**SEM 0388 – PRINCÍPIOS DE METROLOGIA INDUSTRIAL**

# Roteiro de Aulas Práticas

# Práticas 2 a 6

EESC · USP®
São Carlos School of Engineering
University of São Paulo

# COMPARADORES DE AMPLIFICAÇÃO MECÂNICA E DESVIO DE BATIDA

## 1. Objetivo

- Medição de "erro de batida" em peças fornecidas, usando uma mesa entre pontos, eixos cônicos especiais e relógio comparador.
- Tomar conhecimento de um mecanismo de amplificação de relógio comparador.
- Fazer a aferição de (1) relógio comparador, levantando a curva de calibração.

## 2. Prática

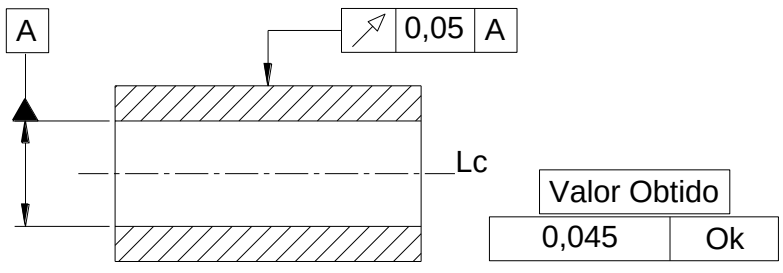
1. Inspeção das peças comparando com as especificações pedidas no processo de fabricação
   - 1.1. Inspeção de desvio de batida ( ↗ ) na peça n° 1 .
   - 1.2. Idem na peça n° 2.

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

3. Levantar a curva de calibração de (1) relógio comparador utilizando como padrão (1) micrômetro eletrônico Mitutoyo.

**Obs. As medidas encontradas devem ser indicadas no croquis em anexo acompanhadas da palavra " OK '' ou REJEITADA.**

Exemplo: ver a seguir



## 3. Questões

1. Qual a vantagem de termos em mãos a curva de calibração do relógio comparador durante uma medição?

2. Com relação à mesa com entre-pontos, tendo em vista aplicações gerais, o paralelismo do eixo (entre pontos ) com o plano de base, é importante ? Por que ?

3. Como se pode inspecionar aquela condição da pergunta anterior? Use os meios que achar conveniente.

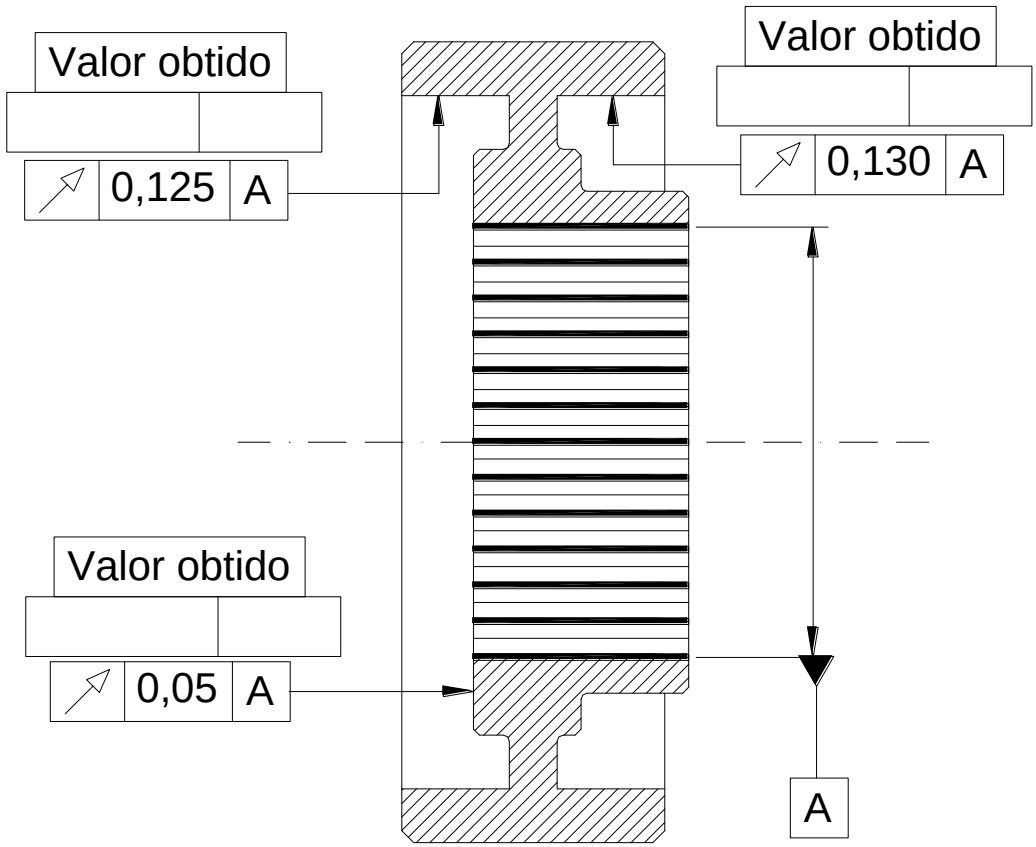
## 4. Material

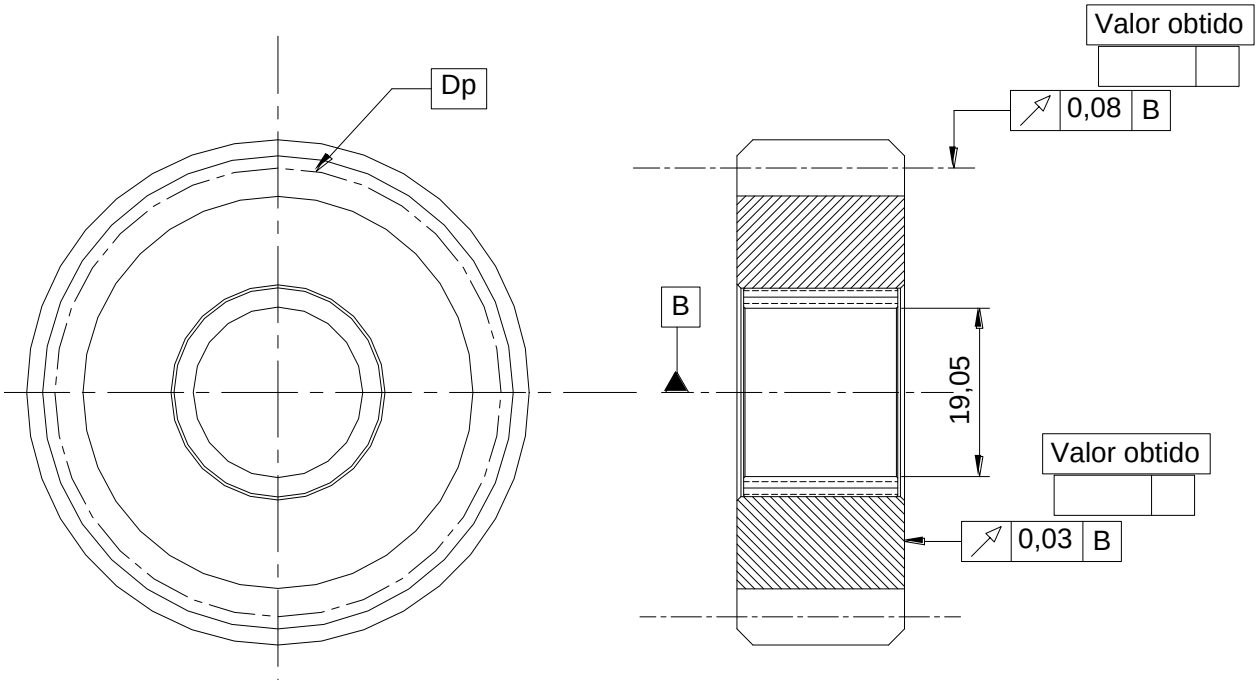
- peças com respectivos processos de fabricação e desenhos
- mesa com entre-pontos
- relógio comparador (0,01) e relógio indicador ( 0,01);
- suporte para relógio;
- base de medição;
- padrão de altura;
- 1 micrômetro eletrônico Mitutoyo.

## 5. Bibliografia


- AGOSTINHO, RODRIGUES, LIRANI, Tolerância , Ajustes, Desvios e Análise de Dimensões - Ed. Edgar Blticher, (1977)
- Cruz A. R. Jr. - Tolerâncias de forma e posição - Publicação da EESC-USP (1976)
- Pezzano - Tecnologia Mecânica .

**FOLHA DE RESULTADOS**




***Medições***

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

# ***CURVA DE AFERIÇÃO***

| – | ***ERRO DE CURSO*** | + |
|---|---|---|
| Curso | C.0000 | Diferença |

Curso Menor

Curso Maior

Resultados Gerais

Instrumentos _____

Padrão _____

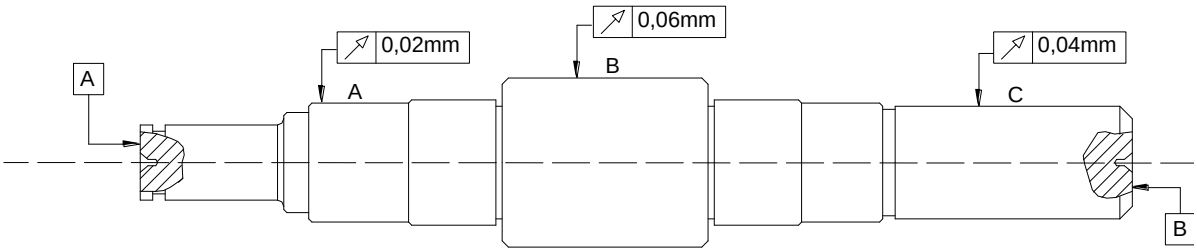
Aferidor _____

Data _____/_____/_____

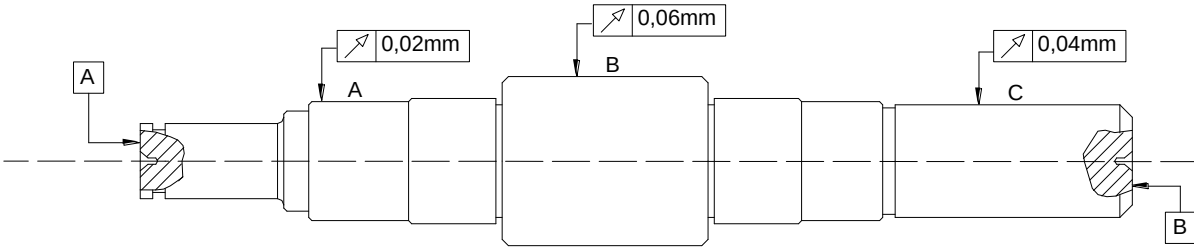
Diferença Máxima

| | | |
|---|---|---|
| Erro Máximo | Curso Maior | |
| | Curso Menor | |
| Pontos | Incremento | |
| | Decremento | |

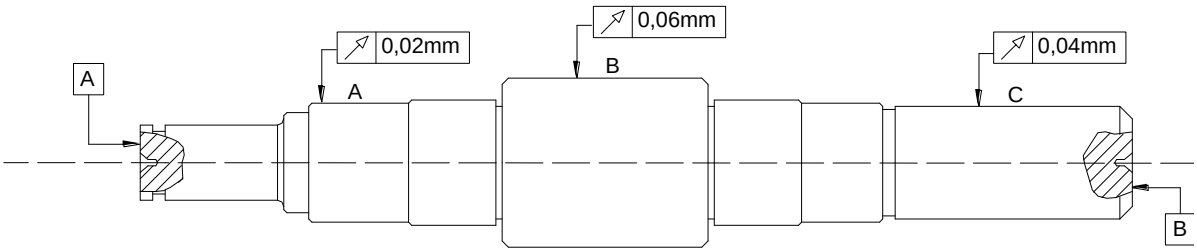
## FOLHA DE RESULTADOS



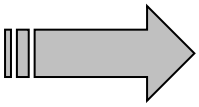

| POSIÇÕES | PEÇA 1 | APROVADO OU REJEITADO |
|---|---|---|
| ERRO DE BATIDA - A | | |
| ERRO DE BATIDA - B | | |
| ERRO DE BATIDA - C | | |




| POSIÇÕES | PEÇA 2 | APROVADO OU REJEITADO |
|---|---|---|
| ERRO DE BATIDA - A | | |
| ERRO DE BATIDA - B | | |
| ERRO DE BATIDA - C | | |




| POSIÇÕES | PEÇA 3 | APROVADO OU REJEITADO |
|---|---|---|
| ERRO DE BATIDA - A | | |
| ERRO DE BATIDA - B | | |
| ERRO DE BATIDA - C | | |



**FOLHA DE RESPOSTAS**

# COMPARADORES DE AMPLIFICAÇÃO PNEUMÁTICA E ELETRÔNICA

## 1. 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.

- Mostrar ao aluno o funcionamento de um comparador eletrônico de precisão marca Tesa e o manuseio com instrumentos de alta precisão (Torre de Medição, Blocos Padrões, etc.)

## 2. Prática

1. Verificar os desvios de planicidade do desempeno e plano padrão e medir o desvio de planicidade de uma sapata de mancal a ar.

2. Medir o desvio de paralelismo desta sapata.

3. Medir as alturas de uma peça escolhida usando a torre de medição previamente aferida com blocos padrões.

4.Conhecer o comparador pneumático, suas vantagens e desvantagens como instrumento de medida.

## 3. Questões

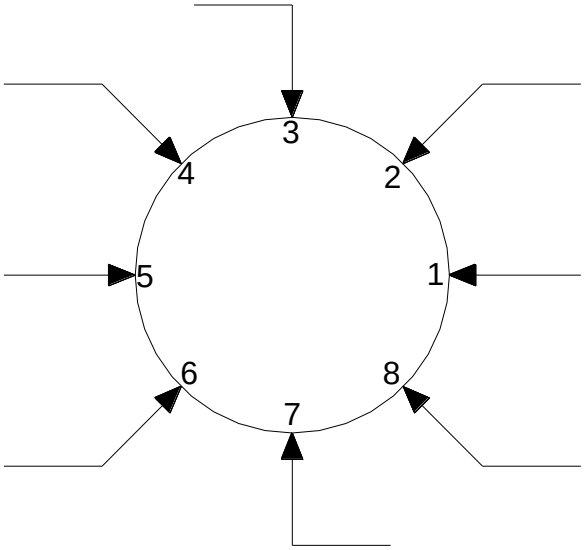
1. Avalie a importância da planicidade do desempeno durante uma medição.

2. Pode-se dizer que uma outra vantagem do calibrador tampão pneumático, além da rapidez de inspeção, é a vida mais longa?

3.Qual a vantagem de se conhecer as curvas de nível do plano padrão?

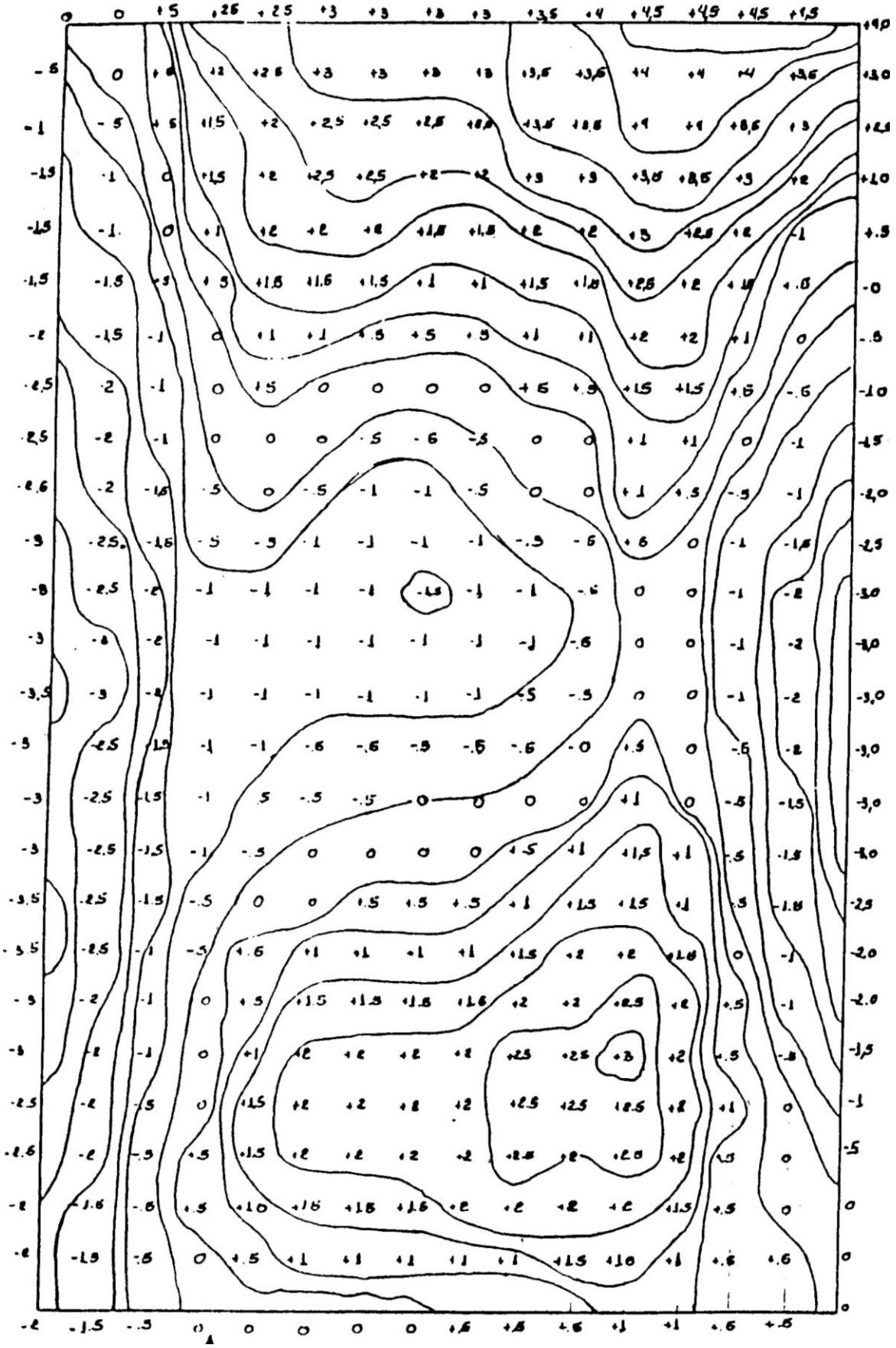
## 4. Material

- peças;
- caixa de blocos padrões;
- desempeno;
- conjunto Solex;
- conjunto eletrônico Tesa;
- Torre de Medição;
- Plano Padrão.

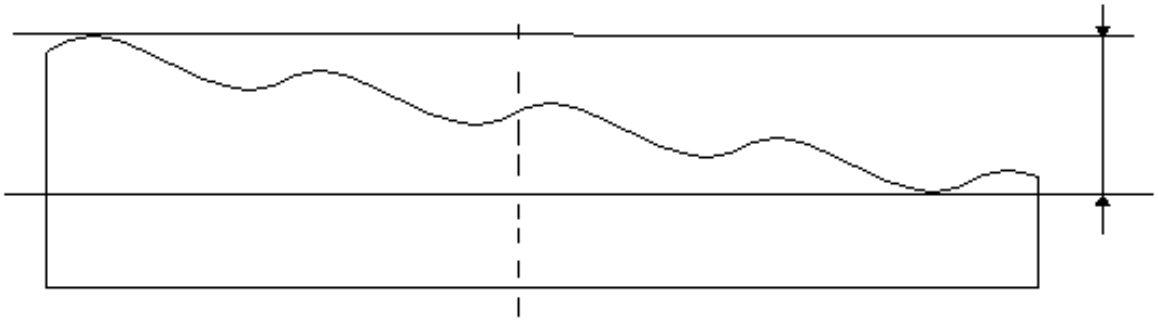


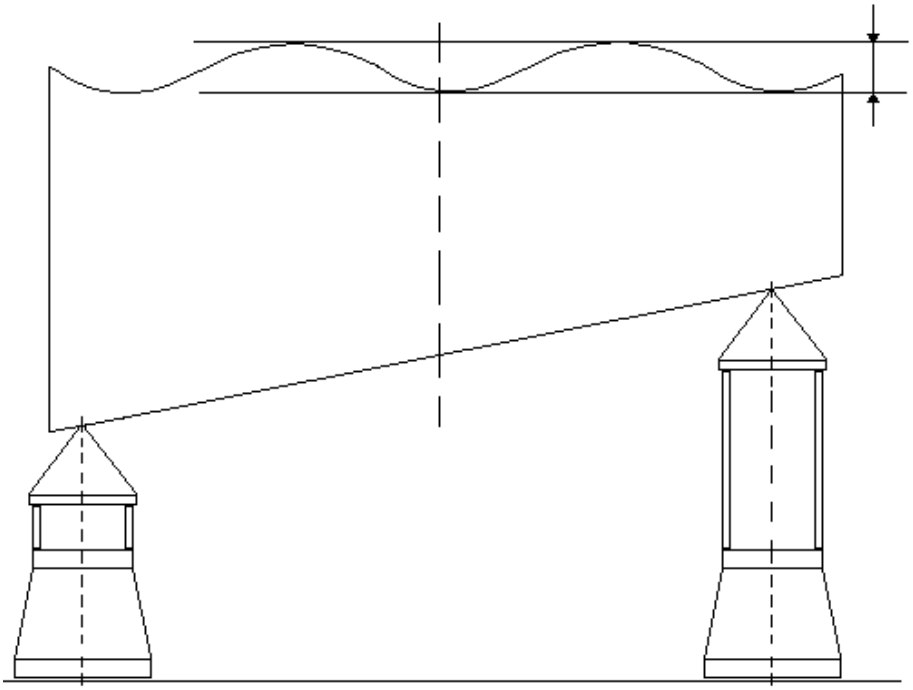

## 5. Bibliografia

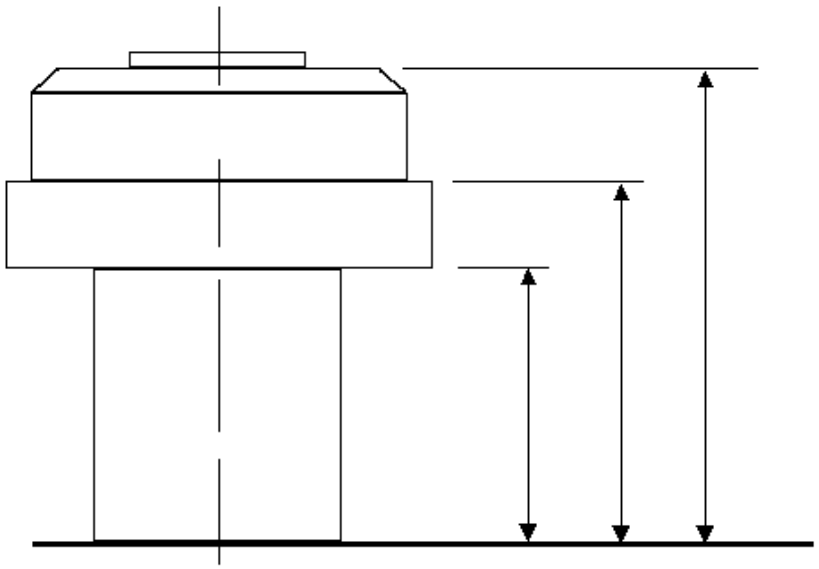

- LIRANI - “Introdução à Metrologia Industrial”. Publicação da EESC - USP.
- Catálogo SOLEX.
- Catálogo PANAMBRA.

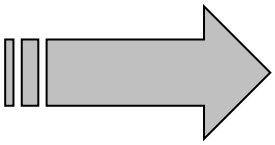


Levantamento Planimétrico(em μm)









**FOLHA DE RESPOSTA**

# PROJETOR DE PERFIS E MICROSCÓPIO DE MEDIÇÃO

## 1. Objetivo:

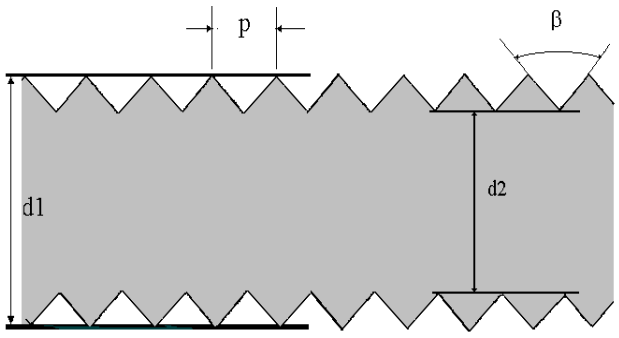
- Manuseio do projetor de perfis; uso da mesa giratória; Inspeção Diascópica e Epidiascópica;
- Manuseio do microscópio de medição; uso da ocular goniométrica (ocular própria para medir ângulos).

## PROJETOR DE PERFIS

- **PRÁTICA**

**1. Parafuso:**

- Medir ϕ d1
- Medir ϕ d2
- Medir o passo p
- Medir o ângulo β




2.

ϕ d1=

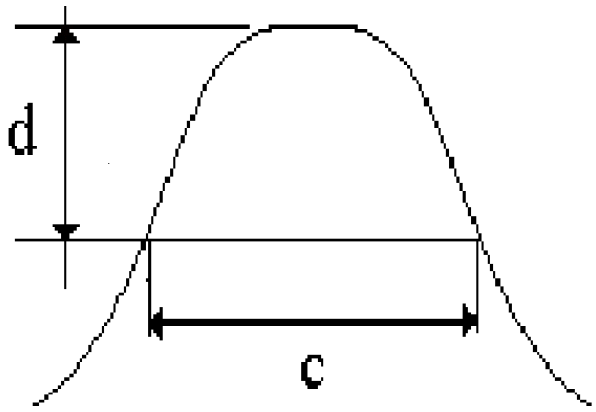
ϕ d2=

β=

p=

## 2. Engrenagem

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.



## 3. Questões

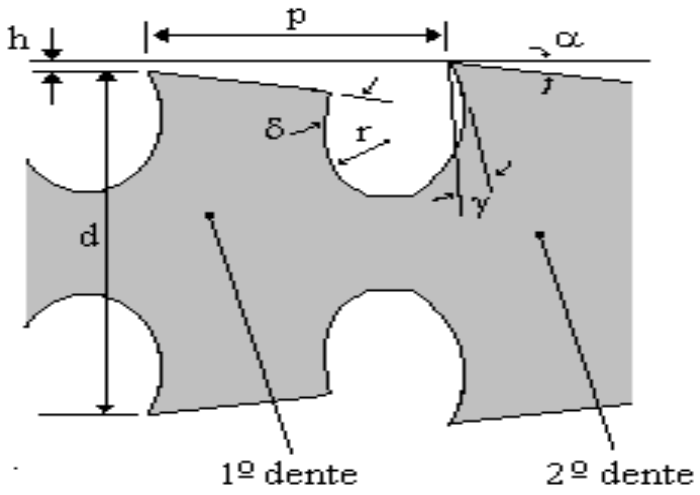
1. Consegue-se examinar o perfil do dente de uma engrenagem helicoidal? Caso afirmativo, de que maneira?
2. Como se determina, com auxílio do projetor de perfis, a posição do centro de um furo numa chapa.

**MICROSCÓPIO DE MEDIÇÃO**

- Determinar a geometria da brocha, cujos elementos estão esquematizados a seguir.

  **Importante: Cuidado ao 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-se adequadamente, tendo em vista a localização da mesma no campo de alcance dos cursos da mesa, e a observação do 1º e 2º dente.

6. Efetuar as medições pedidas, anotando a leitura de cada tipo de medição proporcionada pelo aparelho.

7. Substituir a ocular 20 x, pela ocular goniométrica, e efetutar as medições angulares ($\alpha$ e $\delta$). É possível, medir $\gamma$ no microscópio.

## 8. Questões

1. Quais são os retículos disponíveis na ocular revolver?
Para que servem?

6.

d=

h=

p=

r=

7.

$\alpha$=

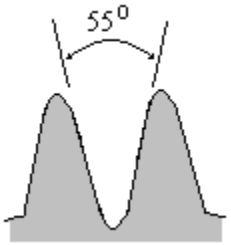
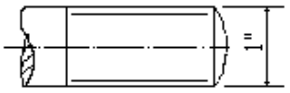
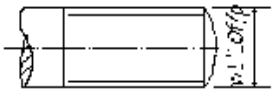
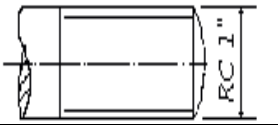
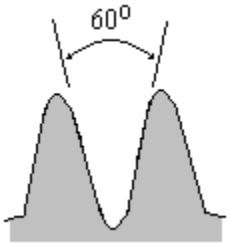
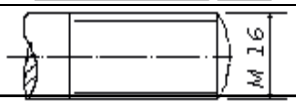
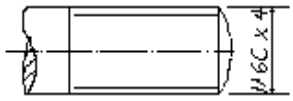
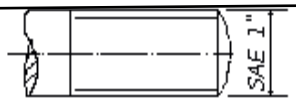
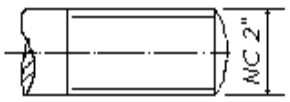
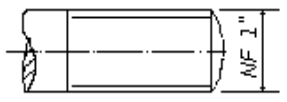
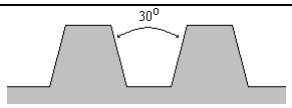
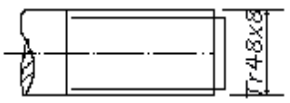
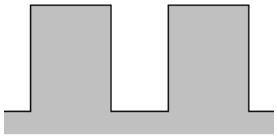
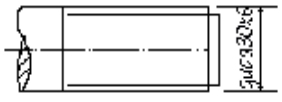
$\delta$=

É possível medir $\gamma$ ?

8.

## DESENHO MECÂNICO - ROSCAS

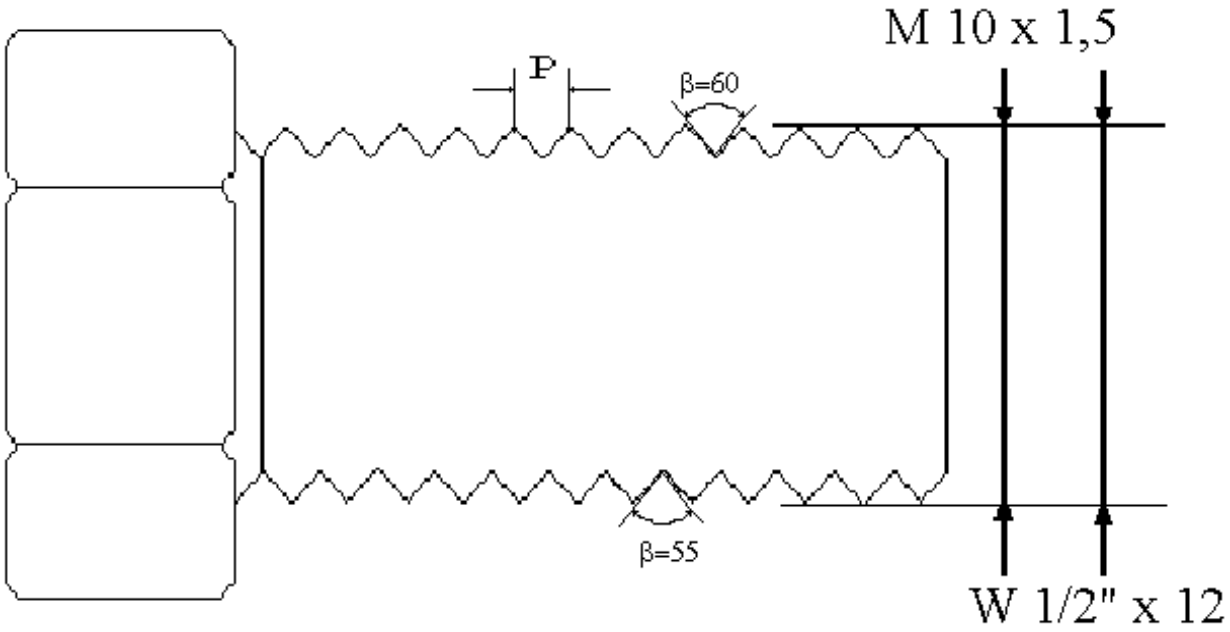
**O quadro abaixo mostra os tipos mais comuns de roscas, os símbolos indicados, os perfis e exemplos de indicações para cotagem dos desenhos.**

| ROSCAS | SIMB. | PERFIL | INDICACÃO | OBSERVAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| Whitworth normal | - |   |   | Rosca normal de 1" - neste caso dispensa o símbolo (W) |
| Whitworth fina | W | |  | Rosca com diâmetro externo de 84 mm e passo de 1/16 " |
| Whitworth para canos | RC | |   | Rosca aberta no diâmetro externo de um tubo cujo furo é de 1" |
| Métrica | M |   |   | Rosca métrica normal com 16 mm de diâmetro |
| Métrica fina | M | |   | Rosca métrica fina cujo parafuso tem 60 mm de diâmetro externo e passo de 4 mm |
| SAE para automóveis | SAE | | | |
| American National Coarse | NC | |   | Rosca num parafuso de 1" de diâmetro externo |
| American National Fine | NF | |   | Rosca num parafuso de 2" de diâmetro externo |
| | | |   | Rosca num parafuso de 1" de diâmetro externo |
| Trapezoidal | Tr |   |   | Rosca trapezoidal com 8 mm de passo num parafuso de 48 mm de diâmetro |
| Quadrada | Quad. |  |   | Rosca quadrada com 6 mm de passo num parafuso de 30 mm de diâmetro |

Os exemplos referem-se a roscas com filetes de uma só entrada e à direita . Quando possuírem mais de uma entrada ou forem à esquerda escrever-se-á da seguinte forma: Tr 48 x 8 esq. 4 ent. M 80 esq. 2 ent. RC 1" esq.

# DESENHO MECÂNICO - ROSCAS

| ROSCA MÉTRICA (M) Perfil triangular - ISO NB 97 | | | ROSCA WHITWORTH Normal | | | | ROSCA WHITWORTH GÁS Para canos (RC) NB 202 - ABNT | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| d Diam | d1 Núcleo | P Passo | d Poleg. | d mm | d1 Núcleo | Nº de fios/1" | d Poleg | d mm | d1 Núcleo | Nº de fios/1" |
| 4 | 3,141 | 0,7 | 1/8" | 3,17 | 2,36 | 40 | ¼" | 13,15 | 11,44 | 19 |
| 6 | 4,773 | 1 | 5/32" | 3,96 | 2,95 | 32 | 3/8" | 16,63 | 14,95 | 19 |
| 8 | 6,466 | 1,25 | 3/16" | 4,76 | 3,40 | 24 | ½" | 20,95 | 18,63 | 14 |
| 10 | 8,160 | 1,5 | 7/32" | 5,55 | 4,20 | 24 | 5/8" | 22,91 | 20,58 | 14 |
| 12 | 9,833 | 1,75 | ¼" | 6,35 | 4,72 | 20 | ¾" | 26,44 | 24,11 | 14 |
| 14 | 11,546 | 2 | 5/16" | 7,93 | 6,13 | 18 | 7/8" | 30,20 | 27,87 | 14 |
| 16 | 13,546 | 2 | 3/8" | 9,52 | 7,49 | 16 | 1" | 33,25 | 30,29 | 11 |
| 18 | 14,933 | 2,5 | ½" | 12,70 | 9,99 | 12 | 1 ¼" | 41,91 | 38,95 | 11 |
| 20 | 16,933 | 2,5 | 9/16" | 14,28 | 11,57 | 12 | 1 ½" | 47,80 | 44,84 | 11 |
| 22 | 18,933 | 2,5 | 5/8" | 15,87 | 12,91 | 11 | 1 ¾" | 53,74 | 50,79 | 11 |
| 24 | 20,319 | 3 | 11/16" | 17,46 | 14,50 | 11 | 2" | 59,61 | 56,65 | 11 |
| 30 | 25,706 | 3,5 | ¾" | 19,05 | 16,79 | 10 | 2 ¼" | 65,71 | 62,75 | 11 |
| 36 | 31,093 | 4 | 13/16" | 20,63 | 17,38 | 10 | 2 ½" | 75,18 | 72,23 | 11 |
| 42 | 36,479 | 4,5 | 7/8" | 22,22 | 18,61 | 9 | 2 ¾" | 81,53 | 78,58 | 11 |
| 48 | 41,866 | 5 | 15/16" | 23,81 | 20,19 | 9 | 3" | 87,88 | 84,93 | 11 |
| 56 | 49,252 | 5,5 | 1" | 25,40 | 21,33 | 8 | 3 ¼" | 93,98 | 91,02 | 11 |
| 60 | 53,252 | 5,5 | 11/8" | 28,57 | 23,92 | 7 | 3 ½" | 100,33 | 97,37 | 11 |
| 64 | 56,639 | 6 | 1 ¼" | 31,75 | 27,10 | 7 | 4" | 113,03 | 110,07 | 11 |




**Material:**

- Peças a serem inspecionadas (engrenagem, parafuso e ferramentas);
- Perfil de ferramenta;
- Desenho de ferramenta;
- Brocha a ser medida;
- Mesa com entre-pontos;
- Ocular de aumento 20x;
- Ocular goniométrica;
- Diversos machos.

## 4. Bibliografia


- COMPAIN, L. "Metrologia de Taller"
- SME "Handbook of Industrial Metrology". 1967.

# DESVIO DE FORMA E POSIÇÃO

## 1. Objetivos

Medição de desvios de forma ( circularidade, cilindricidade), e posição ( paralelismo, inclinação, simetria, perpendicularismo) em peças fornecidas , através da utilização do desempeno, prisma, Tesatronic, etc.

## 2. Prática

**Peça 1 : Garfo de mudança:**

Verificar:

a) Perpendicularismo entre os planos dos patins e o furo.

Material: - Peça;
- Desempeno;
- Calibrador e traçador de altura;
- Tesatronic, desenho da peça;
- Processo de fabricação;
- Eixo cônico e cilindro especial;
- Prisma magnético.

**Peça 2: Pino posicionador de macha.**

Verificar:

a) Perpendicularismo entre eixo do pino maior e face do pino menor:

b) Paralelismo entre as duas superfícies fresadas.

c) Simetria dos rasgos:

Material: - idem 1.a

**Peça 3: Setor de mudança.**

Verificar:

a) Paralelismo entre pino e furo;

b) Circularidade do pino;

c) Cilindricidade do pino

Material: - Idem 1.a

## 3. Questões:

1. Porque com o paquímetro não da para identificar erro de batida?

2. Qual a finalidade do desempeno?

3. Descrever o procedimento de medição de uma das peças.(sortear).

4. Na peça 3, no item b e c qual medida deve ser maior? Porque?

## 4. Bibliografia:

- AGOSTINHO; RODRIGUES; LIRANI; “Tolerâncias, Ajustes, Desvios e Análises de Dimensões”- Editora E. Blücher.

- CRUZ - “Tolerâncias de Forma e Posição” - Publicação da EESC - USP (1976).

**FOLHA DE RESULTADOS**

2. PRÁTICA

A = Aprovado

R = Reprovado

Tolerância:

Peça 01

| | |
|---|---|
| ⊥ | 0,1mm |

1.1 Perpendicularismo =

Peça 02

| | |
|---|---|
| ⊥ | 0,08mm |

2.1 Perpendicularismo =

| | |
|---|---|
| // | 0,075 |

2.2 Paralelismo =

| | | |
|---|---|---|
| ⌯ | 0,06 | A |

2.3 Simetria =

Peça 03

| | | |
|---|---|---|
| // | 0,05/25 | A |

3.1 Paralelismo =

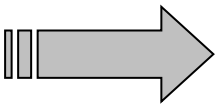
| | |
|---|---|
| ○ | 0,012 |

3.2 Circularidade do pino =

| | |
|---|---|
| ⌀ | 0,012 |

3.3 Cilindricidade do pino =

OBS: Verificar as Tolerâncias nos desenhos.



**FOLHA DE RESPOSTAS**

# MICRÔMETROS E PAQUÍMETROS

## 1. Objetivo:

Familiarizar o aluno com o manuseio de micrômetros (princípio de Palmer) paquímetros e Goniômetro.

## 2. Teoria:

- Linhas de Moiré (paquímetro digital ). Bibliografia
- Princípio de Abbé (diferença entre paquímetro e micrômetro).

## 3. Prática:

**Parte I : Paquímetro**

- medir a peça esquematizada no desenho apresentado na folha de resultados 1, indicando todas suas dimensões, ver tabela 1.
- para cada dimensão "X" medida, achar a média $\overline{X}$ e o desvio padrão "S".

$$\overline{X} = \frac{\sum_{1}^{n} X}{n} \qquad S = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (X - \overline{X})^2}{n-1}}$$

- medir uma mesma dimensão de cada peça, com dois paquímetros de leituras diferentes, ver tabela 2. Para cada paquímetro utilizado especificar: alcance de medida e Resolução.

**Parte II: Micrômetros**

- Medir a peça segundo o desenho apresentado na folha de resultados 2 e indicar todas suas dimensões. ver tabela 3.
- Achar a média e o desvio padrão para cada dimensão.
- Preencher a Tabela 4 com as características dos micrômetros utilizados nas medições.
- Escolher uma peça e uma dimensão. Cada aluno deverá fazer a medição da dimensão escolhida para essa peça, tabela 5. Calcular a média e o desvio padrão destas medições.

## 4.Questões:

1. Comparar os resultados da tabela 5 com os da tabela 3 para a dimensão escolhida. O que representam $\overline{X}_1$, $S_1$, $\overline{X}_2$ e $S_2$ ?.

2. Quando se deve usar o paquímetro e quando o micrômetro?.

3. Seria possível medir um furo $\phi$ 20 ± 0,005 com paquímetro?

4. Qual é a função da catraca do micrômetro?

5. Qual dos dois paquímetros relacionados abaixo é mais preciso e porque?

a.) Paq. com leitura de 0,02 mm

b.) Paq. com leitura de 0,05 mm

**FOLHA DE RESULTADOS**
**PARTE 1: PAQUÍMETROS**

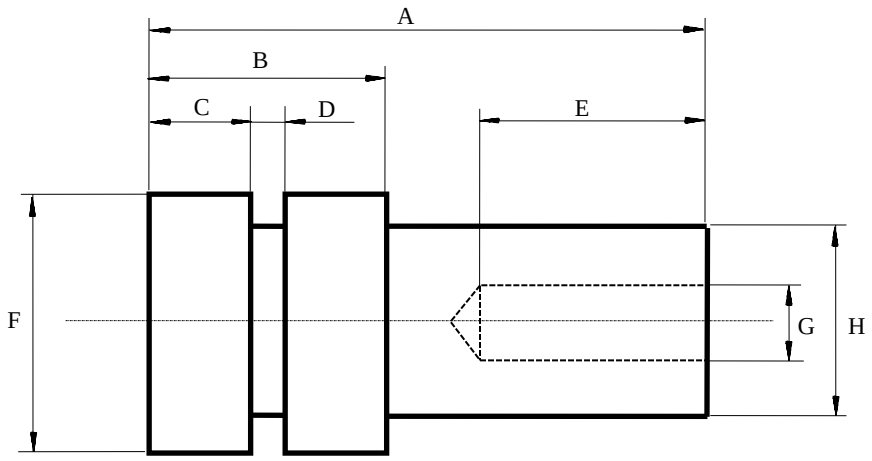



**TABELA 1**

| **Medições** | **P e ç a s** | | | | | **PARÂMETROS** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No._____ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | $\overline{X}$ | S |
| A | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |
| D | | | | | | | |
| E | | | | | | | |
| F | | | | | | | |
| G | | | | | | | |
| H | | | | | | | |

**TABELA 2 Peça No._____ Dimensão_____**

| Paquímetro | Alcance de medida | Resolução | Medição |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |

**FOLHA DE RESULTADOS**
**PARTE 2 : MICRÔMETROS**

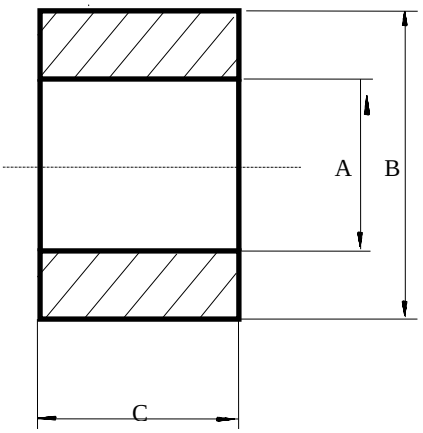



**TABELA 3**

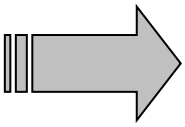
| **Medições** | **P e ç a s** | | | | | **PARÂMETROS** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No._____ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | $\bar{X}_1$ | $S_1$ |
| A | | | | | | | |
| B | | | | | | | |
| C | | | | | | | |

**TABELA 4**

| **CARACTERÍSTICAS** | **Micrômetro 1** | **Micrômetro 2** | **Micrômetro 3** |
|---|---|---|---|
| Tipo de medição | | | |
| Faixa de medida | | | |
| Resolução | | | |
| Passo do parafuso | | | |

**TABELA 5**

| | **A L U N O** | | | | **Parâmetro** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Peça No. | 1 | 2 | 3 | 4 | $\bar{X}_2$ | $S_2$ |
| Dimensão___ | | | | | | |



**CONTROLE DE QUALIDADE DAS PEÇAS**

| | |
|---|---|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | |
| 15 | |
| 16 | |
| 17 | |
| 18 | |
| 19 | |
| 20 | |
| 21 | |
| 22 | |
| 23 | |
| 24 | |
| 25 | |
| 26 | |
| 27 | |
| 28 | |
| 29 | |
| 30 | |
| 31 | |
| 32 | |
| 33 | |

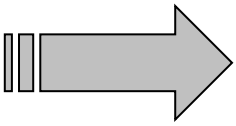
26 js 11

**Gráfico : construir o gráfico (dimensão da peça x número da peça)**

## 5. Bibliografia

ANTHONY, D.M. "Engeneering Metrology". Pergamon Press. Oxford. 1986.

LIRANI, J. "Introdução a Metrologia Industrial". ESSC. USP.



**FOLHA DE RESPOSTAS**