

Micrômetro: sistema métrico

Um problema

Um mecânico precisava medir uma peça com micrômetro mas não sabia fazer a leitura. Como havia sido admitido há pouco tempo, não quis que os colegas - e muito menos o supervisor - soubessem do seu desconhecimento. Por isso, decidiu estudar sozinho para poder fazer o seu trabalho.

Por sorte, o mecânico encontrou um livro que continha informações sobre o assunto. Vamos acompanhar seu estudo?

Micrômetro com resolução de 0,01 mm

Vejam como se faz o cálculo de leitura em um micrômetro. A cada volta do tambor, o fuso micrométrico avança uma distância chamada **passo**.

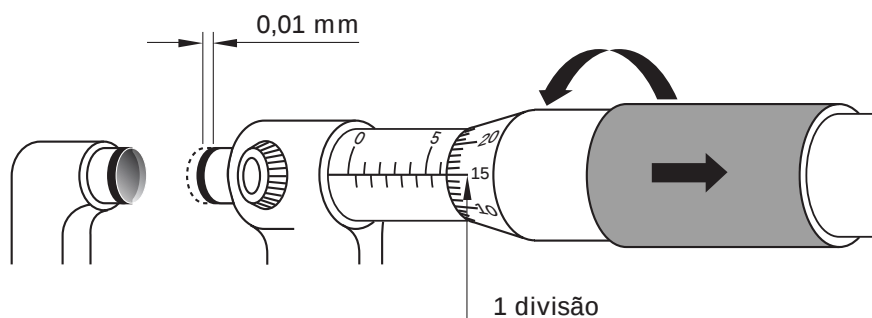
A resolução de uma medida tomada em um micrômetro corresponde ao menor deslocamento do seu fuso. Para obter a medida, divide-se o passo pelo número de divisões do tambor.

$$\text{Resolução} = \frac{\text{passo da rosca do fuso micrométrico}}{\text{número de divisões do tambor}}$$

Se o passo da rosca é de 0,5 mm e o tambor tem 50 divisões, a resolução será:

$$\frac{0,5 \text{ mm}}{50} = 0,01 \text{ mm}$$

Assim, girando o tambor, cada divisão provocará um deslocamento de 0,01 mm no fuso.



Leitura no micrômetro com resolução de 0,01 mm.

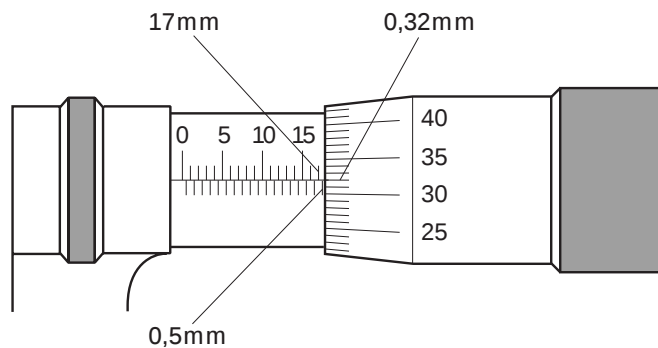
1º passo - leitura dos milímetros inteiros na escala da bainha.

2º passo - leitura dos meios milímetros, também na escala da bainha.

3º passo - leitura dos centésimos de milímetro na escala do tambor.

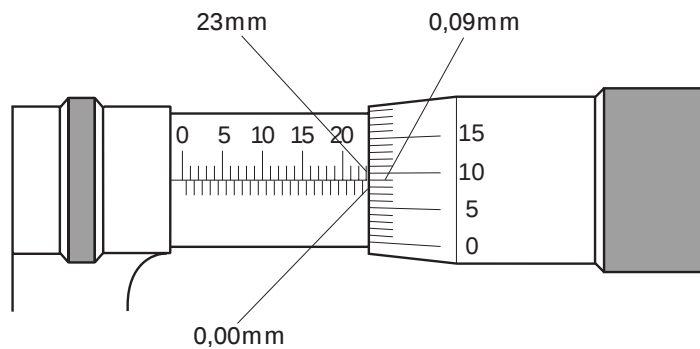
Exemplos:

a)



$$\begin{array}{r}
 17,00\text{mm (escala dos mm da bainha)} \\
 + 0,50\text{mm (escala dos meios mm da bainha)} \\
 \quad 0,32\text{mm (escala centesimal do tambor)} \\
 \hline
 17,82\text{mm Leitura total}
 \end{array}$$

b)

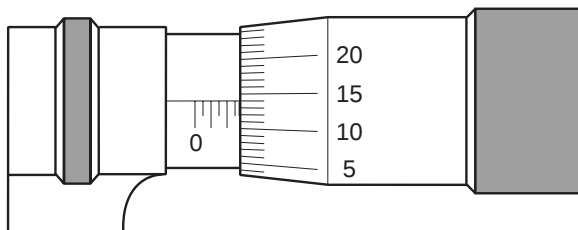


$$\begin{array}{r}
 23,00\text{mm (escala dos mm da bainha)} \\
 + 0,00\text{mm (escala dos meios mm da bainha)} \\
 \quad 0,09\text{mm (escala centesimal do tambor)} \\
 \hline
 23,09\text{mm Leitura total}
 \end{array}$$

Verificando o entendimento

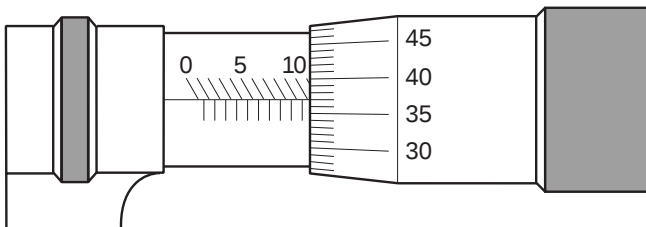
Faça a leitura e escreva a medida na linha.

a)



Leitura:

b)



Leitura:

Veja se acertou. As respostas corretas são:

a) 2,64 mm

b) 10,37 mm

Micrômetro com resolução de 0,001 mm

Quando no micrômetro houver nônio, ele indica o valor a ser acrescentado à leitura obtida na bainha e no tambor. A medida indicada pelo nônio é igual à leitura do tambor, dividida pelo número de divisões do nônio.

Se o nônio tiver dez divisões marcadas na bainha, sua resolução será:

$$R = \frac{0,01}{10} = 0,001 \text{ mm}$$

Leitura no micrômetro com resolução de 0,001 mm.

1º passo - leitura dos milímetros inteiros na escala da bainha.

2º passo - leitura dos meios milímetros na mesma escala.

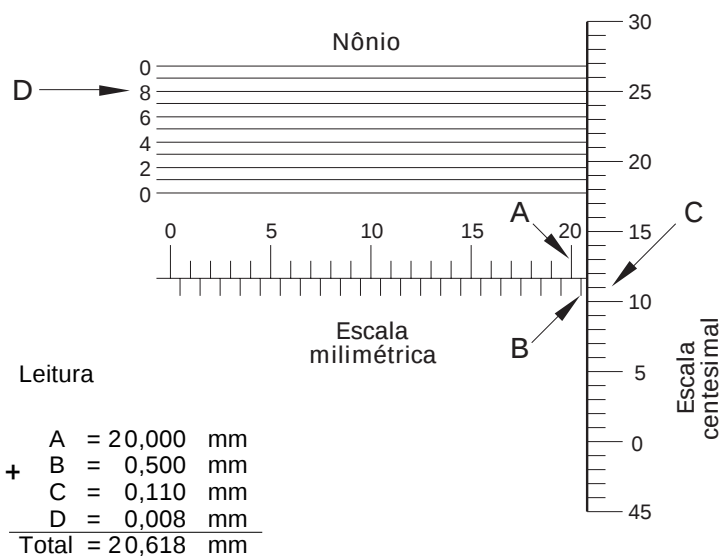
3º passo - leitura dos centésimos na escala do tambor.

4º passo - leitura dos milésimos com o auxílio do nônio da bainha, verificando qual dos traços do nônio coincide com o traço do tambor.

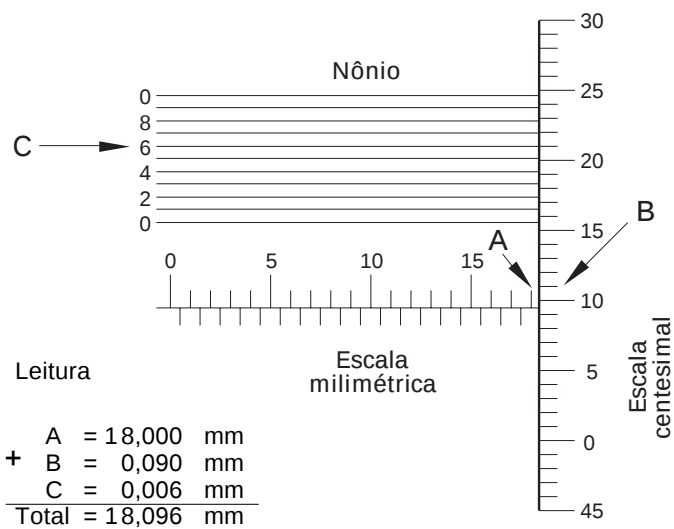
A leitura final será a soma dessas quatro leituras parciais.

Exemplos:

a)



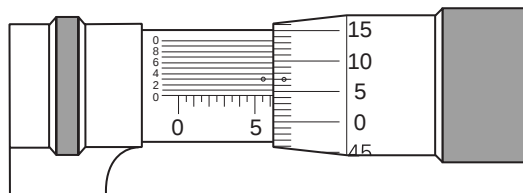
b)



Verificando o entendimento

Faça a leitura e escreva a medida na linha.

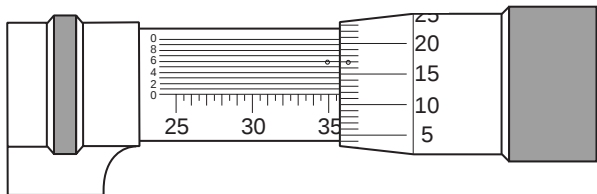
a)



Leitura:

(cont.)

b)



Leitura:

Veja se acertou. As respostas corretas são:

a) 6,043 mm

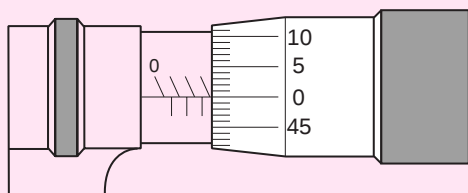
b) 35,616 mm

AULA

9

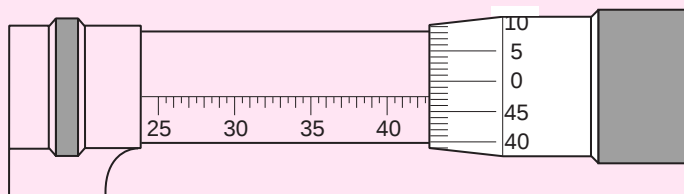
É importante que você aprenda a medir com o micrômetro. Para isso, leia as medidas indicadas nas figuras. As respostas corretas são apresentadas no gabarito.

a)



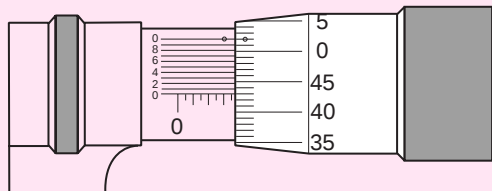
Leitura:

b)



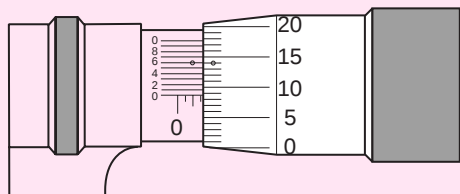
Leitura:

c)



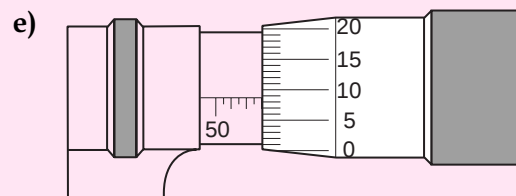
Leitura:

d)

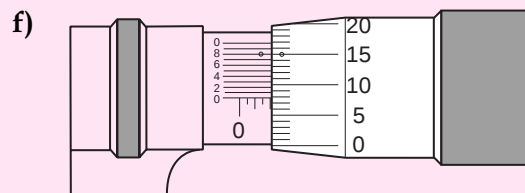


Leitura:

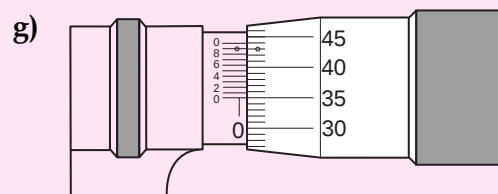
Exercícios



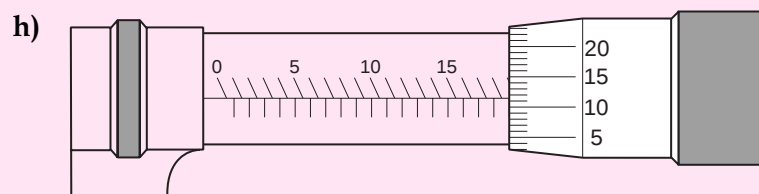
Leitura:



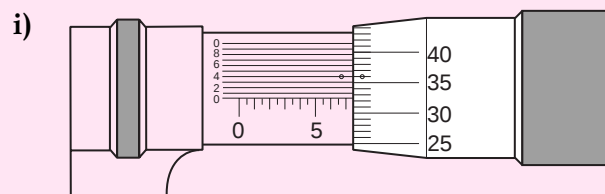
Leitura:



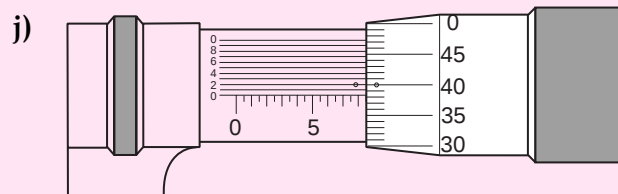
Leitura:



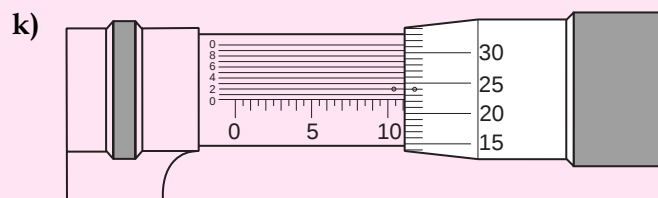
Leitura:



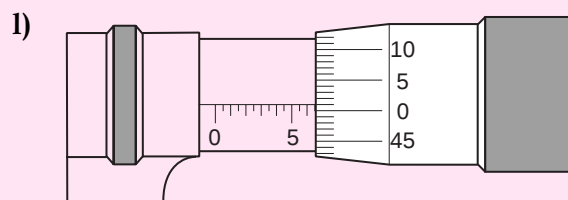
Leitura:



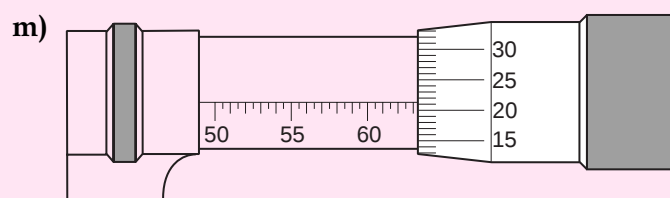
Leitura:



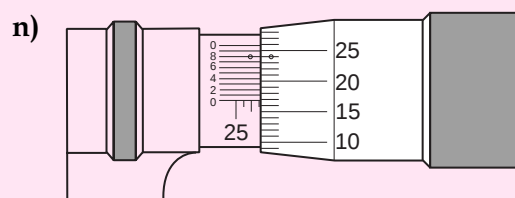
Leitura:



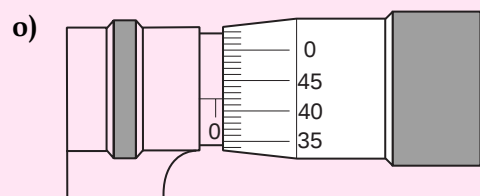
Leitura:



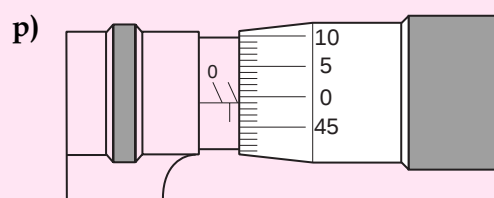
Leitura:



Leitura:



Leitura:



Leitura:

Micrômetro: sistema inglês

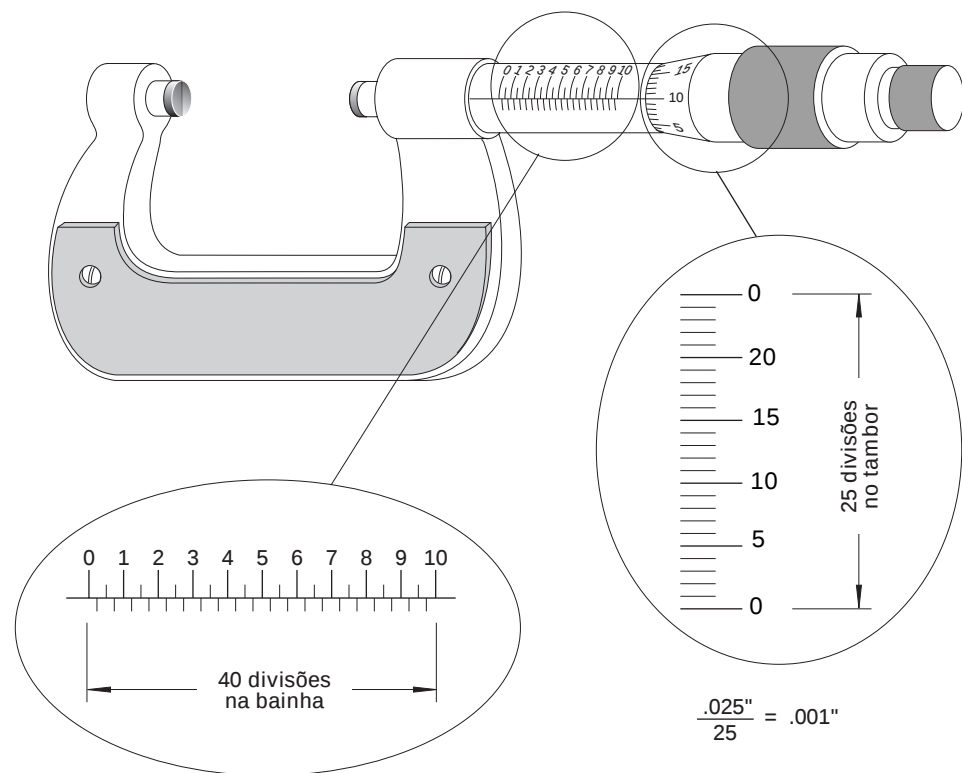
Um problema

Embora o sistema métrico seja oficial no Brasil, muitas empresas trabalham com o sistema inglês. É por isso que existem instrumentos de medição nesse sistema, inclusive micrômetros, cujo uso depende de conhecimentos específicos.

Leitura no sistema inglês

No sistema inglês, o micrômetro apresenta as seguintes características:

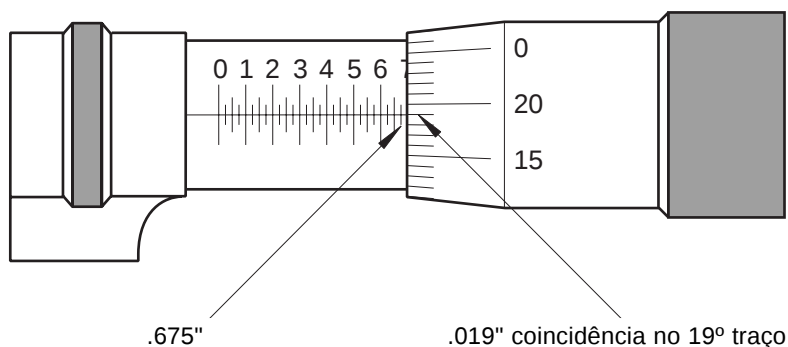
- na bainha está gravado o comprimento de uma polegada, dividido em 40 partes iguais. Desse modo, cada divisão equivale a $1'' : 40 = .025''$;
- o tambor do micrômetro, com resolução de $.001''$, possui 25 divisões.



$$\frac{1''}{40} = .025''$$

Para medir com o micrômetro de resolução $.001''$, lê-se primeiro a indicação da bainha. Depois, soma-se essa medida ao ponto de leitura do tambor que coincide com o traço de referência da bainha.

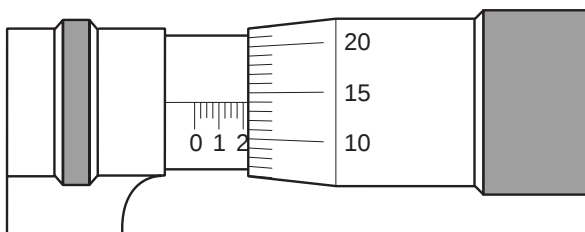
Exemplo:



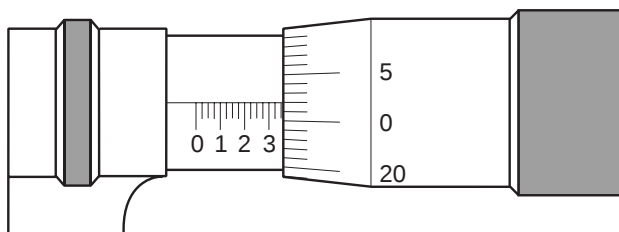
bainha →	.675"
+ <u>tambor</u> →	<u>.019"</u>
leitura →	.694"

Verificando o entendimento

Leia as medidas e escreva-as nas linhas abaixo de cada desenho.



a) Leitura



b) Leitura

Veja se acertou. As respostas corretas são:

- a) $.214''$
b) $.352''$

Micrômetro com resolução $.0001''$

Para a leitura no micrômetro de $.0001''$, além das graduações normais que existem na bainha (25 divisões), há um nônio com dez divisões. O tambor divide-se, então, em 250 partes iguais.

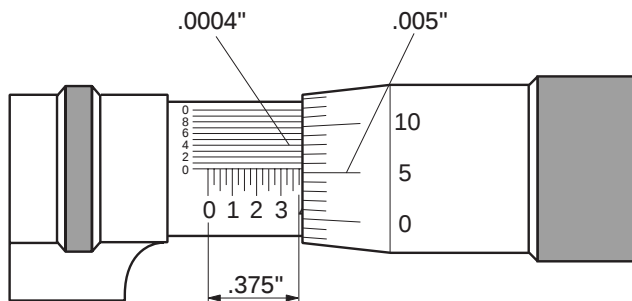
A leitura do micrômetro é:

$$\text{Sem o nônio} \rightarrow \text{resolução} = \frac{\text{passo da rosca}}{\text{número de divisões do tambor}} = \frac{.025''}{25} = .001''$$

$$\text{Com o nônio} \rightarrow \text{resolução} = \frac{\text{resolução do tambor}}{\text{número de divisões do nônio}} = \frac{.001''}{10} = .0001''$$

Para medir, basta adicionar as leituras da bainha, do tambor e do nônio.

Exemplo:

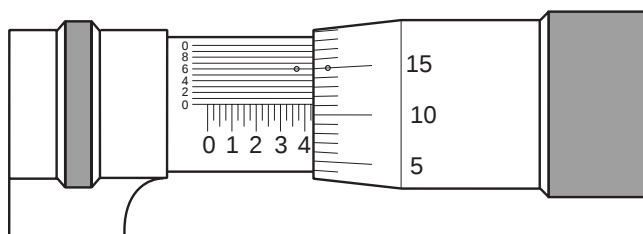


$$\begin{array}{rcl} \text{bainha} & \rightarrow & .375'' \\ + \text{tambor} & \rightarrow & .005'' \\ \text{nônio} & \rightarrow & .0004'' \\ \hline \text{leitura total} & \rightarrow & .3804'' \end{array}$$

Verificando o entendimento

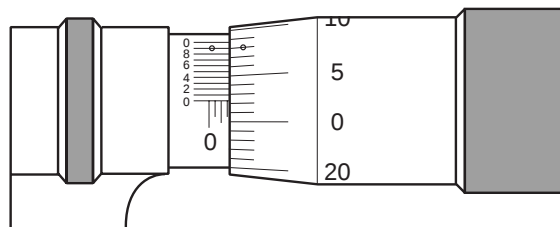
Leia as medidas e escreva-as nas linhas correspondentes.

a)



Leitura

b)



Leitura

Veja se acertou. As respostas corretas são:

- a) .4366
- b) .0779

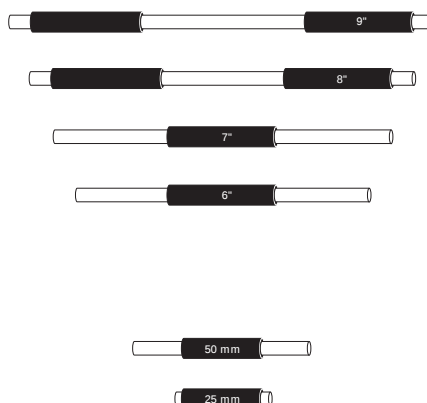
Calibração (regulagem da bainha)

Antes de iniciar a medição de uma peça, devemos calibrar o instrumento de acordo com a sua capacidade.

Para os micrômetros cuja capacidade é de 0 a 25 mm, ou de 0 a 1", precisamos tomar os seguintes cuidados:

- limpe cuidadosamente as partes móveis eliminando poeiras e sujeiras, com pano macio e limpo;
- antes do uso, limpe as faces de medição; use somente uma folha de papel macio;
- encoste suavemente as faces de medição usando apenas a catraca; em seguida, verifique a coincidência das linhas de referência da bainha com o zero do tambor; se estas não coincidirem, faça o ajuste movimentando a bainha com a chave de micrômetro, que normalmente acompanha o instrumento.

Para calibrar micrômetros de maior capacidade, ou seja, de 25 a 50 mm, de 50 a 75 mm etc. ou de 1" a 2", de 2" a 3" etc., deve-se ter o mesmo cuidado e utilizar os mesmos procedimentos para os micrômetros citados anteriormente, porém com a utilização de barra-padrão para calibração.



Conservação

- Limpar o micrômetro, secando-o com um pano limpo e macio (flanela).
- Untar o micrômetro com vaselina líquida, utilizando um pincel.
- Guardar o micrômetro em armário ou estojo apropriado, para não deixá-lo exposto à sujeira e à umidade.
- Evitar contatos e quedas que possam riscar ou danificar o micrômetro e sua escala.

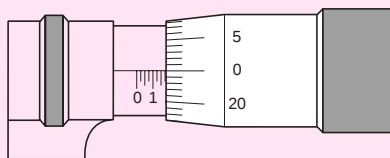
Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

Exercícios

Exercício 1

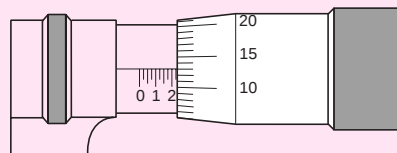
Escreva as medidas abaixo de cada ilustração.

a)



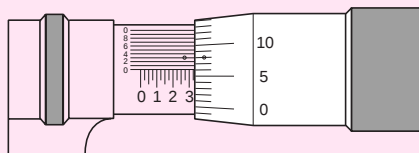
Leitura:

b)



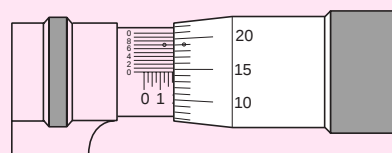
Leitura:

c)



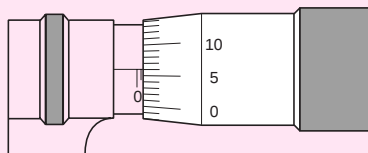
Leitura:

d)



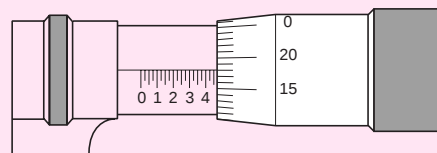
Leitura:

e)



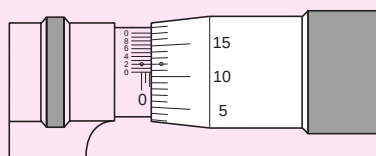
Leitura:

f)



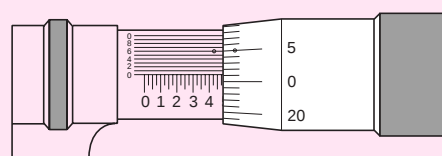
Leitura:

g)



Leitura:

h)



Leitura:

Micrômetro interno

Um problema

O mecânico recém-admitido foi encarregado de fazer medições de diâmetros internos de algumas peças. Entretanto, ele não sabia como lidar com micrômetros internos. Decidiu resolver o problema consultando livros técnicos que apresentam informações sobre o assunto.

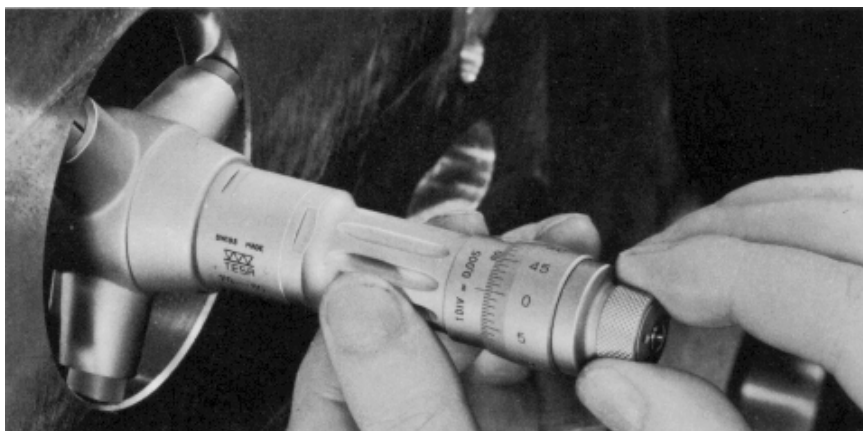
E você, sabe medir com micrômetro interno? Esse é o assunto desta aula. Você poderá conhecer ou ampliar seus conhecimentos relativos a micrômetro, tornando-se mais habilitado para trabalhar na área da mecânica.

Tipos de micrômetro interno

Para medição de partes internas empregam-se dois tipos de micrômetros: micrômetro interno de três contatos, micrômetro interno de dois contatos (tubular e tipo paquímetro).

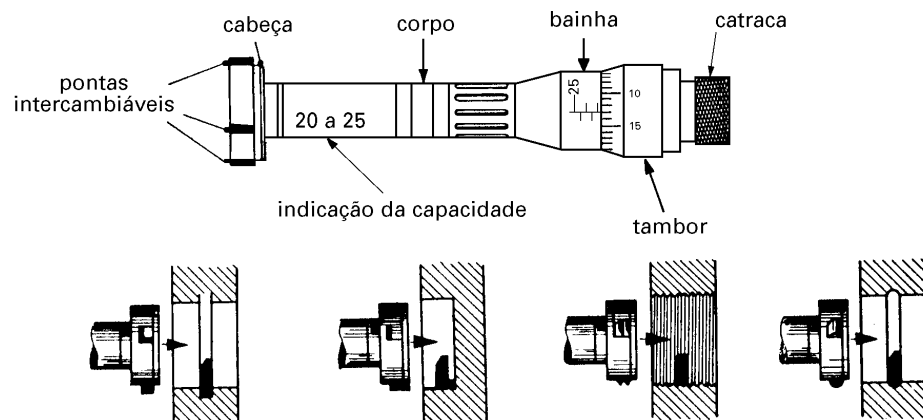
Micrômetro interno de três contatos

Este tipo de micrômetro é usado exclusivamente para realizar medidas em superfícies cilíndricas internas, permitindo leitura rápida e direta. Sua característica principal é a de ser auto-centrante, devido à forma e à disposição de suas pontas de contato, que formam, entre si, um ângulo de 120° .



Micrômetro interno de três contatos com pontas intercambiáveis

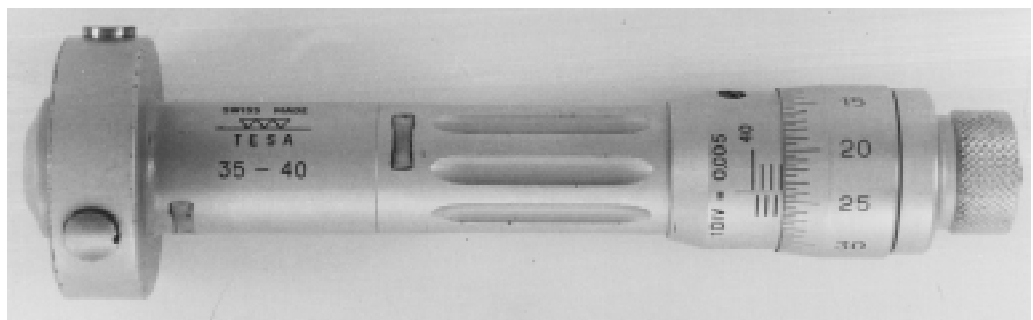
Esse micrômetro é apropriado para medir furos roscados, canais e furos sem saída, pois suas pontas de contato podem ser trocadas de acordo com a peça que será medida.



Para obter a resolução, basta dividir o passo do fuso micrométrico pelo número de divisões do tambor.

$$\text{Resolução} = \frac{\text{passo do fuso micrométrico}}{\text{número de divisões do tambor}} = 0,005 \text{ mm}$$

Sua leitura é feita no sentido contrário à do micrômetro externo.



A leitura em micrômetros internos de três contatos é realizada da seguinte maneira:

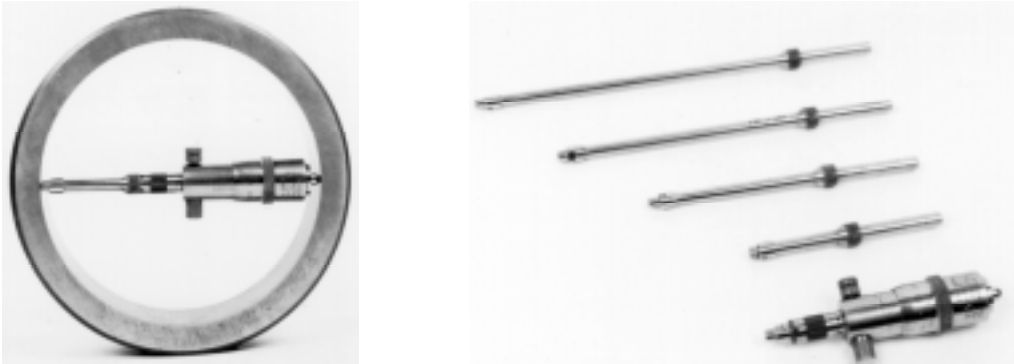
- o tambor encobre a divisão da bainha correspondente a 36,5 mm;
- a esse valor deve-se somar aquele fornecido pelo tambor: 0,240 mm;
- o valor total da medida será, portanto: 36,740 mm.

Precaução: devem-se respeitar, rigorosamente, os limites mínimo e máximo da capacidade de medição, para evitar danos irreparáveis ao instrumento.

Os micrômetros internos de dois contatos são o tubular e o tipo paquímetro.

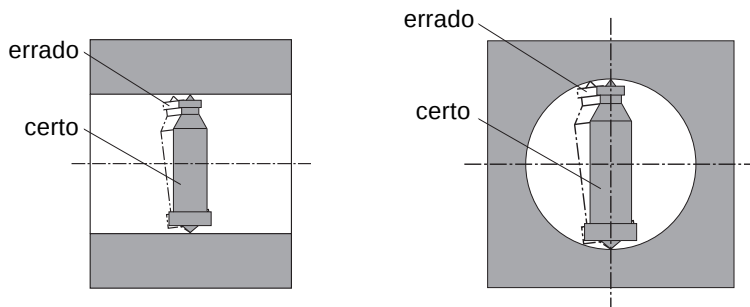
Micrômetro interno tubular

O micrômetro tubular é empregado para medições internas acima de 30 mm. Devido ao uso em grande escala do micrômetro interno de três contatos pela sua versatilidade, o micrômetro tubular atende quase que somente a casos especiais, principalmente as grandes dimensões.



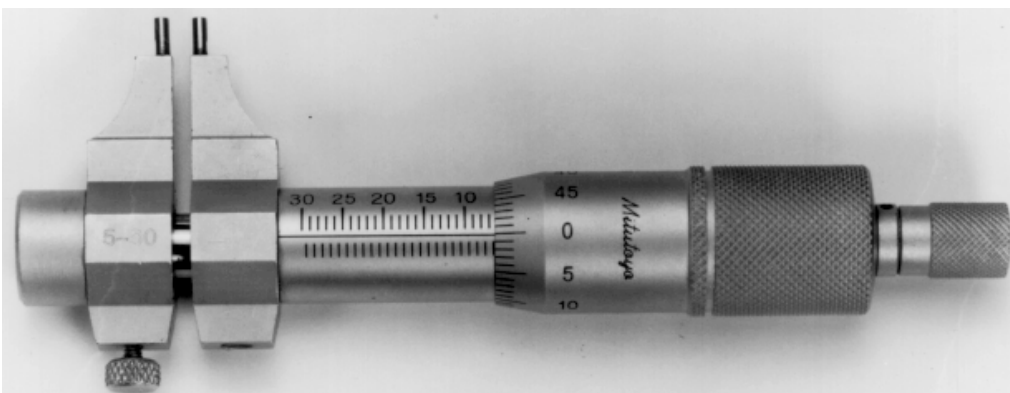
O micrômetro tubular utiliza hastes de extensão com dimensões de 25 a 2.000 mm. As hastes podem ser acopladas umas às outras. Nesse caso, há uma variação de 25 mm em relação a cada haste acoplada.

As figuras a seguir ilustram o posicionamento para a medição.



Micrômetro tipo paquímetro

Esse micrômetro serve para medidas acima de 5 mm e, a partir daí, varia de 25 em 25 mm.



A leitura em micrômetro tubular e micrômetro tipo paquímetro é igual à leitura em micrômetro externo.

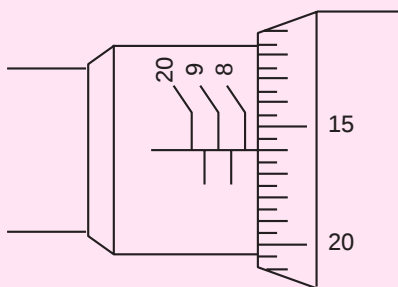
Observação: A calibração dos micrômetros internos tipo paquímetro e tubular é feita por meio de anéis de referência, dispositivos com blocos-padrão ou com micrômetro externo. Os micrômetros internos de três contatos são calibrados com anéis de referência.

Faça os exercícios de leitura a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

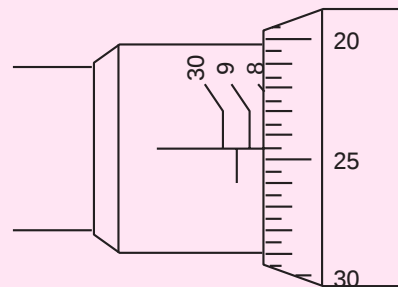
Exercícios

Exercício 1

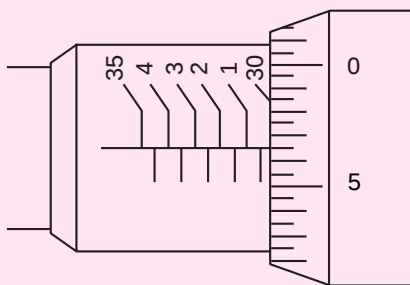
Faça a leitura e escreva a medida abaixo de cada figura.



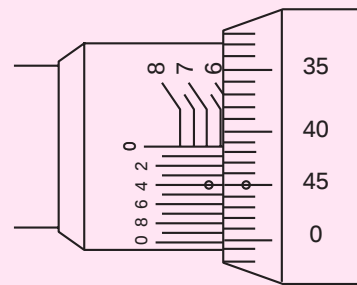
a) Leitura:



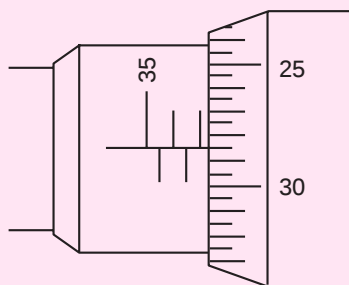
b) Leitura:



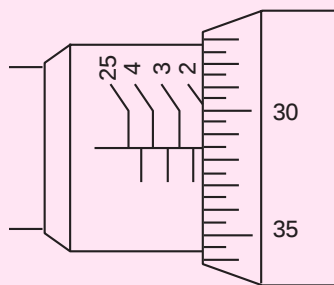
c) Leitura:



d) Leitura:



e) Leitura:



f) Leitura:

Relógio comparador

Um problema

Como vocês podem perceber, o programa de qualidade da empresa envolve todo o pessoal. Na busca constante de melhoria, são necessários instrumentos de controle mais sofisticados e de grande versatilidade. Vamos ver, nesta aula, as explicações sobre um destes instrumentos: o relógio comparador.

Introdução

Medir a grandeza de uma peça por comparação é determinar a diferença da grandeza existente entre ela e um padrão de dimensão predeterminado. Daí originou-se o termo **medição indireta**.

$$\text{Dimensão da peça} = \text{Dimensão do padrão} \pm \text{diferença}$$

Também se pode tomar como padrão uma peça original, de dimensões conhecidas, que é utilizada como referência.

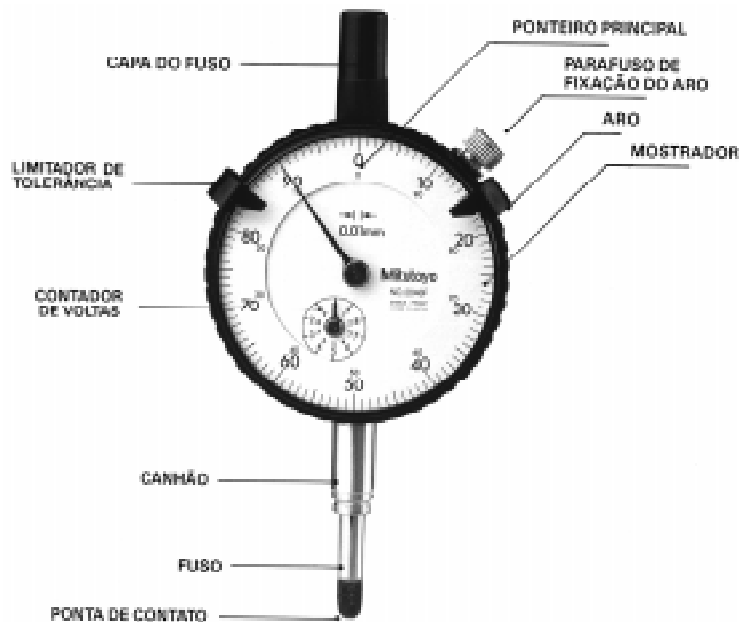
O relógio comparador

O relógio comparador é um instrumento de medição por comparação, dotado de uma escala e um ponteiro, ligados por mecanismos diversos a uma ponta de contato.

O comparador centesimal é um instrumento comum de medição por comparação. As diferenças percebidas nele pela ponta de contato são amplificadas mecanicamente e irão movimentar o ponteiro rotativo diante da escala.

Quando o ponta de contato sofre uma pressão e o ponteiro gira em sentido horário, a diferença é positiva. Isso significa que a peça apresenta maior dimensão que a estabelecida. Se o ponteiro girar em sentido anti-horário, a diferença será negativa, ou seja, a peça apresenta menor dimensão que a estabelecida.

Existem vários modelos de relógios comparadores. Os mais utilizados possuem resolução de 0,01 mm. O curso do relógio também varia de acordo com o modelo, porém os mais comuns são de 1 mm, 10 mm, .250" ou 1".



Em alguns modelos, a escala dos relógios se apresenta perpendicularmente em relação a ponta de contato (vertical). E, caso apresentem um curso que implique mais de uma volta, os relógios comparadores possuem, além do ponteiro normal, outro menor, denominado contador de voltas do ponteiro principal.

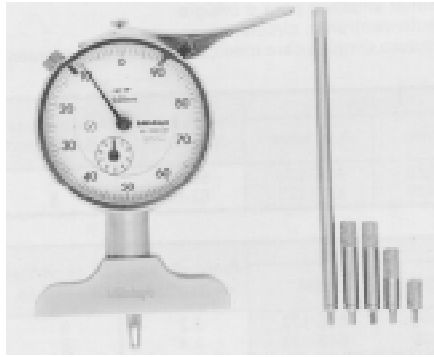


relógio vertical

Alguns relógios trazem limitadores de tolerância. Esses limitadores são móveis, podendo ser ajustados nos valores máximo e mínimo permitidos para a peça que será medida.

Existem ainda os acessórios especiais que se adaptam aos relógios comparadores. Sua finalidade é possibilitar controle em série de peças, medições especiais de superfícies verticais, de profundidade, de espessuras de chapas etc.

As próximas figuras mostram esses dispositivos destinados à medição de profundidade e de espessuras de chapas.



medidores de profundidade

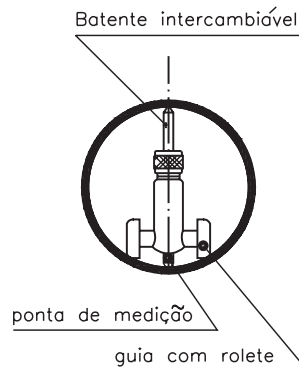


medidores de espessura

Os relógios comparadores também podem ser utilizados para furos. Uma das vantagens de seu emprego é a constatação, rápida e em qualquer ponto, da dimensão do diâmetro ou de defeitos, como conicidade, ovalização etc.

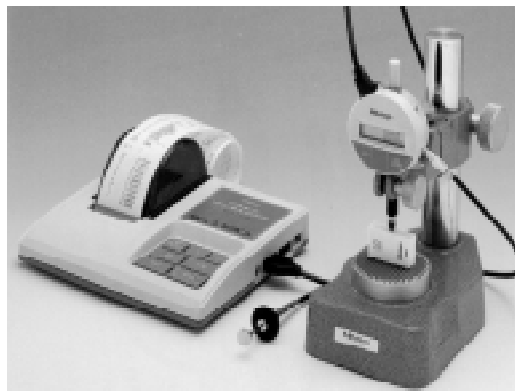
Consiste basicamente num mecanismo que transforma o deslocamento radial de uma ponta de contato em movimento axial transmitido a um relógio comparador, no qual pode-se obter a leitura da dimensão. O instrumento deve ser previamente calibrado em relação a uma medida padrão de referência.

Esse dispositivo é conhecido como medidor interno com relógio comparador ou súbito.



Relógio comparador eletrônico

Este relógio possibilita uma leitura rápida, indicando instantaneamente a medida no display em milímetros, com conversão para polegada, zeragem em qualquer ponto e com saída para miniprocessadores estatísticos.



A aplicação é semelhante à de um relógio comparador comum, além das vantagens apresentadas acima.

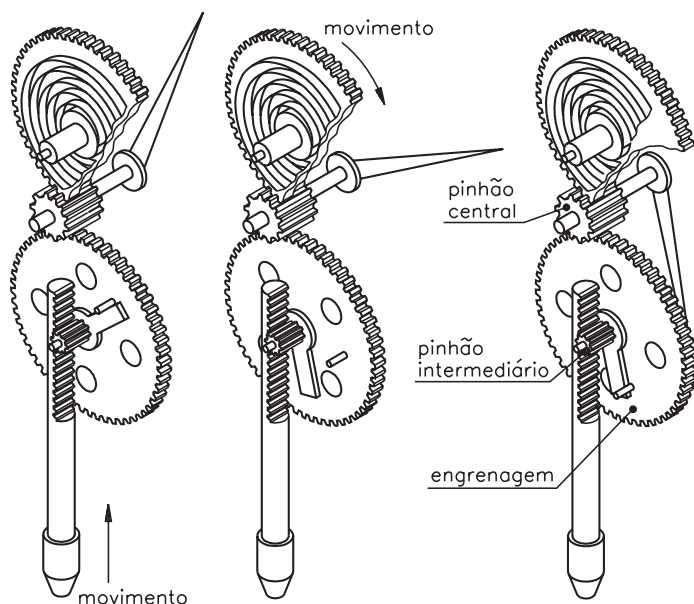
Os sistemas usados nos mecanismos de amplificação são por engrenagem, por alavanca e mista.

- **Amplificação por engrenagem**

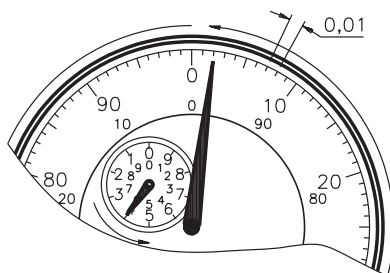
Os instrumentos mais comuns para medição por comparação possuem sistema de amplificação por engrenagens.

As diferenças de grandeza que acionam o ponto de contato são amplificadas mecanicamente.

A ponta de contato move o fuso que possui uma cremalheira, que aciona um trem de engrenagens que, por sua vez, aciona um ponteiro indicador no mostrador.



Nos comparadores mais utilizados, uma volta completa do ponteiro corresponde a um deslocamento de 1 mm da ponta de contato. Como o mostrador contém 100 divisões, cada divisão equivale a 0,01 mm.



- **Amplificação por alavanca**

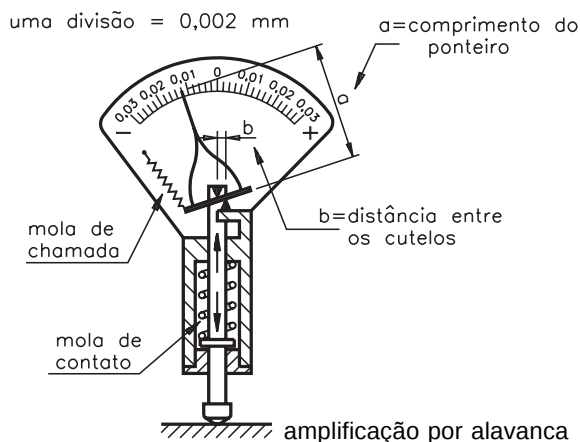
O princípio da alavanca aplica-se a aparelhos simples, chamados indicadores com alavancas, cuja capacidade de medição é limitada pela pequena amplitude do sistema basculante.

Assim, temos:

$$\text{relação de amplificação} = \frac{\text{comprimento do ponteiro (a)}}{\text{distância entre os cutelos (b)}} \quad (a) \quad (b)$$

Durante a medição, a haste que suporta o cutelo móvel desliza, a despeito do esforço em contrário produzido pela mola de contato. O ponteiro-alavanca, mantido em contato com os dois cutelos pela mola de chamada, gira em frente à graduação.

A figura abaixo representa a montagem clássica de um aparelho com capacidade de $\pm 0,06$ mm e leitura de 0,002 mm por divisão.



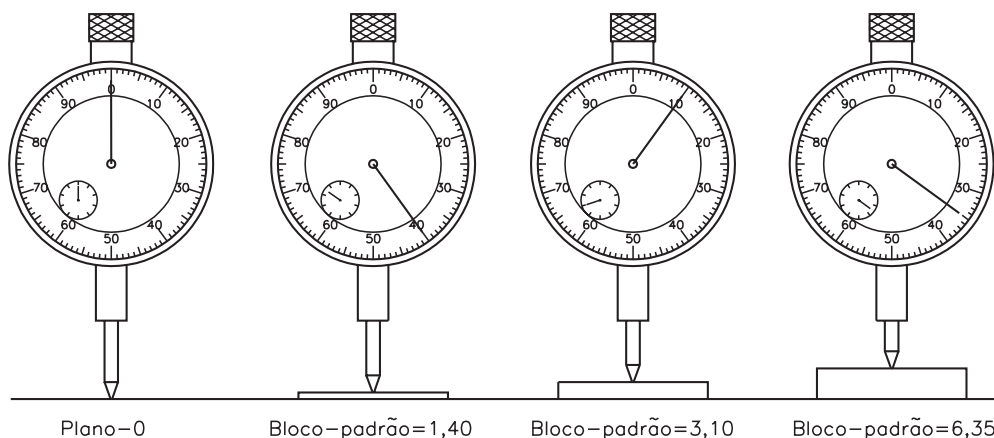
• Amplificação mista

É o resultado da combinação entre alavanca e engrenagem. Permite levar a sensibilidade até 0,001 mm, sem reduzir a capacidade de medição.

Condições de uso

Antes de medir uma peça, devemos nos certificar de que o relógio se encontra em boas condições de uso.

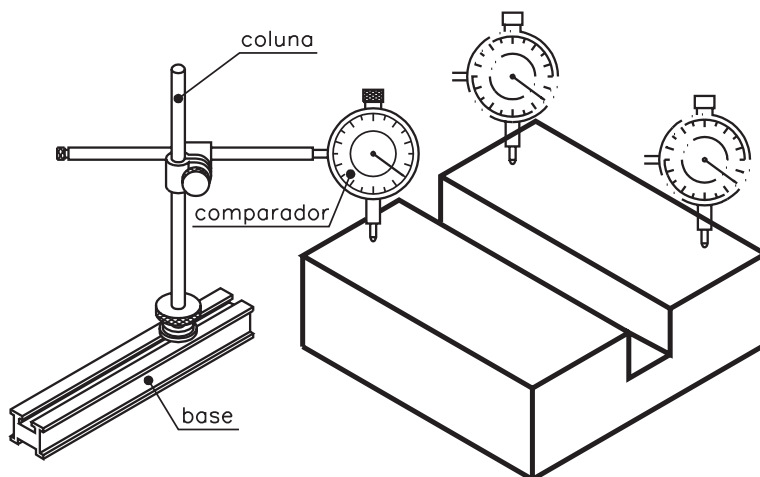
A verificação de possíveis erros é feita da seguinte maneira: com o auxílio de um suporte de relógio, tomam-se as diversas medidas nos blocos-padrão. Em seguida, deve-se observar se as medidas obtidas no relógio correspondem às dos blocos. São encontrados também calibradores específicos para relógios comparadores.



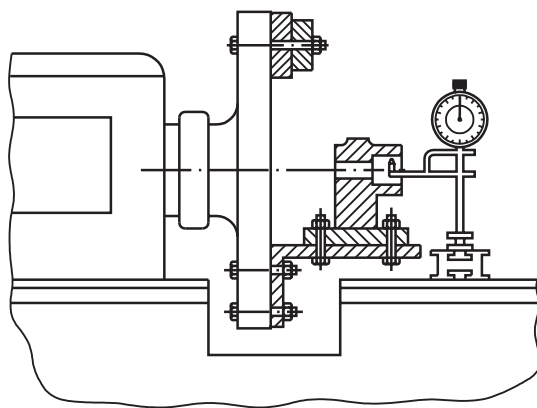
Observação: Antes de tocar na peça, o ponteiro do relógio comparador fica em uma posição anterior a zero. Assim, ao iniciar uma medida, deve-se dar uma pré-carga para o ajuste do zero.

Colocar o relógio sempre numa posição perpendicular em relação à peça, para não incorrer em erros de medida.

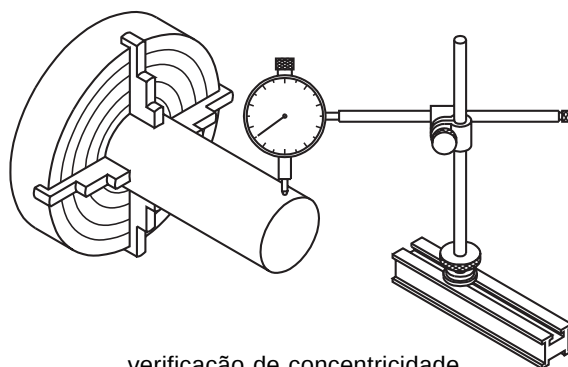
Aplicações dos relógios comparadores



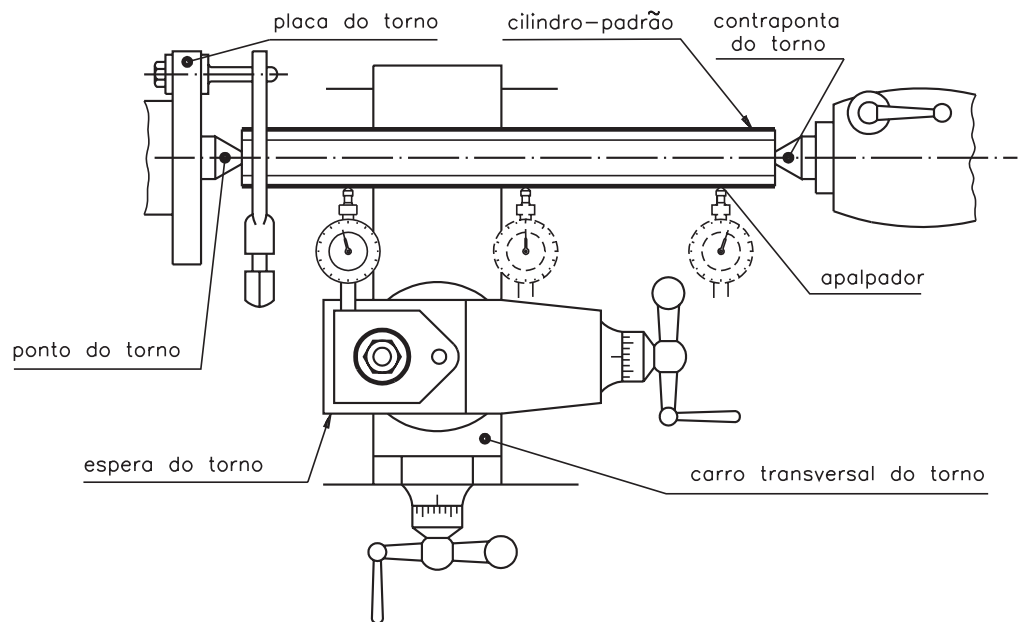
verificação do paralelismo



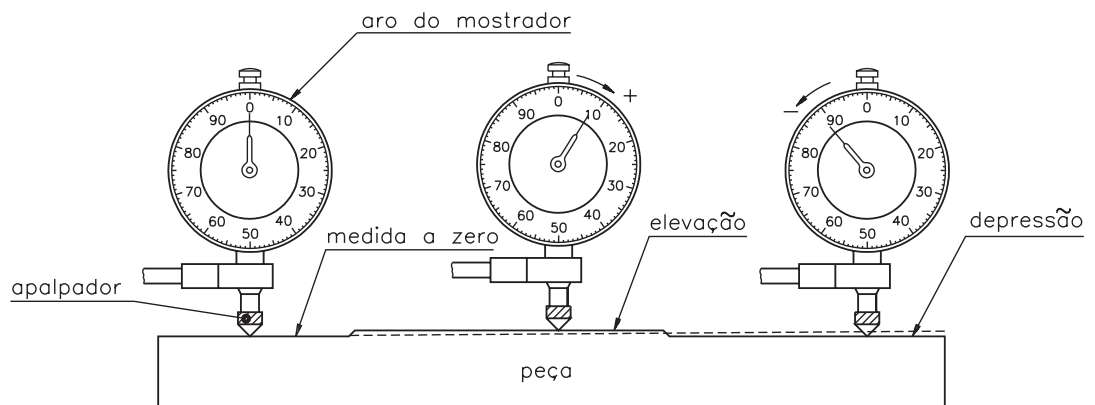
verificação de excentricidade de peça montada na placa do torno



verificação de concentricidade



verificação do alinhamento das pontas de um torno



verificação de superfícies planas

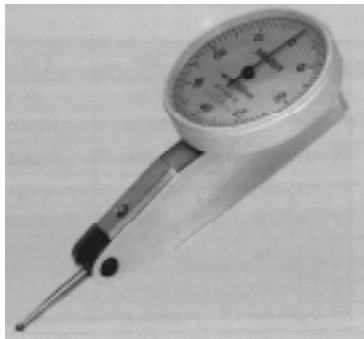
Conservação

- Descer suavemente a ponta de contato sobre a peça.
- Levantar um pouco a ponta de contato ao retirar a peça.
- Evitar choques, arranhões e sujeira.
- Manter o relógio guardado no seu estojo.
- Os relógios devem ser lubrificados internamente nos mancais das engrenagens.

É um dos relógios mais versáteis que se usa na mecânica. Seu corpo monobloco possui três guias que facilitam a fixação em diversas posições.

Existem dois tipos de relógios apalpadores. Um deles possui reversão automática do movimento da ponta de medição; outro tem alavanca inversora, a qual seleciona a direção do movimento de medição ascendente ou descendente.

O mostrador é giratório com resolução de 0.01 mm, 0.002 mm, .001" ou .0001".



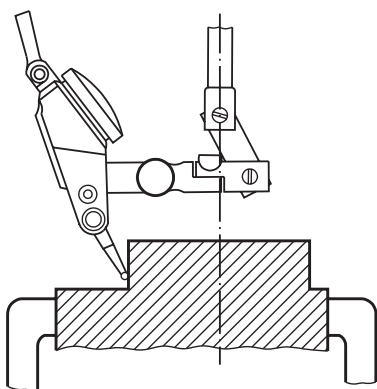
relógio apalpador

Por sua enorme versatilidade, pode ser usado para grande variedade de aplicações, tanto na produção como na inspeção final.

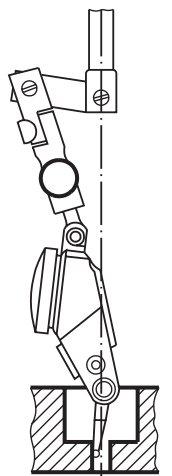
Exemplos:

- Excentricidade de peças.
- Alinhamento e centragem de peças nas máquinas.
- Paralelismos entre faces.
- Medições internas.
- Medições de detalhes de difícil acesso.

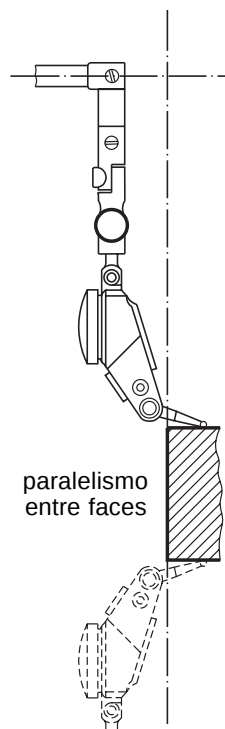
Exemplos de aplicação



alinhamento e centragem de peças nas máquinas



verificação de difícil acesso



paralelismo entre faces

Conservação

- Evitar choques, arranhões e sujeira.
- Guardá-lo em estojo apropriado.
- Montá-lo rigidamente em seu suporte.
- Descer suavemente o ponta de contato sobre a peça.
- Verificar se o relógio é anti-magnético antes de colocá-lo em contato com a mesa magnética.

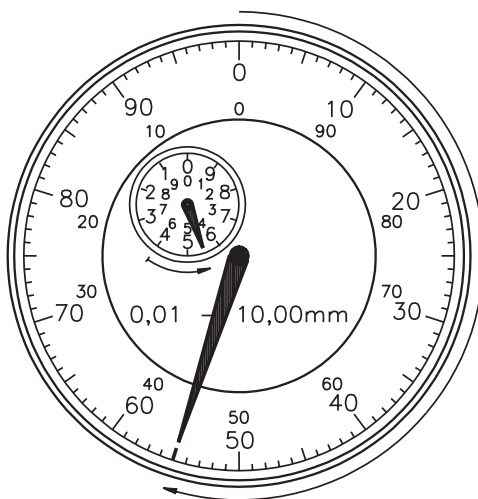
Verificando o entendimento

Observações

- A posição inicial do ponteiro pequeno mostra a carga inicial ou de medição.
- Deve ser registrado se a variação é negativa ou positiva.

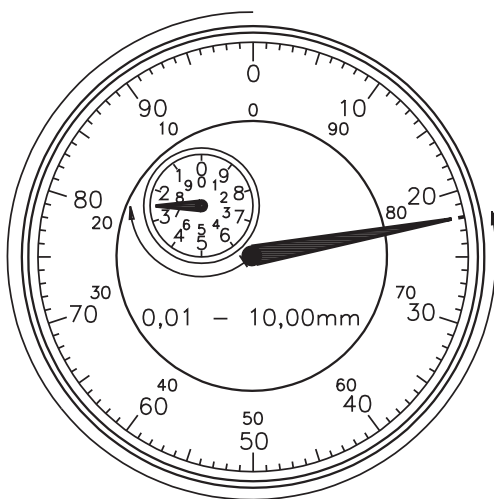
Leitura de relógio comparador (milímetro)

a)



Leitura:

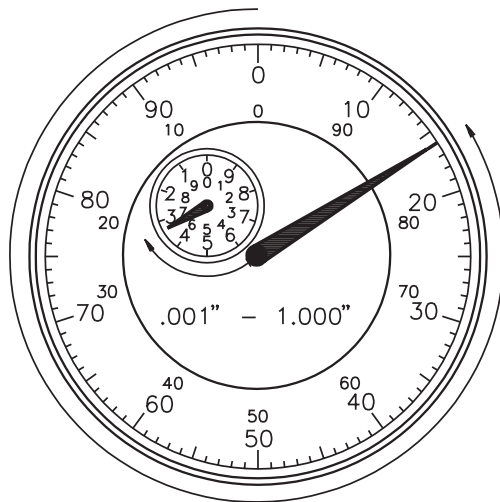
b)



Leitura:

(cont.)

c)



Leitura:

Veja se acertou:

- a) 1,55 mm
- b) -3,78 mm
- c) -.284"

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

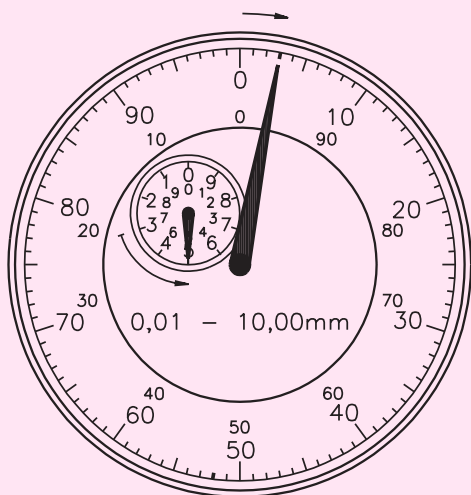
Exercício 1

Faça a leitura e a escreva abaixo da figura.

Observações

- A posição inicial do ponteiro pequeno mostra a carga inicial ou de medição.
- Deve ser registrado se a variação é negativa ou positiva.

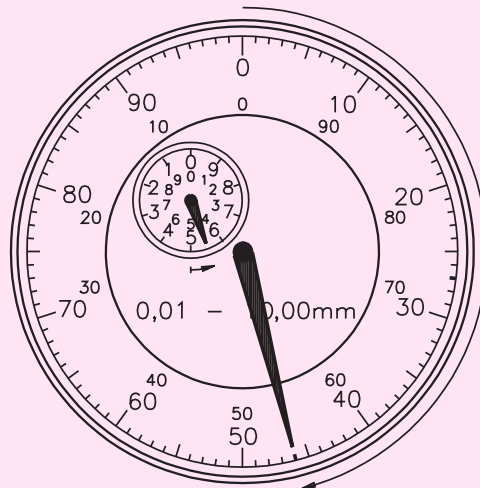
a)



Leitura:

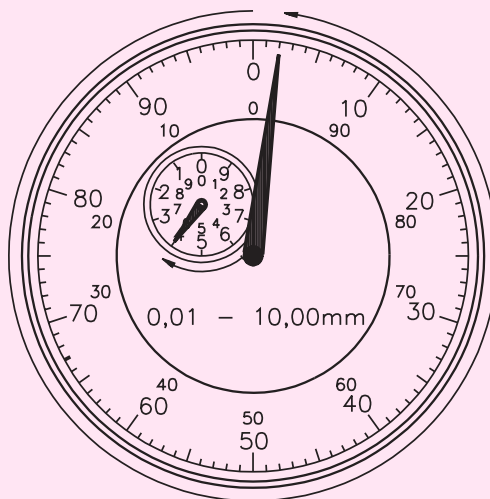
Exercícios

b)



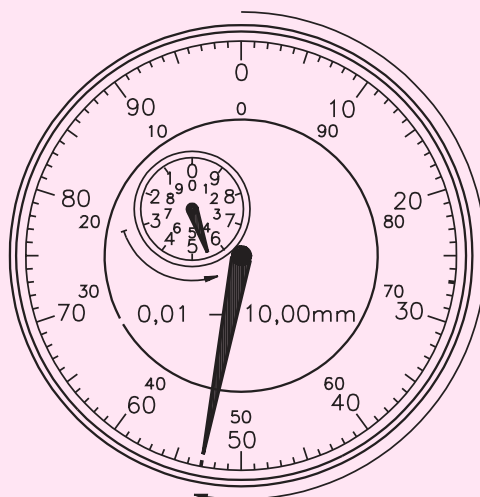
Leitura:

c)



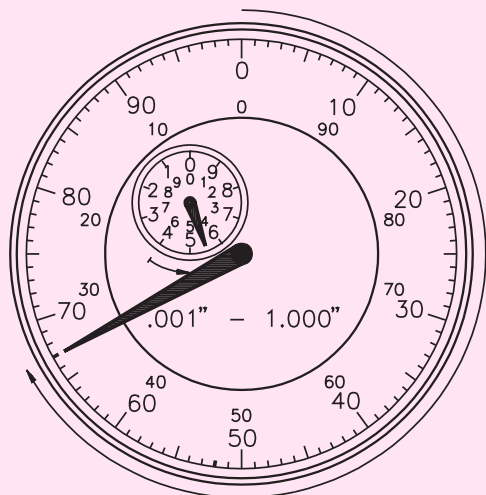
Leitura:

d)



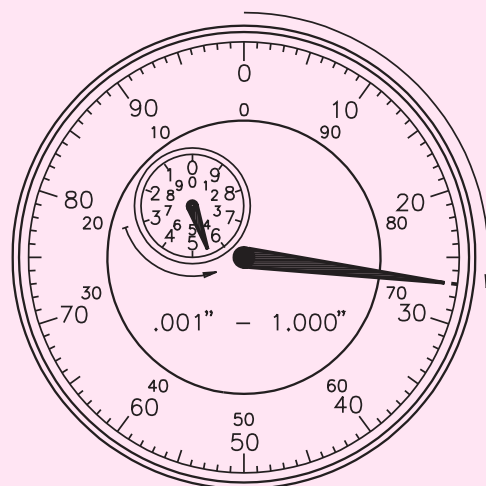
Leitura:

e)



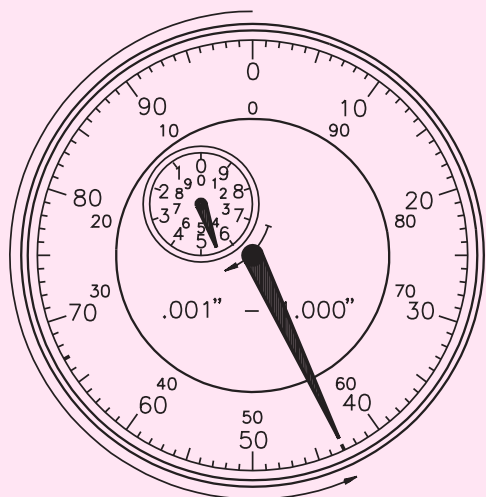
Leitura:

f)



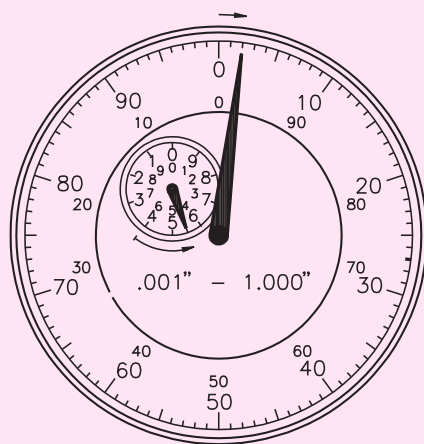
Leitura:

g)



Leitura:

h)



Leitura:

Marque com X a resposta correta.

Exercício 2

O relógio comparador é um instrumento de medição que verifica:

- a) () medidas, superfícies planas, concentricidade e paralelismo, com leitura direta;
- b) () medidas, superfícies planas, concentricidade e paralelismo, com leitura indireta;
- c) () medidas, superfícies planas, concentricidade e paralelismo, somente para peças de grandes dimensões;
- d) () medidas, superfícies planas, concentricidade e paralelismo, apenas para peças de pequenas dimensões.

Exercício 3

O ponteiro do relógio comparador é ajustado ao zero da escala por meio de:

- a) () limitador de tolerância;
- b) () aro giratório;
- c) () ponta de contato;
- d) () alavanca.

Exercício 4

Nos relógios comparadores comuns, cada volta completa do ponteiro equivale a 1 mm. Como o mostrador tem 100 divisões, cada divisão vale em **mm**:

- a) () 0,01;
- b) () 0,002;
- c) () 0,001;
- d) () 0,1.

Exercício 5

Para elevar a sensibilidade do relógio em 0,001 mm, usa-se o seguinte tipo de amplificação:

- a) () por engrenagem;
- b) () por alavanca;
- c) () mista (alavanca/engrenagem);
- d) () por alavanca de revisão.

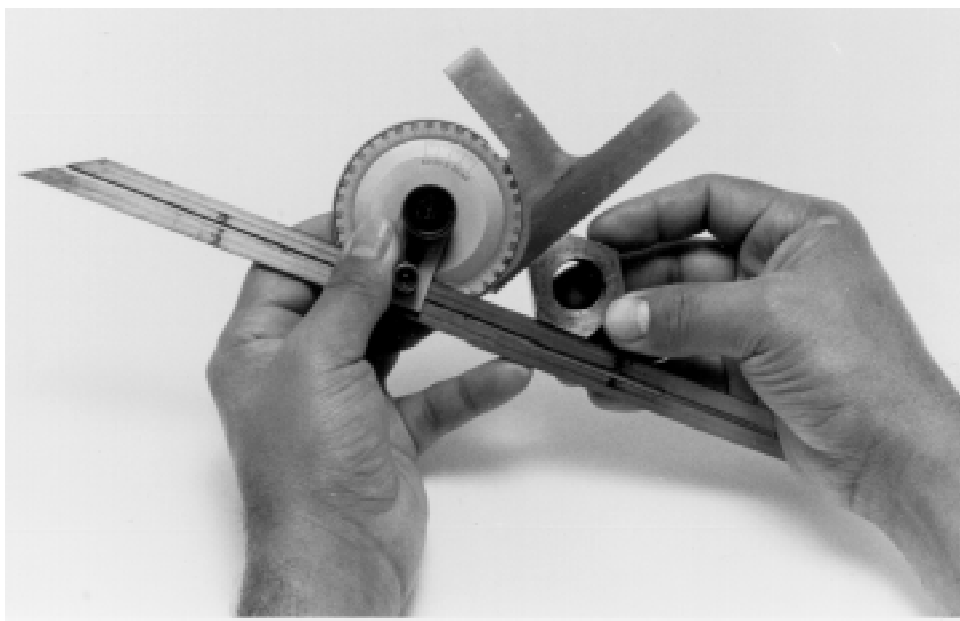
Goniômetro

Até agora, foram estudados instrumentos de medidas lineares. Mas os funcionários não conheciam instrumentos de verificação de medidas angulares, muito usados em mecânica. Um desses instrumentos - o **goniômetro** - será estudado nesta aula.

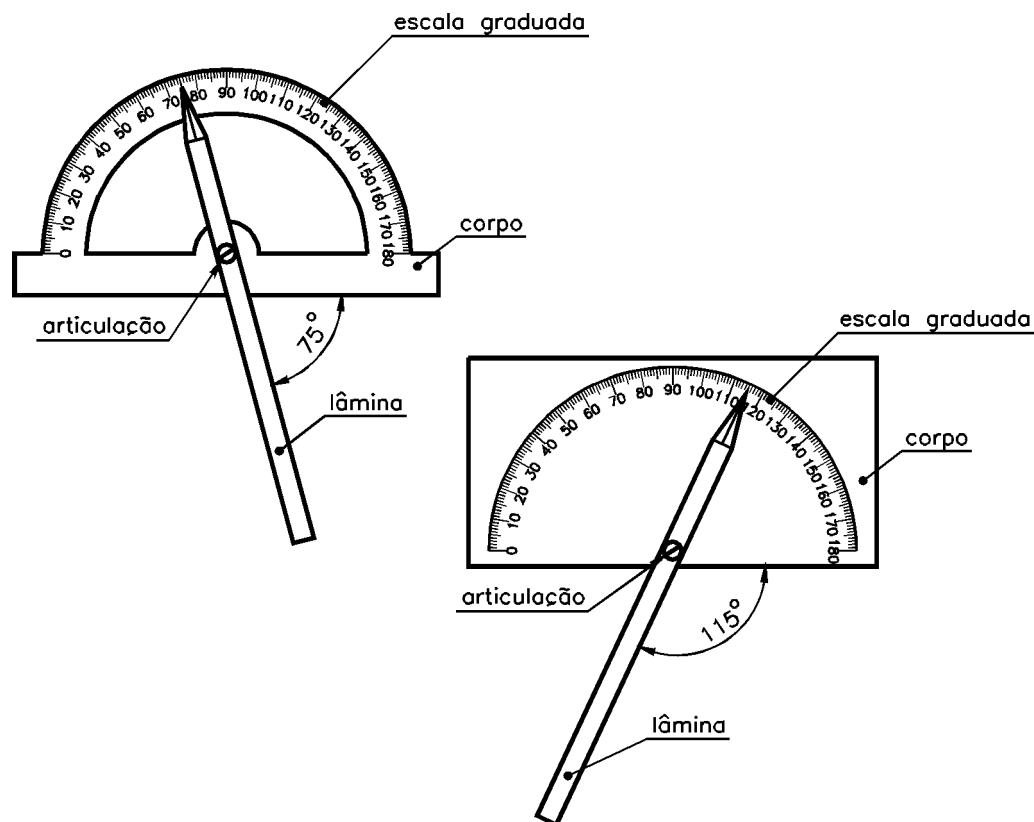
Um problema

Introdução

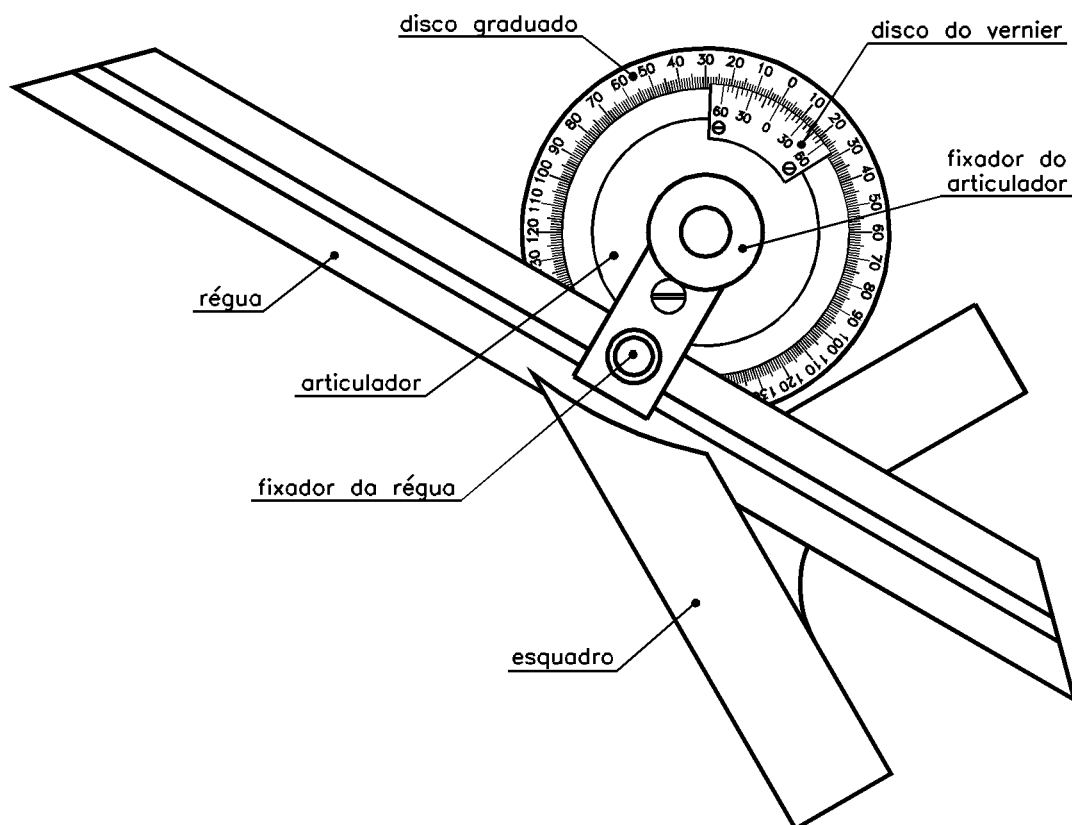
O goniômetro é um instrumento de medição ou de verificação de medidas angulares.

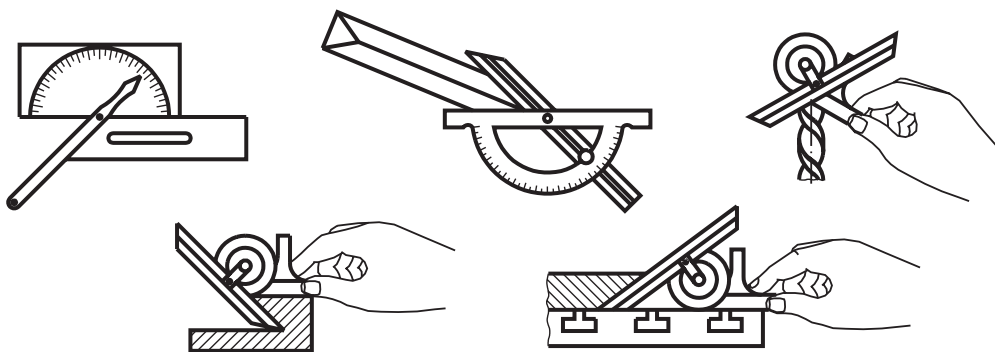


O goniômetro simples, também conhecido como transferidor de grau, é utilizado em medidas angulares que não necessitam extremo rigor. Sua menor divisão é de 1° (um grau). Há diversos modelos de goniômetro. A seguir, mostramos um tipo bastante usado, em que podemos observar as medidas de um ângulo agudo e de um ângulo obtuso.



Na figura que segue, temos um goniômetro de precisão. O disco graduado apresenta quatro graduações de 0 a 90°. O articulador gira com o disco do vernier e, em sua extremidade, há um ressalto adaptável à régua.





Exemplos de aplicação do goniômetro

Cálculo da resolução

Na leitura do nônio, utilizamos o valor de 5' (5 minutos) para cada traço do nônio. Dessa forma, se é o 2º traço no nônio que coincide com um traço da escala fixa, adicionamos 10' aos graus lidos na escala fixa; se é o 3º traço, adicionamos 15'; se o 4º, 20' etc.

A resolução do nônio é dada pela fórmula geral, a mesma utilizada em outros instrumentos de medida com nônio, ou seja: divide-se a menor divisão do disco graduado pelo número de divisões do nônio.

$$\text{Resolução} = \frac{\text{menor divisão do disco graduado}}{\text{número de divisões do nônio}}$$

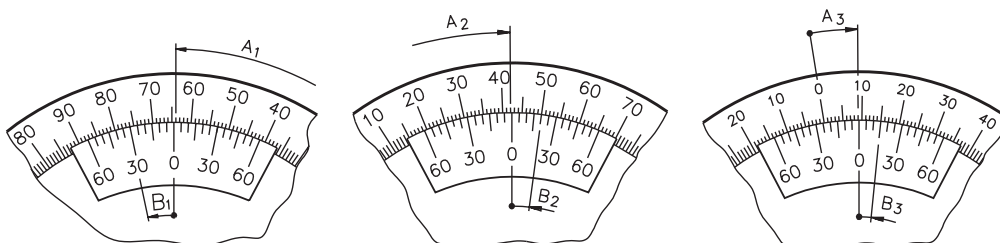
ou seja:

$$\text{Resolução} = \frac{1^\circ}{12} = \frac{60'}{12} = 5'$$

Leitura do goniômetro

Os **graus inteiros** são lidos na graduação do disco, com o traço zero do nônio. Na escala fixa, a leitura pode ser feita tanto no sentido horário quanto no sentido anti-horário.

A leitura dos **minutos**, por sua vez, é realizada a partir do zero nônio, seguindo a mesma direção da leitura dos graus.



Assim, nas figuras acima, as medidas são, respectivamente:

$A_1 = 64^\circ$	$B_1 = 30'$	leitura completa $64^\circ 30'$
$A_2 = 42^\circ$	$B_2 = 20'$	leitura completa $42^\circ 20'$
$A_3 = 9^\circ$	$B_3 = 15'$	leitura completa $9^\circ 15'$

Conservação

- Evitar quedas e contato com ferramentas de oficina.
- Guardar o instrumento em local apropriado, sem expô-lo ao pó ou à umidade.

Verificando o entendimento

Leia e escreva sua leitura nas linhas.



a) Leitura =°'



b) Leitura =°'



c) Leitura =°'



d) Leitura =°'

Veja se acertou:

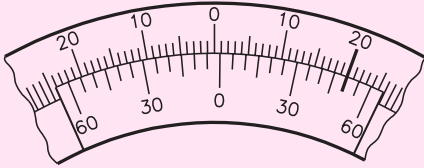
- a) 24°10'
- b) 9°15'
- c) 30°
- d) 50°15'

Teste sua aprendizagem. Faça os exercícios a seguir e confira suas respostas com as do gabarito.

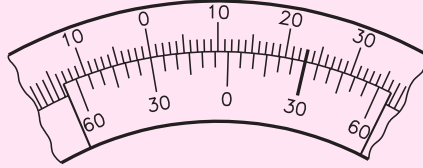
Exercício 1

Leia e escreva as medidas abaixo dos desenhos.

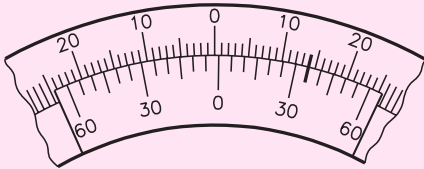
Exercícios



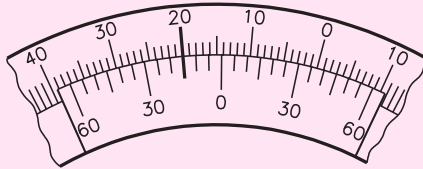
a) Leitura =



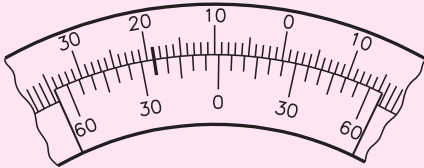
b) Leitura =



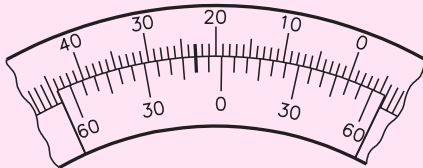
c) Leitura =



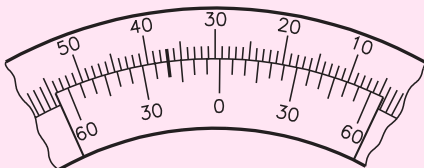
d) Leitura =



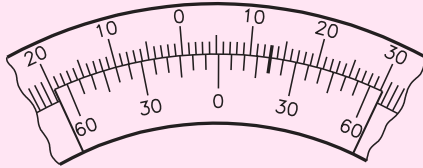
e) Leitura =



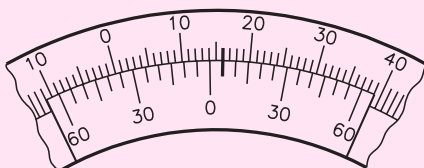
f) Leitura =



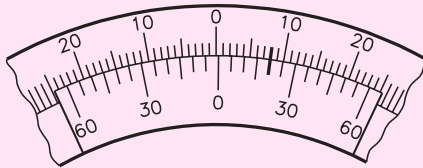
g) Leitura =



h) Leitura =



i) Leitura =



j) Leitura =