

# PRINCÍPIOS DE METROLOGIA INDUSTRIAL

## PREFÁCIO

Este roteiro de aulas práticas, corresponde à parte do curso de Tecnologia Mecânica que trata da Metrologia Industrial. A parte teórica do curso, tem o apoio da publicação intitulada "Introdução à Metrologia Industrial", do Prof. João Lirani.

As próximas edições, gradativamente abrangerão todo o curso de Tecnologia Mecânica, no que se refere à parte prática.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

AULA PRÁTICA nº 1: AJUSTAGEM - USO DE LIMAS

A) OBJETIVO: Introduzir o aluno ao aprendizado do manuseio correto de limas

B) PRÁTICA: Ajustar a peça conforme desenho fornecido.

No item I do relatório (Introdução), fazer uma descrição de li  
mas: tipos, formas, usos, etc.

C) QUESTÕES:

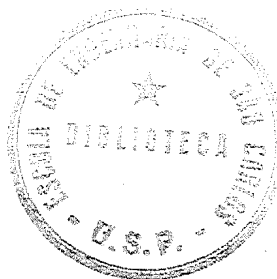
- 1) Defina com suas palavras o termo ajustagem
- 2) Se a superfície da peça estiver engordurada (pelo toque das mãos, por exemplo), a lima não remove material. Por que? Tente descrever como a lima retira material.
- 3) Geralmente, as limas são fabricadas com ligeira convexidade, ao invés de suas faces serem perfeitamente planas. Qual a razão disto?
- 4) As limas podem apresentar picado simples ou cruzado. Qual deles possibilita maior remoção de material por passagem? Qual deles confere melhor acabamento superficial à superfície limada?

D) MATERIAL

- peça, limas diversas e desenho da peça.

E) BIBLIOGRAFIA:

- Teoria del Taller - Escola Henry Ford
- Tecnologia Mecânica - Pezzano



ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS -USP

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

AULA PRÁTICA Nº 2: Comparadores de Amplificação Mecânica e Desvio de Posição:

- A) OBJETIVO: 1) Medição de "erro de batida" (um dos desvios de posição), em peças fornecidas, usando uma mesa entre pontos, eixos cônicos especiais e relógio comparador)
- 2) Tomar conhecimento de um mecanismo de amplificação de relógio comparador.

B) PRÁTICA:

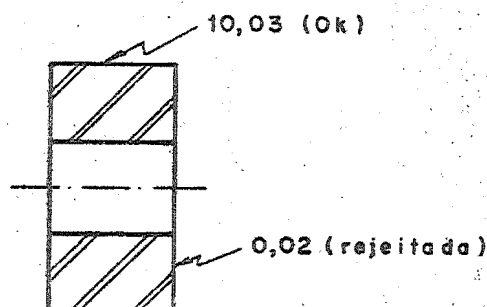
1) Inspeção das peças comparando com as especificações pedidas no processo de fabricação.

- 1.1) Inspeção de desvio de batida ( $\nearrow$ ) na peça nº 1.  
 1.2) idem na peça nº 2  
 1.3) idem " " nº 3  
 1.4) " " " nº 4

Obs.: as medidas encontradas devem ser indicadas em croquis acompanhadas da palavra "OK" ou "REJEITADA"

Exemplo: ver abaixo

- 1.5) Descreva fazendo esquemas, uma base de medição com relógio comparador e uma base magnética para comparadores.

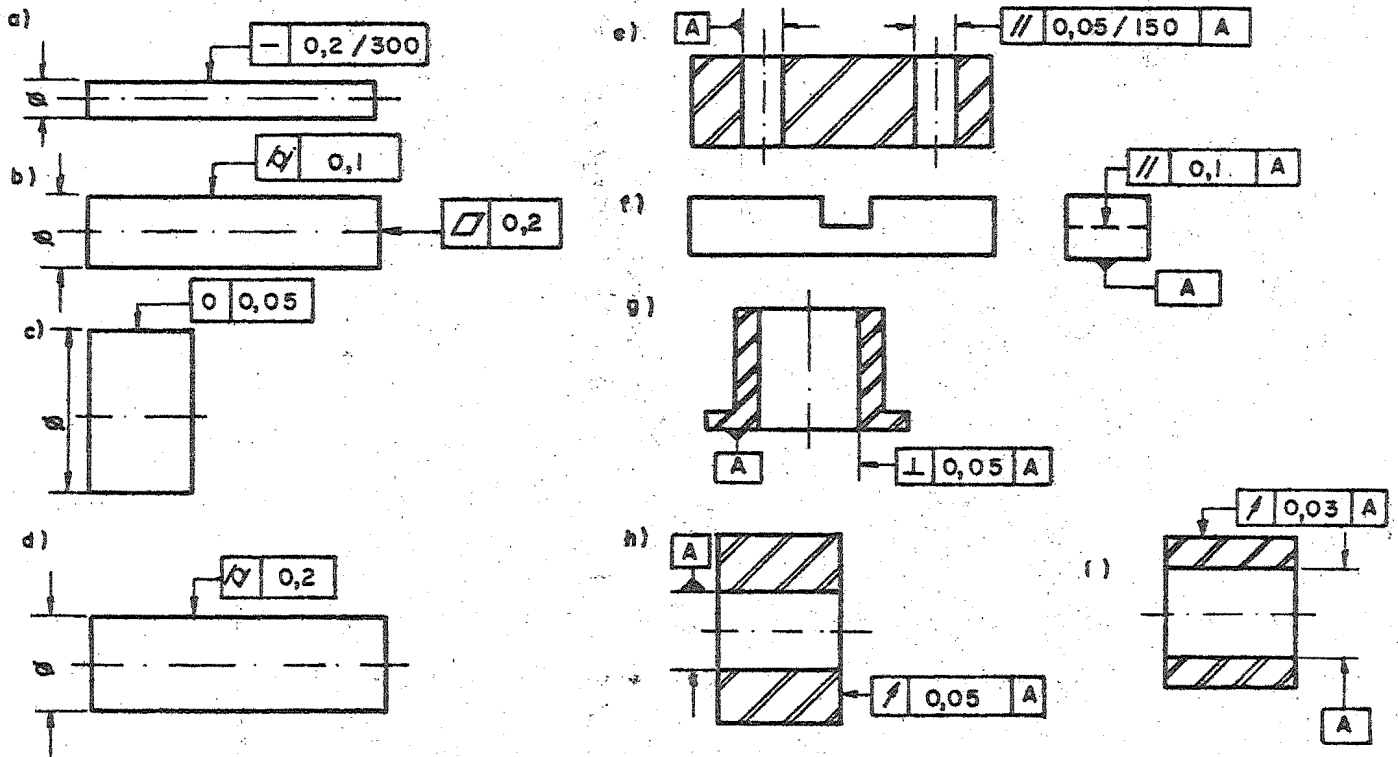


2) Verificação do mecanismo de amplificação do relógio comparador, e manuseio do relógio indicador.

- 2.1) Fazer esquema do mecanismo citado.

C) QUESTÕES:

- 1) Interpretar as seguintes especificações, de acordo com norma de "Tolerância de Forma e Posição"



- 2) Com relação à mesa com entre-pontos, tendo em vista aplicações gerais, o paralelismo do eixo "entre-pontos" com o plano da base, é importante por que?
- 3) Como se pôde inspecionar aquela condição da pergunta anterior? Use os meios que achar conveniente.
- 4) Com a base de medição, descreva como se faz uma medição direta e uma medição indireta.
- 5) Sugira como medir o ângulo de um cone de uma peça colocada entre pontos, usando relógio comparador. Imaginar a utilização do equipamento suplementar que for necessário.

#### D) MATERIAL:

- peças com respectivos processos de fabricação e desenhos.
- mesa com entre pontos
- relógio comparador (0,01) e relógio indicador (0,01)
- suporte para relógio
- base de medição
- padrão de altura.

E) BIBLIOGRAFIA

- Agostinho -; Rodrigues -, Lirani: - "Tolerâncias, Ajustes, Desvios, e Análise de Dimensões" - Ed. Edgar Blücher (1977)
- Cruz A.R., Jr. "Tolerancias de Forma e Posição" - publicação da EESC-USP (1976).
- PEZZANO - Tecnologia Mecânica

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA

AULA PRÁTICA Nº 3: Comparadores de Amplificação Pneumática

- A) OBJETIVO: Mostrar ao aluno o funcionamento de um comparador marca Solex, permitindo-lhe avaliar as vantagens deste tipo de medição, nas fabricações de altas séries.

Obs.: a parte introdutória do relatório deve constar de esquemas de funcionamento de um comparador pneumático Solex, e explicações sobre seu funcionamento, bem como esquema de medições de diâmetro interno, de comprimentos e de diâmetros externos.

B) PRÁTICA:

- 1) Tendo em vista inspecionar um lote de peças, conforme desenho fornecido, faça a montagem do aparelho. Depois realize a inspeção, "aprovando" ou "rejeitando" cada uma das peças.
- 2) Pode-se dizer que uma outra vantagem do calibrador tampão pneumático além da rapidez de inspeção é a "vida mais longa"? Por que?
- 3) Pode-se conhecer a "medida real" (medição direta) de uma certa peça, inspecionando-a com o comparador pneumático? Como?
- 4) Existem casos, onde a medição usando plug "sem contato" não pode ser utilizada. Deve-se usar o plug "com contato". Por que? Explique.
- 5) Explique a finalidade dos equipamentos avulsos apresentados (2 plugs, 1 "compasso", 1 "grinding gage").

- C) MATERIAL: peças, bloco padrão, base de medição, plugs, compasso pneumático, conjunto Solex, grinding gage.

D) BIBLIOGRAFIA:

Lirani: "Introdução à Metrologia Industrial" - publicação da EESC-USP.

Catalogo Solex

Catalogo Panambra

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

AULA PRÁTICA Nº 4: "Calibradores: Manuseio e projeto":

A) OBJETIVO: Familiarizar o aluno com o manuseio e com o projeto de calibradores de medição indireta; com o uso do súbito e com leitura de desenho técnico. Isto se consegue através da simulação de uma "Inspeção Final" em uma peça (carcaça de câmbio) numa fabricação em grandes séries.

B) PROCEDIMENTO:

1) Tendo em mãos o Processo de Fabricação da peça, e o Desenho do Produto Final, inspecionar uma a uma, todas as medidas assinaladas, usando os calibradores indicados no processo de fabricação. Emita seu parecer da seguinte forma:

medida (1) - OK

medida (2) - rejeitada

etc...

2) Com o material fornecido (desempenho, relógio comparador e suporte, macacos, etc) verifique a condição de planicidade e paralelismo medida para as duas faces da carcaça. Descreva o procedimento empregado, no relatório.

3) Explique o procedimento usado para a utilização do súbito, na inspeção dos furos.

4) Para que serve o "calibrador de boca ajustável", mostrado?

C) QUESTÕES:

1. Projetar um "calibrador de boca" e um "calibrador tampão duplo" para as medidas  $\phi 40h7$  e  $\phi 40H7$ , respectivamente. Utilizar os desenhos anexos, completando-o com as dimensões encontradas.

Obs.: o projeto deve se enquadrar na norma brasileira NB. 172.

2. Como é construído o "calibrador tesoura"? Como ele possibilita a leitura ampliada, da medida real? Projetar um calibrador tesoura para um canal interno de medida  $\phi 40H9$ , que dê uma amplificação 2x1 (ver desenho de calibrador tesoura anexo).

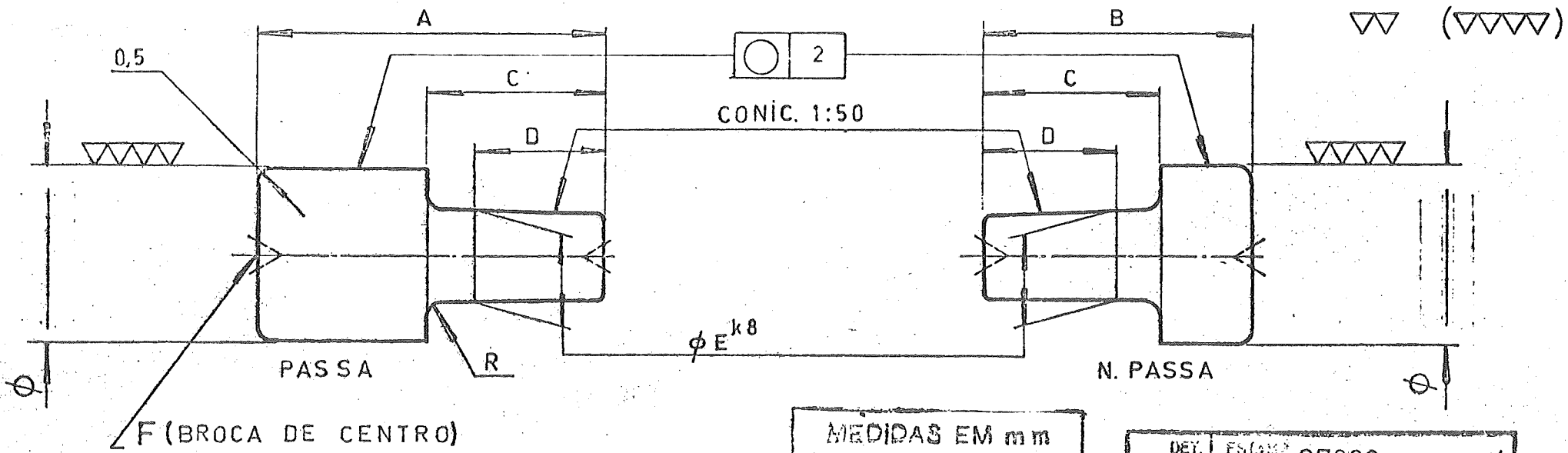
D) MATERIAL:

peça, desempenho, relógio comparador (0,001 mm) macacos (3), plano padrão, calibradores diversos, súbito.



E) BIBLIOGRAFIA:

- PEZZANO - Tecnologia Mecânica
- Norma Brasileira NB 172 - "Calibradores - Características Construtivas. Tolerâncias".
- LIRANI: - "Introdução à Metrologia Industrial" - Publicação da EESC



**MEDIDAS EM mm**

PROJ. Nº 10333

|        |  |                                   |
|--------|--|-----------------------------------|
| DET. X | ESTAMP. NUM. 27000   | DET. X                            |
| QT. 1  | MATL. AISI - 01  | LADO PASSA                        |
| ESC. - | TRAT. TERM. CEMENTAR <input type="checkbox"/> TEMPEAR <input checked="" type="checkbox"/> DUR.58-63 RC | MATAR CANTOS VIVOS NÃO FUNCIONAIS |

|        |  |                                   |
|--------|--|-----------------------------------|
| DET. Y | ESTAMP. NUM. 27000   | DET. Y                            |
| QT. 1  | MATL. AISI - 01  | LADO NÃO PASSA                    |
| ESC. - | TRAT. TERM. CEMENTAR <input type="checkbox"/> TEMPEAR <input checked="" type="checkbox"/> DUR.58-63 RC | MATAR CANTOS VIVOS NÃO FUNCIONAIS |

DEMAIS DIMENSÕES VER DET. ABAIXO

| DET. | DIM. DE CAL. | A    | B    | C  | D    | E   | k8            | F   | R   | USAR CABO 10333 | PASSA GASTO |
|------|--------------|------|------|----|------|-----|---------------|-----|-----|-----------------|-------------|
| 1    | DE 1 ATÉ 3   | 24,5 | 22   | 18 | 12,5 | 2,5 | $\pm 0^{+14}$ | 0-1 | -   | 0000 - 2        |             |
| 2    | " 3 " 6      | 29   | 26   | 21 | 14   | 4   | $\pm 0^{+18}$ | 2-5 | 1   | 0001 - 4        |             |
| 3    | " 6 " 10     | 35   | 31,5 | 25 | 17   | 5,5 | $\pm 0^{+18}$ | 4-9 | 1,6 | 0002 - 6        |             |
| 4    | " 10 " 14    | 40   | 38   | 30 | 21   | 7   | $\pm 0^{+22}$ | 6-3 | 2,5 | 0003 - 8        |             |
| 5    | " 14 " 18    | 47   | 43   | 35 | 25   | 9   | $\pm 0^{+22}$ | 6-3 | 2,5 | 0004 - 0        |             |
| 6    | " 18 " 24    | 50   | 46   | 38 | 26   | 12  | $\pm 0^{+27}$ | 8-7 | 2,5 | 0005 - 2        |             |
| 7    | " 24 " 30    | 54   | 48   | 38 | 26   | 12  | $\pm 0^{+27}$ | 8-7 | 2,5 | 0006 - 4        |             |

|   |          |   |                |         |
|---|----------|---|----------------|---------|
| Z | 10333.00 | 1 | CABO           | S T D   |
| Y |          | 1 | LADO NÃO PASSA | AISI-01 |
| X |          | 1 | LADO PASSA     | AISI-01 |

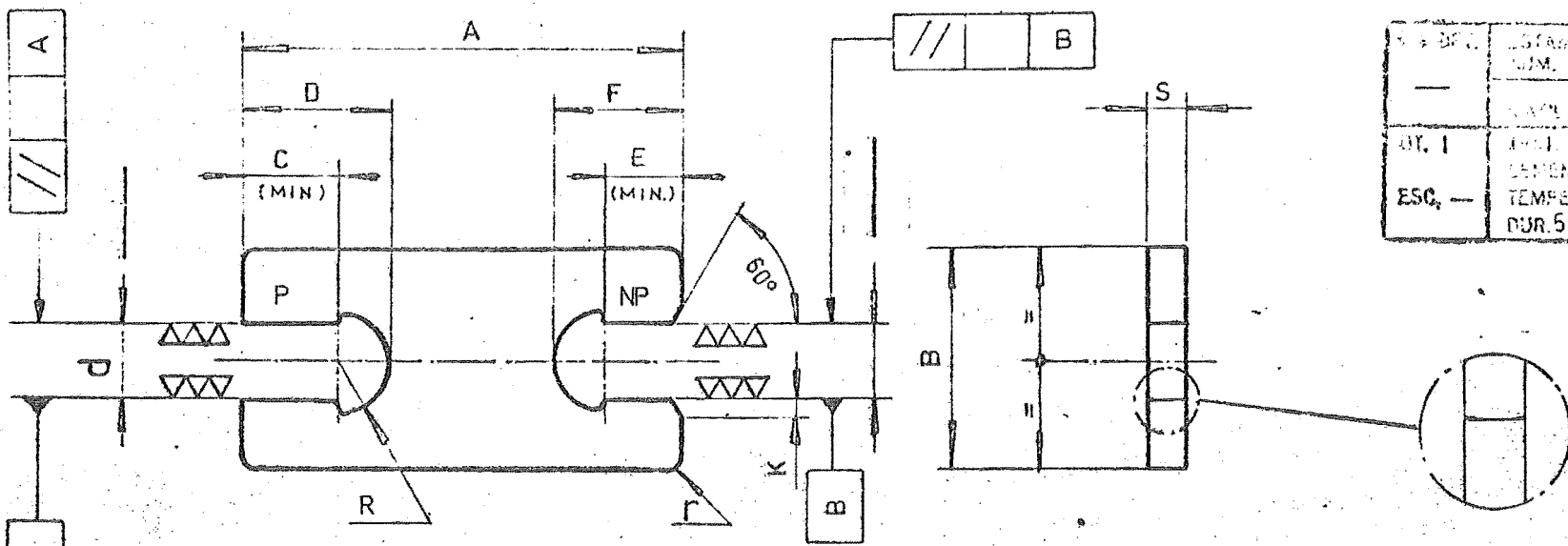
|      |    |                  |          |
|------|----|------------------|----------|
| DET. | QT | DENOM. E OBSERV. | MATERIAL |
|------|----|------------------|----------|

MAQUINA **EQUIPAMENTOS CLARK S. A.**

|        |          |      |                                  |  |
|--------|----------|------|----------------------------------|--|
| DES.   | ASSINAT. | DATA | NOME <b>CÁBIERE TAMPÃO DUPLO</b> | SINAIS DE USIN.  |
| VERIF. |          |      | <b>PI <math>\phi</math> 40H7</b> | <input checked="" type="checkbox"/> BRUNO CUDES<br><input checked="" type="checkbox"/> ACABAM.<br><input checked="" type="checkbox"/> RETIF.<br><input checked="" type="checkbox"/> LAPID. |
| PROC.  |          |      | ESC. <b>FECA Nº</b>              | Nº O. S  |

|                 |          |      |            |              |
|-----------------|----------|------|------------|--------------|
| ASSINAT. APROV. | MODIFIG. | DATA | PASTA Nº 1 | FOLHA 1 DE 1 |
|-----------------|----------|------|------------|--------------|

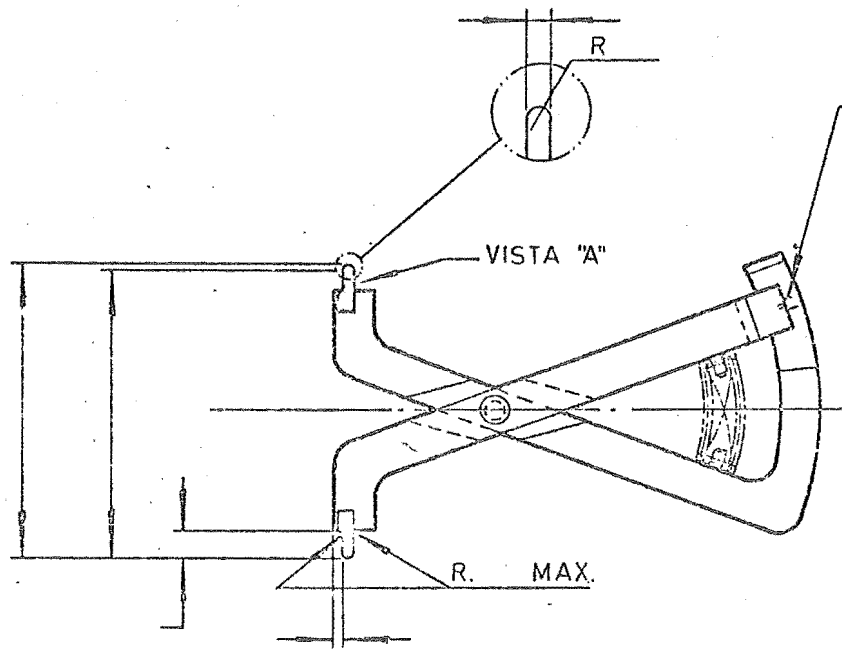
| TOL. ANGUL. (DIR 7166)      |           |           |           |           |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ATE 10 mm                   | ATE 50    | ATE 100   | ATE 150   | ATE 200   |
| $\pm 1'$                    | $\pm 30'$ | $\pm 50'$ | $\pm 70'$ | $\pm 10'$ |
| TOL. NÃO ESQUAD. (DIR 7167) |           |           |           |           |
| ATE 6                       | ATE 30    | ATE 100   | ATE 300   | ATE 1000  |
| $\pm 0,2$                   | $\pm 0,5$ | $\pm 1,0$ | $\pm 2,0$ | $\pm 5,0$ |



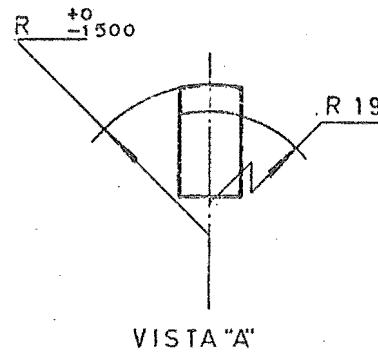
|          |  |  |
|----------|--|--|
| ESTADO   | NIM. 27405   |  |
| MATERIAL | AISI-01  |  |
| OT. 1    | TRAT. TERM.  | MATER. CANGIUS   |
| ESC. —   | <input type="checkbox"/> CEMENTAR<br><input checked="" type="checkbox"/> TEMPERAR<br>DUR. 58-63 RC | <input type="checkbox"/> VIVOS NAO<br><input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAIS |

| d             | A   | B   | C   | D  | E   | F  | K   | R    | r   | S             |
|---------------|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|------|-----|---------------|
| DE 2 A 4      | 40  |     | 7,2 | 13 | 4,2 | 10 | 2   | 3    | 2   | 4,7<br>(3/16) |
| ACIMA " 4 " 6 | 45  | 25  | 7,5 | 15 | 4,5 | 12 |     | 4    |     |               |
| " " 6 " 10    | 50  | 30  | 7,8 | 19 | 4,8 | 16 |     | 6    |     |               |
| " " 10 " 16   | 62  | 40  | 8   | 17 | 5   | 14 |     | 9    |     |               |
| " " 16 " 25   | 70  | 50  | 10  | 23 | 6   | 19 | 3   | 13,5 | 2,5 | 6,3<br>(1/4)  |
| " " 25 " 32   | 85  | 62  | 12  | 29 | 8   | 25 |     | 17   |     |               |
| " " 32 " 40   | 100 | 75  | 14  | 35 | 10  | 31 | 21  |      |     |               |
| " " 40 " 50   | 125 | 90  | 16  | 42 | 11  | 37 | 3,5 | 26   |     |               |
| " " 50 " 63   | 140 | 112 | 18  | 51 | 12  | 45 |     | 33   |     |               |
| " " 63 " 70   | 150 | 125 | 20  | 57 | 13  | 50 | 4   | 36,5 |     |               |
| " " 70 " 80   | 160 | 140 |     | 62 |     |    |     | 55   |     |               |
| " " 80 " 90   | 180 | 160 | 22  | 69 | 14  | 61 | 4,5 | 47   |     |               |
| " " 90 " 100  | 200 |     |     | 74 |     |    |     | 66   |     |               |

|          |          |        |                      |          |  |                                 |
|----------|----------|--------|----------------------|----------|--|---------------------------------|
| A.º DET. |          | QT.    | DENOM. E OBSERV.     | MATERIAL | DIMENSÖES  |                                 |
| MÁQUINA  |          |        |                      |          | TOL. NAQ. ESPEC. 15-7-9<br>AR. N.º AC. 50 AC. 100<br>ATE 10 mm ATE 10 ATE 100 ATE 100<br>+ 0 - 0 + 30' - 10' |                                 |
| DES.     | ASSINAT. | DATA   | NOME CÁLIBRE DE BOCA | SINAIS   | TOL. NAQ. ESPEC. 15-7-9  |                                 |
| VERIF.   |          |        | PI DIM. $\phi 40h7$  | DE       | ATE  | 6 20 100 300 1000 1500 AC. 4000 |
| PROD.    |          |        | ESC. PEÇA Nº         | USIN.    | 6 20 100 300 1000 1500 4000  | 2 3 4 5                         |
| MODIFIC. | ASSINAT. | APROV. | N.º O. S             | FOLHA    | 1 A4 A3 A2 A1  |                                 |
| DATA     |          |        | PASTA Nº 2           | DC       |  |                                 |



GRAVAR CONFORME DIM. A CALIBRAR



DEMAIS DIMENSÕES VER DESENHO 27075...

| NUMERO DO CONJUNTO | DIM. DE CAL. |            |
|--------------------|--------------|------------|
|                    | ACIMA DE     | ATE (INCL) |
| 27075.0010-4       | 35           | 41         |
| 27075.0011-6       | 41           | 48         |
| 27075.0012-8       | 48           | 54         |
| 27075.0013-0       | 54           | 60         |
| 27075.0014-2       | 60           | 67         |
| 27075.0015-4       | 67           | 73         |
| 27075.0016-6       | 73           | 79         |
| 27075.0017-8       | 79           | 86         |
| 27075.0018-0       | 86           | 92         |
| 27075.0019-2       | 92           | 99         |
| 27075.0020-7       | 98           | 105        |
| 27075.0021-9       | 105          | 111        |
| 27075.0022-1       | 111          | 117        |

MEDIDAS EM mm

PROJEÇÃO NO 2º DIE DRO

|          |                                      |                                      |
|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| NO. DET. | ESTAMP. NUM. 27075                   | DET.                                 |
| GI.      | MAT. CF. 27075...                    |                                      |
| ESC.     | TRAT. TERM. <input type="checkbox"/> | MAR. CANTOS <input type="checkbox"/> |
|          | TEMP. CAR. <input type="checkbox"/>  | VIGOR NAO <input type="checkbox"/>   |
|          | CUT. <input type="checkbox"/>        | FUGINDO <input type="checkbox"/>     |

|      |          | NO. DET. | QT.    | DENOM. E OBSERV.        | MATERIAL       | DIMENSÕES |               |
|------|----------|----------|--------|-------------------------|----------------|-----------|---------------|
|      |          | QUINA    |        |                         |                |           |               |
|      |          | ASSINAT. | DATA   | NOME CALIBRADOR TESOURA | SINAIS DE USIN | ATE       | NO. DESLIZADO |
|      |          | LES.     |        | PARA DIM. Ø40H9         | VV ACABAR      | 6 30      |               |
|      |          | VERIF.   |        |                         | VV RETE        |           |               |
|      |          | TROC.    |        | ESC. (PETA 1)           | VV VLV         |           |               |
| DATA | MODIFIC. | ASSINAT. | NO. S. | PASTA Nº 1              | FOLHA 1 DE 1   | 27075     |               |

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP.DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA.AULA PRÁTICA Nº 5 - "PROJETOR DE PERFIS".

A) OBJETIVO: Manuseio do aparelho citado; uso da mesa giratória; Inspeção Diascópica e Epidiascópica.

OBS: Na parte introdutória do relatório, dizer o que se entende por iluminação Diascópica e Epidiascópica.

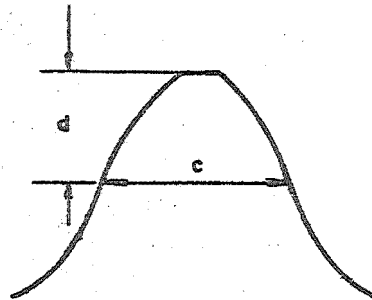
B) PRÁTICA: Anote as acuracidades permitidas pelo aparelho nos diversos tipos de medição.

## 1. Engrenagem:

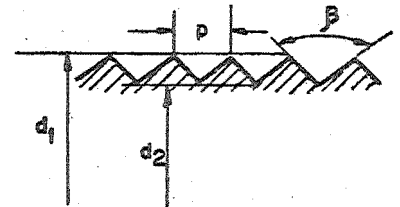
- medir diâmetro do furo da engrenagem pelo "Método da secante!" Descreve-lo no relatório.
- determinar por pontos, o perfil do dente da engrenagem, da seguinte forma: tomando como referência, a reta que passa pela cabeça do dente, determinar a medida "C", para cada medida "d" tomada. Fazer no mínimo 5 leituras.

## 2. Parafuso:

- Medir  $\varnothing d_1$
- Medir  $\varnothing d_2$
- Medir passo p
- Medir ângulo  $\beta$



engrenagem



parafuso

## 3. Ferramentas:

- verificar perfil das ferramentas, utilizando perfil 20 x 1

C) QUESTÕES:

- 1) Consegue-se examinar o perfil do dente de uma engrenagem helicoidal? Caso afirmativo, de que maneira?
- 2) Como o ângulo de hélice do parafuso pode afetar a medição?

D) MATERIAL: -peças a serem inspecionadas (engrenagem, parafuso e ferramentas).

- perfil de ferramenta.
- desenho de ferramenta.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USPDEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICAAULA PRÁTICA Nº 6 - "MICROSCÓPIO DE MEDIÇÃO".

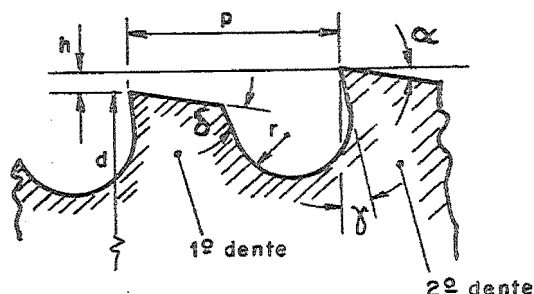
- A) OBJETIVO: .Manuseio do aparelho citado; uso da ocular goniométrica.
- B) PRÁTICA: .Determinar a geometria da brocha, cujos elementos estão-esquemmatizados a seguir:
- .Inspeccionar vários tipos de rôscas.

Importante:

cuidado em fazer a  
verificação nos dentes  
indicados

Medir:  $d$ ,  $h$ ,  $p$ ,  $r$  (raio de concordância)

Adotar o seguinte procedimento:



- 1) Observar os movimentos possíveis do microscópio de medição (movimento vertical do montante, longitudinal, transversal e giratório-da mesa).
  - 2) Colocar o suporte entre-pontos na mesa do aparelho.
  - 3) Montar os pontos.
  - 4) Zerar a linha de centro do suporte, com a direção do movimento longitudinal da mesa (usar o reticulado tipo "quadrante").
  - 5) Colocar a peça a ser medida no suporte entre pontos, posicionando-a adequadamente, tendo em vista a localização da mesma no campo de alcance dos cursos da mesa, e a observação do 1º e 2º dentes.
  - 6) Efetuar as medições pedidas, anotando a acuracidade de cada tipo - de medição proporcionada pelo aparelho.
  - 7) Substituir a ocular 20X, pela ocular goniométrica, e efetuar as medições angulares ( $\alpha$  e  $\delta$ ). É possível, medir " $\gamma$ " no microscópio? - Como se poderia medi-lo?
  - 8) Fazer inspeção da rêsca dos machos à disposição, utilizando-se dos reticulados adequados.
- C) MATERIAL: brocha a ser medida, mesa com entre-pontos, ocular de aumento 20X, ocular goniométrica, diversos machos.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA.

AULA PRÁTICA Nº 7 - "TRAÇAGEM".

A) OBJETIVO: Uso do graminho graduado, desempeno e prisma na traçagem.

B) PRÁTICA: De acordo com desenho fornecido.

1) Traçar, aproximadamente, o centro de um tarugo  $\varnothing 2"$ , marcando-o com punção.

2) Traçar uma chapa retangular, preparando-a para furação.

C) QUESTÕES:

1) Na peça traçada, qual (s) é a (s) face (s) de referência?

2) É necessário a face de referência ter sido previamente usinada?

3) Qual a acuracidade do graminho usado?

4) Quais são as utilidades do prisma usado?

5) Qual a função do desempeno?

D) MATERIAL: peças, desempeno, prisma, graminho, compasso, punção - martelo, desenho da peça.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP.DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICAAULA PRÁTICA Nº 8 - "DESVIOS DE FORMA E POSIÇÃO"A) OBJETIVO:

Medição de desvios de forma (planicidade, circularidade, cilindridade), e posição (paralelismo, inclinação, simetria, perpendicularismo) em peças fornecidas, através da utilização de desempeno, prismas, relógio indicador, etc.

B) PRÁTICA:Peça 1: arruela

Verificar descrevendo:

## 1.1) Planicidade da face retificada.

Material: peça, desempeno, calibrador traçador de altura, relógio indicador (0,01), desenho da peça, processo de fabricação.

Peça 2: garfo de mudanças

Verificar descrevendo:

2.1) Perpendicularismo entre o plano dos patins e o furo.

Material: peça, desempeno, calibrador, traçador, relógio indicador (0,01) desenho da peça, processo de fabricação.

Peça 3: pino posicionador de marcha.

Verificar descrevendo:

3.1) Perpendicularismo entre eixo do pino maior e face do pino menor.

## 3.2) Paralelismo entre as duas superfícies fresadas.

## 3.3) Simetria dos rasgos.

Material: peça, desempeno, cal. traçador de altura, relógio-indicador, prisma, desenho da peça, processo de fabricação.

Peça 4: Setor de mudança.

Verificar descrevendo:

## 4.1) paralelismo entre pino e furo

## 4.2) circularidade do pino

## 4.3) cilindridade do pino



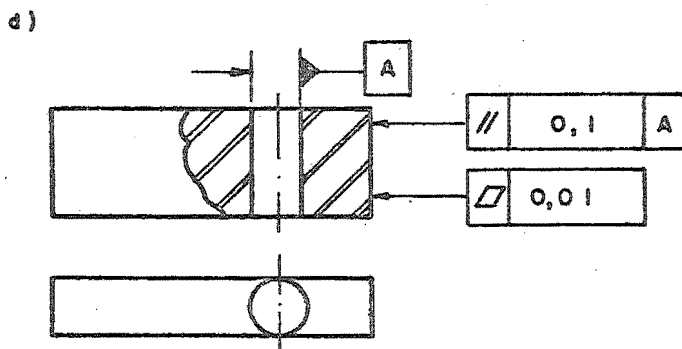
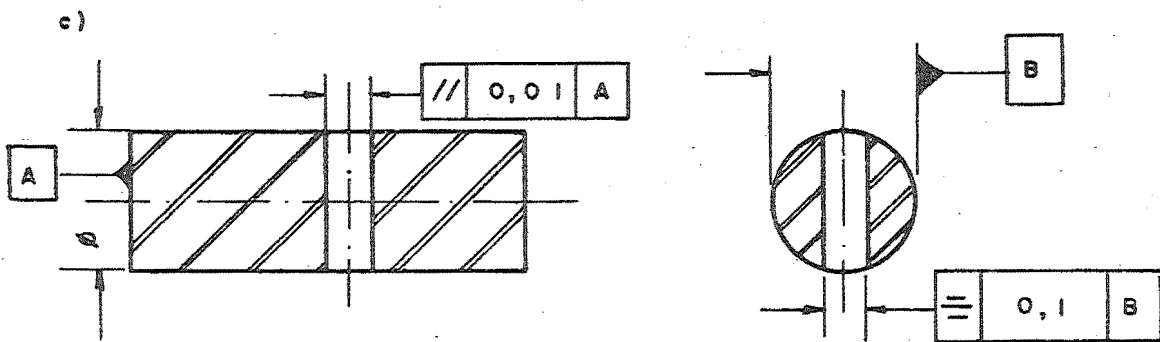
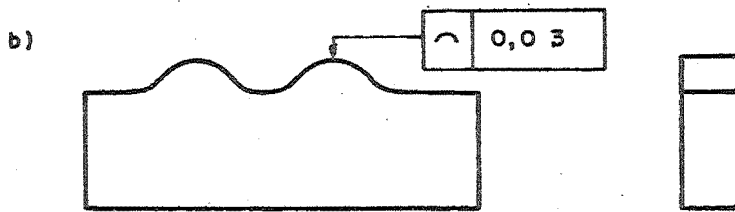
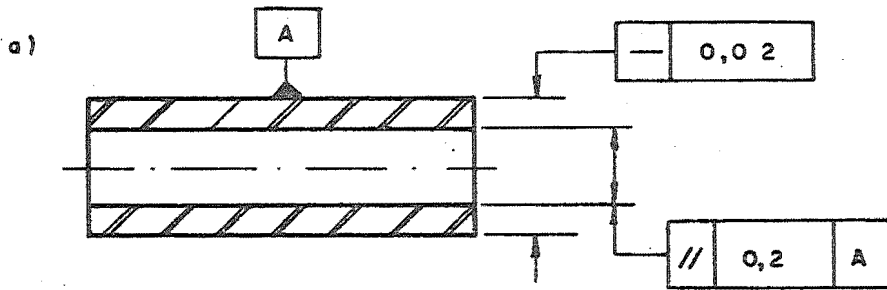
Material: peça, desempenho, calibrador traçador de altura, relógio indicador (0,01), prisma, base prismática grande, relógio indicador (0,001), desenho da peça e processo de fabricação.

C) QUESTÕES:

- 1) Interpretar as especificações abaixo, dando uma maneira correta de verificá-la.
- 2) Na utilização do calibrador traçador de altura, qual a finalidade de se colocar um relógio indicador para apalpar a peça?
- 3) Qual a finalidade do desempenho?
- 4) Além daquela que foi vista, qual a outra utilidade do calibrador traçador de altura?

D) BIBLIOGRAFIA:

- Agostinho -; Rodrigues -; Lirani -; "Tolerância, Ajustes, Desvios e Análise de Dimensões" - Editora E.Blucher.
- CRUZ -; "Tolerâncias de Forma e Posição"- publicação da EESC - USP (1976).



ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USPDEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICAAULA PRÁTICA Nº 9 - PAQUÍMETROS

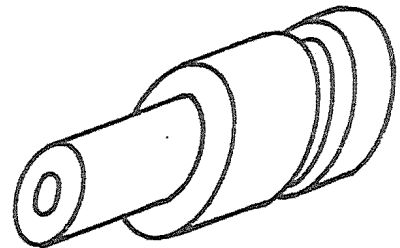
A) OBJETIVO: Manuseio de paquímetro (princípios de Vernier).

B) PRÁTICA:

Medir as cinco (5) peças, cujo desenho está esquematizado abaixo, - indicando todas as dimensões. Para cada dimensão "X", ache a média " $\bar{X}$ ", e o desvio padrão "SX". Desenhe a peça (desenho técnico) e coloque as dimensões "X" achadas, em forma de tabelas.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$



- Medir uma mesma dimensão de cada peça, com 2 paquímetros de acuracidade diferente. A análise das médias e desvios padrões conduz a resultados diferentes. Por que? Qual dos dois aparelhos é mais preciso? Que tipos de erro podem ter influenciado nas medições? O aparelho com melhor acuracidade, conduz sempre a medidas com menor desvio padrão?

- Para cada paquímetro, especificar: alcance de medida e acuracidade.

C) QUESTÕES:

1) Seria possível medir um furo  $\varnothing 20 \pm 0,005$  com paquímetro?

D) MATERIAL: -peças

-paquímetro com acuracidade 0,02 mm

-paquímetro com acuracidade 0,05 mm

E) BIBLIOGRAFIA:

- Lirani - "Introdução a Metrologia Industrial" - publicação da EESC-USP.

- Pezzano - "Tecnologia Mecânica".

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA.

AULA PRÁTICA Nº 10 - "MICRÔMETRO"

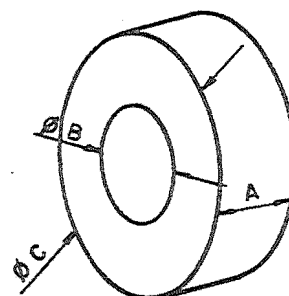
A) OBJETIVO: Manuseio de micrômetros (princípio de Palmer)

B) PRÁTICA:

Medir as 5 peças, cujo desenho está abaixo esquematizado, indicando todas as dimensões. Para cada dimensão "X", ache a média " $\bar{X}$ ", e o desvio padrão "SX". Desenhe a peça (desenho técnico) e coloque as dimensões "X" achadas, em forma de tabelas,

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$SX = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$



Medir uma mesma dimensão de cada peça, com 2 micrômetros de acuracidade diferente. Para cada micrômetro, especificar alcance de medida, acuracidade e passo do parafuso micrométrico.

C) QUESTÕES:

- 1) Quando se deve usar o paquímetro e quando se deve usar o micrômetro?
- 2) Qual é a função da catraca do micrômetro?

D) MATERIAL: - peças a serem inspecionadas  
 - micrômetro externo (0,001)  
 - micrômetro externo (0,01)  
 - micrômetro interno (0,001)

E) BIBLIOGRAFIA:

- Lirani - "Introdução à Metrologia Industrial" - publicação da EESC - USP.
- Pezzano - "Tecnologia Mecânica".