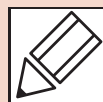


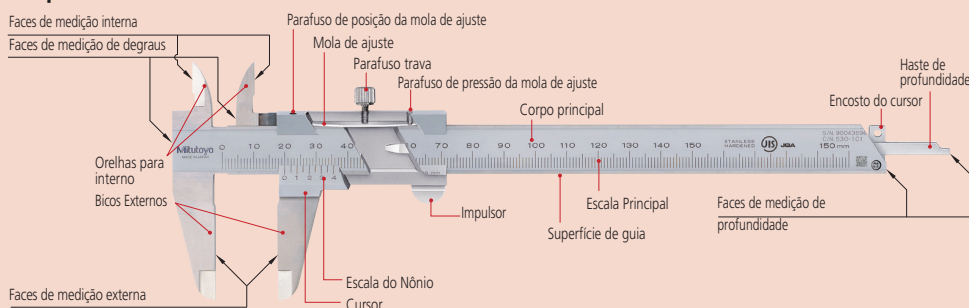
Guia Rápido para Instrumentos de Medição de Precisão



Paquímetros

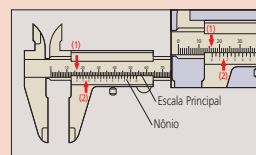
■ Nomenclatura

Paquímetro com Nônio



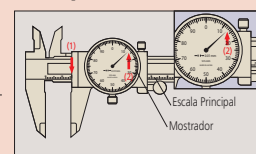
■ Como ler a escala

● Paquímetro com Nônio



Gradação 0,05mm
 (1) Escala Principal 16mm
 (2) Nônio 0,15mm
 Leitura 16,15mm

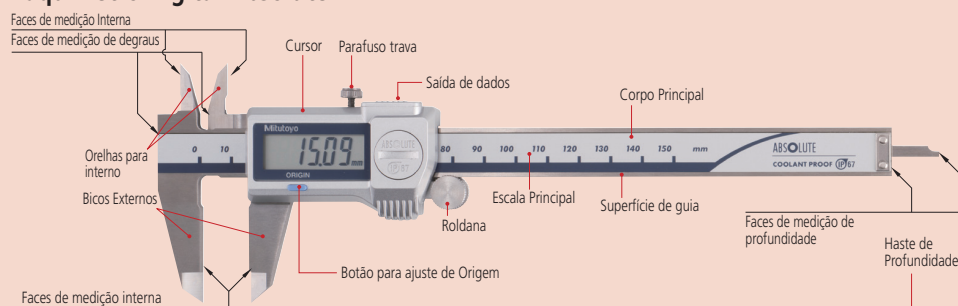
● Paquímetro com Relógio



Gradação 0,01mm
 (1) Escala Principal 16mm
 (2) Mostrador 0,13mm
 Leitura 16,13mm

Nota) Acima à esquerda, 0,15 mm (2) é lido no valor do traço do Nônio que melhor está alinhado com um traço da escala principal.

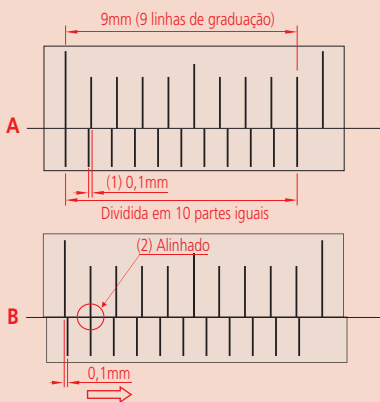
Paquímetro Digital Absolute



D

■ Nônio: Escala de leitura fracional

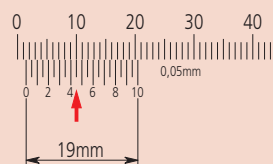
Esta é uma escala auxiliar de tamanho curto que permite a ampliação precisa das divisões da escala principal sem usar ampliação mecânica. O princípio de funcionamento é que cada divisão do nônio é ligeiramente menor do que uma divisão da escala principal, de modo que as sucessivas gradações do nônio coincidem sucessivamente com as gradações principais da escala, quando um é movido em relação ao outro. Especificamente, n divisões em uma escala de nônio são do mesmo comprimento que $n-1$ divisões da escala principal, e n define a relação de divisão (ou de interpolação). Apesar de n poder ser qualquer número, na prática, é normalmente de 10, 20, 25, etc, de modo que a divisão é uma fração decimal útil. O exemplo abaixo é para $n = 10$. A escala principal é graduada em mm, e assim a escala do nônio é 9 milímetros (10 divisões) de comprimento, o mesmo que nove milímetros (9 divisões) na escala principal. Isto produz uma diferença de comprimento de 0,1 mm (1), como mostrado na Figura A (a primeira gradação do nônio está alinhada com a primeira gradação da escala principal). Se a escala do nônio foi deslocada 0,1mm para a direita como mostrado na figura B, a segunda linha de gradação na escala move em alinhamento com a segunda linha na escala principal (2), e assim permite a leitura fácil do deslocamento de 0,1mm.



Alguns dos primeiros paquímetros foram fabricados com nônio de tamanho 19mm dividido em 20 para fornecer assim uma gradação com valor de 0,05mm. No entanto, as linhas pouco espaçadas eram difíceis de ler e por isso,

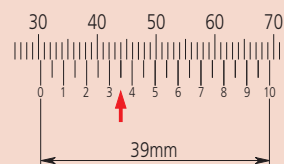
desde 1970, usa-se um nônio mais comprido com 39mm e 20 divisões com valor de 0,05mm bem mais fáceis de ler.

● Nônio com 19mm (curto) e gradação 0,05mm



Leitura na escala: 1.45mm

● Nônio com 39mm (mais comprido) com gradação 0,05mm



Leitura na escala: 30.35mm

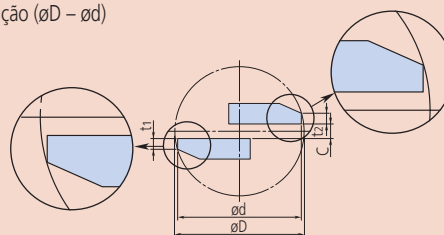
Outros paquímetros são produzidos com um nônio que oferece uma gradação mais exata, de 0,02mm. Nestes casos, o nônio tem um comprimento de 49mm e 50 divisões dentro desse espaço, permitindo assim a leitura de 0,02mm. Contudo, o espaçamento entre os traços é pequeno e mais difícil de ler. Agora são produzidos paquímetros digitais com um display que oferece resolução de 0,01mm com a leitura numeral direta.

■ Medição de furo pequeno com paquímetro convencional

Um erro estrutural se produz ao medir o diâmetro de furos pequenos.

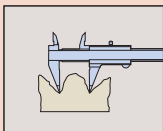
$\varnothing D$: Diâmetro interno verdadeiro
 $\varnothing d$: Diâmetro medido
 t_1, t_2 : Espessura do plano da orelha
 C : Espaçamento entre orelhas
 Δd : Erro de medição ($\varnothing D - \varnothing d$)

Verdadeiro diâmetro interno ($\varnothing D$: 5mm) Unid: mm	
t_1+t_2+C	0.3 0.5 0.7
Δd	0.009 0.026 0.047



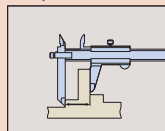
■ Aplicações especiais dos Paquímetros

Pontas finas



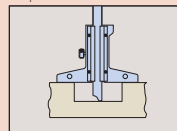
Para canais irregulares

Ponta ajustável



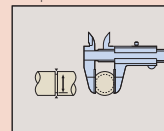
Distâncias escalonadas

Para profundidade



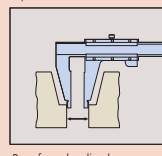
Profundidade de canal

Bicos tipo faca



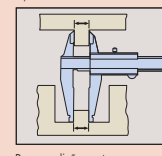
Diâmetro no fundo de canal

Tipo C



Para furos localizados em profundidade

Tipo CN



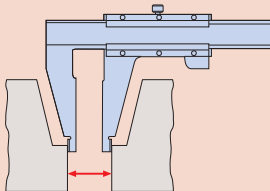
Para medições externas em locais de difícil acesso

■ Paquímetros com Bicos Longos

Régulas de aço são usadas frequentemente para medir grosseiramente peças muito grandes. Se for necessário um pouco mais de exatidão, pode-se requerer um paquímetro maior com bicos longos. Um paquímetro maior é muito conveniente por sua facilidade de uso, porém requer alguns cuidados especiais. Em primeiro lugar, é importante levar em conta que não há relação entre resolução e exatidão.

A resolução é constante, enquanto a exatidão obtida varia muito de acordo com a forma como se usa o paquímetro.

O método de medição com este instrumento é uma preocupação, dado que a distorção do braço principal causa uma grande quantidade de erro de medição, de modo que a exatidão variará muito, dependendo do método usado para suportar o paquímetro no momento de medir. Também tenha cuidado para não usar excessiva força ao usar as superfícies de medição externas, já que elas estão muito longe do braço principal e o erro, assim, será máximo. Esta precaução também é necessária ao usar as pontas de medição de exteriores de um paquímetro de bicos longos.

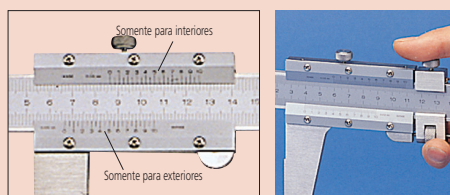


■ Medição interna com paquímetro tipo CM

Dado que as superfícies de medição interna de um paquímetro tipo CM estão nos extremos das pontas, o paralelismo da superfície de medição é afetado fortemente pela força de medição, e isto o transforma num fator importante no erro de medição obtido.

Em contraste com um paquímetro tipo M, um paquímetro tipo CM não pode medir um furo de diâmetro pequeno, já que se vê limitado pelo tamanho das pontas escalonadas, embora normalmente este não seja um inconveniente, pois seria pouco usual medir um furo muito pequeno com este tipo de paquímetro. Certamente, o raio de curvatura nas superfícies de medição de interiores é sempre suficientemente pequena para permitir medições corretas por baixo dos limites inferiores (pontas fechadas).

Os paquímetros Mitutoyo tipo CM possuem uma escala extra no cursor para medições de interiores, de tal forma que se podem realizar leituras diretas sem necessidade de cálculos, como feito em uma medição de exteriores. Esta útil característica elimina a possibilidade de erro quando se adiciona a correção da espessura das pontas de interiores num paquímetro de uma só escala.



■ Medição interna com paquímetro tipo CM

1. Potenciais causas de erro

As principais fontes de erro incluem leitura errada da escala (efeito de paralaxe), excessiva força de medição que cause a inclinação da ponta, expansão térmica causada por diferenças de temperatura entre o paquímetro e a peça e erro na medição de furos muito pequenos devido à defasagem das pontas de medição de interiores. Existem outras fontes pequenas de erro, tais como a exatidão das graduações, retitude das bordas de referência, planeza da escala principal e perpendicularidade das pontas. Estas fontes estão dentro dos erros máximos permitidos de um paquímetro novo, e só causam erro significativo em caso de desgaste ou dano.

A norma JIS enfatiza os cuidados que se devem tomar para assegurar que a medição se realize com uma força de medição apropriada e constante, dado que um paquímetro não tem um dispositivo de força constante e que o usuário deve estar consciente que incrementa a possibilidade de erro devido à medição de uma peça usando as pontas de medição (princípio de Abbe).

2. Medição interna

Insira as pontas interiores tão profundamente quanto possível antes da medição.

Leia o valor máximo indicado durante a medição interna.

Leia o valor mínimo indicado durante a medição da largura da ranhura.

3. Medição de profundidade

Leia o valor mínimo indicado durante a medição de profundidade.

4. Erro de Paralaxe ao ler as escalas

Olhe diretamente a linha de graduação do nônio ao comprovar o alinhamento das linhas de graduação do nônio com as linhas de graduação principais da escala.

Se fixarmos o olhar numa linha de graduação do nônio numa direção oblíqua (A), a aparente posição de alinhamento se vê distorcida por X (como mostrado na figura abaixo), devido a um efeito de Paralaxe causado pela altura de passo (H) entre os dois planos das graduações do nônio e as graduações da escala principal, o que resulta em um erro de leitura do valor medido. Para evitar este erro, JIS estipula que a altura de passo deve ultrapassar 0,3mm.

5. Erro de indicação da ponta móvel

Se a ponta móvel se inclina um pouco, ficando fora de paralelismo em relação à ponta fixa, seja por uma força excessiva sendo usada sobre o cursor ou falta de retitude na borda de referência do braço, um erro de medição ocorrerá como mostrado na figura abaixo. Este erro pode ser substancial devido ao fato de que o paquímetro não conforma com o princípio de Abbe.

6. Relação entre a medição e a temperatura

A escala principal de um paquímetro está gravada (ou montada) em aço inoxidável, e embora o coeficiente linear de expansão térmica seja igual ao do material da peça mais comum, o aço, isto é, $(10.2 \pm 1) \times 10^{-6} / K$, note-se que, para outros materiais das peças de trabalho, a temperatura ambiente e a temperatura da peça podem afetar a exatidão da medição.

7. Manuseio

Como as pontas de um paquímetro são agudas, o instrumento deve ser manuseado com cuidado para evitar lesões. Evite danos na escala de um paquímetro digital e não grave um número de identificação ou outra informação usando marcador elétrico. Evite danificar o paquímetro por submetê-lo a impactos com objetos duros ou deixando-o cair sobre uma bancada ou contra o chão.

8. Manutenção das superfícies do corpo principal e de medição

Antes de usar o paquímetro, limpe o pó e as sujeiras das superfícies do corpo principal e de medição, usando um pano limpo e seco.

9. Comprovação e ajuste da origem antes do uso

Limpe as superfícies de medição prendendo uma folha limpa de papel entre as pontas exteriores e, lentamente, retire-o puxando para fora. Feche as pontas e assegure-se de que a escala do nônio (ou display) indique zero antes de usar o paquímetro. Quando se utiliza um paquímetro Digimatic, restabeleça o ponto de origem (botão ORIGIN) depois de trocar a bateria.

10. Manuseio depois do uso

Depois de usar o paquímetro, limpe-o completamente, retirando umidade e oleosidades. Logo em seguida, aplique suavemente óleo anticorrosão e deixe de secar antes de guardá-lo. Limpe a água do paquímetro à prova de água o melhor possível, pois também pode sofrer oxidação.

11. Observações de armazenamento

Evite exposição à luz solar direta, altas temperaturas, baixas temperaturas e alta umidade durante o armazenamento.

Se um paquímetro digital não será usado durante um período de mais de três meses, recomenda-se retirar a bateria antes de armazená-lo.

Não deixe as pontas do paquímetro completamente fechadas durante o armazenamento. Mantenha-as afastadas mais ou menos 2mm.