

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE MÁQUINAS FERRAMENTAS**

USINAGEM DOS METAIS

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



31100107410

DEDALUS - Acervo - EESC

**PROF. DR. ROSALVO TIAGO RUFFINO
PROF. DR. EDUARDO VILA GONÇALVES FILHO**

**SÃO CARLOS, 1989
PUBLICAÇÃO 062/91
REIMPRESSÃO**

POSTILA

864um

3

R. 200 mm
2.1

LABORATÓRIO DE MÁQUINAS FERRAMENTAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

USINAGEM DOS METAIS

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Nota: Se em algum exercício houver falta de dados, o aluno deverá fazer as hipóteses que julgar necessárias para a solução do mesmo.



Prof.Dr. Rosalvo Tiago Ruffino
Prof.Dr. Eduardo Vila Gonçalves Filho



APOSTILA

R 864mm

e. d

syono K 1616788

Série 1

- 1) Numa operação de usinagem tem-se: ângulo saída da Ferr. 12° ; avanço $0,224 \text{ mm/v}$; ângulo de posição 90° ; ângulo de cisalhamento 30° ; velocidade de corte 40 m/min .

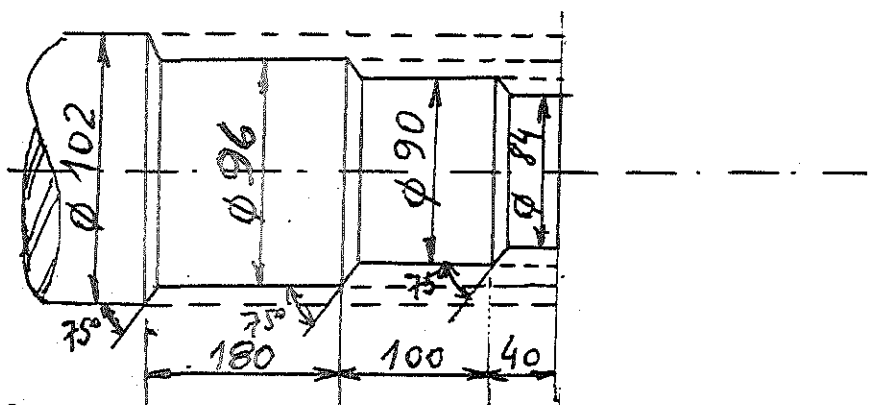
Calcular:

- a) grau de deformação do cavaco
 - b) velocidade de saída do cavaco
 - c) espessura média do cavaco
- 2) Num torneamento cilíndrico tem-se: peça-obra de ferro fundido 20 FF; dureza Brinell 200 kgf/mm^2 ; diâmetro inicial 230 mm ; diâmetro final 222 mm ; ângulo de saída da ferramenta -10° ; avanço $0,335 \text{ mm/v}$; rotação do eixo-árvore 180 rpm ; potência do motor instalado 10 CV ; rendimento do mecanismo de Transmissão 85% . Calcular:

- a) Cálculo da força e potência de corte segundo AWF.
 - b) Cálculo da força e potência de corte segundo KRONENBERG.
 - c) Cálculo da força e potência de corte segundo KIENZLE, para ângulo de posição 45°
- 3) Num torneamento cilíndrico tem-se: peça-obra de aço ABNT 8620; diâmetro inicial 76 mm ; diâmetro final 68 mm ; avanço $0,45 \text{ mm/v}$; ângulo de saída da ferramenta 10° ; ângulo de inclinação da aresta cortante 4° ; potência do motor instalado 15 CV ; rendimento do mecanismo de Transmissão 85% ; rotações disponíveis no eixo-árvore: ... 224 ; 280 ; 355 ; 450 ; 560 ; 710 ; 900 ; rpm. Calcular
- a) força de corte segundo KIENZLE, para $\chi = 60^\circ$
 - b) A máxima rotação do eixo-árvore em função da potência instalada.

- 4) Num torneamento cilíndrico tem-se: peça-obra Aço ABNT 1045; velocidade de corte 80 m/min ; profundidade de corte 5 mm ; avanço $0,40 \text{ mm/v}$; ferramenta de metal duro P 30; ângulo de posição 45° ; ângulo de folga 6° ; encontra-se para $\gamma = 8^\circ$ e para $\gamma = -8^\circ$ os valores $h' = 0,5 \text{ mm}$ e $h' = 0,95 \text{ mm}$ respectivamente. Calcular:

- a) O grau de recalque; o grau de deformação; o ângulo de cisalhamento; a velocidade do cavaco para cada ângulo de saída.
- b) A força principal de corte segundo AWF, ASME, KRONENBERG e KIENZLE. (admitir $\lambda = -4^\circ$)
- c) A potência de corte a partir da média das forças calculadas em "b".
- 5) Num torneamento cilíndrico tem-se: peça-obra de ferro fundido FF 25 com dureza Brinell 220 kgf/mm^2 ; diâmetro inicial 600 mm; diâmetro final 590 mm; máquina com motor instalado de 20 CV; rendimento 80%; rotações do eixo-árvore: 71; 90; 112; 140; 180; 224; 280;; avanços a partir de 0,02mm/v e razão 1,12 (0,02; 0,022; 0,025; 0,032; 0,036; 0,04; 0,045; 0,05; 0,056; 0,063; 0,071; 0,08; 0,09; 0,10; 0,11; 0,125; 0,14; 0,16; 0,18; 0,20;)
- a) Escolher e indicar ferramenta e suas características para essa operação.
- b) Fixar condições de usinagem.
- c) Calcular a força principal de corte usando os critérios de KIENZLE e de KRONENBERG.
- d) Calcular a potência de corte para cada caso de "c" e verificar se a máquina tem condições para a operação desejada.
- 6) Torneamento de aço ABNT 1020 com ferramentas de Aço Rápido e/ou Metal Duro P 20; avanço 0,315 mm/v ângulo de saída da ferramenta 15° e ângulo de inclinação da aresta cortante 0° , conforme esquema:



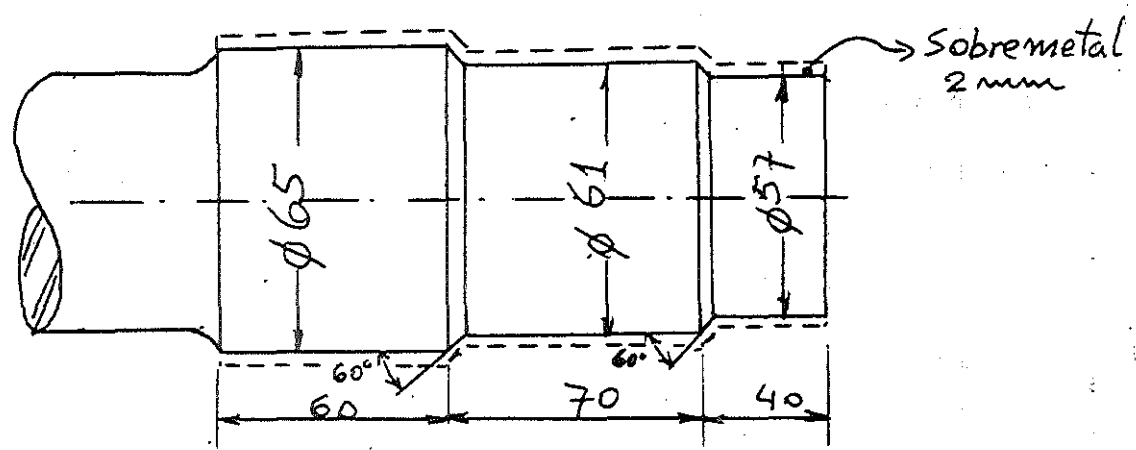
Calcular:

- a) Velocidade de corte para $T = 60$ min e $T = 30$ min.
- b) Para as operações da figura escolher rotação do torno (série R 20/2) e determinar o número de peças usinadas $\sqrt{\text{vida}}$ da ferramenta.

Obs: R 20/2 = 35,5 ; 45 ; 56 ; 1800 rpm

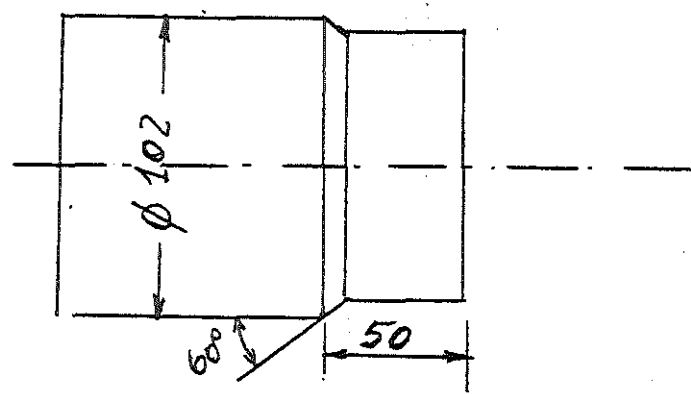
7) Num torneamento cilíndrico de desbaste, tem-se: peça-obra Aço ABNT 1030; ferramentas de Aço Rápido $x = 7,5$; $K = 2 \times 10^{12}$; de metal duro $x = 3,75$; $K = 7 \times 10^9$; sobre-metal do processo de fabricação anterior: 2 mm Torno: 12 rotações (63 2800; $\varphi = 1,4$) potência do motor 15 CV Pedem-se:

- a) Escolher as condições de operação (avanço e rotação) para cada ferramenta (AR e MD).
- b) Calcular as potências.
- c) Calcular o número de peças por vida da ferramenta, em cada caso



8) Num torneamento cilíndrico Tem-se:

- Peça-obra Aço ABNT 1045 - (St 60.11)
- diâmetro inicial 102 mm
- lote 3000 peças
- ferramenta metal duro: inserto reversível triangular P 20 cuja característica é $v T^{0,275} = 220$ para $a = ,22$ mm/v
- Tempo para trocar a ferramenta : 2 min.
- Custo do porta ferramenta : 800.000 Cr
- vida do porta ferramenta : 700 fios
- custo de cada inserto : 30.000 Cr
- custo mão-de-obra + máquina : 38.000 Cr/h
- máquina : potência instalada 7 CV, $\eta = 0,85$
- rotações: 16; 22,4; 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710 rpm.



Calcular:

- a) Velocidade de máxima produção, mínimo custo e intervalo de máxima eficiência para essa máquina.
- b) Para cada rotação do IME calcular a máxima profundidade de corte em face da potência instalada, conforme critério de KIENZLE
- c) Escolher a rotação mais conveniente do item anterior e para ela calcular o número de insertos necessários para usinar o lote de 3000 peças.

9) Num torneamento cilíndrico tem-se:

- peça-obra: Aço ABNT 4135 (~ 34 Cr Mo 4) com diâmetro inicial 76 mm e diâmetro final 66 mm; percurso de avanço 90 mm.

- avanço escolhido: 0,4 mm/v

- ferramenta: inserto reversível quadrado P 20

- dados de tempo e de custo:

mão de obra: 4.000 Cz/h

máquina: 16.000 Cz/h

inserto: 10.000 Cz/ unidade

Porta ferramenta: 500.000 Cz/para 800 fios

matéria prima: 900 Cz/peça

custo geral indireto: 70 Cz/peça

preparação da máquina: 30 min.

troca da ferramenta: 2 min.

afiação - será feita na ferramentaria

tempo improdutivo : 5 min./peça

lote : 2500 peças

Rotações do torno: 71; 90; 112; 140; 180; 224; 280; 355; 450; 560; 710; 900 rpm.

- Pedem-se:
- a) Escolher rotação dentro do IME
 - b) Calcular produção horária
 - c) Número de peças usinadas/vida da ferramenta
 - d) Consumo de pastilhas para o lote
 - e) Custo total por peça.

Série 2

1 - No torneamento de um aço ABNT 1035 nas condições de usinagem:

$v = 100$ m/min; $p = 3$ mm e $a = 0,30$ mm/ giro com uma ferramenta de metal duro P 25 com geometria $X = 60^\circ$; $\alpha = 5^\circ$ e $r = 1$ mm, encontra-se para $\gamma = 6^\circ$ e para $\gamma = -6^\circ$ os valores $h' = 0,60$ mm e $h' = 0,85$ mm., respectivamente. Determinar:

- O grau de recalque R_c , o grau de deformação E_o , o ângulo de cisalhamento ϕ , a velocidade do cavaco V_c , a velocidade de cisalhamento V_2 ;
- A força de corte P_c e a potência de Corte N_c , segundo a AWF, ASME e KIENZLE.
- Usando a potência média N_{cm} , verificar se esta operação pode ser realizada num torno de 7 cv e rendimento 0,80. Caso não seja possível, indique as providências a serem tomadas.

2 - No torneamento de um eixo de aço ABNT 1060, de diâmetro 75 mm, optou-se pelas seguintes grandezas de corte:

$$p = \underline{7} \text{ mm}$$

$$a = \underline{0,315} \text{ mm/volta}$$

$$n = \underline{560} \text{ rpm}$$

A ferramenta é de metal duro P₃₀ com $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = \underline{10^\circ}$; $\lambda = 0^\circ$;
 $X = 75^\circ$ e $r = 1$ mm.

Pede-se:

- Calcular a força de corte P_c , segundo KIENZLE.
- Admitindo-se rendimento do torno $\eta = 0,75$ e potência do motor $N_m = 22$ cv, verificar a exequibilidade da operação. No caso de impossibilidade que providências você poderá tomar?

3 - No torneamento de um eixo de aço ABNT 1045, de diâmetro 100 mm, optou-se pelas seguintes grandezas de corte:

$$P = \underline{4} \text{ mm}$$

$$a = \underline{0,25} \text{ mm/volta}$$

$$n = \underline{360} \text{ rpm}$$

A ferramenta é de metal duro P₃₀ com $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = \underline{3^\circ}$; $\lambda = 0^\circ$;
 $X = 75^\circ$ e $r = 1$ mm.

Pede-se:

1. Calcular a força de corte P_c , segundo KIENZLE.
 2. Admitindo-se rendimento do torno $\eta = 0,75$ e potência do motor $N_m =$ 15 cv, verificar a exequibilidade da operação. No caso de im possibilidade que providências você poderá tomar?
- 4 - No torneamento de um aço ABNT 1045 de 200 mm de diâmetro, usou-se uma ferramenta de metal duro P20 com geometria $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = 6^\circ$; $\chi = 75^\circ$ e $r = 1\text{mm}$, Nas seguintes condições de usinagem: $p = 3\text{ mm}$ e $n = 120\text{ rpm}$. O torno utilizado possui um motor com 10 cv de potência e rendimento de 0,70. Qual deve ser o avanço a ser colocado no torno para que ele seja utilizado ao máximo?

- 5 - No torneamento de um eixo fofo ABNT GG 26, de diâmetro 80 mm, optou-se pelas seguintes grandezas de corte:

$$p = \underline{3} \text{ mm}$$

$$a = \underline{0,20} \text{ mm/volta}$$

$$n = \underline{400} \text{ rpm}$$

A ferramenta é de metal duro com $\alpha = 6^\circ$; $\gamma = \underline{-6^\circ}$; $\lambda = 0^\circ$; $\chi = 75^\circ$ e $r = 1\text{mm}$.

Pede-se:

1. Calcular a força de corte P_c , segundo KIENZLE.
 2. Admitindo-se rendimento do torno $\eta = 0,75$ e potência do motor $N_m =$ 10 cv, verificar a exequibilidade da operação. No caso de impossibilidade que providências você poderá tomar?
- 6 - Pretende-se tornear um eixo de aço ABNT 1060, de diâmetro 75 mm com as seguintes condições:
- $$p = 4 \text{ mm}$$
- $$a = 0,36 \text{ mm/v}$$
- $$n = 630 \text{ rpm}$$
- ferramenta: metal duro P20; $\chi = 50^\circ$; $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $r = 1\text{mm}$
- Calcular: 1) força e potência de corte segundo ASME, AWF, KRONENBERG e KIENZLE.
- 2) Admitindo-se rendimento do torno $\eta = 0,75$ e potência do motor $N = 20\text{ CV}$ verificar a exequibilidade da operação. No caso de potência instalada ser insuficiente, que providências você poderá tomar?
- 7 - Idem ao enunciado anterior para o aço ABNT 1035.

Nas condições de usinagem.

$a = 0,45$ mm/volta,

$p = 6$ mm,

$n = 500$ rpm,

Com um motor de 25 CV e $\eta = 0,75$.

- 8 - Pretende-se torneare um eixo de aço ABRNT 1060, de diâmetro 75mm com as seguintes condições:

$p = 6$ mm

$a = 0,45$ mm/v

$n = 500$ rpm

ferramenta: metal duro P 20; $\chi = 50^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\lambda = 0$; $r = 1$ mm.

Calcular: 1) força e potência de corte segundo ASME, AWF, KROMENBERG e KIENZLE

- 2) Admitindo-se rendimento do torno $\eta = 0,75$ e potência do motor $N = 25$ CV verificar a exequibilidade da operação. No caso da potência instalada ser insuficiente, que providências você poderá tomar?

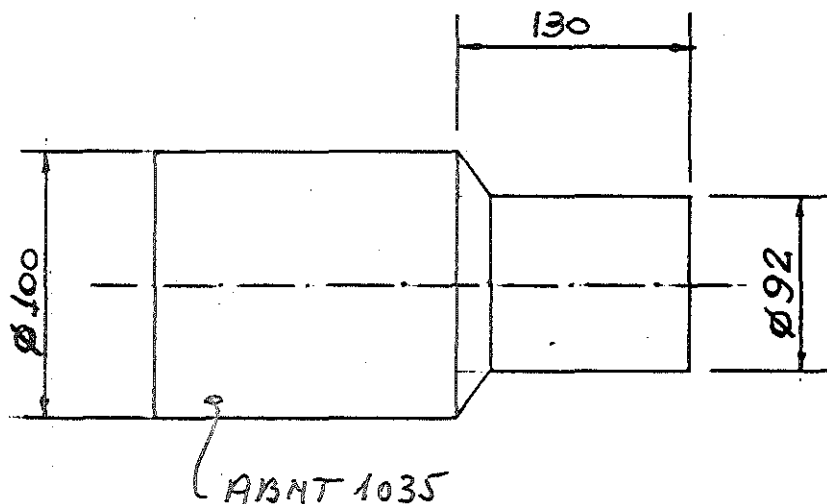
- 9 - Na operação de torneamento esquematizada abaixo, será utilizado um tor no com rotações: 71 - 90 - 112 - 140 - 180 - 224 - 280 - 350 - 450 - 560 - 710 - e 900 rpm e uma ferramenta de inserto reversível triangular P 20, trabalhando com um avanço de 0,3 mm/volta e 2 mm de profundidade de corte. Com base nesses dados e nos da tabela abaixo pede-se:

- Escolher a rotação de trabalho com base no intervalo de máxima eficiência.
- A produção horária
- O número de peças usinadas por vida da ferramenta
- O consumo de pastilhas para o lote dado
- O custo por peça

Tabela 1 - Dados de tempo e custo

custo da mão de obra (€/h)	80,00
custo da máquina (€/h)	300,00
custo do inserto triangular (€)	70,00
custo do porta-ferramenta com uma vida de 500 fios (€)	2.000,00
custo da matéria-prima (€/peça)	20,00
custo geral indireto. (€/peça)	5,00

tempo preparação da máquina (minuto).....	40
tempo de troca da ferramenta (minuto/peça).....	3
tempo de afiação (minuto/peça).....	0
tempo improdutivo (minuto/peça).....	6
lote	500



10 - A peça abaixo deve ser produzida em um torno copiador que possui, além do carro copiador, um carro vertical de avanço radial. O esquema das ferramentas também está mostrado.

Pede-se:-

- Determinar a rotação a ser colocada na folha de processo.
- Determinar a programação de troca de ferramenta.
- A produção horária.
- O custo de fabricação por peça.

Dados:-

. máquina

$S_m = 300,00 \text{ €/hora.}$

rotações = 200 - 250 - 300 -

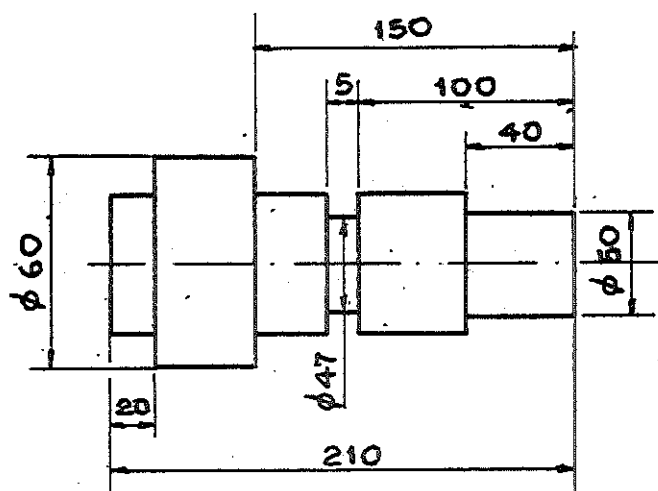
400 - 500 - 650 - 800 - 1000 - 1250 -

1550 - 2000 - 2500 -

. Ferramentas

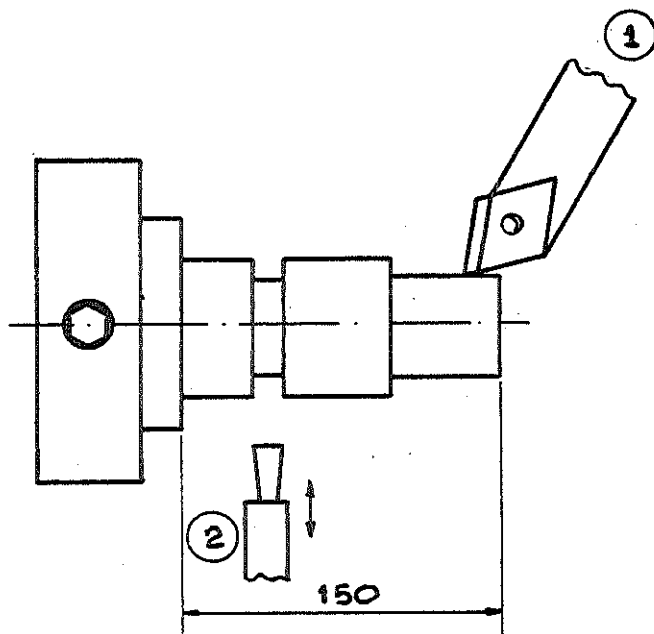
TIPO E CLASSE	INSERTO REVERSÍVEL		PASTILHA SOLDADA
	P20		P30
avanço (mm/volta).....	0,30		0,30
custo do suporte (€\$).....	1.300,00		-----
vidado suporte (em nº de fios)	250		-----
custo do inserto (€\$).....	50		-----
número de fios (Ns).....	2		-----
custo da ferramenta (€\$).....	- - -		2.000,00
custo de afiação.....	- - -		20,00
Nº de vidas.....	- - -		10

. Desenho da Peça



AÇO ABNT 4135

. Esquema da Montagem das Ferramentas



11 - Um torno paralelo apresenta as seguintes rotações do eixo árvore:
 2,24, 2,50, 2,80, 3,15, 3,55, 4,00, 4,50, 5,00, 5,60, 6,30, 7,10,
 8,00, 9,00, 10,00, 11,2, 12,5, 14,0, 16,0, 18,0, 20,0, 22,4, 25,0
 28,0, 31,5, 35,5, 40,0, 45,0, 50,0, 56,0, 63,0, 71,0, 80,0, 90,0,
 100,0, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 250, 280, e 315 rpm

Potência instalada: 20 CV

Usando-se ferramenta de metal duro P20, em forma de insertos quadrados (4 fios de corte), pretende-se usinar aço ABNT 1060 com diâmetro D 500 mm, nas seguintes condições de usinagem: $a = 0,4$ mm/v, $p = 2,5$ mm.

Custos: 1) Salário operador mais preço hora da máquina @ \$ 85/hora
 2) Custo porta ferramenta @ \$ 85,00
 3) Custo inserto reversível @ \$ 30,00
 4) Vida do porta ferramenta 500 fios de corte.

Utilizando-se a fórmula de KIENZLE para cálculo da força principal de corte. Pede-se:-

Em que velocidade esse torno pode funcionar nessa operação para maior eficiência admitindo-se seu rendimento = 80%? Sabe-se ainda que:

$$\alpha = 30^\circ$$

$$t_{ft} = 2 \text{ min}$$

12 - Um torno paralelo apresenta as seguintes rotações do eixo árvore:
 2,24, 2,50, 2,80, 3,15, 3,55, 4,00, 4,50, 5,00, 5,60, 6,30, 7,10,
 8,00, 9,00, 10,00, 11,2, 12,5, 14,0, 16,0, 18,0, 20,0, 22,4, 25,0
 28,0, 31,5, 35,5, 40,0, 45,0, 50,0, 56,0, 63,0, 71,0, 80,0, 90,0,
 100,0, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, e 315 rpm.

Potência instalada: 20 CV.

Usando-se ferramenta de metal duro P20, em forma de insertos quadrados (4 fios de corte), pretende-se usinar aço ABNT 1060 com diâmetro D 250 mm, nas seguintes condições de usinagem: $a = 0,4$ mm/v, $p = 2,5$ mm.

Custos: 1) Salário operador mais preço hora da máquina @ \$ 55 /hora
 2) Custo porta ferramenta @ \$ 85,00
 3) Custo inserto reversível @ \$ 30,00
 4) Vida do porta ferramenta 500 fios de corte.

Utilizando-se a fórmula de KIENZLE para cálculo da força principal de corte. Pede-se:

Em que velocidade esse torno pode funcionar nessa operação para maior eficiência admitindo-se seu rendimento = 80%? Sabe-se ainda que:

$$-\chi = 30^\circ$$

$$-t_{pe} = 2 \text{ min.}$$

13 - No torneamento de um eixo de aço ABNT 1045, de diâmetro igual a 90mm, deseja-se usar as condições de usinagem abaixo:

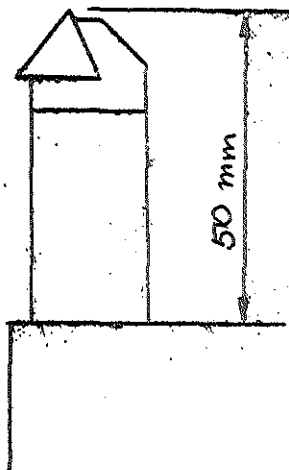
$$a = 0,35 \text{ mm/volta; } p = 5 \text{ mm; } n = 400 \text{ rpm.}$$

A ferramenta a ser usada é uma pastilha de M.D (P30), de fixação mecânica com geometria $\alpha = 5^\circ$; $\gamma = 8^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $\chi = 45^\circ$ e $r = 1 \text{ mm}$.

Dispõe-se de 2 tornos paralelos novos para realizar a operação, um de 20 CV e rendimento de 0,70 e outro de 15 CV e rendimento de 0,80.

Pede-se:

- Escolher o torno que melhor se adapte à operação, justificando.
- Verificar se a ferramenta escolhida (pastilha, Cabo e comprimento em balanço) é adequada, sabendo-se que a máxima deflexão admissível no plano vertical é de 0,05 mm. Caso não seja, indique as alterações a serem feitas.



Dados do Cabo:

. seção: 20 x 20

. material: Aço ABNT 1060

$$\sigma_R = 70 \text{ Kgf/mm}^2$$

OBS:- Desprezar efeitos torcionais

14 - No torneamento de uma peça de Aço ABNT 8620 (Figura 1), pretende-se utilizar a montagem mostrada na Figura 2. O torno a ser usado possui uma potência de 15 CV e um rendimento de 0,75. Adotando-se um avanço de 0,25 mm/volta e uma rotação de 400 rpm, verificar se esta operação pode ser realizada neste torno. Caso isto não ocorra, indique as possíveis soluções.

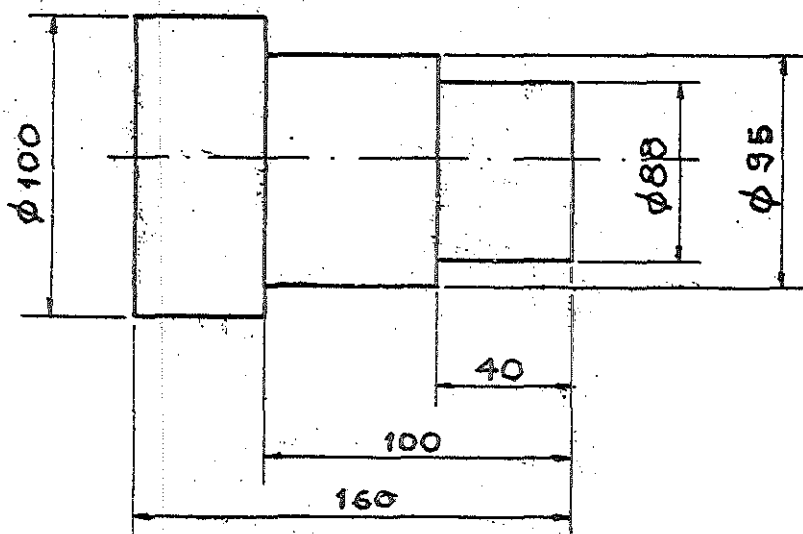
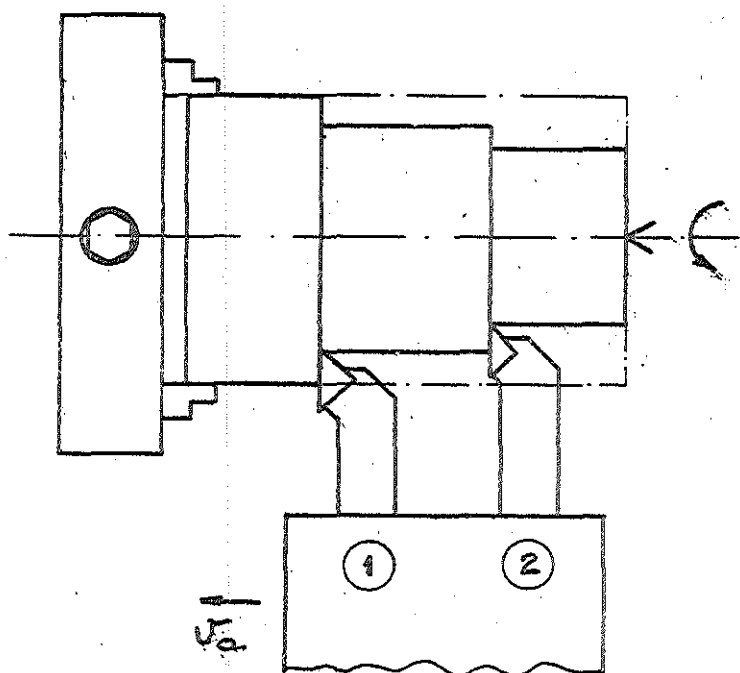


Figura 1

material: ABNT 8620

$$R = 80 \text{ Kgf/mm}^2$$

Figura 2 - Esquema da Operação



Ferramentas de M.D

P20 com

$$\alpha = 5^\circ$$

$$\gamma = 10^\circ$$

$$\lambda = 0^\circ$$

$$\chi = 90^\circ$$

$$\chi_L = 5^\circ$$

$$r = 1 \text{ mm.}$$

15 - Na usinagem de um aço ABNT 1045 com as condições de usinagem.

$a = 0,5 \text{ mm/ giro}$; $p = 2 \text{ mm}$ e $v = 46 \text{ m/min}$ usou-se uma ferramenta de metal duro com a geometria $\alpha = 8^\circ$; $\gamma = 6^\circ$; $\lambda = 5^\circ$; $\chi = 60^\circ$; $\epsilon = 90^\circ$ e $r = 1 \text{ mm}$. Calcular a força de corte P_c pelo método da tensão - dinâmica de cisalhamento.

16 - Ensaaiando-se o material Aço 25 Cr Mo 4 (SAE 4130) com ferramenta de metal duro P10 encontrou-se:

$$P_c = 320 \text{ Kgf}; P_a = 140 \text{ Kgf}; K_s = 170 \text{ Kgf/mm}^2; V_c = 55 \text{ m/min}$$

As condições de usinagem foram:

$$a = 0,75 \text{ mm/giro}$$

$$p = 2 \text{ mm}$$

$$v = 100 \text{ m/min}$$

A geometria da ferramenta era: $\alpha = 8^\circ$; $\gamma = 5^\circ$; $\epsilon = 90^\circ$; $\lambda = -6^\circ$; $\chi = 62^\circ$ e $r = 1 \text{ mm}$.

Determinar:

- Grau de recalque R_c , o ângulo ϕ , o grau de deformação ϵ_o , a velocidade de deformação $\dot{\epsilon}_o$, a velocidade de cisalhamento V_z .
- A tensão dinâmica de cisalhamento τ_s .
- A potência de corte N_c .

17 - No torneamento de um aço St 34 (AISI 1010)

Nas condições de usinagem: $v = 120 \text{ m/min}$; $p = 2 \text{ mm}$ e $a = 0,35 \text{ mm/giro}$ com uma ferramenta de metal duro com $\chi = 60^\circ$; $\alpha = 5^\circ$ e $r = 1 \text{ mm}$, encontrou-se para $\gamma = 10^\circ$ e para $\gamma = -10^\circ$ os valores $h' = 0,78 \text{ mm}$ e $h' = 0,99 \text{ mm}$, respectivamente. Determinar:

- O grau de recalque R_c , o grau de deformação ϵ_o , a velocidade de deformação $\dot{\epsilon}_o$, considerando a espessura da zona de cisalhamento igual a $0,02 \text{ mm}$, o ângulo de cisalhamento ϕ , a velocidade do cavaço V_c , a velocidade de cisalhamento V_z .
- As forças de corte P_c e de avanço P_a e a resultante P_v , usando o método da Tensão Dinâmica de cisalhamento e da pressão específica de corte.
- A potência de corte.

18 - Com os dados abaixo, calcular:

- A força de corte P_c , segundo a AWF, KRONENBERG E KIENZLE.
- A potência de corte N_c , para a força de corte média do item anterior.
- A potência do motor N_m , supondo-se um rendimento de $0,6$.
- A força de avanço P_a e de profundidade P_p .
- A rotação a ser colocada no torno.

Dados:

Material da peça: Aço ABNT 1045, $\phi 150 \text{ mm}$

Ferramenta: Metal Duro P30

$$\alpha = 5^\circ; \gamma = 10^\circ; \lambda = -4^\circ; \chi = 75^\circ$$

condições de corte: $a = 0,30$ mm/giro,

$$p = 6 \text{ mm}, v = 150 \text{ m/min}$$

19 - Idem do enunciado anterior com os dados:

Material da peça: Aço 34 Cr Mo 4, \varnothing 100 mm

Ferramenta: Metal duro P10

$$\alpha = 5^\circ, \gamma = 12^\circ, \lambda = 0^\circ, \chi = 90^\circ$$

Condições de usinagem: $a = 0,12$ mm/giro

$$p = 2,5 \text{ mm}$$

$$v = 200 \text{ m/min}$$

rotações disponíveis no torno: 35,5; 45; 56; 71; 90; 112; 140; 180;
224; 280; 355; 450; 560; 710; 900;
1120.

20 - Para fazer os diâmetros \varnothing 80 e \varnothing 75 do pino da figura abaixo, dispõe-se do seguinte processo: uma ferramenta (1) fixada na torre posterior faz \varnothing 80 e uma ferramenta (2) fixada no carro anterior faz \varnothing 75.

Pede-se:

- Discutir a rotação de trabalho em função do I.M.F.
- Qual a vida das ferramentas?
- Qual a produção horária?
- Qual o consumo de pastilhas para o lote dado?
- Qual o custo das ferramentas por peça?
- Qual o custo de produção por peça?

Dados:-

material da peça: ABNT 1035

Ferramentas: insertos reversíveis quadrados P20

condição de usinagem: $n = 400$ rpm

$$a = 0,3 \text{ mm/v}$$

Lote: 5000 peças

Custo de inserto: @ \$ 60,00

Custo do porta-ferramenta: @ \$ 400,00, com vida de 300 fios

Tempo de troca: $t_{ft} = 2$ min.

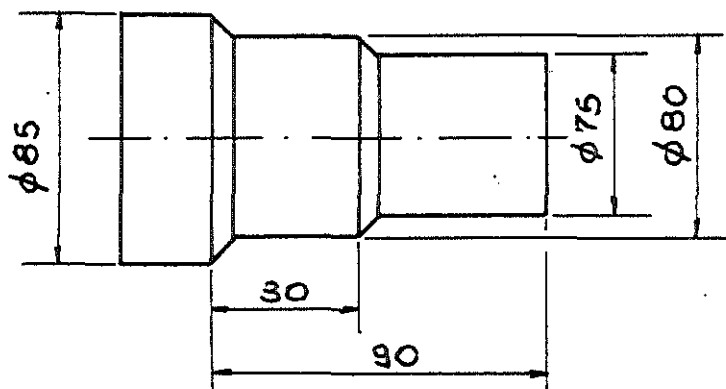
Salários: $S_h = @ \$ 80,00 / h$

$$S_m = @ \$ 150,00 / h$$

Tempos improdutivos: $t_1 = 2,5$ min/

Custo geral indireto = @ \$ 0,20/peça.





21 - Calcular a velocidade de máxima produção ($V_{m\dot{x}p}$) e a velocidade econômica de corte (V_o) numa operação de torneamento sabendo-se que:

material usinado - Aço ABNT 1035

Ferramenta - P10

Avanço - 0,3 mm/giro

Tempo de troca +

tempo de afiação - 2 min

Custo C_2 - 50,00 €/hora.

Custo C_3 - 20,00 €

22 - Numa operação de torneamento temos:

- material = Aço ABNT 1035

ϕ 150 mm

$l_a = 50$ mm

- Ferramentas disponíveis:

. Insertos reversíveis P20, custando € 40,00 com 3 gumes usáveis e com suporte da pastilha custando € 500,00 e uma duração aproximada de 400 arestas. Condições de usinagem $V = 100$ m/min., e

$a = 0,4$ mm/giro

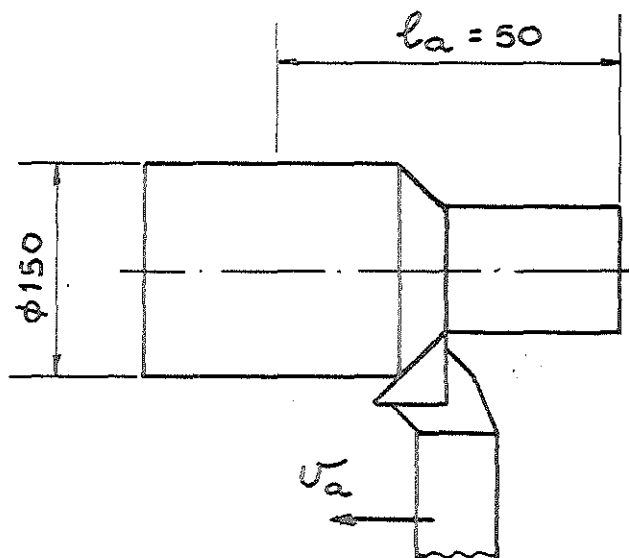
. Bits de aço rápido (HSS), custando € 70,00 cada um e € 10,00 cada afiação e uma vida prevista de 5 afiações. Condições de usinagem:

$V = 30$ m/min e $a = 0,2$ mm/g.

Pede-se:

a) Comparar as produções horárias para as duas alternativas.

b) Calcular o custo por peça p/ as duas alternativas.



23 - Numa operação de torneamento esquematizada abaixo tem-se:

Material	Aço ABNT 8640, ϕ 100 mm
Peça	laminado, 190 HB
Operação	Desbastar de ϕ 100 para ϕ 95 mm., em um único passe no comp. de $l_a = 300$ mm
Máquina	Torno Universal e/ rotações. 25 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 630 800 1000 1250 1600 rpm.
Ferramenta	M.D. P20 $\chi = 90^\circ$, $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = 6^\circ$ $\chi_e = 5^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $r = 1$ mm. Pastilha Soldada.
Condições de Usinagem.	$a = 0,4$ mm/volta $p = 2,5$ mm s/ refrigerante de corte

Curva de Vida da
Fer/

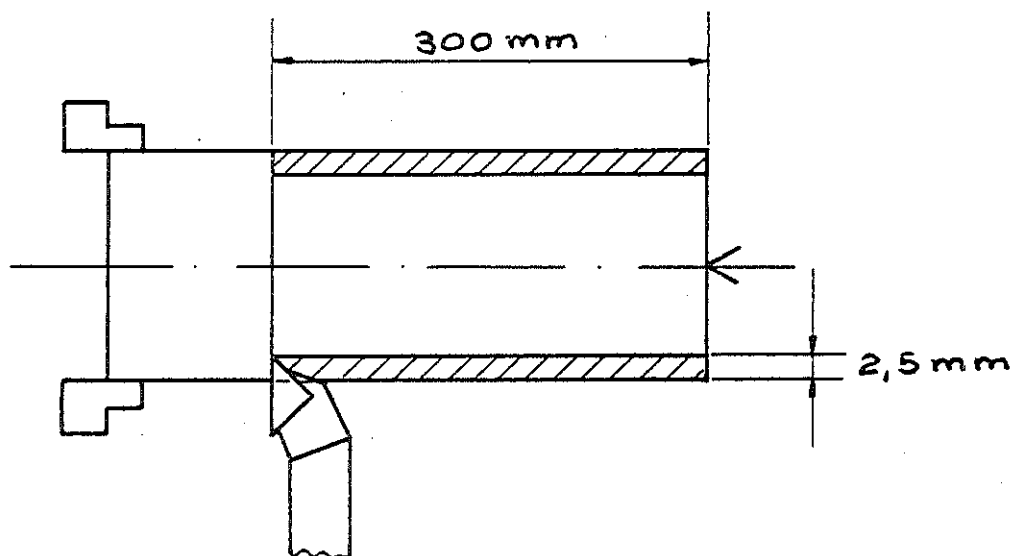
Dados Econômicos e Auxiliares

$S_n + S_m$	€\$ 400,00
K_{ft}	€\$ 30,00
t_{ft}	3,60 min
t_a	0,21 min
t_s	0,36 min
t_p	25 min
Z	800 peças

Pede-se:

a) Calcular o I.M.E, desprezando a influência da N_c necessária.

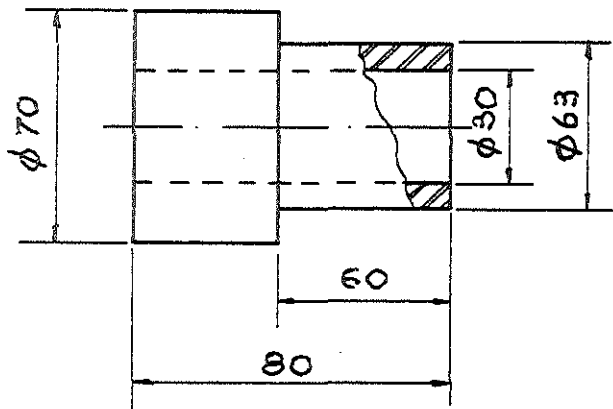
Esquema da Operação:



24 - A peça da figura 1 deve ser feita em um torno revólver, seguindo o processo dado pela tabela 1. A operação 20 é feita com uma ferramenta de metal duro P30 (pastilhas triangulares intercambiáveis) cuja equação de vida é $T \times v^{2,35} = 1,07 \times 10^6$ e a operação 40 é feita por uma ferramenta de pastilha intercambiável triangular P10 cuja equação de vida é $T \times v^{3,34} = 6,14 \times 10^8$. Com base nesses dados e nos da tabela 2, pede-se:

- 1) Criticar a escolha da rotação na operação 20 e na operação 40 com relação aos intervalos de máxima eficiência de cada ferramenta.
- 2) Calcular a produção horária dessa peça. Supondo que somente essas duas ferramentas serão trocadas durante a fabricação do lote.
- 3) O custo da ferramenta por peça (Kuf) relativos às duas ferramentas anteriores.
- 4) A programação de troca de ferramenta.

FIGURA 1 - DESENHO DA PEÇA



Material: Tubo de Aço ABNT
1060 Ø3" x Ø1"

Lote: 500 peças.

Operação Número	Descrição da Operação	Condições de Usinagem
10	Facear a Peça	a= 0,4 mm/volta n= 400 rpm
20	Desbastar $\varnothing 75$ deixando com $\varnothing 70$ no comprimento de 85 mm.	a= 0,4 mm/volta n= 400 rpm
30	Desbastar $\varnothing 70$ para $\varnothing 65$ no comprimento de 60mm.	a= 0,4 mm/volta n= 400 rpm
40	Acabar $\varnothing 63$	a= 0,2 mm/volta n= 650 rpm
50	Tornear furo $\varnothing 30$ em um único passe no comprimento de 85 mm.	a= 0,2 mm/volta n= 900 rpm.
60	Cortar a peça no comprimento de 80 mm.	a= 0,2 mm/volta. n= 400 rpm.

TABELA 2 - DADOS DE CUSTO E TEMPO

Salário do Operador (C\$/h)	100,00
Salário da máquina (C\$/h).....	70,00
Custo do porta-ferramenta com vida de 300 fios (C\$).1.500,00	
Custo da pastilha P30 (C\$).....	50,00
Custo da pastilha P10 (C\$).....	70,00
Tempo de preparação (min).....	60
Tempo de troca da ferramenta (min).....	3
Tempo improdutivo (min/peça).....	3

25 - CASO VILA S.A.

A empresa VILA S.A. foi fundada em 1970 para a produção de peças de máquinas, pelo Sr. E. VILA e dois sócios, o Sr. A. CRUZ e o Sr. R. GAMBARRINI. Desde o início os três sócios dividiram as funções, o Sr. Vila teria sob sua responsabilidade a parte técnica da produção, o Sr. Cruz, a parte comercial e o Sr. Gambarini a parte administrativa.

A empresa se desenvolveu trabalhando na base de pedidos e hoje (1980) conta com 300 funcionários. A política da empresa, no início, foi aquela de trabalhar para diversos clientes por pedido e sempre repetitivos, entretanto, no início de 1980, surge a oportunidade de produzir pequenos contadores de água em quantidade bastante elevada, já que o mercado interno e o externo davam a impressão de que poderiam absorver tal produto, e que a VILA S.A. poderia produzir cerca de 200.000 unidades por ano, (a um preço provável de venda de R\$ 90,00 por unidade). Uma das principais peças do contador de água é o corpo de cobre, particularmente resistente à corrosão. A peça bruta vem obtida por fusão e pode ser produzida por fornecedores externos na quantidade desejada a um custo de R\$ 25,00/peça. Neste ponto, o Sr. Vila reuniu seus colaboradores para discutir as técnicas a se usar, para a fabricação dessa peça.

Tendo em conta que os trabalhos exigidos são todos de torneamento (externo de desbaste e acabamento, rosqueamento, sangramento), verificou-se que a usinagem poderia ser feita pelos tornos revólver ou pelos tornos automáticos existentes na firma (12 tornos revólver e 6 tornos automáticos). Os estudos foram iniciados considerando os tempos de produção sobre as máquinas do primeiro tipo e depois sobre aquelas do segundo tipo.

O Departamento de métodos preparou os ciclos de fabricação e forneceu os tempos de cada operação (ver tabela A), além disso, consultando a seção de contabilidade industrial, forneceu os custos principais (ver tabela B). Com base nesses dados:

- a) Calcular a produção horária para cada tipo de torno.
- b) Estabelecer uma política produtiva e escolher, com base no mínimo custo, entre os dois tipos de máquinas disponíveis.

TABELA A - Tempos de usinagem

CICLO 1 (TORNOS REVÓLVER)		CICLO 2 (TORNOS AUTOMÁTICOS)	
OPERAÇÃO	Tempo de corte (min)	OPERAÇÃO	Tempo de Corte (min)
Operação 1	0,30	Operação 1	0,10
" 2	0,35	" 2	0,40
" 3	0,40	" 3	0,20
" 4	0,20	" 4	0,50
" 5	0,25	" 5	0,10
" 6	0,50	" 6	0,35
" 7	0,10		
" 8	0,35		

Tempo de preparação da máquina = 30 min Tempo de preparação da máquina = 120 min
Tempo total de substituição da ferramenta + carga e descarga da peça = 3,50min/peça. Tempo total de substituição da ferramenta + carga e descarga da peça = 0,50 min/peça.

TABELA B - Custos de Usinagem

CUSTOS	CICLO 1	CICLO 2
Custo do material (R\$/peça)	25,00	25,00
Custo da máquina (R\$/hora)	50,00	110,00
Custo da mão-de-obra (R\$/hora)	150,00	150,00
Custo da mão-de-obra especializada (R\$/hora)	200,00	200,00

Os custos de ferramental são iguais para os dois ciclos.

OBS. 1) O tempo total de fabricação por peça é dado por:

$$t_t = t_c + t_i + \frac{t_p}{Z} \quad \text{onde}$$

t_c = tempo de corte (min/peça)

t_i = tempo improdutivo (min/peça)

t_p = tempo de preparação da máquina (min)

Z = número de peças do lote.