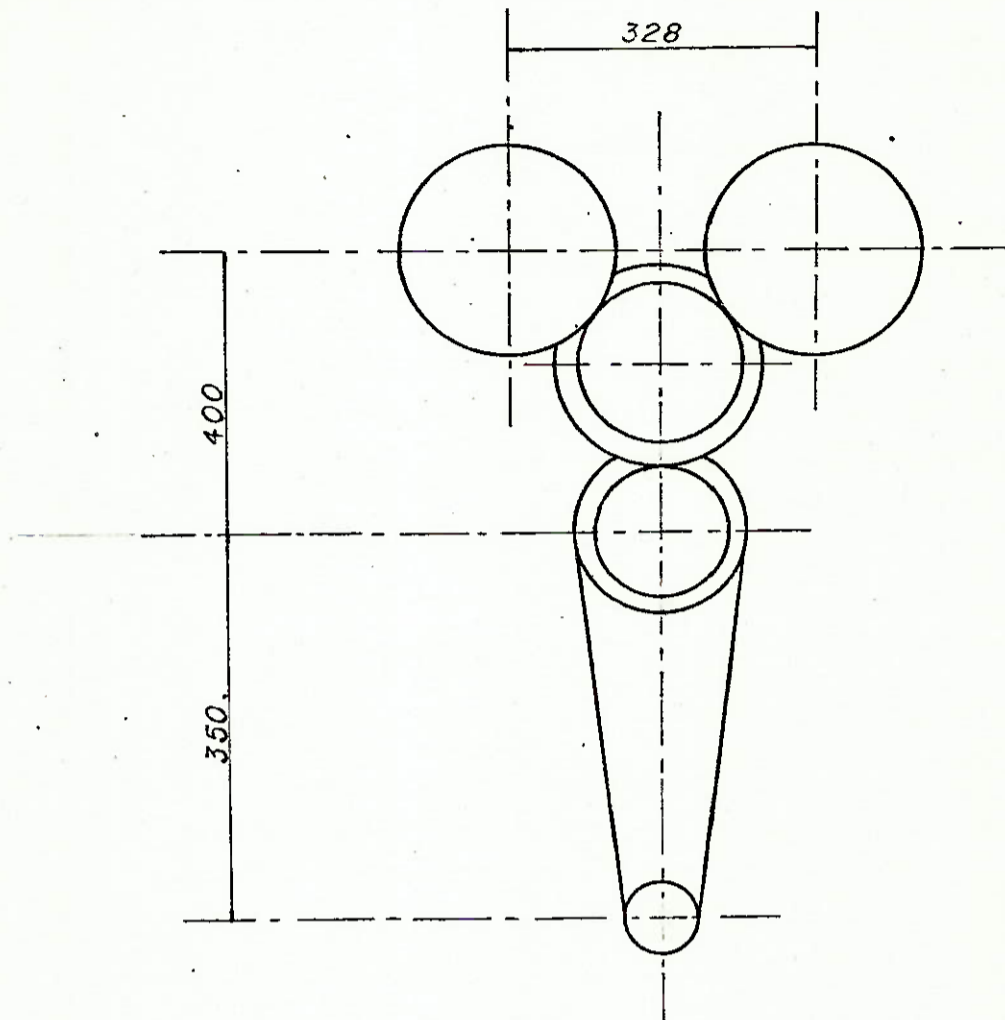
Com uma volta do eixo de comando corresponde a usina-
gem completa de uma peça temos os seguinte tempos que correspon-
dem a um giro de 360° .

- para $n = 0,467 \text{ rpm}$ - $t = 2,14 \text{ min}$

- para $n = 46,7 \text{ rpm}$ - $t = 1,28 \text{ seg.}$

Portanto poderemos ter uma variação de 1,28 seg. a -
2,14 min no tempo de usinagem de uma peça.

IV.1.2 - Dados



Dados:

$$N_{\text{motor}} = 0,6 \text{ CV}$$

$$i_{\text{total}} = 15$$

$$n_{\text{motor}} = 7 \text{ rpm}$$

IV.2 - Dimensionamento do par II

$$n_{II} = \frac{7}{1,98} = 3,54 \text{ rpm}$$

$$N_{II} = 0,6 \times 0,98 = 0,59 \text{ CV}$$

Momento torsor

$$M_{t_{II}} = 71620 \frac{N_{II}}{n_{II}} = 71620 \times \frac{0,59}{3,54} = 11936,67 \text{ kg.cm}$$

- Dimensionamento pelo critério da pressão

$$bd^2 = 2ft^2 \frac{M_t}{P_{adm}^2} \cdot \frac{i+1}{i}$$

- Pressão Admissível

$$P_{adm} = \frac{48,7 \times HB}{W^{1/6}} \text{ kg/cm}^3$$

$$W = \frac{60 n h}{1000 000}$$

$$n = 3,54 \text{ rpm}$$

$$h = 20.000 \text{ hs}$$

$$W = \frac{60 \times 3,54 \times 20000}{1000 000} = 4,25$$

Mat. da Engrenagem SAE 6150 temperado em óleo e revenido → HB = 461 kg/mm²

$$P_{adm} = \frac{48,7 \times 461}{(4,25)^{1/6}} = 17.639,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$bd^2 = 2f^2 \frac{M_t}{P_{adm}^2} \times \frac{i+1}{i}$$

$$bd^2 = \frac{2 \times (1512)^2 \times 11936,67 \times 3,78}{(1769,99)^2 \times 2,78}$$

$$bd^2 = 239,18 \text{ cm}^3$$

para $b = 5 \text{ cm}$

$$d > 6,92 \text{ cm} \rightarrow d = 75 \text{ cm}$$

Dimensionamento pelo critério da resistência

- Força tangencial

$$P_U = \frac{2 M_t}{D} = \frac{2 \times 11936,67}{7,5} = 3183,18 \text{ kg}$$

Tensão Admissível SAE 6150 $\rightarrow \sigma_{adm} = 50 \text{ kgf/mm}^2$

$$\sigma_{max} = \frac{P_U \cdot q}{b \cdot m} < \sigma_{adm}$$

$$\frac{3183,11}{5 \text{ m}} < 5000$$

$$\frac{q}{m} < 7,85$$

$$m = \frac{dp}{z} = \frac{7,5}{z}$$

$$q z < 58,88$$

$$\text{para } z = 15 \rightarrow q \approx 3,5$$

$$qz = 15 \times 3,9 = 58,5 < 58,9$$

	$z = 15$		$z = 41$
Pinhão	$m = 5$	Coroa	$m = 5$
	$dp = 75$		$dp = 205$

$$i = \frac{41}{15} = 2,73$$

IV.2.1 - Dimensionamento do par III

$$m_{III} = \frac{3,54}{2,73} = 1,29 \text{ rpm}$$

$$N_{III} = 0,59 \times 0,98 = 0,58 \text{ CV} \rightarrow N_{III} - \frac{0,58}{2} = 0,29 \text{ CV}$$

$$i_{III} = 2,75$$

Momento torsor

$$M_t = 71620 \frac{N_{III}}{n_{III}} = 71620 \times \frac{0,29}{1,29} = 16.100 \text{ kg.cm}$$

- Dimensionamento pelo Critério da Pressão -

Pressão Admissível

$$P_{adm} = \frac{48,7 \times HB}{W^{1/6}} \quad \text{kg/cm}^2$$

$$W = \frac{60 n h}{1000.000}$$

$$n = 1,25 \text{ rpm}$$

$$h = 20.000 \text{ hs.}$$

$$W = \frac{60 \times 1,29 \times 20000}{1000.000} = 1,55$$

$$\text{Mat. SAE 6150} \rightarrow \text{HB} = 461 \text{ kg/mm}^2$$

$$P_{\text{adm}} = \frac{48,7 \times 461}{(1,55)^{1/6}} = 20.869,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$bd^2 = \frac{2 \times (1512)^2 \times 16.100 \times 3,75}{(20.869,3)^2 \times 2,75}$$

$$bd^2 = 230,5 \text{ cm}^3$$

$$b = 5 \text{ cm}$$

$$d > 6,79 \text{ cm} \rightarrow d = 90 \text{ mm}$$

- Dimensionamento pelo critério da Resistência

Força tangencial

$$P_U = \frac{2 M_t}{D_p} = \frac{2 \times 6100}{9} = 3577,78 \text{ kgf}$$

$$\text{Tensão Admissível SAE 6150} \rightarrow \sigma_{\text{adm}} = 50 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{P_U q}{b.m} < \sigma_{\text{adm}}$$

$$\frac{3577,78 q}{5 \times m} < 5000$$

$$\frac{q}{m} = 6,99$$

$$m = \frac{dp}{z} = \frac{q}{z}$$

$$qz = 62,89$$

$$p/z = 15 - q = 3,9$$

$$qz = 3,9 \times 15 = 58,50 < 62,89$$

	dp = 90		z = 41 dentes
Pinhão	z = 15	Coroa	dp = 246
	m = 6		m = 6

$$i = 2,73$$

IV.3 - Dimensionamento da Transmissão por Corrente

$$n_{\text{motor}} = 7 \text{ rpm}$$

$$\text{Potência do motor} = 0,6 \text{ CV}$$

$$i = 2$$

$$\text{Distância entre Centros} = 350 \text{ mm}$$

Cálculo dos Esproquetes

Para $i = 2$, temos da tabela 63 (Donrovolski) para uma corrente de rolos o nº de dentes do esproquete menor é dado por $z_1 = 27$ dentes.

$$\text{Logo, } z_2 = z_1 \cdot i = 27 \times 2 = 54 \text{ dentes.}$$

Adotando uma corrente com passo $t = 1/2''$, $d = 5/16''$ o diâmetro primitivo é dado por:

$$D_o = \frac{t}{\text{sen} \frac{180^\circ}{z}}$$

Assim; para o esproquete menor

$$D_{o1} = \frac{12.70}{\text{sen} \frac{180}{27}} = 109,40 \text{ mm}$$

$$D_{\text{ext}_1} = D_{o1} + 0,9 d = 116,54 \text{ mm}$$

$$r = 0,505 \cdot d = 4,01$$

$$D_{\text{int}_1} = D_{o1} - 2r = 101,38 \text{ mm}$$

Para o Esproquete Maior:

$$D_{o2} = \frac{t}{\text{sen} \frac{180^\circ}{z_2}} = 218,42 \text{ mm}$$

$$D_{\text{ext}_2} = D_{o2} + 0,9 d = 225,56 \text{ mm}$$

$$D_{\text{int}} = D_{o2} - 2r = 210,40 \text{ mm}$$

Distância entre centros.

$$A_{\text{min}} = \frac{D_1 + D_2}{2} + 50$$

$$A_{\text{min}} = \frac{116,54 + 225,56}{2} + 50$$

$$A_{\text{min}} = 221,05 \text{ mm.}$$

tomando $A = 350 \text{ mm}$

O n° de elos da corrente é dado por:

$$x = \frac{2A}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{t}{A} \quad (\text{Niemann Vol.III, pág.79}).$$

$$x = \frac{2 \times 350}{12,70} + \frac{27 + 54}{2} \cdot \left(\frac{54 - 27}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{12,70}{350}$$

$x = 96,29$ elos, logo, tomando $x = 96$ elos:

$$A = \frac{t}{4} \left| x - \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(x - \frac{z_1 - z_2}{2}\right)^2 - \left(\frac{z_2 - z_1}{\pi}\right)^2} \right|$$

$$A = \frac{12,70}{4} \left(96 - \frac{27 + 54}{2} + \sqrt{\left(96 - \frac{27 + 54}{2}\right)^2 - 2 \left(\frac{54 - 27}{\pi}\right)^2} \right)$$

$A = 343,76$ mm e para garantir uma pequena folga durante o funcionamento $A = 340$ mm (deve-se diminuir de 2 a 5mm)

Cálculo da Velocidade da Corrente.

$$v = \frac{z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{27 \times 12,70 \times 7}{60 \times 1000} = 4 \text{ cm/seg.}$$

Fôrça Tangencial

$$U_F = \frac{G v^2}{9,81} = \frac{0,609 \times 0,04^2}{9,81} = 10^{-4} \text{ kp (desprezível)}$$

Sendo $G = 0,609$ kg/m, para corrente de $t = 1/2''$, ASA 40.

Força de Tração

$$D = U + U_F \approx U$$

$$D = 1125 \text{ kp}$$

Verificação à Ruptura

$$D_{\max} < Q$$

$$D_{\max} = 1125 \text{ Kp}$$

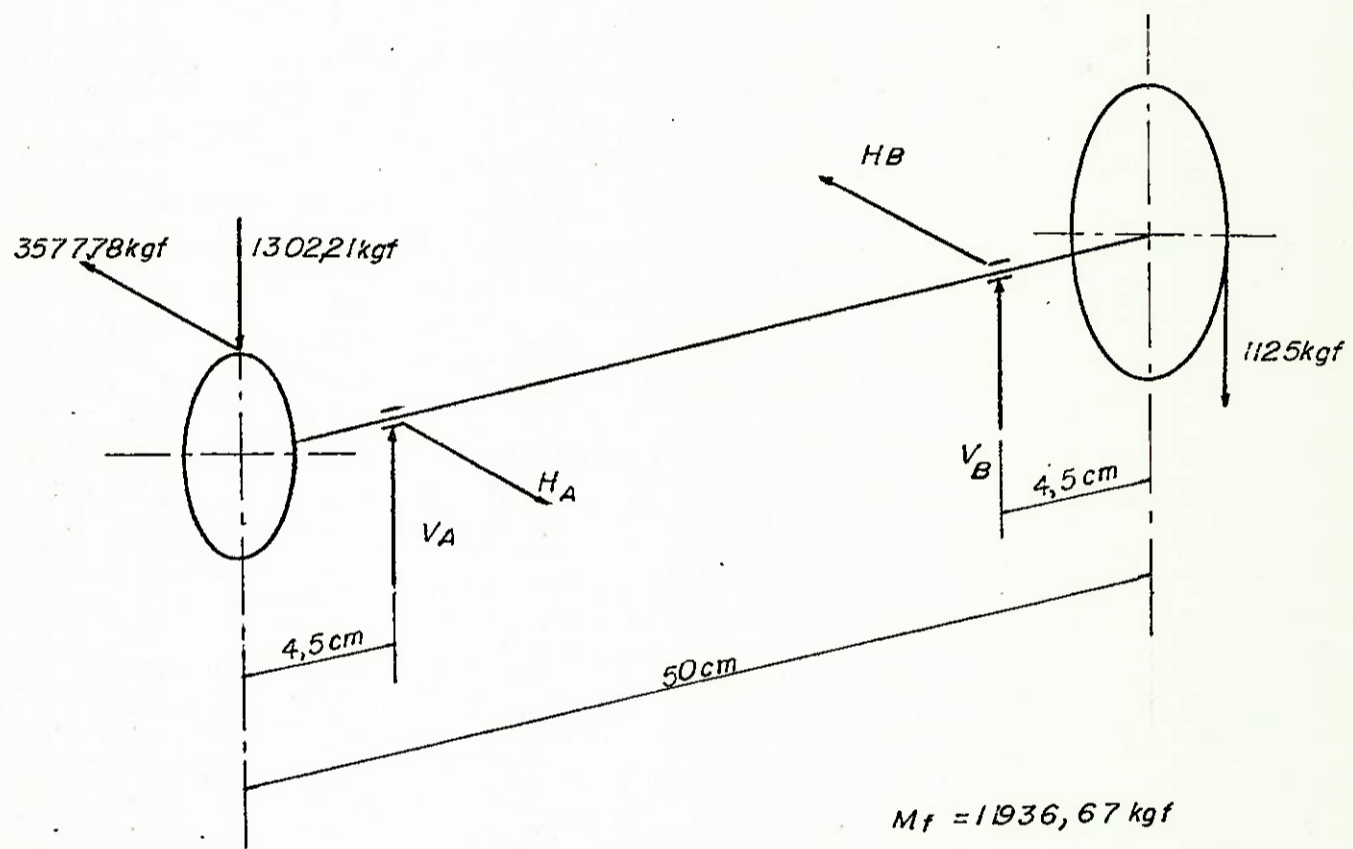
$$Q = 1500 \text{ Kp, ASA 40}$$

Escolha da Corrente

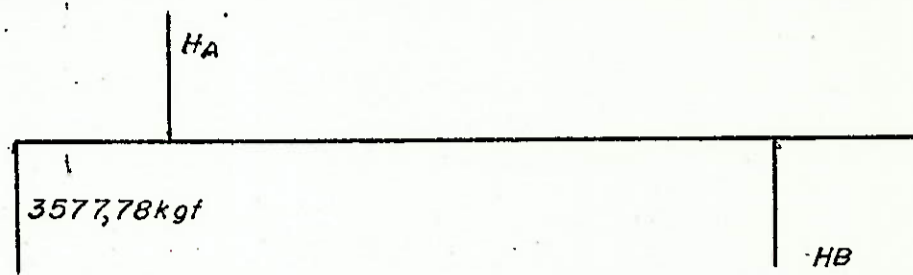
Corrente simplex GWK Série S - Passo 1/2"

IV.4 - DIMENSIONAMENTO DOS EIXOS

IV.4.1 - Dimensionamento do eixo I



No plano horizontal



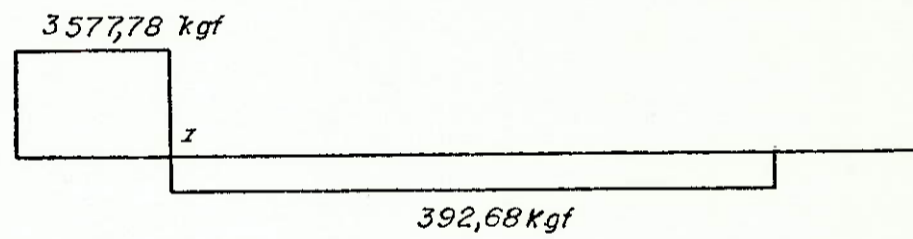
Reações dos Mancais

$$H_A = H_B + 3577,78$$

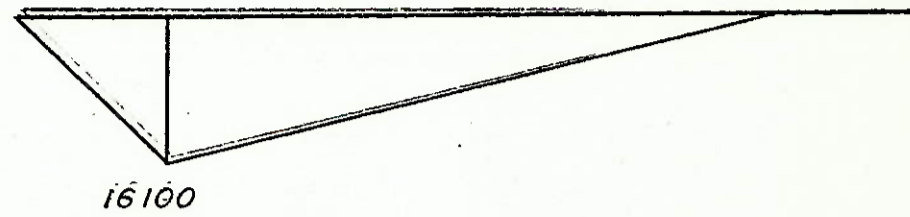
$$M_A = 3577,78 \times 4,5 - H_B \times 41 = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_B = 392,68 \text{ kgf} \\ H_A = 3970,46 \text{ kgf} \end{array} \right.$$

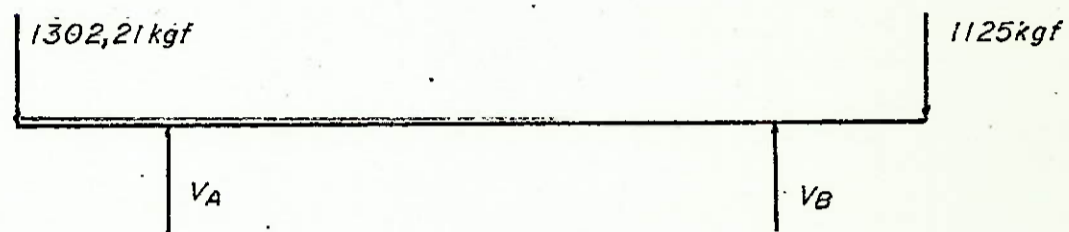
Diagrama dos esforços
- Força Cortante (kgf)



- Momento fletor (kgf/cm)



= No plano vertical



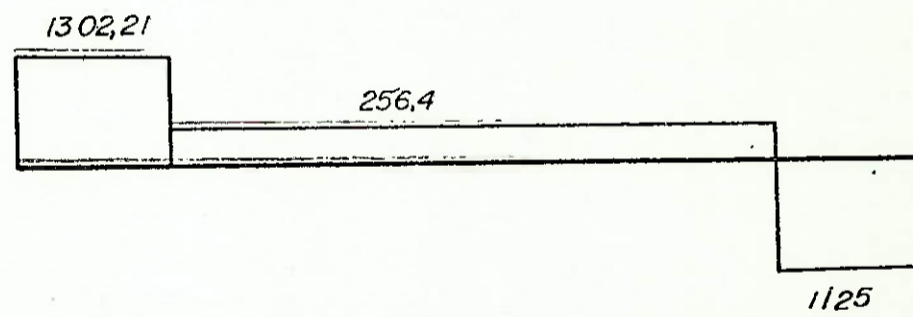
$$V_A + V_B = 2427,21$$

$$M_A = 1302,2 \times 4,5 - V_B \times 41 + 1.125 \times 45,5 = 0$$

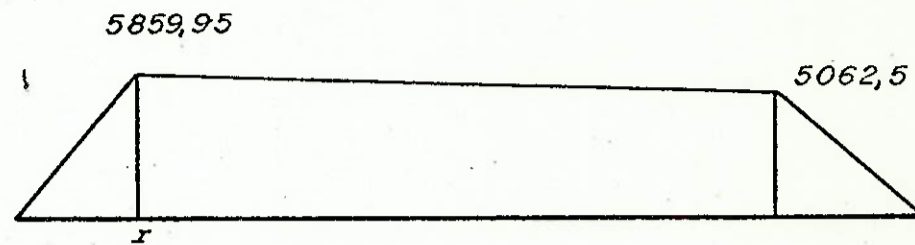
$$\begin{cases} V_B = 1391,4 \text{ kgf} \\ V_A = 1045,81 \text{ kgf} \end{cases}$$

Diagrama dos esforços

Fôrça Cortante (kgf)



Momento Fletor (kgf/cm)



Determinação dos esforços resultantes na seção I

$$Q_I = \sqrt{(2970,46)^2 + (1045,81)^2} = 4105,88 \text{ kgf.}$$

$$M_I = \sqrt{16100^2 + 5859,95^2} = 17133,27 \text{ kgf/cm}$$

Tensões na seção I

Tensão devido ao momento fletor

$$\sigma_f = \frac{M_f}{W} = \frac{17133,27}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{174518,06}{d^3}$$

Tensão de cisalhamento devido à força cortante

$$\tau_Q = \frac{Q}{A} = \frac{4105,88}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{5227,77}{d^2}$$

Tensão de cisalhamento devido ao momento torsor

$$\tau_t = \frac{M_t}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{11936,67}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{60792,96}{d^3}$$

Tensão de Comparação

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_t^2 + 3(\tau_T + \tau_Q)^2}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\left(\frac{17451806}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{60792,96}{d^3} + \frac{5227,77}{d^2}\right)^2}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{4,15 \times 10^{10}}{d^6} + \frac{1,01 \times 10^9}{d^5} + \frac{8,2 \times 10^7}{d^4}}$$

Tensão Admissível

Material do eixo AÇO ABNT-1050

$$\sigma_{rup} = 6330 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{rup}}{3} = \frac{6330}{3} = 2110 \text{ kgf/cm}^2$$

Temos que verificar a seguinte condição

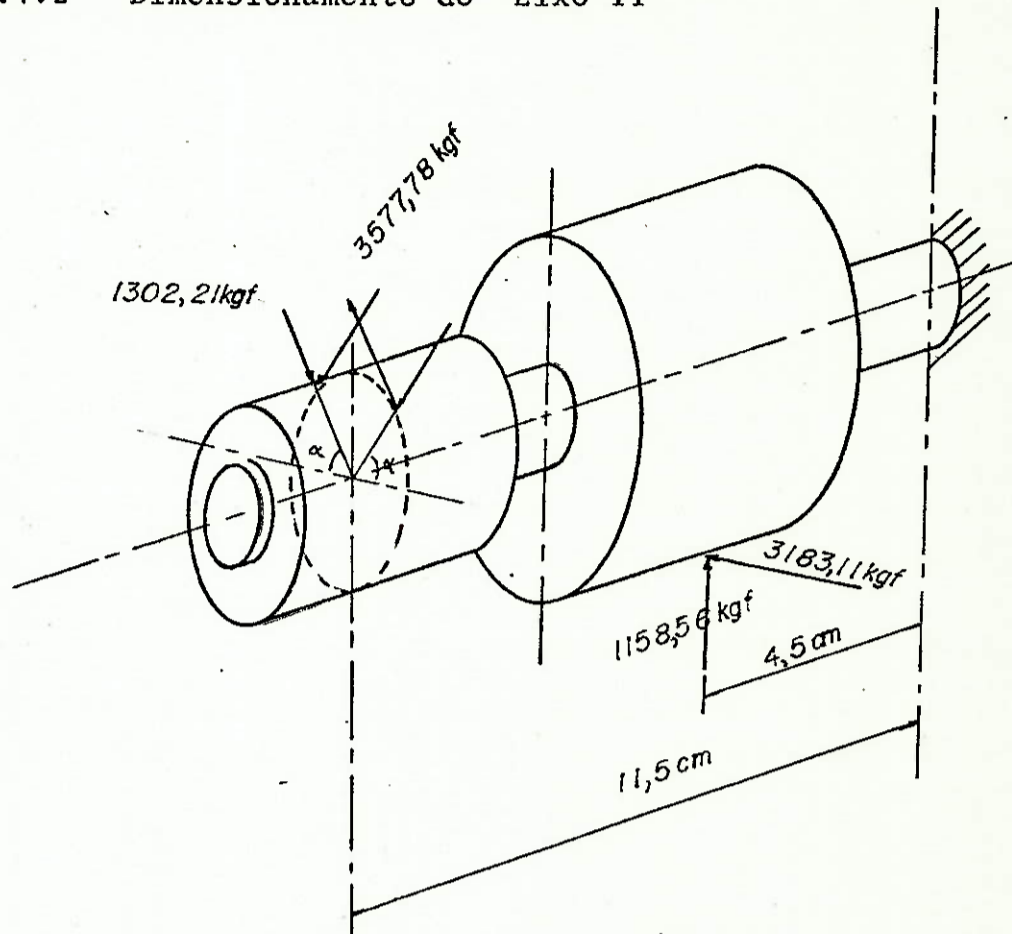
$$\sigma_c < \sigma_{adm}$$

Para $d = 3,5 \text{ cm}$

$$\sigma_c = 2045,79 \text{ kgf/cm}^2$$

Portanto; $d = 3,5 \text{ cm}$.

IV.4.2 - Dimensionamento do Eixo II



No plano horizontal

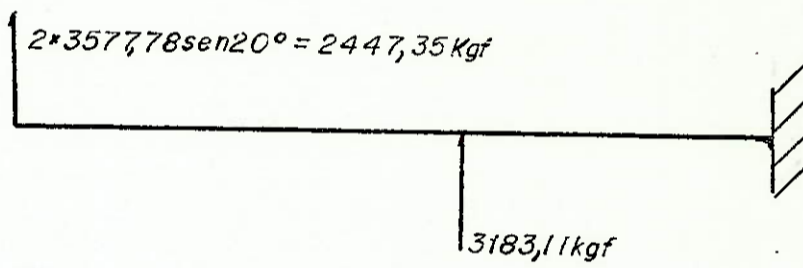
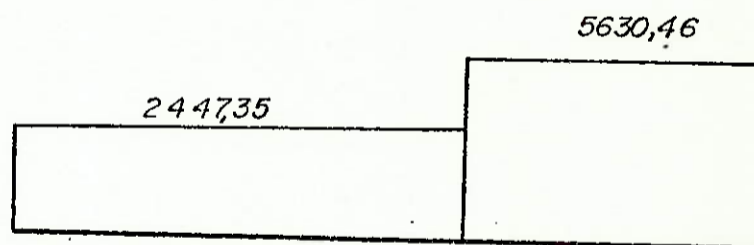


Diagrama dos esforços
Força Cortante (kgf)



Momento fletor (kgfXcm)

102.

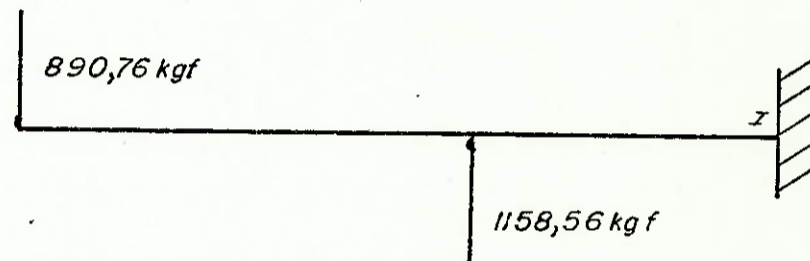
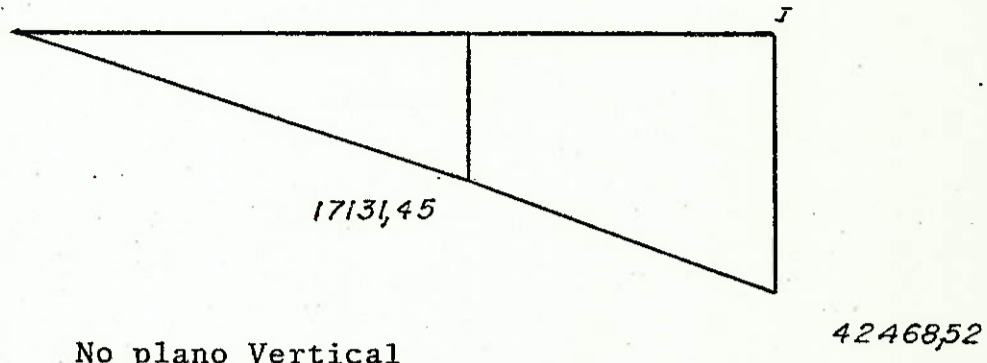
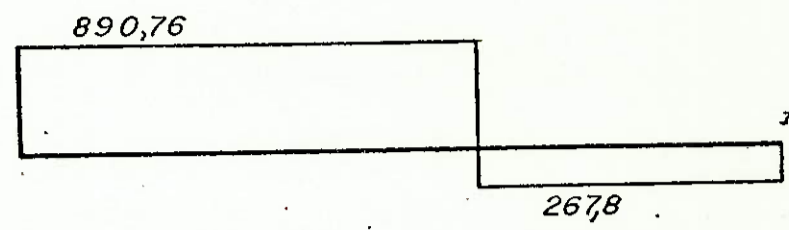
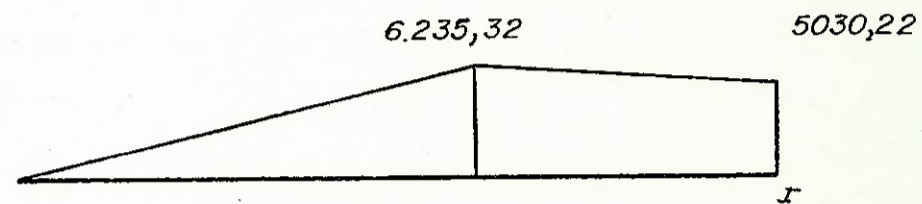


Diagrama dos esforços

 Q (kgf) M_f (kgf·cm)

A seção I é a mais solicitada

$$Q_I = \sqrt{5630,46^2 + 267,8^2} = 5\,636,83 \text{ kgf}$$

$$M_I = \sqrt{42.468,52^2 + 5030,22^2} = 47.765,39 \text{ kgf}$$

Tensões Atuantes

$$\sigma_t = \frac{M_t}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{47765,39}{\frac{\pi d^3}{32}} = \frac{48\,653,43}{d^3}$$

$$\tau_T = \frac{M_T}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{11936,67}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{60792,96}{d^3}$$

$$\tau_Q = \frac{Q}{\frac{\pi d^3}{4}} = \frac{5636,83}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{7177,03}{d^2}$$

Tensões de Comparação

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_t^2 + 3(\tau + \tau_T)^2}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{2,48 \times 10^{11}}{d^6} + \frac{2,62 \times 10^9}{d^5} + \frac{1,55 \times 10^8}{d^4}}$$

Tensão Admissível

Material do eixo AÇO ABNT-1050

$$\sigma_{rup} = 6330 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{ad} = \frac{\sigma_{rup}}{3} = 2110 \text{ kgf/cm}^2$$

$$p/d = 6,5 \rightarrow \sigma_c = 1897,61 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_{adm}$$

IV.4.3 - Dimensionamento do Eixo de Comando.

$$N = 0,29 \text{ CV}$$

$$n = 0,47 \text{ rpm}$$

Momento torsor

$$M_t = 71620 \frac{N}{n} = 71620 \times \frac{0,29}{0,47} = 44191,06 \text{ kgf/cm}$$

$$\tau = \frac{M_t}{W} = \frac{44191,06}{\frac{\pi d^3}{16}} = \frac{225063,22}{d^3} \text{ kgf/cm}^2$$

Material do eixo AÇO ABNT-1050

$$\sigma_{rup} = 6330 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} = \frac{6330}{3} = 2110 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{\sqrt{3}} = 1218,21 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau < \tau_{adm}$$

$$\frac{225063,22}{d^3} < 1218,21$$

$$d > 5,70 \text{ cm}$$

$$d_{escolhido} = 6,0 \text{ cm.}$$

BIBLIOGRAFIA

- DUBBEL - Manual do Engenheiro Mecânico - Vol.6 - S.Paulo - HEMUS - 1979.
- ROSSI, M. - Máquinas Operatrizes Modernas -
- STIPKOVIC, M. - Engrenagens - São Paulo - McGraw-Hill, 1973.
- DOBROVOLSKI, V. - Elementos de Máquinas - Moscou - Editorial MIR - 1976.
- FERRARI, ALFREDO V.F. - Anatomia do Torno Automático de Acionamentos Mecânicos - Apostila - 1976.
- ZAMPESE, BORIS - Manual de Elementos de Máquinas - EPUSP - 1976.

CATÁLOGOS DE FABRICANTES:

- TRAUBOMATIC IND. E COMÉRCIO LTDA.
- XERVITT IND. E COMÉRCIO DE MÁQUINAS LTDA.
- SKF ROLAMENTOS S.A.